

**ÉVALUATION PRÉALABLE DES RISQUES POUR LA SANTÉ HUMAINE ET
L'ÉCOLOGIE DES INSTALLATIONS GÉNÉRIQUES DE TRAITEMENT DES
DÉCHETS ÉLECTRONIQUES**

Juillet 2004

Préparé pour :

**Innovation TIC et le Programme des ordinateurs pour les écoles,
Industrie Canada et le Bureau national de la prévention de la pollution,
Environnement Canada**

Présenté par :

**MJC & Associates
180, rue Marksam, bureau 47
Guelph (Ontario)
N1H 8G4**

MJC03-126

AVIS

EN REPRODUISANT OU EN UTILISANT CE RAPPORT VOUS ACCEPTEZ DE CE FAIT D'ÊTRE LIÉ PAR LES MODALITÉS CI-APRÈS.

STIPULATION D'EXONÉRATION DE GARANTIES ET DE RESPONSABILITÉ

L'information et la documentation que l'on trouve dans ce rapport ont pour but d'offrir des renseignements d'ordre général seulement et non d'offrir un avis juridique sur la matière traitée contenue à cet égard. Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre de l'Environnement ne garantit ni la qualité, ni l'exactitude, ni la fiabilité, ni l'intégralité de toute information ou documentation faisant partie de ce rapport et il est entendu et convenu, par le lecteur de ce rapport, que cette information et cette documentation sont offerts «TELS QUELS ET AVEC TOUS LEURS DÉFAUTS» sans aucune garantie quelle qu'elle soit ou sans aucune condition de toute nature, y compris leur adéquation à un objectif particulier et Sa Majesté, par les présentes, décline toute responsabilité quelle qu'elle soit pour tout dommage résultant de l'utilisation de ce rapport et toutes les autres garanties et conditions, qu'elles soient exprimées ou implicites à l'égard de ce rapport.

L'UTILISATION DE TOUTE INFORMATION OU DOCUMENTATION CONTENUE DANS CE RAPPORT EST EXCLUSIVEMENT ET ENTIÈREMENT AU RISQUE DE L'UTILISATEUR.

L'information contenue dans ce rapport est régie par les dispositions de la *Loi sur le droit d'auteur* et peut être reproduits en tout ou en partie, par quelque moyen que ce soit, sans frais ou sans autre permission du ministre de l'Environnement, seulement à des fins de recherche privée ou à des fins d'éducation, à la condition que les exigences suivantes soient satisfaites à la suite de la reproduction.

Toute reproduction, en tout ou en partie, doit contenir les propositions AVIS et STIPULATION D'EXONÉRATION ET RESPONSABILITÉ du haut. Ces reproductions ne peuvent pas indiquer, de quelque manière que ce soit, que le ministère de l'Environnement assume la responsabilité de leur exactitude ou de leur fiabilité; celles-ci ne peuvent pas non plus indiquer qu'elles ont été produites avec l'autorisation du ministère de l'Environnement ou en collaboration avec lui.

MJC & Associates (MJC) ne certifie rien à l'égard de telle autre personne quelle qu'elle soit en ce qui concerne ce rapport et le travail visé dans ce rapport, et n'accepte aucun devoir de diligence à l'égard de toute personne et aucune responsabilité ou obligation quelle qu'elle soit pour toute perte, dépense, amende, sanction, tout dommage ou tout autre préjudice dont pourrait souffrir ou que pourrait encourir toute autre personne à la suite de l'utilisation de ce rapport, d'une dépendance de celui-ci, de toute décision prise ou de toute action entreprise en se fondant sur ce rapport ou le rapport du travail visé dans ce rapport. Toute utilisation, dépendance de ce rapport, ou décision d'une personne se fondant sur ce dernier est la responsabilité exclusive de cette autre personne en question.

Toute conclusion ou recommandation mise de l'avant dans ce rapport reflète le jugement de MJC fondé sur les renseignements disponibles au moment de la préparation du rapport qui

repose, en partie, sur de la documentation d'articles évalués par des pairs obtenue de diverses sources, et sur une analyse en profondeur des installations de traitement des déchets électroniques particuliers ainsi que sur de l'information pour un certain temps d'intervalle, le tout décrit dans ce rapport et dans tout autre rapport visé aux présentes. Aucun élément de ce rapport n'a pour objet de constituer ou d'offrir un avis juridique.

Liste des abréviations

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
ALM	Adult Lead Methodology
AP	Apport préoccupant
CA	Certificat d'approbation
CCME	Conseil canadien des ministres de l'Environnement
CDNRE	Comité directeur national sur le recyclage électronique
COSEPAC	Comité sur la situation des espèces en péril au Canada
dB(M)	Décibels (moyenne)
dB(sommet)	Décibels (sommet)
DEEE	Déchet d'équipement électrique et électronique
DRf, CRf	Dose de référence, Concentration de référence
EC	Environnement Canada
EIE	Élément important d'écosystème
EPA	Environmental Protection Agency des États-Unis
EPR	Évaluation préalable des risques
EPRE	Évaluation préalable des risques écologiques
EPRPSH	Évaluation préalable des risques pour la santé humaine
ERA	Évaluation des dangers pour l'écologie
ERSH	Évaluation du risque à la santé humaine
FPRC	Facteur de pente relatif au cancer
IEUBK	Modèle Integrated Exposure Uptake and Biokinetic
IRIS	Integrated Risk Information System
MEO	Ministère de l'Environnement de l'Ontario
OEM	Fabricant d'équipement d'origine
OPE	Programme des ordinateurs pour les écoles
SC	Santé Canada
SCP	Substance chimique préoccupante
SST	Santé et sécurité au travail
TWA	Moyenne pondérée en fonction du temps
VLE	Valeur limite d'exposition

Remerciements

MJC & Associates remercie Sara Mainguy, biologiste principale à North-South Environmental; elle est l'auteure principale de la section de ce rapport sur l'évaluation préalable des risques écologiques.

SOMMAIRE

Les déchets électroniques sont un sujet de préoccupation de plus en plus important. Avec l'arrivée d'appareils plus performants qui remplacent des articles plus âgés ou désuets, des quantités croissantes de déchets électroniques sont envoyées en vue d'une élimination finale au Canada.

Une étude récente exécutée sur commande par Environnement Canada a montré que les déchets électroniques sont reconnus pour contenir diverses substances dangereuses de par leur nature, dont le mercure, le cadmium, le plomb et le béryllium, lesquels, s'ils font l'objet d'une mauvaise gestion (c.-à-d. lors du traitement des déchets électroniques), peuvent causer des problèmes importants de santé humaine et environnementale.

Au Canada, l'industrie du recyclage de produits électronique, dont le but principal est d'assurer la gestion et l'élimination d'une quantité croissante de contenus dangereux de déchets électroniques, est perçue en général comme une industrie en pleine croissance qui évolue rapidement. L'industrie, considérée comme une industrie naissante, comprend bien au-delà d'une centaine d'installations de recyclage différentes en fonction partout au Canada. En général, l'industrie a un point d'ancrage dans plusieurs installations de recyclage et de traitement de grande surface à la fine pointe de la technologie ainsi que dans de nombreux autres établissements de taille petite à moyenne qui peuvent utiliser une variété de techniques et de méthodes qui permettent de séparer et de traiter les déchets électroniques.

En général, plusieurs questions ont été soulevées quant au traitement et au recyclage des déchets électroniques en raison du fait que ce flux de déchets contient un certain nombre de métaux lourds ainsi que d'autres substances qui, s'ils font l'objet d'une mauvaise gestion et selon le niveau d'exposition, peuvent devenir dangereux à la fois pour la santé humaine pour l'environnement.

MJC & Associates («MJC») a été retenu par Environnement Canada et Industrie Canada pour mener des évaluations préalables des risques pour la santé humaine et des risques écologiques (EPRPSH et EPRE) auprès d'une installation «générique» de traitement des déchets toxiques en vue d'évaluer les traitements «génériques» de flux de déchets. Une installation générique est un concept. Le but de ce concept consiste à résumer les caractéristiques générales d'une installation typique de traitement des déchets au Canada. L'utilisation d'une installation et d'un traitement «génériques» est devenue nécessaire puisqu'il existe de nombreux sites de traitements en opération au Canada qui utilisent une variété de techniques d'exploitation, des établissements de petites tailles aux installations de plus grande surface à la fine pointe de la technologie, bien dotées en ressources et qui utilisent tout un éventail de technologies de transformation. L'évaluation des risques a été entreprise en appliquant un cadre d'évaluation à une «installation générique de déchets électroniques» et aux «processus des flux de déchets», et comprend l'identification officielle des récepteurs préoccupants (à la fois pour la santé humaine et pour l'écologie), en

plus de déterminer les scénarios pertinents d'exposition et les voies d'exposition pour ces récepteurs.

La démarche générale de l'EPR en ce qui a trait à la santé humaine et à l'écologie reposait en partie sur des cadres d'évaluation des risques fournis par Santé Canada et d'autres organismes (c.-à-d., le CCME, le MEO, la EPA, etc.) mais a été adaptée pour traiter des questions liées aux installations génériques de déchets électroniques et au fait unique que des données limitées (p. ex. les données sur l'environnement de l'air, du sol, de l'eau en provenance du site même des installations ou qui y est localisée, etc.) étaient disponibles pour une évaluation.

Partie A

Évaluation des risques professionnels

Les principales constatations des évaluations des risques professionnels et des risques pour la santé humaine peuvent se résumer de la façon suivante :

- Un sujet de préoccupation important est l'établissement d'installations de recyclage qui ne disposent que d'un budget d'exploitation peu élevé et qui manquent de ressources qui leur permettraient de s'équiper adéquatement en vue de limiter les dangers en milieu de travail ou en vue de former correctement leur personnel. L'orientation opérationnelle de telles installations doit se limiter aux opérations comme le démontage d'équipement qui n'entraînera pas des niveaux d'exposition susceptibles de causer des dommages. De telles opérations peuvent toujours se dérouler avec un minimum de danger à l'égard des travailleurs s'ils sont capables de former des partenariats et/ou des associations avec d'autres compagnies qui ont du personnel formé adéquatement pour se servir de l'équipement afin de recycler des déchets électroniques produits par de telles opérations. Par exemple, une pièce d'équipement que l'on nomme «dilacérateur» comporte des coûts d'achat et d'exploitation élevés et les plus petites compagnies seraient mieux servies si elles envoyaient les composantes désassemblées (et triées) à une installation plus importante qui se sert de cet équipement sur une base régulière.

À notre avis, les programmes de formation offerts par l'installation aux travailleurs sont le meilleur moyen de limiter les risques à défaut de supprimer les traitements dangereux ou d'empêcher le travailleur d'avoir accès aux éléments dangereux du traitement.

Nous recommandons l'élaboration des programmes de formation pour chacun des traitements de flux de déchets en fonction dans l'installation. Le modèle conceptuel proposé dans ce document offre un cadre sur lequel les programmes de formation peuvent reposer (cependant, une conception appropriée des programmes de formation dépasse la portée de ce document). Cette démarche est préférable à un programme générique de formation en raison de la diversité des risques professionnels associés aux différents processus. En plus des programmes de formation, la conception de l'installation permettrait d'empêcher les travailleurs d'accéder aux traitements dangereux et aux situations comme l'exige une méthode de «hiérarchie des contrôles»¹ face aux traitements de déchets électroniques. Cette question est habituellement abordée par les personnes qui travaillent à la conception des installations de déchets électroniques.

En dernier lieu, il est recommandé de former un groupe industrie-gouvernement en vue de traiter en particulier les questions de recyclage des déchets électroniques dans un contexte de santé au travail et d'hygiène du milieu. Le mandat de ce groupe consisterait à promouvoir les programmes à l'intérieur des installations de recyclage en vue d'assurer la sécurité au travail et la gérance de l'environnement (p. ex. les codes de pratique du secteur industriel et les normes de gestion

¹ La hiérarchie des contrôles est essentiellement une stratégie opérationnelle qui fait la promotion d'un contrôle du danger à la source et en ayant recours aux meilleures pratiques dans le but de réduire le danger.

environnementale). Les programmes de sécurité au travail traiteraient des questions de santé humaine et de santé au travail tandis que les programmes de gérance de l'environnement pourraient promouvoir des associations entre les installations de recyclage de taille modeste et celles de taille plus importante. Le groupe surveillerait également la conception et le maintien des programmes de formation ainsi que leur mise en œuvre en établissant des normes de formation et d'exposition sur les lieux de travail.

De plus, il pourrait être plus facile, pour un groupe mixte, d'approcher les fabricants d'électronique en vue de discuter de la bonne gestion des produits et en vue d'obtenir de l'expertise quant à la conception des programmes de formation.

Suivant la mise en œuvre d'une installation générique, d'un modèle de traitement du flux des déchets électroniques et d'un examen des risques professionnels associés aux installations typiques de déchets électroniques, une «évaluation préalable des risques pour la santé humaine» («EPRPSH») a été mise de l'avant dans le but d'évaluer les dangers pour la santé humaine associés au traitement des déchets électroniques et à l'exposition de plusieurs substances chimiques préoccupantes.

Pour ce qui est des dangers chimiques associés aux installations de déchets électroniques, les principales constatations peuvent se résumer de la façon suivante :

- une exposition à des métaux et à des substances chimiques préoccupantes peut survenir tout au long du cycle de traitement des déchets électroniques, y compris les traitements liés à la dilacération, au triage, à l'emballage, etc., et à la suite d'une exposition à divers milieux (p. ex. l'air, la poussière, la terre, etc.) par des voies d'exposition de contact direct;
- les limites d'exposition dérivées génériques particulières aux déchets électroniques ont été classées selon leur potentiel de toxicité pour la santé humaine du plus élevé au plus faible selon l'ordre suivant : chrome > béryllium > nickel > cadmium > arsenic > colorants azoïques > phthalate, suivant une exposition d'un récepteur préoccupant (une femme) à une installation typique de déchets électroniques. Ce classement est considéré utile pour l'identification des produits chimiques ou des classes de produits chimiques pour lesquels des mesures pratiques d'atténuation pourraient être mises en œuvre afin de réduire et de traiter les expositions potentielles. De plus, des limites d'exposition pourraient être utilisées dans les paliers supérieurs d'évaluation, y compris l'évaluation des risques propres au site, dans le but de faire une «évaluation préalable» des produits chimiques potentiels et de mettre en priorité ceux que l'on considère comme les plus importants;
- à partir du classement, les métaux et les autres composés qui peuvent exister sous une forme particulière et dont les récepteurs humains pourraient être exposés par inhalation, sont considérés comme posant des risques importants à la santé humaine pour une installation générique de déchets électroniques. Par conséquent, afin de réduire l'exposition des travailleurs et des autres personnes à ces métaux, l'usage de vêtements de protection individuelle, y compris l'utilisation appropriée de masques protecteurs contre la poussière, des gants ainsi que d'autres ensembles de protection (combinaisons, bottes, etc.) est considéré comme une technique pratique d'atténuation des risques;

- une autre évaluation particulière aux produits chimiques préalable a été menée pour le plomb, un métal dangereux, selon le modèle Adult Lead Methodology (ALM) des États-Unis de la Environmental Protection Agency (EPA). Le modèle suppose qu'une femme adulte a été exposée à une concentration limite maximale de 1 000 µg/g de plomb dans la poussière. Les résultats ont montré qu'il y aurait une probabilité de 6,5 p. 100 que le niveau ciblé de l'évaluation préalable de plomb dans le sang de 10 µg/dL pour le niveau de plomb dans le sang fœtal soit supérieur. Ce niveau d'exposition serait considéré comme un danger inacceptable pour le fœtus et les femmes adultes enceintes exposées au plomb dans la poussière à ces taux alors qu'elles travaillent dans une installation de recyclage de déchets électroniques;
- en général, nous ne disposons que de peu de données empiriques nous permettant d'évaluer les risques potentiels associés aux résidents qui sont exposés à diverses substances chimiques préoccupantes en raison du fait qu'ils vivent à proximité d'une installation de traitement de déchets électroniques. De ce fait, il est recommandé d'effectuer d'autres contrôles environnementaux comme des prélèvements et des analyses d'effluents, des surveillances des eaux souterraines et de l'eau potable ainsi que des prélèvements d'échantillons de sols à proximité de ces installations. Ces démarches doivent être entreprises en vue de réduire les incertitudes quant aux constatations susmentionnées;
- de plus, il y a un manque de données pour ce qui est des taux de produits chimiques préoccupants identifiés que l'on s'attend à trouver dans le milieu de travail d'une installation de déchets électroniques. En examinant les données qui étaient disponibles quant aux taux de plusieurs métaux dans le milieu de travail des installations de déchets électroniques, il a été conclu que, lors de l'évaluation préalable, les travailleurs pourraient courir un risque, alors que l'on a constaté que les niveaux de plusieurs métaux, notamment le plomb et le béryllium étaient au-dessus des limites d'exposition professionnelle identifiées par l'ACGIH;
- une autre recherche qui porte sur la question liée au potentiel d'exposition professionnelle aux SCP à l'intérieur des installations de recyclage des déchets électroniques est recommandée comme prioritaire. Dans le but de combler ce manque de données et d'offrir une méthode d'évaluation rapide des risques posés à l'endroit des personnes qui travaillent sur le traitement des déchets électroniques, les critères génériques des limites d'exposition ou les valeurs de niveaux d'évaluation préalables ont été élaborés pour un certain nombre de SCP;
- en raison des différences quant à la capacité opérationnelle et à la diversité potentielle des méthodologies du traitement des déchets électroniques actuellement disponible pour recycler les déchets électroniques, il est recommandé que chaque installation de déchets électroniques mette au point et achève, en tant qu'approche proactive, des évaluations telles que l'«analyse de problème potentiel» (APP) ou l'«analyse selon le modèle des effets et défaillances» ou d'autres approches appropriées (p. ex. la méthodologie de l'Association canadienne de normalisation 'Standard CAN/CSA-Z731-03') pour les opérations de leur installation

(infrastructure, aspects socio-économiques, procédés, etc.). Cela favoriserait l'identification des composantes d'une opération laquelle pourrait avoir des conséquences importantes et inacceptables en ce qui a trait à la santé humaine ou à l'écologie, advenant le cas où une défaillance ou un événement catastrophique se produisait (p. ex. une défaillance des filtres à sac, une dilacération d'une cartouche d'encre, etc.). Cette méthode proactive est employée et très courante dans d'autres secteurs industriels comme le secteur des mines et des produits chimiques.

- les installations de déchets électroniques doivent initier et employer des méthodes proactives en vue de gérer de façon systématique leurs risques liés à la santé et à la sécurité au travail. Les systèmes de gestion (p. ex. ISO 14001 et les British Standards) offrent des méthodes et des procédés structurés pour l'obtention d'un certain rendement en matière d'amélioration environnementale et de sûreté;
- en raison de la nature changeante du milieu des affaires lié au recyclage et au traitement des déchets électroniques au Canada, les exigences législatives sont une des méthodes possibles qui permettent d'aborder la question des risques associés au traitement des déchets électroniques. D'autres caractérisations des risques ainsi qu'un suivi environnemental amélioré sont nécessaires en vue de déterminer si des méthodes obligatoires (c.-à-d., législatives) ou volontaires (basées sur les normes ISO etc.) sont appropriées.

Partie B

Évaluation préalable des risques écologiques

Une évaluation préalable des risques écologiques (EPRE) a été menée en vue d'évaluer le risque sur le milieu naturel d'un traitement des déchets électroniques. Pour cet élément de l'étude, on a déterminé une «installation générique» dans le but de permettre une analyse des voies d'exposition et des récepteurs selon un concept généralisé d'un environnement typique où une installation de recyclage des produits électroniques pourrait être localisée. Les niveaux de substances chimiques préoccupantes utilisées dans l'évaluation des risques proviennent d'analyses très limitées du milieu (c.-à-d., de l'air, de la terre et de la poussière) des installations de traitement des déchets électroniques où l'information était disponible. Cependant, il y a un niveau significatif d'incertitude dans l'évaluation préalable en raison d'un manque de données accessibles.

Pour les besoins liés à une évaluation préalable, l'installation générique était considérée comme se trouvant à l'interface entre le paysage urbain et agricole. Les champs agricoles abandonnés, les haies et les parcelles boisées se trouveraient probablement à proximité de l'installation. De petites tranchées de drainage ou des petits ruisseaux, qui se déversent dans des ruisseaux plus grands ou dans des zones humides en aval, pourraient se trouver dans les environs. Les espèces sauvages indigènes qui utilisent ces parcelles comprendraient principalement les espèces les plus familières pour les citadins, sont des mammifères comme la souris sylvestre, la grande musaraigne, le raton laveur, la mouffette, le renard, les oiseaux comme le geai bleu et le cardinal rouge, les reptiles comme le thamnophis et les amphibiens comme le crapaud et la grenouille léopard. Cependant, on a pris comme hypothèse qu'il pouvait y avoir des espèces importantes dans les environs, par exemple, la buse à épaulette, définie par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) en tant qu'espèce préoccupante, qui habitent, à l'occasion, dans des parcelles plus étendues de forêt dans les paysages agricoles. Les éléments importants d'écosystème (EIE) qui constituent une liste plus courte ont été sélectionnés dans le but de représenter ceux qui jouent un rôle clé dans les écosystèmes des zones humides et des milieux secs ainsi que des espèces importantes.

Il y a trois voies possibles par lesquelles les substances chimiques préoccupantes peuvent entrer dans le milieu naturel générique à partir du traitement des déchets électroniques. La voie la plus importante est la dispersion de la poussière par des procédés de dilacération, de l'installation à l'environnement en passant par les portes, par les systèmes de ventilation, etc., où elle peut se déposer dans des sols et des sédiments de la zone humide à l'extérieur de l'installation et être ingérée et absorbée par les EIE. Une deuxième voie serait occasionnée par une situation où l'eau serait utilisée dans l'une ou l'autre des parties du procédé, particulièrement s'il n'y avait pas de contrôle des poussières et que les canaux de drainage permettaient aux eaux de migrer à partir du site dans les sols et les sédiments. Une troisième voie serait occasionnée par une situation où des composants électroniques seraient stockés à l'extérieur avant d'être démontés. Dans ce cas, les eaux pourraient être lessivées et drainées dans le bassin versant local, emportant avec elles des substances chimiques préoccupantes dissoutes qui seraient ensuite déposées dans les sols ou dans

l'eau. Les eaux de lessivage pourraient également percoler dans le sol et contaminer les eaux souterraines. Les voies par inhalation ne sont probablement pas importantes, étant donné que la poussière en suspens dans l'air à l'extérieur de l'installation serait dispersée par les courants d'air causés par le vent ou déposée sur de vastes étendues.

L'évaluation des risques était limitée à ces produits chimiques qui ont été déclarés être les plus préoccupants, considérant l'information limitée qui était accessible concernant les déchets électroniques. Le plomb est la substance chimique la plus préoccupante, car elle affiche le plus grand potentiel de lessivage à partir de déchets électroniques. Cependant, il est connu qu'il existe des taux élevés de cadmium, de mercure, de béryllium et d'éther diphenylique polybromé (ÉDP) dans les déchets électroniques.

Cette évaluation montre qu'il pourrait y avoir une exposition importante à tous les niveaux trophiques à partir du traitement des déchets électroniques si de la poussière contaminée parvenait à migrer à l'extérieur de l'installation dans l'air ou dans les eaux et à former des dépôts dans les sols, dans les sédiments, dans les eaux de surfaces et dans les eaux souterraines, et être ensuite ingérée directement par des organismes dans l'environnement. L'eau pourrait également devenir contaminée si des composants recyclés étaient stockés à l'extérieur ce qui permettrait à l'eau de pluie de s'infiltrer dans les déchets électroniques. Cependant, le degré de migration de ces produits chimiques dans l'environnement par ces mécanismes reste inconnu.

Le risque d'effets toxiques causés par les métaux lourds serait à son maximum chez les organismes qui ingèrent ou absorbent directement la poussière, comme les plantes, les amphibiens, les mammifères fouisseurs qui ingèrent les vers de terre (en raison du fait que les vers de terre contiennent souvent de la terre dans leur tube digestif). Les risques d'effets toxiques causés par ces métaux lourds, en particulier le plomb, sont aussi probablement élevés en raison d'une exposition d'organismes à un niveau trophique plus élevé à des plantes et à des invertébrés qui sont exposés à la poussière sur le site, puisque les taux d'absorption pour les métaux lourds, chez les plantes et les invertébrés, peuvent, dans certains cas, être très élevés. Cependant, il existe beaucoup d'incertitude en ce qui concerne cet énoncé.

Plusieurs facteurs contribuent au degré élevé d'incertitude associé à l'évaluation des risques au site générique. Les facteurs les plus importants sont les suivants :

- il n'y a presque aucune mesure empirique des taux de contaminants préoccupants dans les environs des sites de traitement des déchets électroniques en Amérique du Nord;
- les niveaux de contamination sont probablement hautement variables en fonction du type de déchets accepté par l'installation de recyclage;
- les niveaux de contaminants contenus dans le sol, les sédiments et les eaux à l'extérieur de l'installation sont susceptibles de varier en raison des diverses pratiques environnementales, dont certaines qui affichent probablement des émissions peu importantes;
- les contaminants contenus dans la poussière pourraient présenter une biodisponibilité variable, selon les autres composantes contenues dans la poussière, dans les eaux de lessivage et dans l'environnement dans lesquels ils sont déposés;
- on ne sait pas si les contaminants peuvent passer de la poussière au sol, aux sédiments ou dans les eaux, ni sous quelle forme ils se présentent dans ces milieux;

- des points de repère précis pour certains contaminants, tout particulièrement le béryllium et le ÉDPB n'ont pas été obtenus.

En raison de cette incertitude, il est recommandé qu'un niveau additionnel d'évaluation des risques soit entrepris, ce qui devrait comprendre :

- la mesure et la caractérisation des métaux et des ÉDP dans les sols et dans les sédiments aquatiques aux environs des installations de recyclage des déchets électroniques. Le prélèvement d'échantillons doit être suffisamment important pour englober un réseau d'installations dotés de diverses pratiques environnementales, et doit se concentrer tout spécialement dans des zones les plus susceptibles d'être contaminées par la poussière contenue dans l'air ou dans les eaux de drainage : devant les portes de chargement, près des systèmes de ventilation, des points de déversement des canaux de drainage et au point d'émission des eaux souterraines;
- des essais biologiques doivent être effectués pour ce qui est de l'absorption des contaminants dans la poussière par les vers de terre et les organismes benthiques, dans le but de caractériser la biodisponibilité des contaminants préoccupants dans les déchets de poussière;
- lorsque des concentrations de substances chimiques préoccupantes ont fait l'objet d'une meilleure caractérisation, un niveau additionnel d'évaluation des risques écologiques est justifié pour une meilleure compréhension des risques à l'égard de l'écosystème;
- Environnement Canada doit encourager l'élaboration de normes et de lignes directrices pour le béryllium et l'ÉDP;
- les normes environnementales et les meilleures pratiques de gestion doivent être mises en place pour toutes les installations, dans le but de limiter les retombées atmosphériques de l'eau et de la poussière dans l'environnement.

	TABLE DES MATIÈRES	PAGE
1.0 INTRODUCTION.....		25
1.1 Questions relatives à la fin du cycle de vie des déchets électroniques..		26
1.2 Objectifs du projet et résultats attendus.....		32
1.3 Installations génériques de traitement des déchets électroniques et options de traitement		35
2.0 CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRIQUES DES INSTALLATIONS DE DÉCHETS ÉLECTRONIQUES		37
3.0 PARTIE A – ÉVALUATION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ AU TRAVAIL		40
3.1 Introduction – Modèle conceptuel de santé et de sécurité au travail ..		40
3.1.1 Aire de réception des déchets électroniques		41
3.1.2 Dangers dans les aires de réceptions		41
3.1.3 Atténuation des risques dans les aires de réception		42
3.1.4 Classification de l'équipement		42
3.1.5 Dangers associés à la classification de l'équipement.....		43
3.1.6 Stratégie d'atténuation des risques associés à la classification de l'équipement		43
3.2 Démontage manuel.....		44
3.2.1 Dangers associés au démontage manuel		46
3.2.2 Stratégie d'atténuation des risques lors du test des composants		49
3.2.3 Stratégie d'atténuation des risques au cours du démontage manuel		50
3.3 Classification des parties		52
3.3.1 Identification des dangers associés au tri des parties		52
3.3.2 Stratégies d'atténuation des risques pour le tri des parties		52
3.4 Dilacération des composants pour la séparation		52
3.4.1 Dangers associés au procédé de dilacération		53
3.4.2 Stratégies d'atténuation des risques pour l'opération du système du lacérateur et de la séparation des particules.....		54
3.5 Autres considérations dans le traitement des déchets électroniques ..		55
3.5.1 Dangers associés au procédé d'électroextraction		55
3.5.2 Stratégies d'atténuation des risques associés au procédé d'électroextraction		56
3.6 Programmes de surveillance environnementale		56
3.7 Options d'atténuation des risques et programmes de formation		57
3.7.1 Hiérarchie des contrôles.....		58
3.7.2 Analyse raisonnée pour la formation		59

3.8	Conclusions et recommandations quant à la santé et à la sécurité au travail	61
3.9	Considérations	63
4.0	ÉVALUATION PRÉALABLE DES RISQUES POUR LA SANTÉ HUMAINE D'UNE INSTALLATION GÉNÉRIQUE DE TRAITEMENT DES DÉCHETS ÉLECTRONIQUES	65
4.1	Formulation du problème	66
4.1.1	Sélection et caractérisation des récepteurs	67
4.1.2	Travailleurs de l'installation	67
4.1.3	Superviseurs de l'installation	67
4.1.4	Préposés à l'entretien et aux réparations	68
4.1.5	Intrus	68
4.1.6	Identification des substances chimiques préoccupantes	71
4.2	Évaluation de l'exposition	73
4.2.1	Identification des voies d'exposition pertinentes	73
4.3	Évaluation de la toxicité	76
4.3.1	Antimoine/Composés d'antimoine	76
4.3.2	Arsenic/Composés d'arsenic	77
4.3.3	Amiante/Matériaux d'amiante	78
4.3.4	Colorants azoïques	79
4.3.5	Béryllium/Composés de béryllium	80
4.3.6	Bismuth/Composés de bismuth	80
4.3.7	Produits ignifuges bromés (autres que les PBB ou les ÉDP)	82
4.3.8	Cadmium/Composés de cadmium	83
4.3.9	Polymères chlorés	84
4.3.10	Chrome (VI)/Composés de chrome (VI)	85
4.3.11	Cuivre/Composés de cuivre	86
4.3.12	Or/Composés d'or	86
4.3.13	Hydrochlorofluorocarbures/Isomères	87
4.3.14	Plomb/Composés de plomb	88
4.3.15	Magnésium	88
4.3.16	Mercure/Composés de mercure	90
4.3.17	Nickel/Composés de nickel	92
4.3.18	Substances appauvrissant la couche d'ozone et isomères	92
4.3.19	Palladium/Composés de palladium	93
4.3.20	Phthalates	94
4.3.21	Polybromobiphényles (PBB)	94
4.3.22	Biphényles polychlorés (PCB)	95
4.3.23	Naphthalènes polychlorés	95
4.3.24	Sélénium/Composés de sélénium	97
4.3.25	Paraffines chlorées à chaîne courte	97
4.3.26	Argent/Composés d'argent	99
4.3.27	Thallium/Composés de thallium	100
4.3.28	Tributylétain, triphénylétain et oxydes	101
4.3.29	Uranium/Composés d'uranium	102
4.4	Évaluation quantitative de l'exposition	105
4.4.1	Calcul des limites génériques d'exposition pour une exposition	

professionnelle dans une installation de déchets électroniques.....	108
4.5 Évaluation du plomb chez les adultes à l'aide du modèle du Adult Lead Methodologie.....	109
4.5.1 Contexte de l'ALM	110
4.5.2 Exercice de simulation chez les adultes à l'aide du modèle d'exposition au plomb chez les adultes.....	110
4.6 Conclusions et recommandations au sujet de l'évaluation préalable des risques pour la santé humaine	111
5.0 IDENTIFICATION DES EXIGENCES LÉGISLATIVES ET RÉGLEMENTAIRES ENVIRONNEMENTALES CANADIENNES ET EN MATIÈRE DE SANTÉ ET DE SÉCURITÉ DU TRAVAIL	117
5.1 Réglementations et législations fédérales sur l'environnement	117
5.2 Législation fédérale sur la protection des travailleurs.....	120
5.2.1 Code canadien du travail	121
5.3 Lois et réglementations provinciales – Protection de l'environnement	121
5.4 Certificats d'approbation	122
5.5 Lois provinciales et règlements environnementaux	124
5.5.1 Province de l'Alberta	126
5.5.2 Province de la Colombie-Britannique	126
5.5.3 Province Ontario	126
5.6 Lois et règlements provinciaux sur la santé et la sécurité au travail.....	128
5.6.1 Alberta – Occupational Health and Safety Act	128
5.6.2 Colombie-Britannique – Occupational Health and Safety Regulation	128
5.6.3 Manitoba – Loi sur la sécurité et l'hygiène du travail	129
5.6.4 Nouveau Brunswick – Loi sur l'hygiène et la sécurité au travail ...	130
5.6.5 Terre-Neuve – Occupational Health and Safety Act.....	130
5.6.6 Territoires du Nord-Ouest - Safety Act	130
5.6.7 Nouvelle-Écosse – Occupational Health and Safety Act	130
5.6.8 Nunavut – Safety Act	130
5.6.9 Ontario – La Loi de la santé et la sécurité au travail.....	130
5.6.10 Île-du-Prince-Édouard – Occupational Health and Safety Act.....	131
5.6.11 Québec – Loi sur la santé et la sécurité du travail	131
5.6.12 Saskatchewan – Occupational Health and Safety Act	132
5.6.13 Yukon – Occupational Health and Safety Act	132
5.7 Limites d'exposition en milieu de travail	132
5.8 Exigences réglementaires – Conclusions et recommandations	137
6.0 RÉFÉRENCES – ÉVALUATION DE LA SANTÉ.....	139
7.0 PARTIE B – ÉVALUATION PRÉALABLE DES RISQUES ÉCOLOGIQUES RELATIVEMENT À UNE INSTALLATION GÉNÉRIQUE DE TRAITEMENT DE DÉCHETS ÉLECTRONIQUES AU CANADA.....	143
7.1 Introduction	143
7.2 Étude des documents de base.....	143
7.3 Méthodes	144

7.4	Caractérisation des récepteurs	146
7.4.1	Végétation et habitat	146
7.4.2	Faune	146
7.4.3	Éléments importants d'écosystème	146
7.5	Évaluation des voies d'exposition	149
7.6	Évaluation des dangers	154
7.6.1	Le plomb	159
7.6.2	Le cadmium	161
7.6.3	Le mercure	162
7.6.4	Le béryllium	162
7.6.5	Les éthers diphenyliques polybromés	164
7.7	Évaluation des risques	165
7.8	Conclusions, niveaux d'incertitude et recommandations	182
7.9	Références sur l'évaluation des risques écologiques	184
8.0	GLOSSAIRE	188

TABLE DES MATIÈRES (suite)

PAGE

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Matériaux utilisés dans un ordinateur de bureau et efficacité des traitements actuels de recyclage	29
Tableau 2.	Une étude sur les limites maximales permises d'exposition au bruit au Canada.....	49
Tableau 3.	Une description des divers traitements employés	53
Tableau 4.	Modèle conceptuel basé sur la visite des sites d'une installation de démontage à grande échelle et recherche bibliographique de suivi	70
Tableau 5.	Expositions potentielles à des substances chimiques préoccupantes en milieu de travail.....	103
Tableau 6.	Paramètres de récepteur par défaut pour un travailleur d'une installation	105
Tableau 7.	Limites génériques d'exposition calculées pour une installation de recyclage de déchets électroniques	106
Tableau 8.	Classement des SCP selon les limites génériques préalables	115
Tableau 9.	Substances chimiques préoccupantes répertoriées dans l'Inventaire national des rejets de polluants (INRP) et Liste des substances et désignation	120
Tableau 10.	Critères de qualité de l'air ambiant de l'Ontario	124
Tableau 11.	Valeurs limites d'exposition disponibles pour les produits chimiques associés au traitement des déchets électroniques	133
Tableau 12.	Renseignements sur le cycle de vie des EIE vivant dans un environnement à proximité d'une installation générique	153
Tableau 13.	Voies d'exposition des EIE dans une installation générique – Indique les voies d'exposition entre les organismes et la source contaminante	154
Tableau 14.	Échantillonnage des résultats de l'eau et des sédiments de la rivière Liangjiang à l'extérieur de l'installation de Guiyu, en Chine	156
Tableau 15	Concentrations des substances préoccupantes enregistrées à partir d'études portant sur le traitement des déchets électroniques ou sur des activités similaires.....	157
Tableau 16.	Évaluation des risques pour les plantes et les animaux dans un environnement terrestre d'un site générique	167
Tableau 17.	Évaluation des risques pour les plantes et les animaux dans un environnement aquatique situé à proximité d'un site générique	177
Tableau 18.	Classification des conséquences environnementales à la suite d'un événement Dangereux	205
Tableau 19.	Facteur de probabilité.....	206
Tableau 20.	Confiance dans l'estimation des risques	207

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Modèle du flux de masse des produits électroniques	27
Figure 2. Traitement générique de dilacération des déchets électroniques	36
Figure 3. Voies d'exposition dans l'environnement à partir d'une installation générique de traitement de déchets électroniques.....	152
Figure 4. Grille d'estimation des risques de la CSA	203

LISTE DES PHOTOS

Photo 1	Un dilacérateur industriel de déchets électroniques	36
---------	---	----

LISTE DES ANNEXES

Annexe A	Calcul des limites génériques d'exposition aux substances chimiques préoccupantes dans une installation de traitement de déchets électroniques.
Annexe B	Modèle de simulations d'une exposition au plomb chez les adultes
Annexe C	Analyse qualitative des risques pour une installation de traitement des déchets électroniques.

Partie A – Santé et sécurité au travail et évaluation préalable des risques pour la santé humaine

Site générique de traitement des déchets électroniques

1.0 INTRODUCTION

Le recyclage des produits électroniques (le recyclage des déchets électroniques) est une industrie naissante qui est parvenue à un point critique de son développement, à la fois sur le plan de la croissance et sur le plan des enjeux à surmonter. Les enjeux liés à une élimination et à une récupération efficaces des composants matériels des déchets électroniques deviennent importants alors que la production et l'utilisation des produits électroniques continuent d'augmenter en flèche à la fois dans le monde des affaires et dans le secteur public.

En général, le flux des déchets électroniques croît à la suite de l'innovation technologique et de l'expansion du marché pour ce qui est du matériel informatique et des logiciels, ce qui a pour effet de rendre désuets un nombre croissant d'ordinateurs personnels. À l'échelle mondiale, les déchets électroniques sont l'un des composants qui entrent de plus en plus rapidement dans le flux des déchets municipaux. Il est intéressant de prendre les points suivants en considération :

- la durée moyenne de première vie (la durée d'utilité d'un ordinateur personnel à l'endroit de son propriétaire d'origine) est maintenant de deux à quatre années. D'ici l'année 2005, on s'attend à ce que la durée de la première vie d'un ordinateur personnel diminue d'une autre année;
- considérant les options de réutilisation et de stockage, l'estimation de la durée de vie totale (de la période allant de la fabrication à l'élimination) d'un ordinateur personnel est de 3 à 6 années, selon les estimations.

(Source : US National Safety Council, *Electronic Product Recovery and Recycling (EPR2) Baseline Report*, 1999 et Environnement Canada, *Les déchets de technologie de l'information et de télécommunications au Canada*, 2001).

En général, le secteur commercial recycle les produits électroniques depuis environ 20 années et a constitué un élément moteur sur le plan de la création et de la croissance de l'industrie de recyclage des produits électroniques. Jusqu'à tout récemment, les sources les plus importantes de produits électroniques destinés au recyclage ont été les fabricants et les gros consommateurs. Bien que les consommateurs possèdent des quantités importantes de produits électroniques, jusqu'à tout récemment encore un grand nombre de ces produits étaient rejetés dans des décharges contrôlées ou étaient laissés inutilisés dans des aires de stockage. Il est généralement entendu que le nombre de produits électroniques qui tombent en désuétude ou qui sont remplacés a augmenté de façon importante, ce qui crée un besoin pour le recyclage des appareils électroniques grand public (EC, 2001).

Un pourcentage relativement faible (c.-à-d. moins de 10 p. 100) de l'équipement électrique et de l'équipement électronique désuets sont actuellement réutilisés ou recyclés au Canada. Cela peut être attribué, en partie, aux infrastructures de recyclage limitées du Canada et à l'absence d'un marché économiquement durable.

Au Canada, la plupart des déchets électroniques sont enfouis dans des décharges

contrôlées et certains sont incinérés. Des substances dangereuses en provenance des déchets électroniques éliminés peuvent s'infiltrer dans des décharges contrôlées.

L'incinération des déchets électroniques peut poser des problèmes environnementaux car ceux-ci contiennent du chlore et des ignifuges bromés (que l'on trouve couramment dans des plastiques comme le PVC qui peut être un composant des déchets électroniques) ainsi que des métaux lourds comme le mercure, le plomb, le cadmium et le chrome.

L'élimination accrue des déchets électroniques représente également une occasion pour ce qui est de la conservation et de la récupération.

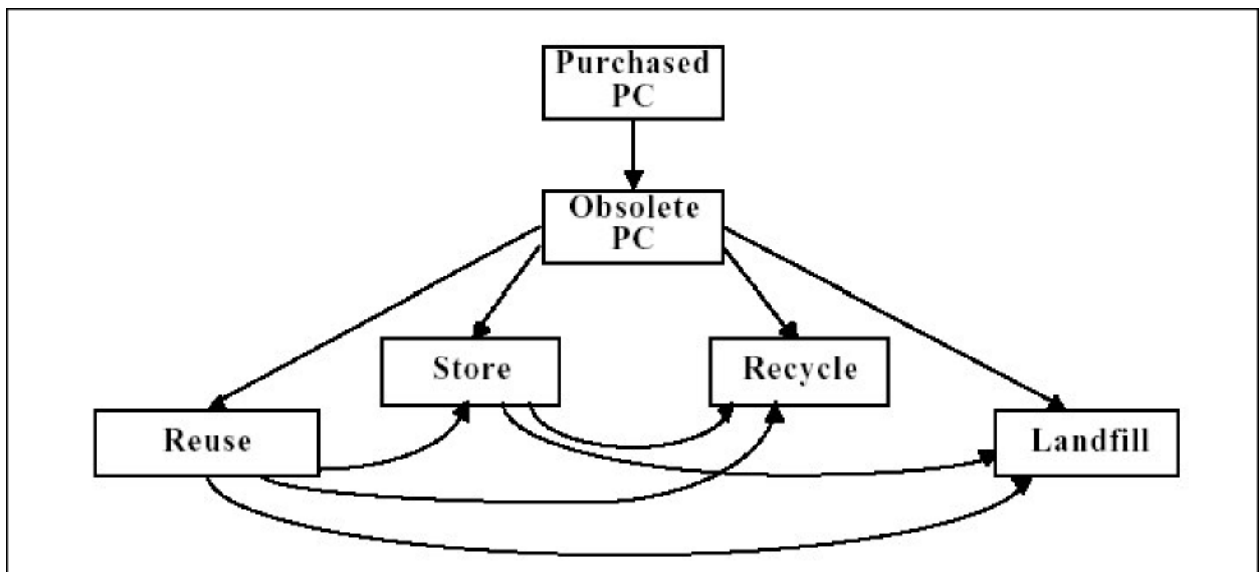
Par exemple, en 1999, les ordinateurs personnels rejetés contenaient environ 4 400 tonnes de métaux ferreux, 3 050 tonnes d'aluminium et 1 500 tonnes de cuivre. En 2002 seulement, environ 158 000 tonnes (soit environ 5,0 kg par habitant) de déchets électroniques ont été envoyés en vue d'une élimination finale. Combinés, le matériel informatique et les télévisions représentent la majorité (60 p. 100) de ces déchets et contiennent 5 600 tonnes de plomb, 6,1 tonnes de cadmium et 4,4 tonnes de mercure selon les estimations. On prévoit que ces quantités rejetées augmenteront d'environ 30 p. 100 d'ici 2010 si rien n'est accompli pour faire face à cette situation.

On prévoit que les chiffres susmentionnés ci-haut, y compris la quantité de déchets électroniques disponibles pour le traitement et le recyclage, augmenteront chaque année. De ce fait, le modèle mis à jour laisse croire que de plus en plus d'ordinateurs seront recyclés, par opposition à ceux qui seront incinérés ou enfouis dans une décharge contrôlée.

1.1 Questions relatives à la fin du cycle de vie des déchets électroniques

Les produits électroniques comprennent, entre autres, les ordinateurs personnels, les moniteurs, les ordinateurs portatifs, l'équipement périphérique (les imprimantes, les scanners, etc.), les téléphones cellulaires, les téléphones, et les télécopieurs (EnvirosRIS, 2000; 2001). Plusieurs questions ont été cernées quant au traitement et au recyclage des déchets électroniques en raison du fait que ce flux de déchets contient un certain nombre de métaux lourds ainsi que d'autres substances qui sont potentiellement toxiques pour la santé humaine et pour l'environnement.

Figure 1. Modèle du flux de masse des produits électroniques



Purchased PC = PC acheté

Obsolete PC = PC désuet

Store = Stockage

Recycle = Recyclage

Reuse = Réutilisation

Landfill = Enfouissement dans une décharge contrôlée

Le recyclage fait référence à la récupération de la matière première (c.-à-d., dans ce cas-ci, prendre un ordinateur et le démonter physiquement de façon à obtenir ses matériaux composites ou le verre). Cependant, de nombreuses sources et organismes parlent de recyclage alors qu'en fait ils réutilisent les ordinateurs (c.-à-d., dans les cas où les machines sont données tout simplement, remises à neuf et attribuées de nouveau à d'autres personnes qui peuvent les utiliser). De plus, la «remise à neuf» fait référence au démontage des ordinateurs pour former de nouveaux systèmes à partir des parties (p. ex. ajouter de la mémoire additionnelle et une unité de disque dur plus importante dans d'autres CPU). Toutes les options préviennent généralement l'incinération de l'équipement ainsi que son enfouissement dans des décharges contrôlées et ont, de ce fait, des avantages sur le plan de l'environnement. La Figure 1 consiste en un diagramme des flux actuels des composants électroniques.

Un autre type de service souvent mentionné est la «récupération des biens» qui consiste essentiellement en un contrat entre un fournisseur de service et une organisation visant à emporter l'équipement en excès et le remettre à neuf, le recycler et lui garantir une élimination sûre, avec peut-être une certaine forme de valeur économique revenant à l'organisation. Cela pourrait signifier d'assurer et de prouver qu'aucun composant de déchets électroniques n'a été envoyé à des décharges contrôlées.

Le volume croissant de déchets électroniques, et les dangers associés à la gestion ont mené à l'élaboration de plusieurs études comme celle du rapport de l'année 2000 d'Environnement Canada intitulé : *Les déchets de technologie de l'information et de télécommunications au Canada* (EC, 2001) et autres (ACIE, 2001). Dans l'ensemble, les études ont révélé que les déchets électroniques qui peuvent faire l'objet d'un recyclage contiennent un certain nombre de substances essentiellement dangereuses comme des métaux lourds (p. ex. le mercure, le cadmium, le plomb, etc.), des produits ignifuges (p. ex. le pentabromophénol, l'ÉDP, le TBBPA, etc.) ainsi que d'autres produits chimiques essentiellement dangereux. Une mauvaise manipulation et gestion des déchets électroniques au cours des traitements de recyclage peuvent entraîner des expositions en milieu de travail à des produits chimiques, expositions qui sont inadmissibles et cela peut également poser un danger potentiel important pour la santé humaine et pour divers récepteurs écologiques (c.-à-d. des plantes, des animaux, etc.) si ces produits chimiques sont rejetés dans l'environnement. En dernier lieu, les dangers physiques ou ergonomiques associés au traitement des déchets électroniques ont été reconnus comme un sujet de préoccupation qui peut potentiellement avoir des conséquences sur la santé et la sécurité professionnelle des récepteurs (p. ex. les travailleurs, etc.) qui prennent part au traitement et au recyclage des déchets électroniques.

Tableau 1. Matériaux utilisés dans un ordinateur de bureau et efficacité des traitements actuels de recyclage				
Composition d'un ordinateur personnel de bureau en se basant sur un ordinateur de bureau typique, dont le poids est d'environ 60 lb.				
Nom	Contenu (% du poids total)	Poids du matériel d'ordinateur (lb)	Recyclable effectué (recyclabilité actuelle)	Utilisation ou emplacement
Plastique	22,9907	13,8	20 %	inclus organiques, oxydes et autre que silice
Plomb	6,2988	3,8	5 %	assemblage métallique, écran de protection contre les radiations/tube cathodique, PWB
Aluminium	14,1723	8,5	80 %	à des fins structurelles, conductivité/boîtier, tube cathodique, PWB, connecteurs
Germanium	0,0016	< 0,1	0 %	Semiconducteur, PWB
Gallium	0,0013	< 0,1	0 %	Semiconducteur, PWB
Fer	20,4712	12,3	80 %	à des fins structurelles, magnétivité/(acier) boîtier, tube cathodique, PWB
Étain	1,0078	0,6	70 %	assemblage métallique, PWB, tube cathodique
Cuivre	6,9287	4,2	90 %	Conductivité/tube cathodique, PWB, connecteurs
Baryum	0,0315	< 0,1	0 %	dans le tube à vide/tube cathodique
Nickel	0,8503	0,51	80 %	à des fins structurelles, propriété magnétivité/(acier) boîtier, tube cathodique, PWB
Zinc	2,2046	1,32	60 %	batterie, émetteur de phosphore, PWB, tube cathodique
Tantale	0,0157	< 0,1	0 %	Condensateurs, PWB, bloc d'alimentation
Indium	0,0016	< 0,1	60 %	transistor, redresseurs, PWB
Vanadium	0,0002	< 0,1	0 %	Emetteur de phosphore rouge
Terbium	0	0	0 %	Activation du phosphore vert, dopant/
Béryllium	0,0157	< 0,1	0 %	conductivité thermique, PWB, connecteurs
Or	0,0016	< 0,1	99 %	Connectabilité, conductivité, PWB
Europium	0,0002	< 0,1	0 %	activation du phosphore, PWB

Titane	0,0157	< 0,1	0 %	Matière colorante, agent d'alliage/ (aluminium)
Ruthénium	0,0016	< 0,1	80 %	Circuit résistant PWB
Cobalt	0,0157	< 0,1	85 %	à des fins structurelles, Propriétés magnétiques Boîtier, tube cathodique, PWB
Palladium	0,0003	< 0,1	95 %	Connectabilité, conductivité, PWB
Manganèse	0,0315	< 0,1	0 %	à des fins structurelles, Propriétés magnétiques Boîtier, tube cathodique, PWB
Argent	0,0189	< 0,1	98 %	Connectabilité, conductivité, PWB
Antimoine	0,0094	< 0,1	0 %	diodes/boîtier, PWB, tube cathodique cathodique
Bismuth	0,0063	< 0,1	0 %	agent mouillant dans les couches épaisses, PWB ép, PWB
Chrome	0,0063	< 0,1	0 %	à des fins décoratives, durcisseur/(acier) boîtier
Cadmium	0,0094	< 0,1	0 %	Batterie, émission du phosphore bleu-vert/ boîtier, PWB, tube cathodique
Sélénium	0,0016	0,00096	70 %	redresseurs, PWB
Niobium	0,0002	< 0,1	0 %	alliage de soudure/boîtier
Yttrium	0,0002	< 0,1	0 %	émetteur du phosphore rouge/tube cathodique, PWB
Rhodium	0		50 %	conducteur de la couche épaisse, PWB
Platine	0		95 %	conducteur de la couche épaisse, PWB
Mercure	0,0022	< 0,1	0 %	batteries, commutateurs/boîtier, PWB
Arsenic	0,0013	< 0,1	0 %	éléments dopants dans les transistors, PWB
Sélénium	24,8803	15	0 %	verre, dispositif à

				semi-conducteur/tube cathodique, PWB
--	--	--	--	---

Tableau présenté dans : *Microelectronics and Computer Technology Corporation (MCC). 1996. Electronics Industry Environmental Roadmap*, Austin, TX: MCC.

Note : les plastiques contiennent des produits ignifuges polybromés ainsi que des centaines d'additifs et de stabilisants qui ne figurent pas séparément sur la liste.

Tous les composés qui figurent sur la liste ci-dessus sont connus pour être dangereux de par leur nature tant pour la santé humaine que pour les récepteurs écologiques à la suite d'une exposition suffisamment importante. Par exemple, une exposition au plomb à des niveaux suffisamment élevés est associée à une toxicité sur le plan du développement chez les enfants et le mercure est connu comme une substance neurotoxique. Les dangers associés aux déchets électroniques pourraient dépendre du niveau d'exposition ainsi que de la toxicité inhérente au composé. En général, le danger peut être défini par l'équation suivante :

$$\text{Danger} = \text{Toxicité} \times \text{Exposition}$$

Bien que les composés associés au traitement des déchets électroniques qui figurent dans le Tableau 1 peuvent présenter un danger à la suite d'une exposition suffisamment importante, il y a peu d'études d'évaluation des risques (qui comprennent une évaluation de l'exposition) accessibles qui permettent une évaluation des dangers et des risques associés au traitement de recyclage des déchets électroniques qui pourraient survenir dans des installations typiques de recyclage des produits électroniques au Canada.

La gestion des déchets d'équipement électrique et électronique (DEEE) soulève des préoccupations au Canada et ailleurs (CDNRE, 2004). Les préoccupations proviennent principalement du fait que les DEEE pourraient contenir diverses quantités de substances dangereuses, et que ces quantités de DEEE dans les flux d'élimination des déchets continuent de croître.

1.2 Objectifs du projet et résultats attendus

En se fondant sur les préoccupations relevées ci-dessus, le Comité directeur national sur le recyclage électronique (CDNRE), un comité mis en place en vue d'aider à promouvoir, à coordonner et à faciliter une approche cohérente à l'échelle nationale pour ce qui est de la gestion des DEEE au Canada, a reconnu le besoin d'investiguer et de préparer une étude qui aborde les dangers potentiels qui touchent l'environnement et la santé et la sécurité au travail, dangers qui sont associés au traitement des déchets électroniques au Canada. Pour faire face à ces préoccupations, Environnement Canada a fait la demande d'une évaluation «préliminaire» sur les risques pour la santé humaine et l'environnement, qui met le doigt sur les dangers associés au traitement des déchets électroniques, qui donne un aperçu des «options pratiques de maîtrise du risque» et les mesures les plus appropriées pour limiter tout danger et risque associés au recyclage des déchets électroniques. De ce fait, Environnement Canada a exposé à grands traits un certain nombre d'objectifs préliminaires pour faire face à ces préoccupations, dans une étude d'évaluation préalable des risques qui comprend les éléments énoncés ci-dessous.

Objectifs du projet

- 1) Préciser les risques potentiellement importants pour l'environnement et pour la santé et la sécurité au travail qui sont associés au traitement des déchets électroniques.
- 2) Préciser les exigences législatives pertinentes quant à l'environnement et à la santé et à la sécurité du travail qui sont associées à ces risques, et en dernier lieu.
- 3) Préciser les meilleures pratiques de gestion, les mesures d'atténuation, ainsi que les programmes de surveillance qui pourraient être requis si des risques importants étaient identifiés.

Les résultats attendus du projet sont définis de la façon suivante :

- 1) fournir une description «générique» des caractéristiques physiques, chimiques et environnementales des installations de recyclage «typiques» des déchets électroniques et des effets sur les récepteurs au Canada;
- 2) identifier les dangers et les risques pour l'environnement ainsi que pour la SST qui sont associés au traitement des déchets électroniques;
- 3) identifier les récepteurs potentiels préoccupants ainsi qu'à la fois les voies d'exposition et les scénarios d'exposition jugés pertinents en ce qui concerne le traitement des déchets électroniques;
- 4) déterminer les niveaux de danger acceptables, y compris l'identification, la description et une analyse comparative des exigences réglementaires canadiennes quant à l'environnement et

à la SST, exigences qui sont associées au traitement des déchets électroniques (c.-à-d., à l'échelon fédéral et provincial, et, si applicable, à l'échelon municipal);

5) effectuer une analyse préalable des risques ainsi qu'une évaluation et apporter des conclusions et des recommandations sur les dangers pour l'environnement et pour la SST associés au traitement des déchets électroniques ;

6) identifier les options de gestion des risques (p. ex. les programmes de surveillance et les meilleures pratiques de gestion) dans le but de limiter ou d'éliminer les risques pour l'environnement ou pour la SST associés au traitement des déchets électroniques en général, et, en dernier lieu;

7) identifier les exigences quant à la formation et à la sensibilisation ainsi que les compétences requises pour les travailleurs ou les superviseurs associés au traitement des déchets électroniques.

Portée de l'étude

La portée de l'étude a été décrite brièvement dans le mandat projet. La portée de l'étude comprenait une évaluation des risques potentiels pour l'environnement et pour la santé et la sécurité au travail, risques associés au traitement des déchets électroniques au Canada. La portée de l'évaluation comprenait une analyse préliminaire des risques, l'établissement de la portée des incidences et l'identification des dangers, l'analyse et l'évaluation des risques ainsi qu'une investigation des mesures de maîtrise des risques et des recommandations. Les dangers secondaires ainsi que les risques potentiels associés au recyclage, à la fusion des métaux et au traitement des plastiques et du verre ne faisaient pas partie de l'objectif de la présente étude.

Afin d'atteindre les résultats attendus décrits brièvement ci-dessus, une évaluation préalable des risques a été menée, qui mettait l'accent à la fois sur la santé humaine et sur l'environnement. La méthodologie technique et les approches qui seront utilisés en vue de répondre aux besoins et aux attentes d'Environnement Canada pour ce projet sont exposées à grands traits dans les sections suivantes.

En général, l'évaluation des risques est un processus employé qui vise à évaluer le risque potentiel pour les récepteurs humains et les récepteurs écologiques qui résultent de un ou de plusieurs stressors environnementaux. Ce faisant, l'évaluation des risques prend en ligne de compte les concentrations de produits chimiques à être évalués (c.-à-d., les concentrations mesurées obtenues d'études empiriques ou les concentrations rapportées dans la documentation scientifique pour des sites similaires), la façon dont les récepteurs peuvent être exposés ainsi que la toxicité associée à chaque produit chimique.

Les évaluations préalables des risques diffèrent des évaluations des risques d'un pallier supérieur (c.-à-d., plus avancées et propres au site), du fait qu'elles comprennent généralement une évaluation non quantitative de la probabilité d'un effet défavorable causé par des conditions présentes au site (p. ex. une installation générique de traitement des déchets électroniques). Une évaluation préalable peut représenter une précieuse source

d'information sur le niveau de risque qui peut être associé à un site précis ou être le résultat d'opérations générales qui ne demandent pas d'entreprendre des modélisations détaillées et compliquées.

1.3 Installations génériques de traitement des déchets électroniques et options de traitement

Il existe quatre principaux types d'options de traitement des déchets électroniques : le démontage, la remise à neuf, la dilacération et la fusion. La fusion n'est pas traitée dans la présente étude car elle est considérée comme une industrie établie en aval qui est très réglementée.

En général, on présume que les activités suivantes (c.-à-d., les opérations) sont effectuées à une installation générique typique de déchets électroniques, notamment :

- la gestion des biens (c.-à-d., la réception, le tri et le classement par ordre de priorité des déchets électroniques);
- la défabrication (c.-à-d., la dilacération, le broyage, etc);
- la récupération des matériaux (c.-à-d., le séparateur à courant de Foucault, etc.);
- le traitement des matériaux.

Ces traitements sont décrits et développés plus en détail dans la section d'évaluation de la santé et de la sécurité du travail (SST) (section 3 ci-dessous) de ce rapport. En général, certaines de ces activités peuvent être la source de dangers et risques importants à la fois pour la santé humaine et l'environnement.

En général, Kopacek et Kopacek (1999) ont relevé que le démontage automatisé joue un rôle clé dans le recyclage des déchets électroniques et des progrès technologiques doivent être réalisés en vue de rendre le recyclage plus rentable et efficace.

La solution apportée par Cui et Forssberg (2003) consiste à dilacérer les déchets et à les trier en utilisant une variété de techniques comme le courant de Foucault, l'effet en couronne (en électrostatique) et les processus de brassage. Cette technique de dilacération semble être la principale méthode utilisée et la plus efficace pour un traitement «générique» des déchets électroniques. À ce jour, il existe des fabricants qui mettent au point de l'équipement spécialisé de dilacération des déchets électroniques qui est actuellement utilisé au Canada. Certaines de ces pièces d'équipement imposantes sont illustrées sur la photo 1. Un modèle conceptuel d'un traitement «générique» de dilacération des déchets électroniques est illustré à la Figure 2.

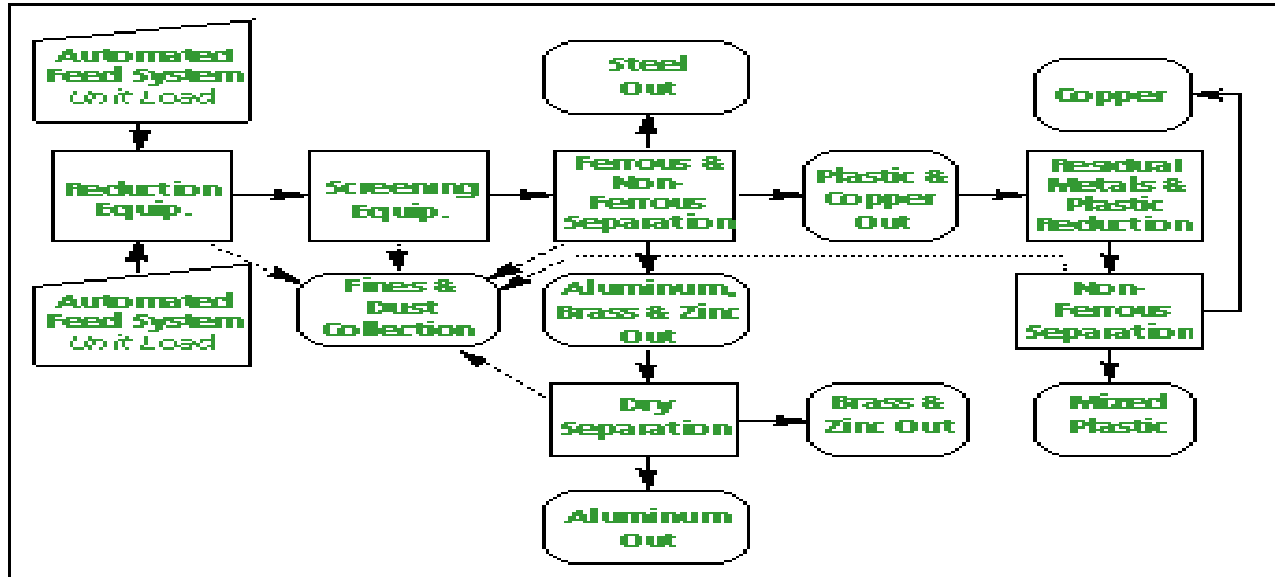
Cependant, d'autres approches peuvent également être utilisées au Canada (p. ex. le démontage et la défabrication manuelle) suivies par d'autres méthodes comme le souligne l'article de Veglio et coll. (2003) qui met l'accent sur la récupération des métaux précieux (c.-à-d., le cuivre et le nickel). La technique décrite à cet égard comprend la lixiviation acide suivie d'un procédé d'électroextraction. Le procédé de lixiviation est accompli en utilisant une solution acide (H₂SO₄) à la suite de quoi la technique de séparation des métaux que l'on nomme électroextraction est utilisée dans le but de séparer les métaux. Cette technique a apparemment une efficacité de 94 p. 100 à 99 p. 100 (Veglio et coll., 2003). Cependant, les dangers associés à ces activités n'ont pas été entièrement évalués.

Photo 1. Un dilacérateur industriel de déchets électroniques

Where is the picture?

Un processus typique de flux des déchets électroniques qui sert à illustrer un traitement de dilacération est présenté à la Figure 2. À noter l'utilisation d'un diagramme de flux différent pour les options de traitement de «démontage et de remise à neuf».

Figure 2. Traitement générique de dilacération des déchets électroniques



Traduction du diagramme de flux

Automated feed system *Unit Load* : Système d'alimentation automatisé *Unité de charge*

Reduction Equip. : Équip. de réduction

Automated feed system *Unit Load* : Système d'alimentation automatisé *Unité de charge*

Screening Equip. : Équip. de tri

Fines & Dust Collection : Collecte des matériaux fins et de la poussière

Steel Out : Sortie de l'acier

Ferrous & Non-ferrous Separation : Séparation des métaux ferreux et non ferreux

Aluminium Brass & Zinc Out : Sortie de l'aluminium, du laiton et du zinc

Dry separation : Séparation par voie sèche

Aluminium Out : Sortie de l'aluminium

Plastics & Copper Out : Sortie du plastique et du cuivre

Brass & Zinc Out : Sortie du laiton et du zinc

Copper : Cuivre

Residual Metals & Plastic Reduction : Métaux résiduels et réduction du plastique

Non-ferrous Separation : Séparation des métaux non ferreux

Mixed plastic : Plastiques mixtes

2.0 CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRIQUES DES INSTALLATIONS DE DÉCHETS ÉLECTRONIQUES

Actuellement, on estime que l'industrie électronique au Canada comprend environ 200 entreprises qui jouent un rôle principalement dans le recyclage et l'élimination des déchets d'ordinateurs (ACIE, 2001). En général, l'industrie est un mélange de petites et moyennes entreprises ainsi que plusieurs entreprises de plus grande taille (c.-à-d., des constructeurs OEM, des affineurs de métaux, des entreprises générales de déchets et de recyclage, etc.) établissant des points d'ancrage dans le marché (ACIE, 2001). On a rapporté qu'il y a eu environ 137 entreprises qui sont intervenues directement dans les services liés au démontage et à la destruction (c.-à-d., à la dilacération, etc.) des déchets électroniques et/ou au recyclage spécialisé comme le recyclage des moniteurs (ACIE, 2001) au Canada.

En général, l'infrastructure de recyclage des équipements TI au Canada est perçue comme non-uniforme et limitée en tant que champ d'application. Celle-ci est considérée comme une industrie immature, mais affichant une croissance rapide au Canada (EnvirosRis, 2000). Par exemple, certaines installations de recyclage sont connues pour utiliser la séparation manuelle dans le but de démonter et de trier l'équipement TI en fonction de ses flux de matériaux (c.-à-d., dans certains cas, la séparation pour donner environ 40 composants différents en vue d'obtenir le plus haut prix de marché pour les flux de matériaux de haute qualité, c.-à-d., les fils, les cartes de circuits imprimés, les métaux semi-précieux ainsi que les autres métaux de base, etc.), tandis que d'autres dépendent davantage d'un démontage automatisé. En général, il est accepté et convenu dans l'industrie des déchets électroniques que le démontage manuel coûte trop cher et est trop exigeant en main-d'œuvre, et ne semble pas une voie d'avenir.

En vue de définir et de concevoir une installation «typique» (c.-à-d., «générique») de déchets électroniques, le Groupe d'étude a tout d'abord effectué une recherche (et visité) plusieurs installations/établissements de grande taille situés au centre-sud de l'Ontario (c.-à-d., les installations en mesure de traiter facilement environ 1 500 tonnes par mois; celles qui sont en général considérées comme étant à la fine pointe). De plus, le Groupe d'étude a effectué des recherches sur plusieurs établissements de taille moyenne, qui en général, traitent environ 10 à 20 tonnes par mois. Dans certains cas, un accès sans restriction aux sites n'était pas possible. De plus, un répertoire des entreprises ainsi qu'une recherche documentaire ont été mis de l'avant afin de mettre le doigt sur les établissements de plus petite taille qui pourraient fournir de précieuses informations quant à la définition d'une installation «générique» de déchets électroniques.

En plus des établissements de taille moyenne à large, connus pour traiter et recycler (c.-à-d., démonter, dilacérer et récupérer les métaux précieux et non précieux) des quantités importantes de déchets électroniques, le Groupe d'étude a également fait des recherches sur d'autres types d'installations dont la fonction principale consiste à faciliter la réutilisation

des ordinateurs personnels. Cela est facilité soit par l'utilisation de l'ordinateur après une évaluation de fonctionnalité totale, soit par le remontage des composants à partir d'un certain nombre d'ordinateurs différents dans le but de remettre à neuf une ou plusieurs unités de travail. Une telle approche est avantageée par rapport au traitement classique en raison du fait qu'elle permet d'obtenir un produit utile avec un minimum de dangers à l'égard du travailleur lorsque comparée à un traitement de destruction. Par exemple, un certain nombre d'organisations de taille importante (p. ex. les gouvernements fédéral et provinciaux, le secteur privé, etc.) peuvent envoyer leurs ordinateurs à des programmes dirigés par le gouvernement comme l'organisation du «Programme des ordinateurs pour les écoles» (OPE) sous l'égide du fédéral. En général, le programme OPE fait la collecte d'un nombre important d'ordinateurs de surplus obtenus à titre gratuit de la part du gouvernement ainsi que d'autres sources du secteur privé les remet à neuf et les redistribue gratuitement aux écoles et aux bibliothèques partout au Canada. Bien que le programme OPE a un rôle à jouer dans le «traitement» des déchets électroniques, les opérations sont décrites avec plus d'exactitude comme un procédé de remise à neuf en opposition au recyclage, et les travailleurs, dans les installations de «remise à neuf», ne sont pas exposés aux mêmes types de dangers. En fait, les bureaux de chaque programme envoient généralement l'équipement ou les composants inutilisables (définis comme des déchets électroniques) aux entreprises de recyclage et à des plus grandes installations de traitement, qui recyclent le matériel éliminé ou non voulu.

En général, les programmes et les organisations comme l'OPE apportent des bénéfices importants sur le plan de l'environnement en s'assurant que les systèmes informatiques sont réutilisés et remis à neuf avec un minimum de déchets envoyés aux entreprises de recyclage ou aux décharges contrôlées et qu'ils sont considérés comme un programme de «meilleure pratique» pour prolonger la durée de vie utile des équipements électroniques et pour garder le matériel, souvent jugé comme potentiellement toxique, à l'extérieur des décharges contrôlées. Par exemple, 83 760 ordinateurs remis à neuf ont été détournés des décharges contrôlées et ont été donnés aux écoles (OPE, 2003-2004).

Il faut noter que l'installation générique de recyclage analysée dans ce rapport est fondée sur un scénario de dangers réalistes compatible avec la récupération du matériel (c.-à-d., les métaux précieux et non précieux, les plastiques, etc.) selon les pratiques courantes qui comprennent des procédés de destruction comme la dilacération et le traitement électrochimique. On ne s'attend pas à ce que les travailleurs de ces installations, qui reconstruisent simplement les ordinateurs personnels avec des composants récupérés à partir d'ordinateurs désuets ou non voulus selon la description ci-dessus, soient exposés de façon importante à des métaux potentiellement dangereux ainsi qu'à d'autres composés. De ce fait, les dangers et les risques associés à ces types d'activités sont considérés comme négligeables.

Description générique

Bien qu'il existe des différences liées à la capacité des installations de traitement de déchets électroniques ainsi qu'une variété d'options de traitement, dans l'ensemble, dans le but de mener une évaluation «préalable», l'installation générique suivante a été définie :

- 1) l'installation générique était considérée être à l'interface entre le paysage urbain et le paysage agricole;
- 2) l'installation générique était considérée avoir recours à une combinaison de procédés automatisés (c.-à-d., une dilacération mécanisée) et non automatisés (séparation et destruction manuelle) qui se déroulent dans l'installation; la somme de ces procédés peut contribuer aux expositions humaines et écologiques s'ils étaient mal effectués et mal gérés;
- 3) les champs agricoles abandonnés ou inutilisés, les cultures en couloir et les petites parcelles boisées ont été considérés à proximité de l'installation. Les petites tranchées de drainage ou les petits ruisseaux qui se déversent dans des ruisseaux plus importants ou dans des zones humides en aval, étaient considérés se trouver dans les environs;
- 4) les espèces sauvages qui vivent dans ces parcelles comprendraient principalement les espèces les plus familières aux yeux des citoyens, soient des mammifères comme la souris sylvestre, la grande musaraigne, le raton laveur, la mouffette, le renard, les oiseaux comme le geai bleu et le cardinal rouge, les reptiles comme le thamnophis et les amphibiens comme le crapaud et la grenouille léopard. Cependant, on a émis l'hypothèse qu'il pouvait y avoir un nombre important d'espèces dans les environs, par exemple, la buse à épaulette, définie par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) en tant qu'espèce préoccupante, qui habitent à l'occasion dans des parcelles boisées plus étendues dans les paysages agricoles.

Évaluation de la santé et de la sécurité au travail

3.0 PARTIE A – ÉVALUATION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ AU TRAVAIL

Cette section relève les principaux dangers professionnels associés au traitement des déchets électroniques, y compris les dangers physiques et ergonomiques relevés lors d'études et décrit leur potentiel de nuisance à l'endroit des travailleurs.

3.1 Introduction – Modèle conceptuel de santé et de sécurité au travail

Les fondements de l'élaboration d'un modèle conceptuel d'évaluation des risques pour la santé au travail reposaient sur l'observation selon laquelle un certain nombre de facteurs jouent un rôle dans l'exposition du travailleur à des substances dangereuses qui proviennent de la manipulation et de la valorisation de déchets électroniques à différentes étapes du traitement. Une exposition à diverses formes de substances dangereuses peut survenir à différentes étapes du traitement. De plus, la manipulation manuelle de l'équipement peut mener à la fois à des stress ergonomiques ainsi qu'à des expositions à divers produits chimiques ainsi qu'à des composés associés aux déchets électroniques. Par conséquent, le modèle proposé intègre la santé et la sécurité au travail aux facteurs physiques ainsi qu'aux expositions chimiques.

À noter également que le traitement des déchets électroniques est effectué dans le but que l'entreprise qui opère une telle installation puisse y tirer un avantage économique. Un avantage économique pour l'entreprise qui opère une telle installation se produit seulement lorsque des métaux précieux (p. ex. l'or, l'argent) et non précieux (p. ex. le cuivre, le fer, le plomb, le mercure, le béryllium, le cadmium, etc.) sont récupérés de l'équipement mis au rebut et revendus sur le marché, ou que des composants fonctionnels qui sont enlevés de l'équipement sont vendus à un prix en relation avec le marché qui excède le coût de récupération. À cette fin, les déchets électroniques sont un produit de base avec une certaine valeur potentielle et les installations de traitement doivent manipuler l'équipement en conséquence. Les composants fonctionnels ne peuvent être récupérés que par une manipulation adéquate des parties délicates. Les parties comme les modules de mémoire, les moteurs, les composants optiques qui peuvent être revendus exigent d'être enlevés, testés et emballés avec soin en vue du transport. La récupération des métaux précieux est généralement facilitée par la dilacération de l'équipement pour donner les plus petites particules possibles, par la séparation des particules qui contiennent des métaux de celles qui ne contiennent pas de métaux, et par d'autres traitements de particules qui contiennent des métaux par lixiviation acide suivie d'une valorisation électrochimique (électroextraction).

Les travailleurs à ces installations sont prudents pour ce qui est des pratiques de manipulation, une différence nette par rapport aux autres types d'installations de recyclage. Par conséquent, une plus grande attention donnée à la manipulation de l'équipement mène à un plus grand temps de contact entre le travailleur et l'équipement, ce qui entraîne une exposition à divers contaminants.

L'installation de traitement des déchets électronique n'est pas significativement différente des autres installations de fabrication où les règlements de base de sécurité sont suivis et où les travailleurs sont équipés adéquatement de bottes de sécurité, de protections pour les yeux et les oreilles, de gants, comme cela est approprié pour la tâche en question. De plus, pour ce qui est de l'équipement comme les chariots élévateurs à fourche, ou les plateformes mobiles mécanisées pneumatiques, pour la manipulation des produits lourds, des programmes de formation existent en ce qui concerne leurs utilisations et doivent être suivis dans toutes les installations dans lesquels ils sont utilisés. Les règlements de sécurité en milieu de travail qui dictent les principes de précaution sont facilement accessibles dans ces types d'installations et ne seront pas discutés davantage dans ce rapport. Les questions sur la sécurité au travail qui sont pertinentes au traitement des déchets électroniques constituer le point de mire de la stratégie d'atténuation des risques.

Les sections suivantes traitent des diverses étapes qui jouent un rôle dans le traitement des déchets électroniques et des préoccupations quant à la santé au travail et qui sont soulevées à chacune de ces étapes.

3.1.1 Aire de réception des déchets électroniques

L'aire de réception des déchets électroniques peut poser un certain nombre de différents dangers pour les travailleurs. À plusieurs reprises, l'équipement (en tout ou en partie) est reçu sur des palettes de bois qui sont emballées dans un emballage moulant en vinyle. Une fois que les palettes sont déchargées du camion sur l'aire de plancher, le personnel dans la zone doit identifier leurs contenus et déchirer le plastique pour accéder à l'équipement. Certaines charges qui arrivent à l'installation sont sous la forme de boîtes, de compartiments ou en tant qu'équipement unique. Le déchargement de cet équipement est une tâche manuelle qui demande différents niveaux d'efforts. Le plus grand risque provient de la variabilité dans le centre de masse de la charge. Le déplacement d'objets encombrants qui ont souvent des parties lâches à l'intérieur pose des risques ergonomiques. De plus, le rangement en pile des compartiments peut mener à des situations où l'équipement pourrait tomber et causer des blessures ou exposer des matériaux dangereux.

3.1.2 Dangers dans les aires de réception

Les travailleurs dans les aires de réception peuvent être exposés à des objets de plastiques et de métal coupant, à du verre brisé venant d'écrans d'appareils vidéo et de lampes, à des cartouches de toner laser partiellement vides contenant des colorants et de la poudre de graphite très fine ou en pâte, à des batteries rechargeables, à des câblages et à des cordons d'alimentation pouvant poser un danger de trébuchement. Le danger principal vient des dommages encourus lors du transit causant le détachement ou le bris de certaines parties de l'équipement.

Les dangers principaux encourus par le personnel dans l'aire de réception sont des dangers cutanés ou d'inhalation. Une coupure causée par du verre brisé ou des pièces de métal coupant peut entraîner une exposition à des matériaux comme la couche fluorescente contenue à l'intérieur des tubes d'écran d'ordinateur ainsi qu'à d'autres produits chimiques

variés qui pourraient se trouver sur des pièces de métal coupant. L'exposition résultant de telles coupures peut mener à une exposition directe à divers métaux et à d'autres matériaux.

3.1.3 Atténuation des risques dans les aires de réception

L'atténuation des risques dans cette zone de l'installation se fonde sur la réduction des stress ergonomiques ainsi que sur la reconnaissance des dangers d'exposition posés par l'équipement à l'arrivée. Avant d'enlever l'équipement, une inspection visuelle en profondeur doit être effectuée. Une attention spéciale doit être prise dans le but d'identifier les déversements accidentels de liquides qui proviennent de l'équipement, les extrémités coupantes de l'équipement ainsi que les équipements brisés qui pourraient se détacher au déchargement. Le personnel de l'installation ne doit pas être responsable de l'équipement qui n'a pas été emballé adéquatement; de telles charges doivent être refusées ou acceptées seulement après un nettoyage adéquat par la partie expéditrice. Les stress ergonomiques peuvent être grandement réduits par l'utilisation d'un chariot élévateur à fourche ou par d'autres moyens mécaniques qui permettent de décharger l'équipement à l'arrivée. Dans le cas où cela n'est pas possible, il faudrait envisager de travailler en équipe pour décharger l'équipement lourd. Lorsque les charges sont reçues dans des compartiments en plastique ou dans des boîtes, tout doit être fait afin d'avoir recours à un système de rampe en vue de minimiser le levage.

Le personnel qui manipule directement l'équipement doit utiliser un équipement de protection individuelle qui comprend l'utilisation de bottes de sécurité, de gants pour avoir une prise appropriée ainsi que pour réduire la probabilité qu'une pièce d'équipement coupant pénètre dans la peau. Des vêtements appropriés, préférablement des combinaisons ainsi que des protections pour la tête comme un casque, doivent être portés. Dans les situations où une inspection visuelle de l'équipement à l'arrivée a permis d'identifier de l'équipement contaminé par un déversement accidentel d'une certaine nature (toner laser, toner liquide, etc.), des combinaisons jetables doivent être portées pendant la manipulation physique de cet équipement. Une protection des voies respiratoires peut également être nécessaire en présence d'une fine poussière ou de solvants. Le personnel doit être formé de façon à ce qu'il puisse identifier la protection respiratoire appropriée lorsque l'inspection visuelle relève des dangers potentiels qui représente l'équipement à l'arrivée.

Un système de stockage qui utilise une vaste aire de plancher est préférable à un système de rangement en pile car il permet de réduire le risque de chute d'équipement mis au rebut sur le personnel dans l'aire de travail. Une telle configuration facilitera la classification de l'équipement et facilitera certaines étapes importantes pour ce qui est de la protection des travailleurs.

3.1.4 Classification de l'équipement

Pour les installations de traitement de déchets électroniques, la classification de l'équipement est une étape importante pour l'identification de l'équipement contenant des parties pouvant être utilisées pour la revente sur le marché des pièces usagées en vue soit de construire des produits remis à neuf ou de les vendre «tels quels» à partir de cette partie de

l'envoi qui poursuit son traitement mécanique en vue d'une récupération des divers matériaux. Ce sont à la fois le succès économique de l'installation et la protection du personnel de l'installation qui dépendent d'une classification appropriée.

3.1.5 Dangers associés à la classification de l'équipement

La classification des déchets électroniques est une étape importante en vue de réduire l'exposition professionnelle dans son ensemble. Par exemple, le personnel qui reçoit des déchets électroniques doit être capable d'identifier les parties des composants. Il existe des différences significatives entre l'équipement qui vient de milieux propres à la résidence ou au bureau et celui qui pourrait provenir d'un milieu hospitalier ou d'un milieu de recherche en laboratoire. Il est possible de recevoir de l'équipement médical qui peut contenir des composés radioactifs ou des réservoirs de liquide contenant du solvant de dégraissage. Dans ce cas, le personnel dans cette zone doit être en mesure de reconnaître cet équipement et de prendre des précautions appropriées afin de prévenir l'exposition. Il se peut que le personnel travaillant dans cette zone ait besoin de formation pour opérer l'équipement permettant de détecter les produits de désintégration radioactive (p. ex. les compteurs de Geiger-Müller, etc.). L'équipement qui ne convient pas pour le traitement en raison de sa dangerosité ou en raison du fait que l'installation n'a pas les moyens appropriés pour le recycler doit être refusé à ce stade. De l'équipement en provenance de déchets résidentiels a plus de chance d'être en mauvaise condition, et une remise à neuf des parties en provenance de ce flux est peu probable.

C'est à ce point du processus où il faut donner suite à une décision sur la façon dont l'équipement va être traité. Par exemple, une charge qui contient des ordinateurs pourrait être détournée vers une voie de remise à neuf où les parties fonctionnelles sont prises et rassemblées dans un ordinateur fonctionnel qui pourra être vendu, comme dans le cas du Programme des ordinateurs pour les écoles (programme OPE). Autrement, des parties comme les puces mémoires, les unités centrales, les blocs d'alimentation et les unités de disque dur peuvent être enlevées pour la revente. D'autres parties, comme les batteries et les boîtiers peuvent être enlevés et envoyés à d'autres centres de recyclage pour le traitement.

L'équipement qui ne convient pas pour la remise à neuf peut être dirigé vers d'autres voies de traitement. Le résultat obtenu d'une classification appropriée de l'équipement est la rationalisation des déchets vers un poste ou une chaîne de démontage.

3.1.6 Stratégie d'atténuation des risques associés à la classification de l'équipement.

Une exposition à des situations dangereuses pendant la classification de l'équipement doit être réduite au minimum en adoptant des précautions appropriées. La plupart du temps, on aura recours seulement à une inspection visuelle pour détourner l'équipement vers le flux approprié. Cependant, le personnel peut être exposé à de la poussière ou de la fumée si certains équipements doivent être ouverts pour une évaluation des composants internes. L'utilisation d'équipement de protection individuelle (p. ex. des vêtements appropriés, des masques protecteurs contre la poussière, etc.) permettrait de réduire l'exposition des travailleurs à des produits chimiques potentiellement toxiques ainsi qu'à d'autres matériaux dangereux (p. ex. les objets coupants, etc.).

3.2 Démontage manuel

Le démontage manuel de l'équipement électronique est nécessaire pour la récupération des diverses parties soit en vue d'une remise à neuf pour la vente, soit en vue d'un recyclage supplémentaire pour une récupération des métaux précieux. Cette étape exige généralement beaucoup de manipulations de l'équipement. En plus du levage initial de l'équipement, l'ouverture de l'équipement peut également entraîner une exposition à divers contaminants. Dans le but d'avoir accès à certains de ces composants, le bris physique du cadre extérieur est parfois nécessaire. Par exemple, l'enlèvement du tube à image du moniteur nécessite un bris physique de l'enveloppe extérieure. L'enlèvement du tube à image est nécessaire pour enlever le plomb, le phosphore ainsi que d'autres cartes électroniques montées en surface à l'intérieur du moniteur. L'enveloppe extérieure est fabriquée en plastique de produits ignifuges polybromés (PIP). Par conséquent, le personnel qui enlève les tubes à image des moniteurs est exposé à une variété de composés dangereux, parce que le traitement de bris de la coque peut libérer de la poussière susceptible d'être inhalée. La manipulation d'autres équipements comme les photocopieurs, les imprimantes et les télécopieurs peut également entraîner une exposition à divers composés comme l'encre sèche, l'encre liquide ainsi que d'autres produits chimiques.

Des parties de certains équipements de visualisation comme les écrans plats d'affichage ou les unités de disque dur ainsi que les batteries rechargeables (au lithium-ion et au nickel-cadmium) d'ordinateurs portables ont une valeur de revente et tout est raisonnablement accompli pour récupérer ces parties.

Dans certains cas, les installations de recyclage des déchets sont spécifiquement engagées par contrat pour traiter l'équipement comme les photocopieurs, les machines à imprimer les chèques et les machines à imprimer les timbres-poste lorsque la location de l'équipement prend fin et que l'entreprise de location ou le fabricant demande que l'équipement soit retiré du marché afin de maintenir une valeur plus élevée pour ce qui est des nouveaux équipements. Bien que ces pratiques ne soient pas souhaitables sur le plan de l'environnement, elles sont dictées à ce jour par le marché.

Certaines pièces d'équipement enlevées des produits de déchets peuvent devoir être testées dans le but de déterminer si les sous-éléments doivent être utilisés pour la production de l'équipement remis à neuf ou pour le recyclage. Cela peut demander des tests de laboratoire. Cette procédure d'essai demande l'utilisation de blocs d'alimentation à différents voltages et courants. Généralement, une formation prolongée est nécessaire pour effectuer le test de l'équipement électronique, et une partie du programme de formation est consacrée à la formation sur la sécurité nécessaire pour la protection du travailleur.

3.2.1 Dangers associés au démontage manuel

Cette étape du traitement affiche le plus grand potentiel d'exposition cutanée et d'exposition par inhalation à long terme en raison de la longue période de contact potentiel inhérente au démontage d'une partie de l'équipement. Le potentiel de stress ergonomiques causés par un mouvement répété qui consiste à lever l'équipement ainsi que de l'utilisation de divers outils pour disjoindre ou même briser la coque extérieure en perçant, en coupant et en broyant certaines parties de l'équipement peut potentiellement causer un stress musculaire et des foulures et il est possible que des contacts directs avec des courants électriques se fassent à partir de petites batteries ou de condensateurs de haute tension ainsi que des contacts avec des objets projetés dans l'air de différentes grosseurs et duretés.

Une exposition par inhalation résultera d'une entrée de poussières dans les voies respiratoires, poussières qui sont générées à partir du traitement de l'équipement. La composition des poussières formées au cours de ce traitement comprend des plastiques, des métaux, de la céramique et de la silice (poussière de verre et de silicium). Les particules de poussières formées à partir de l'enlèvement de l'enveloppe extérieure ont probablement un spectre de dimension excédant la grosseur PM_{10} ². Il est peu probable que les particules, dans ce spectre de dimension, pénètrent dans les voies respiratoires inférieures mais il se peut qu'elles puissent causer des irritations des voies respiratoires supérieures et qu'elles mènent possiblement à une aggravation de troubles respiratoires (p. ex. une personne prédisposée souffrant d'emphysème, d'une bronchopneumopathie chronique obstructive [BPCO] etc.) En général, ces personnes atteintes de troubles respiratoires ont un plus grand risque de développer des effets indésirables par rapport à la population en santé.

La toxicité actuelle de ces particules dépend de leur composition. Les particules qui sont composées principalement de silice (poussière de verre et de silice), la céramique ou les plastiques sont susceptibles de causer l'irritation des voies respiratoires supérieures à la suite de la production d'un excès de mucus pour emprisonner et lier ces particules.

Les particules de nature métallique font l'objet de plus grandes préoccupations. Par exemple, les particules qui contiennent des métaux comme le cadmium, le plomb, le cuivre, le béryllium et le mercure peuvent potentiellement causer tout une gamme d'effets indésirables pour la santé, allant de la neurotoxicité (plomb) au cancer du poumon (cadmium). Les métaux comme le thallium³ (utilisé pour fabriquer les verres d'optique, les semiconducteurs et les dispositifs de commande) et le cadmium (utilisé dans les batteries rechargeables au nickel-cadmium ainsi que dans les semiconducteurs) ont également de très longues demi-vies (de l'ordre des décennies) d'élimination au niveau de l'organisme et s'accumulent dans divers organes

² Le PM_{10} décrit les particules de matière d'un rayon moyen de moins de 10 microns en diamètre. La plupart des organismes recommandent une ligne directrice ou un seuil maximal pour les particules de ce spectre inférieur à 20 microgrammes par mètre cubique (20 g/m^3) en moyenne annuellement.

³ D. Moore, I. House et coll., «Thallium poisoning. Diagnosis may be elusive but alopecia is the clue.», dans *Bmj*, vol. 306, n° 6891, 1993, p. 1527-1529.

(principalement les reins) devenant ainsi un facteur de toxicité. La nature aiguë et chronique de la toxicité de ces contaminants est traitée à la section 4.0.

Le mercure, que l'on trouve dans les sources lumineuses (les tubes fluorescents dans les scanners et les photocopieurs, etc.) ainsi que dans des dispositifs de commande est relâché dans l'air lorsque le cadre extérieur se brise. Il a été révélé, dans une étude⁴ menée aux États-Unis, qu'entre 17 p. 100 et 40 p. 100 du mercure que l'on trouve dans les ampoules fluorescentes se libère peu à peu dans l'air sur une période de deux semaines suivant le bris de la structure. Presque un tiers est perdu dans les huit premières heures après le bris. Selon la réserve de déchets à l'arrivée, des niveaux élevés et persistants de mercure en suspension dans l'air sont susceptibles de se trouver à proximité des ampoules brisées. Selon le nombre d'ampoules, il est concevable que les concentrations de mercure en suspension dans l'air puissent excéder les limites d'exposition professionnelle pour ce qui est de l'inhalation.

Des préoccupations similaires sont soulevées par les toners lasers et les colorants. Un grand nombre de toners lasers sont fabriqués à partir de polymères de styrène et contiennent également des traces d'hydrocarbures aromatiques polycycliques⁵ (HAP). Les travailleurs qui manipulent les toners seront exposés à ces composés par l'inhalation et par les voies cutanées. L'exposition aux HAP est associée à un risque important de cancer du poumon, de la peau et de la vessie dans un grand nombre d'études effectuées chez les animaux. Le poumon semble être un organe cible d'importance de cancérogénicité due au HAP et constitue une préoccupation majeure dans les installations de traitement des déchets électroniques en raison de la manipulation continue des cartouches de toner. Les HAP présentent à la fois des risques d'inhalation et des risques cutanés et doivent être traités de façon appropriée.

Une exposition cutanée peut être causée par un déversement accidentel (c.-à-d., des toners et des encres venant de cartouches qui se trouvent dans les imprimantes et les photocopieurs) ainsi que d'un contact direct qui entraînera l'attachement sur la peau de particules libres présentes dans les espaces fermés. Les particules situées à l'intérieur des espaces fermés ont différentes propriétés en raison de la propriété des courants électriques d'attirer une variété de particules de poussières. Diverses études ont montré que les expositions cutanées peuvent provoquer une variété d'effets sur la santé humaine dont le plus courant est la dermatite aiguë qui se manifeste par des démangeaisons, par des ampoules, et quelquefois par un rash. En réalité, des études ont démontré le lien de causalité entre l'exposition cutanée à des particules de céramique et la dermatite⁶.

D'autres études ont également porté sur les expositions cutanées venant de contacts avec l'équipement coupant le métal y compris l'équipement qui utilise le liquide de coupe⁷ et aussi l'exposition cutanée professionnelle à des métaux en général. Les études sur le fonctionnement des machines qui utilisent des liquides de coupe des métaux montrent que le

⁴ M. Aucott, M. McLinden et coll., «Release of mercury from broken fluorescent bulbs.» dans *J Air Waste Manag Assoc* vol. 53, n°2, 2003, p. 143-151.

⁵ P. Boffetta, N. Jourenkova et coll., «Cancer risk from occupational and environmental exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons.» dans *Cancer Causes Control* vol. 8, n°3, 1997, p. 444-472.

⁶ J. Wojtczak, M. Kiec-Swierczynska et coll., «Exposure to ceramic fibers in the work environment. III. occupational exposure to ceramic fibers in plants which produce and apply insulation materials made of ceramic fibers.» dans *Med Pr*, vol. 48, n°1, 1997, p. 51-60.

⁷ O. Wassenius, B. Jarvholm et coll., «Variability in the skin exposure of machine operators exposed to cutting fluids.» dans *Scand J Work Environ Health*, vol. 24, n°2, 1998, p. 125-129.

niveau d'automatisation de l'enlèvement des copeaux et des produits de dilacération dicte l'exposition du travailleur. Les machines qui enlèvent les copeaux et les produits de dilacération automatiquement permettent de réduire l'exposition cutanée chez l'opérateur; les machines qui exigent que les produits de dilacération soient enlevés par l'opérateur ont pour effet d'augmenter l'exposition cutanée. Il a été montré que les répercussions sur la santé de l'exposition cutanée à des métaux peuvent être néfastes⁸. L'évaluation d'un certain nombre d'études par Hostenyk et coll. (1993) laisse croire que les contacts cutanés à des métaux produisent des effets sur la santé qui vont beaucoup plus loin que l'allergénicité.

Le démontage de l'équipement peut entraîner du bruit venant à la fois des outils à main ainsi que des outils pneumatiques ou électriques. Les travailleurs dans cette zone seront exposés à des niveaux importants de bruit. L'installation générique doit être considérée comme étant dotée d'une variété d'outils manuels et électriques. L'ensemble des lois actuelles pour le contrôle du bruit aux installations de fabrication protégera adéquatement le travailleur. Le Tableau 2 présente les lignes directrices actuelles pour ce qui est du bruit.

⁸ J. J. Hostynek, R. S. Hinz et coll., «Metals and the skin.» dans *Crit Rev Toxicol.*, vol. 23 n° 2, 1993, p. 171-235.

Tableau 2. Une étude sur les limites maximales permises d'exposition au bruit au Canada.

Juridiction (fédérale, provinciale, territoriale)	Bruit continu		Impulsion / Bruit d'impact	
	Niveau d'exposition maximum permis pour un quart de 8 h dB (A)	Taux d'échange dB(A)	Pression acoustique de crête dB(crête)	Nombre maximal d'impacts
	Shift : dB(A)			
Canada (Fédéral)	87	3	—	—
Colombie-Britannique	85	3	135 d B(A) dB(A)*	—
Alberta	85	5	140	100
Saskatchewan	85	Aucun spécifié	—	—
Manitoba	90	3	—	—
Ontario	90	5	140	100
Ontario (projet de règlement)	90	3	140	-
Québec	90	5	140	100
Nouveau-Brunswick	85	5	140	100
Nouvelle-Écosse	85	5	140	100
Île-du-Prince-Édouard	85	3	140	—
Terre-Neuve	85	3	—	—

Juridiction (fédérale, provinciale, territoriale)	Bruit continu		Impulsion / Bruit d'impact	
	Niveau d'exposition maximal permis Pour un quart de 8 h : dB(A)	Taux d'échange dB(A)	Pression acoustique de crête dB (crête)	Nombre maximal d'impacts
Territoires du Nord-Ouest	85	5	140	140
Territoire du Yukon	85	3	140	90

Source: http://www.cchst.ca/reponsesst/phys_agents/noise_basic.html accédé le 18 février 2004. – Note : la Colombie-Britannique utilise la même échelle pour déterminer la pression acoustique de crête ainsi que pour le niveau permis.

3.2.2 Stratégie d'atténuation des risques lors du test des composants

Les stratégies d'atténuation des risques lors du test des composants reposent sur le type de test requis pour l'évaluation de la fonctionnalité des sous-éléments enlevés du produit de

déchet électronique. Presque tous les tests exigent une utilisation appropriée d'un bloc d'alimentation. L'utilisation d'un bloc d'alimentation exige une formation dans le but de protéger le travailleur des chocs électriques. Le risque qu'un tel événement se produise peut être réduit en utilisant un poste de travail qui est bien relié à la terre et qui a un disjoncteur rapide de détection de panne installé dans le bloc d'alimentation. Il est également concevable que l'équipement qui a été exposé à de l'eau au cours du transport ou lors de l'entreposage puisse surchauffer au cours du test et produire des vapeurs ou de la fumée âcre. Le test des composants doit être effectué idéalement dans des hottes fermées ou dans des zones où il y a un échangeur d'air en opération qui permet que l'air soit rapidement renouvelé. Un extincteur d'incendie avec la classification appropriée doit être facilement accessible. Les travailleurs qui testent les composants doivent être formés de façon à réagir rapidement à de telles situations et prendre des précautions appropriées pour qu'ils puissent se protéger et protéger les autres personnes dans l'installation.

Certains équipements comme l'écran vidéo, ont des condensateurs qui deviennent chargés au cours de la phase d'essai. Il est important qu'ils soient déchargés lorsque le test est terminé dans le but de protéger les travailleurs en aval des dangers d'électrocution.

3.2.3 Stratégies d'atténuation des risques au cours du démontage manuel

L'atténuation des risques à cette étape du traitement peut être facilitée en assurant une zone de travail ergonomique pour le type d'équipement manipulé. En général, le démontage des produits doit prendre place dans des chaînes de traitement qui sont spécialement conçues pour un produit en particulier. Des objets lourds comme les photocopieurs ou les imprimantes de réseau doivent être placés près du sol jusqu'à ce que le matériel dangereux (les contenants de toner, les sources de lumière, etc.) aient été enlevé. Il serait préférable de placer le matériel dangereux dans une zone qui ventile l'air au loin du personnel de l'installation qui travaille sur le procédé de démontage. Une fois que le matériel dangereux a été enlevé, la valorisation des parties commence généralement.

Une chaîne séparée pourrait être consacrée à la manipulation des ordinateurs de bureau et des portables. Les exigences ergonomiques d'une telle chaîne sont nettement moins exigeantes car les unités d'ordinateur (ordinateur de bureau, boîtier tour ou ordinateurs portables) n'ont généralement pas un poids important. Cependant, afin de récupérer les parties à l'intérieur de l'ordinateur, des tapis antistatiques doivent être utilisés afin de réduire les dommages causés par l'électrostatique à des parties potentiellement utiles comme la mémoire, l'unité centrale, les câbles, les blocs d'alimentation ainsi que diverses cartes d'entrée et de sortie comme celles utilisées pour le réseau, la vidéo et le son. La carte-mère des ordinateurs a généralement des piles de type bouton qui peuvent présenter un danger d'incendie si elle est rangée en présence de matériel inflammable. Ces piles doivent être enlevées et envoyées à des fins d'élimination de façon appropriée à une installation de recyclage des piles. Les piles à l'intérieur d'un ordinateur portable et d'un téléphone cellulaire sont également dangereuses et exigent une manipulation similaire avec beaucoup de soin.

Lorsque des outils électriques sont utilisés dans le cadre du procédé de démontage, les postes de travail doivent être organisés de façon efficiente de sorte que les travailleurs ne soient pas

exposés aux dangers venant des outils. Une des façons les plus simples de réaliser cela consiste à utiliser des outils électriques sans fil afin de réduire les dangers de trébuchement.

Un démontage manuel des moniteurs d'ordinateur et des télévisions dans le but de récupérer les tubes cathodiques représente l'une des tâches les plus dangereuses qui peut être entreprise dans une installation de recyclage des déchets électroniques. Le recyclage des tubes cathodiques donne lieu à une exposition à des métaux lourds comme le plomb, le zinc, le cadmium et à des traces de métaux que l'on trouve dans le phosphore comme l'argent, le manganèse, l'yttrium, le terbium et l'euporium. De plus, l'exposition aux produits ignifuges bromés qui résulte du bris et de la dilacération du boîtier de plastique se produit également. De plus, des unités de tubes cathodiques récemment testés peuvent comporter des condensateurs chargés et poser un danger d'électrocution. Ces postes de travail doivent être bien reliés à la terre afin de réduire ce risque. Les postes de travail qui sont principalement consacrés aux moniteurs d'ordinateurs doivent se situer dans une zone qui peut être bien ventilée dans le but de réduire l'exposition du travailleur. Il est fortement recommandé que les opérations de démontage effectuées dans cette zone soient aussi automatisées que possible, et des barrières appropriées destinées à réduire ou à éliminer l'exposition du personnel de l'installation constituent la meilleure option d'atténuation des risques. Les personnes qui travaillent dans cette zone devraient être munies de combinaisons qui peuvent être fréquemment changées selon le niveau d'exposition et devraient pouvoir utiliser un poste de décontamination afin d'enlever, à des intervalles rapprochés, les particules qui peuvent contenir diverses substances. Cette zone doit être équipée de bassins oculaires, d'éviers et peut-être de douches. Les travailleurs doivent être équipés de protections individuelles appropriées comme des gants, des lunettes-masque et des masques filtrants, et doivent avoir reçu une formation sur l'utilisation d'équipement approprié pour la tâche en cours. Les travailleurs doivent également être formés pour reconnaître quand il faut changer l'équipement de protection individuelle, et cette pratique doit être mise en application par le personnel de gestion ainsi que par les organismes de réglementation.

3.3 Classification des parties

À un niveau opérationnel, la classification des parties se produit au même moment que le démontage manuel. Le but de cette étape consiste à faire la différence entre les parties qui sont destinées à divers flux dans le cadre de la récupération des parties pour la remise à neuf et la revente et celles qui feront l'objet d'autres traitements en vue de la valorisation des métaux et des plastiques. Il y a cependant une étape où le tri doit être effectué et qui exige un certain nombre de manipulations.

3.3.1 Identification des dangers associés au tri des parties

Pour la majeure partie, les composants comme les modules de mémoire, les blocs d'alimentation, les cartes-mère et les cartes de circuit imprimé n'entraînent pas d'expositions néfastes pour les travailleurs. Il y a d'autres composants, cependant, comme les lampes, les condensateurs, les boîtiers en métal et en plastique qui peuvent être enduits de solvants déversés ou de particules qui contiennent des produits chimiques dangereux, qui peuvent constituer un potentiel d'exposition. Le plan présenté dans un article de recherche⁹ pour les parties qui ne sont pas utilisées pour la remise à neuf (Cui and Forssberg, 2003) regroupe des étapes qui permettent de faire la différenciation entre d'autres traitements (possiblement dans une installation spécialisée) de certains composants comme des batteries, en raison de leur contenu en nickel-cadmium ou en hydrure de lithium, par opposition aux composants comme le métal, les cartes de circuit imprimé et le verre qui peuvent être davantage affinés à des centres de recyclage plus traditionnels.

3.3.2 Stratégies d'atténuation des risques pour le tri des parties

En général, le processus d'atténuation des risques pour cette étape est similaire à celle qui est décrite dans l'étape précédente. La différenciation entre de telles parties dans le but de détourner les parties à l'installation appropriée en plus des étapes d'atténuation visant à réduire l'exposition devient un enjeu de formation pour le personnel de l'installation.

3.4 Dilacération des composants pour la séparation

La dilacération des composants est effectuée pour plusieurs raisons. La principale est que la séparation des pièces dilacérées est plus facile à effectuer avec les techniques qui existent à l'heure actuelle comme le tri par le passage à travers de mailles de différentes grosseurs pour sa séparation en fonction de la taille, suivi d'une séparation magnétique et d'une séparation par conductivité (c.-à-d., une séparation par le courant de Foucault ou une séparation électrostatique par l'effet couronne ou une séparation triboélectrique). Les résultats finaux de la dilacération suivie des procédés de séparation consistent en ce que la composition relativement uniforme des produits de

⁹ J. Cui et E. Forssberg, «Mechanical recycling of waste electric and electronic equipment: a review.» dans *J Hazard Mater*, vol. 99, n°3, 2003, p. 243-263.

dilacération permet une opération de recyclage efficace sur le plan énergétique. Le Tableau 3 décrit le procédé de séparation et les matériaux recueillis. Une discussion consacrée aux dangers professionnels suivra. De façon réaliste, il est très probable qu'une installation générique dispose d'un équipement de séparation magnétique et d'un équipement de décharge par effet couronne ou par courant de Foucault de tailles diverses en fonction de la capacité de l'installation.

Tableau 3. Une description des divers traitements employés.

Procédé de séparation	Principe de séparation	Matériel à séparer	Grosueur des particules obtenues
Magnétique	Susceptibilité magnétique	Alliage non-ferreux des ferreux	Grosses ou petites - basée sur la force des champs magnétique
Foucault	Conductivité et densité	Métaux des non-métaux	Particules de plus de 5 mm
Couronne	Conductivité	Métaux des non-métaux	0,1 à 5 mm
Triboélectrique	Constante Diélectrique	Non-métaux (plastiques)	Moins de 5 mm

Adapté de Cui et Forssberg (2003).

La dilacération des composants électroniques pour donner des produits de dilacération de la plus petite taille possible est primordiale pour une séparation efficace. Par conséquent, des lacérateurs haut de gamme sont employés. Les dangers professionnels associés aux lacérateurs peuvent être des bruits à divers degrés selon le matériel en cours de traitement, des objets projetés en l'air avec des propriétés tranchantes et de dureté à divers degrés, et un risque de blessure causée par le lacérateur à l'endroit de l'opérateur à la suite d'une erreur de celui-ci.

Un dépoussiéreur à sacs filtrants est généralement associé aux lacérateurs pour la collecte des émissions fugitives, ce qui peut poser un danger d'inhalation pour les préposés à l'entretien et aux réparations ainsi que pour tout le personnel de l'installation de traitement en absence d'un entretien adéquat.

3.4.1 Dangers associés au procédé de dilacération

Les dangers principaux associés au procédé de dilacération sont des expositions aux poussières, aux bruits et un contact avec des parties dilacérées de tailles variées en suspension dans l'air. La voie principale d'exposition aux poussières est par l'inhalation et par l'exposition cutanée. L'évaluation de la qualité de l'air aux alentours des lacérateurs de

déchets électroniques a permis de détecter des niveaux de cadmium et de plomb aussi élevés que 0,27 et 1,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivement¹⁰. Alors que l'installation dans laquelle ces lectures ont été obtenues était une installation bien tenue, et que l'étude a été exécutée à la demande de l'installation même, tout semble indiquer la possibilité d'une exposition continue à de faibles quantités de métaux. Une exposition à long terme au cadmium aux niveaux indiqués constitue un danger potentiel pour la santé, et il y a des risques cancérogènes associés à une exposition au cadmium par l'inhalation.

Une des questions que l'article ci-dessus soulève à partir d'un point de vue sur l'évaluation des risques est la pertinence de l'utilisation de niveaux environnementaux permis de métaux qui ont été élaborés dans d'autres industries. Cela constitue une préoccupation en raison du fait que les limites de dose professionnelle ont été élaborées pour d'autres industries comme l'industrie minière et l'industrie de la fonderie. L'exposition aux métaux dans de telles industries repose sur des procédés propres à l'industrie qui diffèrent des procédés employés dans les industries de recyclage des produits électroniques. Par exemple, on pourrait s'attendre à ce que l'exposition aux métaux, dans les installations de recyclage électronique, soit qualitativement différente en raison du fait que l'exposition concerne des métaux plus raffinés. Cela soulève des questions de savoir si les limites d'exposition professionnelle qui reposent sur un type moléculaire précis de métaux sont appropriées dans cette situation. Il est difficile de résoudre cette question sans une évaluation plus détaillée des risques, évaluation qui se penche sur la spéciation des métaux trouvés dans ces installations.

3.4.2 Stratégies d'atténuation des risques pour l'opération du système du lacérateur et de la séparation des particules.

Les étapes relatives à l'atténuation des risques pour l'opérateur du lacérateur reposent sur un contact limité entre les parties mobiles du lacérateur et l'opérateur. Les parties mobiles du lacérateur doivent être rendues inaccessibles en ayant recours à un dispositif de sécurité avec des mécanismes appropriés de fonction d'arrêt. Ce concept est tiré de la *hiérarchie des contrôles* dans le but de limiter l'accès par une conception appropriée de l'équipement. L'atténuation des risques pour cette partie du procédé repose à la fois sur l'utilisation d'une protection appropriée comme la protection des yeux, des oreilles ainsi que sur l'utilisation de masques en vue de prévenir l'inhalation des poussières fines. Une protection appropriée des pieds ainsi qu'une protection cutanée (vêtements professionnels) dans le but de prévenir les contacts avec des poussières fines est recommandée. De plus, les préposés à l'entretien et aux réparations qui peuvent jouer un rôle dans la réparation et l'entretien de l'équipement de dilacération pourraient avoir besoin d'un équipement spécial de protection individuelle ainsi que d'une formation additionnelle dans le but d'atténuer les risques associés à ces activités. Bien que les opérations d'entretien soient moins fréquentes, il pourrait y avoir des dangers particuliers associés à ce type de travail,

¹⁰ N. Peters-Michaud, J. Katers et J. Barry, «Occupational risks associated with electronics manufacturing and CRT glass processing operations and the impact of mitigation activities on employee health and safety.» Article disponible dans le Web sur demande. Consulté le 20 décembre 2003.

par exemple, le risque d'électrocution ou le démarrage accidentel de l'équipement peut survenir si les procédures et les protocoles (p. ex. le verrouillage ou l'étiquetage d'interdiction) ne sont pas suivis. De plus, les filtres à sacs doivent être bien entretenus en suivant un échéancier qui permet une performance optimale dans le but de réduire les dangers professionnels à l'endroit de tout le personnel de l'installation.

3.4.2.1 Emballage des produits de dilacération et du matériel de filtres à sacs pour le transport

Une fois que la dilacération a été effectuée, il reste encore un risque que la poussière soit remise en suspension dans l'air ambiant si les produits de dilacération se trouvent dans une aire ouverte. Cela pose un risque potentiel pour le personnel de l'installation en raison de l'inhalation possible des poussières de diverses origines. De plus, les poussières que l'on rencontrera au cours de l'entretien des sacs à filtres auront une composition potentiellement toxique en raison du fait que ces poussières sont un mélange de chaque composant traité par l'installation. La manipulation de la poussière des sacs à filtres est une tâche ardue et il est difficile d'éviter une certaine forme d'exposition à moins d'adopter des mesures strictes comme le port approprié d'un équipement de respiration et de vêtements professionnels complets ainsi que des gants.

Une défaillance due à un mauvais emploi des sacs à filtres peut poser des risques importants d'exposition à des particules inhalables contenant des agents toxiques à l'endroit du personnel de l'installation ainsi que pour les personnes hors site. Par conséquent les opérations concernant les sacs à filtres et le nettoyage constituent une partie importante du programme de gestion des risques et les personnes dotées d'une formation spécialisée sont requises en vue d'une opération optimale combinant les facteurs liés à la santé humaine à l'efficacité de l'installation.

3.5 Autres considérations dans le traitement des déchets électroniques

Il est concevable que certaines installations puissent choisir d'extraire des métaux précieux venant soit de produits de dilacération contenant des métaux, soit même des cartes intégrales de circuit imprimé après que les composantes montées en surface ont été éliminées de leur revêtement sur le site. Cela est facilité par l'utilisation de la technologie électrochimique ou d'électroextraction¹¹ où les produits de dilacération métalliques sont dissous dans une solution acide (généralement de l'acide sulfurique concentré et du peroxyde à des températures élevées et également de l'acide cyanhydrique dans certains cas) et les métaux précieux sont enlevés de la solution par l'application d'un courant électrique.

3.5.1 Dangers associés au procédé d'électroextraction

Une telle étape dans l'opération donnera lieu à des niveaux plus élevés d'exposition à

¹¹ C. J. Oh, S. O. Lee et coll., «Selective leaching of valuable metals from waste printed circuit boards.» dans *J Air Waste Manag. Assoc.* vol. 53, n° 7, 2003, p. 897-902.

d'autres produits chimiques comme les vapeurs d'acides, de l'acide sous sa forme liquide et des solvants de dégraissage qui peuvent être utilisés pour la préparation des produits de dilacération à l'attaque à l'acide.

Les voies d'exposition pour ces produits chimiques sont les tissus cutanés et l'inhalation. Les vapeurs acides sont néfastes à la santé humaine car elles causent généralement de l'irritation aux voies respiratoires supérieures. Un autre problème posé par les vapeurs consiste en ce qu'elles peuvent aboutir dans les poumons et affecter directement le tissu pulmonaire. Ce procédé peut entraîner une exposition à des vapeurs métalliques qui sont transportées avec les vapeurs acides causant de ce fait des effets néfastes pour la santé humaine.

Il y a également plusieurs types de sous-produits qui découlent de l'électroextraction des métaux. Ces sous-produits peuvent nécessiter des procédures d'élimination qui sont susceptibles de demander une formation et une surveillance particulières. Au moment d'écrire ce rapport, on a constaté que les procédés d'électroextraction étaient effectués par des installations spécialisées liées à l'exploitation minière et au raffinage des métaux.

3.5.2 Stratégies d'atténuation des risques associés au procédé d'électroextraction

La stratégie d'atténuation des risques en vue de traiter les vapeurs d'acides consiste à utiliser un système de ventilation qui éloigne ces vapeurs des zones fermées où le personnel est susceptible d'être exposé et à offrir une formation spécialisée pour ce qui est de l'équipement électronique utilisé pour l'électrolyse et la valorisation des métaux. Le personnel qui se trouve à proximité du système d'électroextraction doit avoir accès à un appareil respiratoire autonome en cas d'un déversement accidentel ainsi qu'à un protocole d'urgence visant à garantir la retenue des fuites et des débordements et également la notification aux autorités d'intervention d'urgence appropriées. De plus, des postes de décontamination dans cette zone doivent être équipés d'un bassin oculaire, d'une douche et d'un évier en vue d'une utilisation par le personnel de la zone. En dernier lieu, cette zone doit avoir une soupape de désaération de secours afin d'évacuer les vapeurs qui pourraient circuler au cours de l'opération normale du système.

L'équipement de protection individuelle pour le personnel de l'installation qui fait fonctionner les appareils d'électroextraction comprend des combinaisons en caoutchouc, des gants, des protections pour la tête et les yeux ainsi que des chaussures résistant à l'acide.

3.6 Programmes de surveillance environnementale

Il est impératif que les installations de traitement des déchets électroniques établissent un programme de surveillance de l'air dans le but d'évaluer, de façon continue, l'exposition du travailleur à divers dangers traités dans le présent document. La surveillance de la pollution de l'air peut être effectuée soit par des dispositifs de surveillance individuelle, soit par des dispositifs fixes situés stratégiquement dans les zones fréquentées par le personnel. Les dispositifs en mesure de quantifier les métaux lourds ainsi que les composés organiques dans l'air doivent faire l'objet d'une surveillance sur une base continue dans le but d'assurer la sécurité des travailleurs.

Les limites actuelles quant à l'exposition professionnelle à des métaux comme le plomb, le cadmium, le mercure, le béryllium et les particules de matière peuvent servir de valeurs de base auxquelles les installations doivent adhérer. Cependant, ces valeurs peuvent devoir faire l'objet d'une réévaluation éventuelle en raison de la pureté relative des métaux auxquels est exposé le personnel de l'installation.

3.7 Options d'atténuation des risques et programmes de formation

Un système développé approprié de gestion de la sécurité est le moyen le plus efficace d'assurer la gestion des risques dans toute installation qui abrite et où l'on utilise de l'équipement spécialisé. Une installation de traitement des déchets électroniques ne fait pas exception. L'installation de traitement des déchets électroniques englobe diverses disciplines industrielles comme la manipulation de l'équipement lourd, l'opération de la machinerie de contrôle des procédés mécaniques qui requiert une vigilance constante ainsi que la réception de l'équipement pouvant poser un danger avant même que le traitement ne commence. Cela se complique davantage par le fait que chaque charge de déchets qui arrive à l'installation doit être classée individuellement. Il faut s'attendre à ce que l'installation générique ait un grand nombre de points de danger liés au traitement qui sont dictés par la tâche particulière à effectuer. Par conséquent, les programmes de formation aux sites de traitement des déchets électroniques doivent être régis par les procédés particuliers en cours à l'installation.

Il y a un certain nombre de programmes de sécurité professionnels au Canada comme le système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT). Les principaux éléments du système sont l'étiquetage de sécurité des conteneurs de «produits contrôlés» du SIMDUT, une exigence qui vise à rendre obligatoire l'accessibilité des fiches de sécurité des matières dangereuses (FSMD) qui contiennent de l'information pertinente pour le lieu de travail, et, des programmes d'éducation ouvrière. De plus, l'équipement utilisé dans l'installation peut être accompagné de programmes de sécurité qui atténuent les risques d'une mauvaise utilisation. Les programmes de sécurité ne font pas seulement référence au matériel dangereux mais aussi à l'équipement comme les chariots élévateurs à fourche, les échelles, l'équipement de protection individuelle ainsi que l'équipement de détection et d'extinction des incendies. Le lieu de travail où sont mis en œuvre les programmes de sécurité propres au lieu de travail et où l'on s'assure que les programmes sont rigoureusement maintenus en ralliant tout le personnel de l'installation au projet collectif (le personnel de la gestion et les employés) fera l'objet en général de contrôles de sécurité appropriés.

Pour le flux de traitement et de recyclage des déchets, l'efficacité du programme de formation sera dictée par une identification exacte de l'équipement qui arrive à l'installation. La présente utilisation de divers équipements comme les dilacérateurs ou l'équipement de séparation des particules exige également que soient fournis des manuels de formation appropriés de la part du fabricant quant à l'équipement qui sera utilisé. De plus, le traitement des déchets électroniques par l'utilisation du bon équipement conçu pour ce produit de déchets électroniques en particulier est également de première nécessité pour la sécurité des travailleurs.

Certaines tâches qui doivent être effectuées dans une installation de traitement des déchets électroniques exigent un haut niveau de savoir technique dans l'identification des diverses parties de l'équipement ainsi qu'une aptitude ou une expertise mécanique pour ce qui est de l'utilisation des divers types d'équipement; l'aptitude d'utiliser diverses sources d'information; et des connaissances dans la mise en œuvre de stratégies d'atténuation des risques. Comme nous le décrirons brièvement dans cette section, un des dangers liés au fait de travailler avec des déchets électroniques vient de la diversité de ces produits. Chaque produit présente ses propres dangers qui doivent être gérés adéquatement. Par conséquent, on fournit une justification de la formation dans un contexte de sécurité professionnelle et qui comprend un aperçu des objectifs.

Les dangers auxquels s'expose le personnel à l'installation peuvent être atténués par des programmes de gestion de la sécurité qui doivent être suivis rigoureusement. Chaque produit comporte ses propres dangers qui doivent être traités d'une façon appropriée.

Dans une installation de traitement des déchets électroniques, un certain nombre de traitements de complexité variable sont effectués et le potentiel d'exposition des travailleurs à une gamme de dangers est très élevé. En plus des programmes de formation des travailleurs, la conception de l'installation et la façon dont les opérations sont menées peut avoir des conséquences importantes sur la sécurité des travailleurs. Les systèmes de gestion de la sécurité (SGS) doivent être utilisés relativement aux aspects opérationnels d'une installation de traitement des déchets électroniques en vue de réduire les dangers à l'endroit du personnel. Un aspect du SGS est le concept de la «hiérarchie des contrôles» qui peut s'appliquer de façon indépendante à chacun des éléments du procédé effectué à l'installation de traitement tels qu'abordés dans la section suivante.

3.7.1 Hiérarchie des contrôles

Une «hiérarchie des contrôles» fait référence à une série de mesures de contrôle où les contrôles les plus efficaces (qui reposent sur l'atténuation des risques à l'endroit des travailleurs de l'installation) sont utilisés pour la tâche en question. Les étapes suivantes décrivent les aspects fondamentaux de cette approche :

1. élimination des dangers, par exemple :

- utilisation d'une pièce d'équipement différente moins dangereuse pour accomplir la tâche voulue,
- réparation de la machinerie défectueuse en vue de réduire les effets néfastes pour les utilisateurs et les tiers,
- restructuration du lieu de travail dans le but d'éliminer les voies physiques pouvant causer du tort,
- utilisation d'un matériel et de produits chimiques plus sûrs lorsque c'est possible;

2. isolation du danger pouvant toucher les personnes, par exemple :

- restructuration de l'équipement, utilisation de dispositifs de sécurité, etc.,
- élimination de la poussière ou des vapeurs en ayant recours à un système

- d'échappement,
 - utilisation d'un mécanisme d'élévation ou de chariots,
 - interdiction de l'accès à l'équipement non fonctionnel ou brisé;
3. changement dans la manière d'effectuer le travail, par exemple :
- changement dans les pratiques de travail si cela permet de réduire les risques à l'endroit des travailleurs,
 - prestation de formation et d'information et affichage de panneaux de mise en garde;
4. utilisation d'équipements de protection individuelle (EPI) :
- EPI particuliers obligatoires pour des travaux particuliers,
 - affichage de la formation et de l'information pour tous les EPI utilisés.

Un autre aspect du système de gestion de la sécurité est l'élaboration de programmes de formation propres au lieu de travail dans le but de se pencher sur les traitements en opération à l'installation. Ces programmes, s'ils sont élaborés en ayant recours à une analyse raisonnée appropriée pour l'installation, peuvent permettre une très bonne marge de sécurité.

3.7.2 Justification pour la formation

Les programmes de formation à une installation de traitement des déchets électroniques doivent être mis en œuvre en vue de répondre aux objectifs qui sont énoncés ci-dessous.

- Une classification appropriée de l'équipement arrivant à l'installation
 - Le personnel de l'installation doit être en mesure d'identifier l'équipement et d'avoir accès aux composants qui se trouvent à l'intérieur de l'équipement.
 - Une formation est requise quant à l'utilisation d'une variété de bases de données qui permette d'identifier les équipements électroniques dans le but d'évaluer les composants.
- Une reconnaissance des dangers inhérents posés par les composants dans les déchets, par exemple :
 - Y a-t-il une probabilité de déversements accidentels (p. ex. toners, encres sèches) à l'intérieur de l'équipement?
 - Y a-t-il des sources de radiation à l'intérieur de l'équipement?
 - Y a-t-il des sources de lumière à l'intérieur de l'équipement?
- Mise en œuvre d'une stratégie appropriée de gestion des risques fondée sur la classification des produits de déchets électroniques à l'arrivée.
 - Dans le cas où l'on identifie tout danger associé à l'équipement, le personnel doit être formé pour entreprendre la bonne action.
- La rationalisation des déchets électroniques à la chaîne de démontage appropriée.
 - Une rationalisation appropriée des déchets électroniques apporte un avantage

économique à l'installation parce que les méthodes appropriées qui permettent de retirer les parties de valeur peuvent être mises en œuvre. Les travailleurs de l'installation doivent être formés dans le but d'identifier l'équipement de façon appropriée et doivent avoir du matériel de référence qui leur permette d'identifier tout équipement.

- La vérification et la revérification des connaissances du travailleur. Il est important que les travailleurs soient continuellement formés et testés quant à leurs connaissances de l'équipement mis au rebut électronique en raison des changements continus pour ce qui est des procédés employés dans cette industrie.
- Identification des dangers généraux. Les travailleurs, dans les installations de traitement des déchets électroniques, doivent être en mesure d'identifier la nature des dangers en se fiant à une identification visuelle, une identification auditive ainsi qu'à une détection olfactive. Les travailleurs doivent être en mesure d'évaluer le danger en se fondant sur une observation de fumée de couleur ou d'odeur particulière, sur de l'équipement qui émet un bruit étrange, ou sur un changement général dans l'installation qui serait révélateur de plusieurs types de dangers. Si l'équipement de la surveillance de la qualité de l'air est mis en place dans l'installation, le personnel de l'installation doit être formé en vue de reconnaître si une situation d'alarme est survenue.
- Le risque d'incendie à de telles installations est relativement élevé si les précautions appropriées ne sont pas mises en place. De telles situations exigeront, de la part des travailleurs, d'invoquer un plan d'intervention d'urgence. Une formation sera également nécessaire pour l'utilisation de l'équipement de détection et d'extinction d'incendies selon la nature du feu.
- En dernier lieu, dans le but de familiariser les travailleurs à ces installations comportant divers dangers, et dans le but de réduire les risques opérationnels qui émergent de la saturation des tâches, il est recommandé que les travailleurs des installations de traitement des déchets électroniques fassent une rotation d'une tâche à l'autre en vue d'augmenter le niveau de connaissance et la formation ainsi que pour se familiariser avec les opérations de l'installation et ses dangers connexes.
- Dans le but d'assurer un haut niveau de formation parmi le personnel, il est recommandé que les programmes de formation aient fait l'objet d'une documentation de sorte que les insuffisances en ce qui a trait à la formation puissent être relevées et corrigées.

3.8 Conclusions et recommandations quant à la santé et à la sécurité au travail

D'après ce qui précède, nous présentons les recommandations énoncées ci-dessous :

- L'exposition potentielle du travailleur à divers dangers mentionnés dans cette section du rapport sur l'évaluation préalable des risques est fondée sur la prémisse que l'installation effectue des tâches particulières qui entraînent l'exposition potentielle du travailleur.
- L'application de l'évaluation des risques professionnels exigera de définir les divers traitements génériques dans l'installation et d'appliquer les risques associés à ces traitements particuliers.
- On doit tenir pour acquis que l'installation générique doit effectuer tous les traitements couverts dans cette évaluation des risques mais les dangers professionnels actuels dépendront d'un certain nombre de facteurs y compris le type de traitement, l'équipement de traitement utilisé, les pratiques de travail et l'utilisation adéquate de l'équipement de protection individuelle d'une installation particulière.
- Un domaine particulièrement préoccupant consiste en la mise en place d'installations de recyclage qui opèrent à faibles coûts et où travaille un personnel sans formation appropriée. Il se peut que ces installations commencent les opérations avec comme but premier de récupérer les parties en vue d'assembler des ordinateurs fonctionnels. Il se peut que les résultats obtenus de ces installations consistent en une quantité importante de déchets électroniques inutilisables et d'un petit nombre d'ordinateurs fonctionnels. De plus, il est important que les déchets électroniques (c.-à-d., les composants entiers qui ne peuvent pas être utilisés) soient enlevés du site le plus tôt possible et envoyés à une installation où seront effectués des traitements et du recyclage additionnels. Cette approche permettra de réduire l'exposition du travailleur aux composants dangereux.
- Les programmes de formation qui visent à informer le personnel des moyens qui permettent de réduire le risque par l'usage d'équipement approprié, par une conception adéquate du poste de travail, par des pratiques de sécurité professionnelle ainsi que par de l'équipement de protection individuelle approprié sont les meilleurs moyens d'atténuer les risques. Nous recommandons que les programmes de formation soient élaborés pour chacun des traitements en opération dans l'installation. Le modèle conceptuel présenté dans ce document offre un cadre sur lequel peut reposer

les programmes de formation. Cette approche est présentée en raison de la gamme de risques professionnels associés aux différents traitements et de la diversité des équipements électroniques qui peuvent être employés à ces installations. Nous recommandons que soient élaborés des programmes de formation qui mettent l'accent sur la sensibilisation du travailleur à l'égard des divers dangers et qui font la promotion des compétences propres à une tâche pour chacun des éléments dans le modèle conceptuel.

- o Sécurité générale : Les programmes de formation qui mettent l'accent sur l'analyse des dangers professionnels et qui renforcent les procédures de sécurité au travail dans le milieu de travail doivent être mis en œuvre. Ces programmes doivent être examinés par le personnel de gestion ainsi que par les travailleurs de l'installation, par exemple en ayant recours à un comité de la santé et de la sécurité, et être évalués périodiquement afin de s'assurer que le contenu est approprié. Il peut être souhaitable de recourir à un consultant externe dans le but de favoriser la discussion et de s'assurer que les préoccupations soient abordées. L'utilisation d'équipement de protection individuelle approprié pour la tâche opérationnelle tel que des vêtements appropriés ainsi que des équipements de protection (combinaisons, protection pour les yeux, gants, protecteurs faciaux, chaussures à embout d'acier ou bottes, etc.) doit être préconisé. Des soins additionnels doivent être pris dans le but de réduire le transport des contaminants hors site. Par exemple, les vêtements portés à l'installation doivent être lavés dans un lot séparé de façon à réduire le transfert des contaminants à d'autres vêtements.
- o Réception : Une manipulation (déchargement) adéquate de l'équipement qui n'est pas emballé de façon appropriée. Capacité de prendre des décisions sur l'équipement de protection nécessaire pour manipuler l'envoi.
- o Classification de l'envoi : La reconnaissance de l'équipement qui est manipulé à l'installation par rapport à l'équipement qui n'est pas manipulé à l'installation. Ce programme de formation doit être continuellement mis à jour en raison de la nature changeante de l'équipement.
- o Démontage manuel : La manipulation d'objets volumineux, l'utilisation appropriée d'outils, d'équipement de protection, la direction du flux des parties enlevées aux endroits appropriés (silos).
- o Classification des parties individuelles : Reconnaissance des parties électroniques qui contiennent divers produits chimiques dangereux. Mise à l'essai de fonctionnalité des parties en utilisant divers appareillages d'essai.
- o Dilacération : Une formation poussée sur la façon d'utiliser de la machinerie complexe, la capacité à reconnaître quand une fonction d'équipement est inadéquate et la résolution des bris d'équipement à la suite d'une éventuelle situation d'urgence.
- o Emballage des produits de dilacération pour le transport : Une opération appropriée des sacs à filtres et des autres systèmes de collecte constitue un aspect important quant à réduction des risques à l'endroit du personnel de

l'installation et des personnes des milieux environnants (hors site). Le programme de formation doit mettre l'accent sur l'importance d'une opération appropriée pour ce qui est des sacs à filtres en vue de réduire les risques d'exposition aux dangers d'inhalation.

- En dernier lieu, il est recommandé de former un groupe industrie-gouvernement qui traite particulièrement des questions liées au recyclage et au traitement des déchets électroniques dans un contexte de santé au travail et d'hygiène du milieu. Le mandat de ce groupe consisterait à promouvoir des programmes à l'intérieur des installations de recyclage dont le but est de s'assurer de la sécurité des travailleurs et de la gérance de l'environnement. Les programmes de sécurité des travailleurs aborderont des questions de santé humaine et de santé professionnelle, alors que les programmes de gérance de l'environnement pourraient promouvoir des partenariats entre les petites et les grandes installations de recyclage. Un tel groupe est particulièrement bien placé pour mener des programmes de recherche dans le contexte des installations de recyclage dans le but de traiter de diverses questions comme la surveillance en temps réel des particules d'espèces métalliques et d'évaluer la protection offerte par divers équipements de protection individuelle et pour évaluer les programmes de recyclage des déchets électroniques dans d'autres domaines d'application. Le groupe surveillera également la conception et le maintien des programmes de formation ainsi que leur exécution. De plus, il peut être plus facile pour un groupe mixte d'aborder les fabricants électroniques en vue de discuter de la bonne gestion des produits en faisant la promotion de la conception de dispositifs électroniques visant à réduire le danger présent lors du recyclage de ces composants et d'offrir de l'expertise dans le but de concevoir des programmes de formation aux installations de traitement et de recyclage des déchets électroniques pour l'amélioration de la sécurité des travailleurs.

3.9 Considérations

L'analyse précédente était surtout de nature technique. Cependant, il ne fait nul doute que l'élaboration de programmes de formation efficaces exigera une quantité importante de ressources de la part du personnel de gestion qui exploite une telle installation. De plus, un niveau important de coopération entre le personnel de gestion et les travailleurs sera nécessaire. L'élaboration des grandes lignes de la structure de cette coopération dépasse le cadre de ce rapport. Par contre, une planification appropriée des programmes d'éducation ainsi qu'un accord sur la mise en œuvre des programmes sont essentiels.

Une conception adéquate d'un programme de santé et de sécurité fait partie intégrante d'un système de gestion de la sécurité et représente un élément fondamental pour chaque organisation. Ce programme est une activité de base exercée par toute organisation. Il est conçu pour rallier tout les membres de l'entreprise à tous les niveaux, des gestionnaires au personnel, en s'étant entendu sur le fait que tous les membres du personnel sont responsables de la sécurité de l'installation et qu'ils peuvent tirer un avantage en suivant un tel programme. Des ressources appropriées doivent être offertes en vue d'amorcer et de

maintenir un tel programme.

Il est également reconnu que divers échelons de gouvernement ont autorité en matière de programmes de santé et de sécurité au travail. Alors que le statut actuel de l'ensemble des lois a été traité ailleurs dans ce rapport, cette section est liée seulement à l'évaluation des risques pour la santé et la sécurité au travail relativement au processus et non relativement aux questions de juridiction.

Évaluation préalable des risques pour la santé humaine

4.0 ÉVALUATION PRÉALABLE DES RISQUES POUR LA SANTÉ HUMAINE D'UNE INSTALLATION GÉNÉRIQUE DE TRAITEMENT DES DÉCHETS ÉLECTRONIQUES

L'évaluation des risques potentiels pour la santé humaine associés à l'exposition à des produits chimiques liés au recyclage des déchets électroniques repose en général sur les cadres d'évaluation des risques recommandés par le CCME dans leur document intitulé «*Document d'orientation sur la gestion des lieux contaminés au Canada*» ainsi que le document du ministère de l'Environnement de l'Ontario intitulé «*Guideline for use at Contaminated Sites in Ontario*» (CCME, 1997; MEO, 1997).

Bien qu'il existe des différences subtiles en ce qui concerne les approches et la terminologie adoptées par chacun des organismes présentés ci-dessus, l'approche générale qui permet d'effectuer une évaluation préalable des risques¹² (EPR) comprend les étapes suivantes :

- Formulation du problème. À cette étape, l'information est recueillie pour la description de l'installation et converge sur l'évaluation des risques sur des questions d'importance et préoccupantes. En bref, les substances chimiques préoccupantes (SCP) sont identifiées; des voies d'exposition possibles (c.-à-d. des voies par lesquelles les personnes peuvent être exposées aux substances chimiques préoccupantes) sont déterminées et des récepteurs hypothétiques (c.-à-d., des personnes potentiellement exposées aux substances chimiques en provenance du site sous évaluation) sont choisis.
- Évaluation de l'exposition. À cette étape, des estimations des expositions potentielles à des substances chimiques que les récepteurs subiraient potentiellement par les voies d'exposition prédominantes sont calculées en fonction des concentrations mesurées ou modélisées des substances chimiques dans l'environnement (c.-à-d., l'air, la poussière, etc.). Dans les cas où les données empiriques quantitatives feraient défaut, la méthodologie d'évaluation préalable permet l'inclusion dans l'évaluation de l'exposition, d'information fournie par une documentation scientifique évaluée par des pairs ainsi que d'autres études connexes.
- Évaluation de la toxicité. À cette étape, les dangers pour la santé qui pourraient survenir à la suite d'une exposition à des produits chimiques préoccupants sont identifiés et évalués selon des principes dose-réponse. Les limites d'exposition ou les estimations du degré d'exposition à ces produits chimiques qui peut survenir sans risque important ou inadmissible à la santé, sont déterminées, en se basant sur un examen de diverses organisations ayant mis de l'avant un critère de toxicité chimique précis utilisé dans l'évaluation des risques et qui comprend :
 - o La Environment Protection Agency (EPA) des États-Unis pour la dose de

¹² La méthodologie de l'EPR diffère des exigences de la *Loi canadienne sur la protection de l'Environnement* (LCPE) pour l'«évaluation du risque à la santé humaine des substances d'intérêt prioritaire».

référence (DRf), le facteur de pente relatif au cancer / facteur de puissance (FPRC).

- o Santé Canada (p. ex. dose journalière admissible, concentrations tolérables, etc.).
- o Le ministère de l'Environnement de l'Ontario (MEO; p. ex. l'apport préoccupant (AP) du MEO pour le plomb).

En général, le critère de toxicité choisi pour chaque SCP a été obtenu à partir de une ou de plusieurs des sources ci-dessus, après une évaluation en profondeur du fondement de chaque critère. En général, la DRf ou la CRf non cancérogène ainsi que les facteurs de puissance cancérogène élaborés par la EPA et présentés sur la base de données du Integrated Risk Information System (IRIS) sont reconnus en priorité comme celles qui font le plus autorité. Pour les SCP qui ne figurent pas sur la liste dans les bases de données de la EPA, de l'IRIS ou de Santé Canada, le critère de toxicité élaboré par les autres organismes sera utilisé s'il est considéré approprié.

- La caractérisation des risques: À cette étape finale, les risques et les dangers potentiels pour la santé des récepteurs sont déterminés en comparant les taux d'exposition estimés (à partir de l'évaluation de l'exposition) et les limites d'exposition (à partir de l'évaluation de la toxicité) pour les substances chimiques préoccupantes.

En se fondant sur les résultats de la caractérisation des risques, il est possible d'en arriver à des conclusions quant aux risques associés aux niveaux de contamination sur le site et quant au potentiel de présenter des répercussions délétères sur les récepteurs humains.

4.1 Formulation du problème

L'étape de la formulation du problème est une étape importante de la collecte et de l'interprétation de l'information qui permet de planifier et de faire converger l'approche de l'évaluation des risques. Les données recueillies et évaluées à cette étape apportent de l'information pour ce qui est des caractéristiques physiques et géographiques des sites génériques potentiels, de l'identification des récepteurs, des voies possibles d'exposition et de tout autre domaine ou question de préoccupation qui doivent être abordés. Pour l'évaluation actuelle, les tâches clés comprises dans l'étape de la formulation du problème sont entre autres les suivantes :

- la sélection et caractérisation des récepteurs humains ainsi que les critères et les processus de prise de décision utilisés quant à l'identification des SCP dans le but d'évaluer les risques pour les récepteurs humains;
- la sélection des voies d'exposition et des scénarios.

Les résultats de ces tâches forment la base de l'approche adoptée dans l'évaluation actuelle. Une méthodologie plus détaillée pour chacune de ces tâches est présentée dans les sections suivantes.

4.1.1 Sélection et caractérisation des récepteurs

En examinant la documentation disponible ainsi que le modèle d'installation générique des déchets électroniques, les récepteurs potentiels énoncés ci-dessous ont été considérés.

4.1.2 Travailleurs de l'installation

Une femme adulte¹³ a été choisie en tant que récepteur puisque cette catégorie de récepteurs représente une personne qui est sensible à l'exposition à certaines substances chimiques préoccupantes (p. ex. le plomb, etc.), et sera affectée d'un type chronique d'exposition. De plus, à la suite d'activités liées à un travail direct comme celui qui est associé à un contact de près avec les procédés de recyclage, ce récepteur a été considéré comme celui qui subit la plus grande exposition attendue aux substances chimiques préoccupantes (SCP).

4.1.3 Superviseurs de l'installation

L'évaluation considère également un superviseur d'installation comme un récepteur préoccupant. Le superviseur de l'installation représente un récepteur que l'on considère subir relativement moins d'exposition par rapport à celle que l'on pourrait s'attendre d'un travailleur de l'installation en raison du fait que ce récepteur aurait une plus faible fréquence d'exposition (p. ex. 2 à 3 heures par jour, 5 jours par semaine). Par exemple, on pourrait s'attendre à ce qu'un superviseur d'installation passe plus de temps dans un bureau occupé par des tâches administratives. De ce fait, leur exposition moyenne pondérée par un coefficient de temps (durée d'une exposition chronique) était considérée inférieure à l'exposition des travailleurs adultes de sexe féminin. L'exposition des superviseurs de l'installation aux SCP, bien qu'elle soit considérée comme moins importante que celle des travailleurs de l'installation demeure néanmoins une exposition de type chronique (c.-à-d., une durée d'exposition supérieure à une année). Généralement, les directives de la EPA des États-Unis recommandent d'évaluer la durée chronique en utilisant une période d'exposition

¹³ Un employé d'installation est, aux fins de cette évaluation, une femme adulte âgée de 18 à 45 ans qui se trouve sur le plancher de l'installation, et qui passe la majorité de son temps au travail (8 heures par jour; 5 jours par semaine, 48 semaines par année) intervenant dans des procédés directs liés au recyclage des déchets électroniques.

(PE) de 27 à 30 années pour un travailleur adulte (USEPA des États-Unis, 1992).

4.1.4 Préposés à l'entretien et aux réparations

Les préposés à l'entretien et aux réparations ont leurs propres caractéristiques d'exposition en raison du fait que l'on s'attend à ce que la fréquence d'exposition aux SCP soit relativement plus faible par rapport aux travailleurs de l'installation ou aux superviseurs, cependant ils peuvent potentiellement subir des expositions aiguës importantes. Par exemple, un préposé à l'entretien et aux réparations peut subir une exposition directe aux SCP alors qu'il effectue des activités d'entretien sur des parties d'équipement et de machinerie de recyclage qui ne sont pas accessibles ni au travailleur de l'installation, ni au superviseur (c.-à-d., un travail d'entretien pourrait exiger d'enlever le couvert d'un tapis mécanique fermé qui transporte des déchets électroniques chargés de SCP, ou d'être exposé à de petites particules de métal à la suite d'activités d'entretien sur un appareil de dilacération, etc.).

4.1.5 Intrus

En général, un intrus représente un jeune (les directives de Santé Canada définissent un jeune comme une personne âgée de 12 à 18 ans) qui peut être exposé aux SCP s'il entreprend des activités d'intrusion ou d'autres activités de nuisance et entre en contact avec le milieu environnant (c.-à-d., le sol, l'air et l'eau) d'une installation de recyclage de déchets électroniques. En général :

- on s'attend à ce que les intrus subissent une exposition peu importante en raison de la fréquence et la durée d'exposition peu élevée (c.-à-d., que l'on suppose une exposition subchronique, estimée à une exposition de moins de deux semaines par année) aux SCP et due à de faibles concentrations de SCP que l'on s'attend à détecter aux environs des installations de recyclage des déchets électroniques;
- lors de l'évaluation quantitative (où les données sont accessibles), un jeune intrus sera représenté «sans exagération» comme une personne (âgée de 7 à 12 ans). Le jeune récepteur âgé de 7 à 12 ans aurait un poids corporel inférieur à celui d'un jeune plus âgé, ce qui fait en sorte de maximiser l'estimation de l'exposition pour ce récepteur. De ce fait, les jeunes plus âgés et plus lourds seraient protégés par l'évaluation de ce type de récepteur.

En général, on ne s'attend pas à ce que les récepteurs décrits comme des enfants en bas âge ou des tout-petits aient accès à ces types d'installations en raison des clôtures et des autres mesures de sécurité généralement adoptées dans ces installations.

Un point important à souligner consiste dans le fait qu'aucun récepteur n'a été choisi pour représenter les personnes susceptibles d'habiter dans des zones résidentielles aux environs des installations de recyclage des déchets électroniques. Un examen de plusieurs installations lors de nombreuses visites des sites montre qu'il n'y a pas de probabilité apparente de contamination des eaux souterraines ou d'autres matières environnementales dans les zones aux environs de ces types d'installations. La seule question préoccupante était l'émission de matières particulaires (p. ex. des matières particulaires totales – TWA) qui peuvent avoir des répercussions sur les récepteurs qui résident dans les environs. Bien qu'une investigation analytique détaillée des échantillons n'a pas été effectuée au cours de l'évaluation préalable, des exemples de Certificats d'approbation (CA) provinciaux facilement accessibles quant aux émissions dans l'atmosphère d'une installation en milieu urbain et qui peuvent être obtenus du ministère de l'Environnement de l'Ontario ont montré que seules les matières particulaires étaient émises dans l'atmosphère en raison d'activités qui étaient menées à l'installation. Cependant, les niveaux de matières particulaires qui résultaient des activités aux installations se trouvaient au-dessous de la limite du point de contact (POC) de une demi-heure du MEO de l'Ontario pour les matières particulaires totales en suspension (TWA) qui est actuellement établie à $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (where is the opening bracket? – Also in english!). En général, l'émission de matières particulaires d'une installation munie de sacs à filtres en bon état ne serait pas considérée présenter un danger pour les récepteurs humains (p. ex. les enfants, les personnes âgées ainsi que d'autres personnes sensibles) qui peuvent résider dans les environs d'une installation générique de déchets électroniques.

Sur l'ensemble, un travailleur adulte de sexe féminin est considéré comme le récepteur le plus sensible à une installation générique de déchets électroniques. En général, les femmes en âge de procréer sont considérées comme particulièrement sensibles à diverses substances chimiques préoccupantes (p. ex. à des métaux comme le plomb, etc.) car ces substances chimiques peuvent nuire à leur fœtus en développement. Ce récepteur est le point de mire de l'évaluation des risques chimiques pour ce qui est de qualifier et de quantifier les risques et les dangers (c.-à-d., quantitativement lorsque les données le permettent) ou d'élaborer une analyse qualitative des risques associés aux SCP résultant des installations de recyclage des déchets électroniques.

Tableau 4. Modèle conceptuel basé sur la visite du site d'une installation de démontage à grande échelle et sur la recherche bibliographique de suivi.

Procédé	Réception des déchets électroniques	Classification de l'envoi	Démontage manuel	Classification des parties individuelles	Dilacération	Emballage des produits de dilacération pour le transport
Descriptions						
Dangers	Déversements ergonomiques venant des parties brisées. Claquage musculaire dû à un soulèvement, à une traction ou à une poussée.	L'équipement peut être endommagé en raison du transport et être contaminé par des déversements de solvants, d'encre, ou des objets pointus qui sont brisés à l'intérieur.	Opération de l'équipement visant à détruire le boîtier des composants, cela entraînera une exposition à diverses substances chimiques comme celles se qui se trouvent dans le Tableau 1 de la section 1.1	Les parties contenant divers composants dangereux. Tri inapproprié des parties pourrait mener à une exposition par inadvertance.	Bruit, objets projetés en l'air, production de poussières qui peuvent être inhalées et qui contiennent divers produits chimiques dangereux. Danger d'explosion dû aux processus exothermiques qui se produisent dans les batteries, les objets pointus peuvent percer la peau, un danger pour les yeux et les oreilles etc.	Mouvement manuel du matériel dilacéré dans les conteneurs de transport.

Exposition	Objets pointus, cutanée, inhalation	La personne peut être exposée à des solvants, à des toners qui ont débordé, à de la matière radioactive, à des courants électriques produits par les batteries, etc.	Le personnel peut être exposé à des objets pointus et à de la poussière composée de	Le personnel peut être exposé à divers produits chimiques sous différentes formes – solide, liquide, vapeur, poussières etc.	Des objets pointus, de la poussière qui contiennent un grand nombre de produits chimiques (métaux) utilisés dans la fabrication des produits électroniques.	Formation de diverses poussières lors de la manipulation des déchets dilacérés, ce qui conduit à l'inhalation et à l'exposition cutanée. Une ingestion est également possible.
Risques	Coupure cutanée, claquage musculaire en manipulant des gros articles.	Voie cutanée, inhalation, ingestion indirecte, divers systèmes d'organe touchés.	Risques ergonomiques basés sur divers mouvements et positionnements répétés de l'équipement.	Classification inadéquate des parties pourrait mener à divers scénarios de risques.	Les métaux contenus dans la poussière sont de très faibles irritants respiratoires et un grand nombre d'entre eux sont cancérogènes même à de faibles niveaux d'exposition	Risques liés au cancer ou non, causés par la constitution des matériaux. Irritants respiratoires et cutanés.

4.1.6 Identification des substances chimiques préoccupantes

À la différence d'une évaluation typique des risques pour la santé humaine où la prise d'échantillon au travail et dans l'environnement est effectuée en vue de déterminer les SCP potentielles, en dehors des données de concentration certifiée de l'air ambiant d'une installation d'exploitation située en Ontario, l'information qui concerne les contaminants associés au recyclage des déchets électroniques a été relevée à partir de la documentation accessible, des rapports publiés, des travaux de conférences ainsi que des articles. Les contaminants identifiés comme faisant partie de l'étude sur les installations génériques de déchets électroniques sont également inclus dans la catégorie des contaminants préoccupants (CP) potentiels. Il est important de remarquer que la plupart de l'information trouvée en ce

qui concerne l'identification des contaminants préoccupants potentiels causés par des activités effectuées dans les installations de déchets électroniques portait essentiellement sur les installations qui jouent un rôle dans le recyclage des ordinateurs personnels, des ordinateurs portatifs et des moniteurs. En général, il y a une lacune en ce qui concerne l'information accessible et les données empiriques qui décrivent les substances chimiques présentes dans d'autres équipement de technologie de l'information et des télécommunications comme les périphériques (c.-à-d., les scanners et les imprimantes), les télécopieurs, les téléphones et les téléphones cellulaires (Five Winds International, 2001).

L'examen d'installation de moyenne à grande échelle apporte peu de données empiriques quant à l'identification des substances chimiques préoccupantes potentielles qui peuvent avoir des répercussions et entraîner des expositions de type professionnel. De ce fait, la sélection de substances chimiques préoccupantes se concentrait sur les données présentées dans les rapports de documentation évalués par des pairs qui ont fait l'objet d'une publication en tant qu'estimés des pires cas raisonnables. Une recherche en profondeur des ouvrages de référence et des sources documentaires montre que les données quantitatives et qualitatives qui se rattachent à l'exposition professionnelle aux substances chimiques associées aux installations de traitement des déchets électroniques et qui décrivent celles-ci étaient nettement insuffisantes en ce qui concerne les opérations en Amérique du Nord. Un rapport antérieur produit par Environnement Canada (Five Winds International, 2001) présentait de l'information quant aux contaminants préoccupants potentiels susceptibles d'être présents dans les produits de TI et des télécommunications, tels qu'ils pourraient se trouver dans un flux typique de produits électroniques envoyés dans une installation de recyclage de déchets électroniques.

Un grand nombre de substances chimiques ont été identifiées en tant que composants de produits électroniques (Electronic Industries Association EIA/ association européenne des technologies de l'information et de la communication EICTA/GPSSI, 2003). Une liste de toutes les substances chimiques utilisées dans l'industrie électronique est présentée au Tableau 1. Cependant, dans certains cas on a constaté que les concentrations de substances chimiques étaient extrêmement faibles et dépendaient fortement du type de produit qui était traité (p. ex. un moniteur d'ordinateur par rapport à un téléphone cellulaire, etc.). Il faut aussi remarquer que les travailleurs des installations ainsi que les préposés à l'entretien et aux réparations peuvent être exposés périodiquement à d'autres composés, comme les solvants. Cependant, on s'attend à ce que ces expositions soient de courte durée et non continue. Quant à l'identification des SCP qui seront des indicateurs principaux de toxicité potentielle et qui devraient exiger une surveillance importante dans le lieu de travail, un certain nombre de critères ont été utilisés. La toxicité inhérente du composé à l'endroit des récepteurs humains,

la probabilité de la présence de produits électroniques (c.-à-d., combien de produits électroniques utilisent ce composé dans leur composition ou dans leurs parties constituantes), le pourcentage du composé qui est recyclé et en général, la contribution dans l'ensemble du composé pour ce qui est du poids à un certain nombre de produits électroniques examinés ont tous été utilisés pour établir la liste des SCP (Annexe B).

4.2 Évaluation de l'exposition

Tel que cela est indiqué dans la section sur la santé et la sécurité au travail (section 3.0), les pratiques qui font intervenir le confinement de la poussière et l'empilage dans les installations de recyclage électronique qui sont des sources importantes d'exposition aux contaminants peuvent être extrêmement variables (p. ex. une opération avec l'utilisation d'un dépoussiéreur à sacs filtrants parfaitement opérationnel par rapport à une opération avec l'utilisation d'un dépoussiéreur à sacs filtrants non fonctionnel ou effectuée sans aucun dépoussiéreur, l'exposition pourra de ce fait varier en fonction de ces pratiques. Aux fins de cette évaluation, un scénario de la pire éventualité a été étudié afin de ne pas sous-estimer le potentiel d'exposition à l'égard du travailleur et de l'intrus. De ce fait, les valeurs tirées de la documentation ont été utilisées (lorsque qu'elles étaient accessibles) en vue d'établir un modèle quantitatif du risque que l'on suppose de la pire éventualité à l'égard des travailleurs et des intrus en association avec les procédés plus typiques de recyclage des déchets électroniques au Canada.

4.2.1 Identification des voies d'exposition pertinentes

L'identification des voies d'exposition pertinentes des substances chimiques préoccupantes (SCP) tant à l'égard des travailleurs-récepteurs (c.-à-d., les travailleurs dans les installations, les superviseurs ainsi que les préposés à l'entretien et aux réparations) que d'un éventuel intrus exige une certaine base de connaissances quant aux sources potentielle de SCP et aux types d'activités des récepteurs (Tableau 7 – modèle conceptuel). Un certain nombre de traitements au cours du recyclage des déchets électroniques peuvent potentiellement entraîner une exposition à l'endroit des travailleurs-récepteurs ou d'un intrus tel que cela est reconnu dans le modèle conceptuel. Alors que tous les travailleurs-récepteurs peuvent potentiellement être exposés, ce sont les travailleurs au sein des installations et dans certains cas les préposés à l'entretien et aux réparations qui afficheront le plus grand potentiel d'exposition.

4.2.1.1 Voies d'exposition pour les travailleurs-récepteurs

Il y a trois voies potentielles par lesquelles les travailleurs au sein des installations peuvent être exposés aux SCP en provenance du traitement des déchets électroniques. La voie la plus probable et, de ce fait, la plus importante, est la voie par inhalation causée par la dispersion de la poussière et de matières particulaires qui résultent des procédés continus de dilacération. Cela n'a pas été reconnu comme une source potentielle d'exposition du travailleur aux installations de grande aire de surface en raison du fait que le procédé de dilacération était effectué sous des conditions déterminées, avec un confinement presque total de toutes les matières particulaires ainsi que de la poussière qui en résultaient (p. ex. par l'utilisation de contenants et de dépoussiéreurs à sacs filtrants). Cependant, il est probable que la majorité des installations moins modernes n'aient pas ce type d'équipement, ce qui occasionne, de ce fait, une exposition des travailleurs à de la poussière ainsi qu'aux matières particulaires à la suite de traitements de dilacération. L'exposition à la poussière et aux matières particulaires qui en résulte (c.-à-d., un type d'émission) pourrait également mener à une exposition cutanée ou à une exposition par ingestion des SCP. Les travailleurs qui ne portent pas de vêtements de protection individuelle qui couvrent les mains et les bras (p. ex. l'utilisation de gants en latex, etc.) font l'objet d'une exposition cutanée potentielle. L'exposition cutanée chronique à la poussière et aux matières particulaires dans le milieu de travail est considérée comme une voie d'exposition à l'endroit des travailleurs. Bien que les superviseurs passaient en moyenne moins de temps dans les zones associées aux traitements des déchets, ils étaient plus susceptibles de porter des vêtements qui ne couvraient pas totalement les bras. L'ingestion accidentelle de poussière et de matières particulaires est également un point préoccupant, en raison du fait que les SCP peuvent entrer en suspension dans l'air et peuvent par conséquent être ingérées ou se déposer sur le plancher de l'installation et faire l'objet d'une remise en suspension à la suite des mouvements et des activités exercés par le travailleur (p. ex. la poussière remise en suspension par les opérateurs de chariots élévateurs à fourche, etc.). La remise en suspension des poussières entraînera la suspension des SCP dans l'air qui seront susceptibles d'être inhalées.

L'exposition cutanée aux SCP à l'intérieur d'une installation de déchets électroniques peut être un sujet de préoccupation plus important que l'inhalation de la poussière ou des matières particulaires à la suite des traitements de dilacération, où les pratiques de santé au travail sont négligées. À la fois les travailleurs de l'installation et les préposés à l'entretien et aux réparations peuvent être exposés directement à des concentrations élevées de SCP en provenance de l'équipement électronique dans le cas où l'équipement de protection individuelle (EPI, p. ex. les gants, les lunettes-masque, les combinaisons, etc.) n'est pas

régulièrement porté.

4.2.1.2 Voies d'exposition pour les intrus

Il y a trois voies potentielles par lesquelles les substances chimiques préoccupantes peuvent infiltrer le milieu naturel aux environs de l'installation à partir du traitement des déchets électronique; et entraîner une exposition à l'endroit d'un intrus. La voie la plus importante, comme celle des travailleurs, est la dispersion dans l'environnement de la poussière et des matières particulaires à la suite d'un traitement de dilacération à partir d'une installation, ce qui entraîne l'exposition d'un intrus aux SCP par inhalation ou par ingestion. La poussière et les matières particulaires émises dans l'environnement peuvent se déposer dans le sol aux alentours de l'installation et encore une fois une inhalation ou une ingestion accidentelle du sol touché peut survenir. La voie par inhalation n'est probablement pas importante, en raison du fait que l'air à l'extérieur de l'installation serait dispersé par les courants de vent ou se déposerait dans l'environnement aux alentours du site (p. ex. le sol, l'air, l'eau, etc.). Cette hypothèse est plausible car une étude sur la migration de contaminants de l'air intérieur vers l'air extérieur d'une installation de recyclage n'a pas rapporté de niveau mesurable pour aucun SCP (Sjodin et coll., 1999).

Une voie secondaire d'exposition pourrait potentiellement se produire si l'eau était utilisée pour toute partie du processus, particulièrement si la poussière et les matières particulaires n'étaient pas contrôlées, et que les infrastructures comme les conduits de collecte et les canaux de drainage permettent à l'eau de migrer du site vers les sols environnants et les sédiments. Cependant, l'utilisation de l'eau n'a pas été reconnue dans la documentation comme une pratique courante pour les installations de déchets électroniques; de ce fait, cette voie d'exposition est considérée comme peu importante. Une troisième voie pourrait se produire si les composants électroniques étaient stockés à l'extérieur avant d'être démontés. Dans ce cas, un contact cutané direct avec les SCP pourrait survenir, cependant, en étudiant les pratiques normales dans la documentation et à la suite de visites à diverses installations, le stockage des déchets électroniques dans des zones non couvertes situées à l'extérieur n'est pas susceptible de se produire en général.

Dans l'ensemble, on s'attend à ce que l'exposition d'un intrus aux SCP à la suite d'activités menées sur les lieux d'une installation de déchets électroniques soit peu importante. De ce fait, ce récepteur ne fera pas l'objet d'examen additionnels lors de l'évaluation de la santé humaine.

4.3 Évaluation de la toxicité

L'élément de l'évaluation de la toxicité de l'évaluation des risques tient compte du potentiel d'un contaminant chimique à causer des effets indésirables pour la santé chez un récepteur particulier. Il détermine la concentration sans effet observé (CSEO) et/ou donne une estimation quantitative de la relation entre l'importance d'exposition et l'incidence des effets indésirables sur la santé qui peuvent être causés par une exposition. L'évaluation de la toxicité a été effectuée pour chacune des SCP identifiées auparavant et décrites brièvement dans le Tableau 10, qui peuvent être représentées par un composé particulier (p. ex. le magnésium) ou par un groupe de composés apparentés (matériaux d'amiante).

Dans cette évaluation, les limites d'exposition pour l'exposition de chacune des SCP ont été examinées à partir d'un certain nombre d'organismes de réglementation reconnus. Pour les besoins de cette évaluation, les limites d'exposition issues de la Environmental Protection Agency des États-Unis (USEPA) ont été choisies par défaut, pour être utilisées dans le calcul des limites génériques d'exposition. Cependant, lorsque certaines limites d'exposition n'étaient pas accessibles auprès de l'USEPA, des limites d'exposition d'autres organismes, y compris la Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Santé Canada et l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), ont fait l'objet d'un examen et d'une sélection. Une limite d'exposition pour chacune des SCP est fournie pour la voie d'exposition associée à la plus grande préoccupation en raison de la toxicité (p. ex. une voie d'exposition avec la limite d'exposition la plus basse : voie par inhalation par opposition à la voie orale) en vue d'être utilisée dans la détermination des limites génériques d'exposition.

4.3.1 Antimoine et les composés d'antimoine

Limite d'exposition déterminée pour l'antimoine

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal detoxité préoccupante	Limites réglementaires d'exposition	Référence
Antimoine	Orale	Changements biochimiques dans le sang	0,4 µg/kg-jour	USEPA 1991 a

L'organe cible primaire d'une exposition aiguë par voie orale à l'antimoine semble être le tractus gastro-intestinal (irritation, diarrhée, vomissement) et les cibles d'une exposition à long terme sont le sang (troubles hématologiques) et le foie (faible hépatotoxicité). L'exposition à l'antimoine par inhalation affecte les voies respiratoires (pneumoconiose, troubles de restriction des voies aériennes), et les cibles secondaires sont l'appareil cardiovasculaire (modification de la pression sanguine et des électrocardiogrammes) et les reins (changements histologiques). Il n'existe que des évidences limitées pour ce qui est des troubles reproductifs causés par une exposition à l'antimoine.

Bien que certaines données montrent que l'exposition à long terme de rats au trioxyde de diantimoine et au trisulfure de diantimoine augmentent l'incidence de tumeurs du poumon, l'USEPA n'a pas évalué l'antimoine ou les antimoniés relativement à leur cancérogénicité et une classification selon la force probante de la preuve n'est pas accessible actuellement (USEPA, 1991a).

4.3.2 Arsenic et composés d'arsenic

Limite d'exposition déterminée pour l'arsenic

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal de la toxicité préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
Arsenic	Orale	Cancer	$1,5 \times 10^{-3}$ ($\mu\text{g/kg-jour}$) ⁻¹	USEPA, 1998a

Des études épidémiologiques ont révélées une association entre les concentrations d'arsenic dans l'eau potable et une augmentation des incidences de cancers de la peau (y compris les carcinomes spino-cellulaires et les carcinomes basocellulaires multiples), ainsi que les cancers du foie, de la vessie, des voies respiratoires et du tractus gastro-intestinal (USEPA, 1998). Des études sur l'exposition professionnelle ont montré une corrélation nette entre l'exposition à l'arsenic et la mortalité due au cancer du poumon. L'USEPA (1998) a placé l'arsenic inorganique dans le groupe A de la force probante de la preuve, agent cancérogène pour l'humain.

4.3.3 Amiante et matériaux d'amiante

Limite d'exposition déterminée pour l'amiante

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal de la toxicité préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
Amiante	Inhalation	Cancer	0,23 (f/ml) ⁻¹	USEPA, 1993a

De nombreuses études effectuées chez des humains ont établi que l'inhalation à long terme des fibres d'amiante cause une pneumoconiose (une amiantose) chronique et progressive. La maladie est courante parmi les groupes professionnels qui sont directement exposés aux fibres d'amiante, comme les isolateurs, mais s'applique également aux personnes qui travaillent à proximité des zones où l'on effectue l'application ou l'enlèvement des matériaux d'amiante ainsi qu'aux familles des travailleurs exposés (USEPA, 1993). L'amiantose est le résultat d'une réaction inflammatoire prolongée stimulée par la présence de fibres dans les poumons et se caractérise par une fibrose du parenchyme pulmonaire, qui peut se détecter radiographiquement dix années après la première exposition (USEPA, 1993). Le principal symptôme clinique est l'essoufflement, souvent accompagné par des râles et de la toux. En raison du fait que les fibres d'amiante sont résistantes à la dégradation dans les poumons, la réaction inflammatoire déclenchée par les fibres est continue, même après la fin de l'exposition. On a estimé que des expositions cumulatives de 17 à 75 fibres-années/mL causeraient des lésions fibreuses des poumons, et que les expositions cumulatives de 3,5 à 300 fibres-années/mL causeraient la mort chez l'humain (USEPA, 1993). L'unité de risque d'inhalation de l'USEPA est de 0,23/(fibre/ml), soit $4,0E^{-6}$ fibres/ml au niveau de risque de 10^{-6} (risque de cancer pendant toute la vie de 1 sur 1 million).

En se fondant sur les lignes directrices du USEPA, l'amiante a été attribuée au groupe A de la force probante de la preuve, agent cancérogène pour les humains (USEPA, 1993). L'ACGIH a attribué une valeur de 0,1 f/cm³ pour une limite d'exposition professionnelle pour l'amiante (toutes les formes; ACGIH, 2003).

4.3.4 Colorants azoïques

Limite d'exposition déterminée pour les colorants azoïques

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal de la toxicité préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
Colorants azoïques – représentés en tant que benzidine	Inhalation	Cancer	0,23 (µg/kg-jour) ⁻¹	USEPA, 1993b

Plusieurs études épidémiologiques et études de cas ont montré que l'exposition professionnelle aux benzidines provoque un cancer de la vessie (USEPA, 1993). De façon similaire, il a été montré que la benzidine est responsable de la formation de divers types de tumeurs à de multiples endroits chez une espèce animale exposée par diverses voies. Par exemple, les chiens qui ont ingéré de la benzidine en capsule pendant une période de cinq années ont développé des tumeurs de vessie, alors que des lymphomes, des hépatomes et des adénocarcinomes ont été observés chez des souris qui recevaient des injections sous-cutanées. De plus, la benzidine administrée par gavage a provoqué une augmentation de l'incidence de tumeurs de la glande mammaire chez des rats Sprague-Dawley.

Selon les lignes directrices du USEPA, la benzidine a été attribuée au groupe A de la force probante de la preuve, agent cancérogène pour les humains, en se fondant sur l'observation d'une incidence accrue de cancer de la vessie et de morts liées au cancer de la vessie chez les travailleurs exposés (USEPA, 1993).

4.3.5 Béryllium et composés de béryllium

Limite d'exposition déterminée pour le béryllium

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal de la toxicité préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
Béryllium	Inhalation	Cancer	2,4x10 ⁻³ (µg/m ³) ⁻¹	USEPA, 1998b

Des études épidémiologiques donnent à penser que le béryllium et ses composés peuvent être des agents cancérogènes pour les humains. Des études chez des travailleurs exposés au

béryllium, principalement par inhalation, ont montré que des augmentations importantes dans l'observation des incidences attendues de cancer du poumon (USEPA, 1998b). Le USEPA (1998b), dans l'évaluation de l'ensemble des bases de données pour ce qui est de l'association du cancer du poumon à l'exposition professionnelle au béryllium, a relevé plusieurs limitations, mais en est arrivé à la conclusion que les résultats devaient au moins être considérés comme laissant entendre l'existence d'un risque cancérigène à l'endroit des humains. Aucune donnée toxicologique n'était disponible pour évaluer les co-mélanges d'alliages de béryllium/cuivre.

En raison d'évidences suffisantes chez les animaux ainsi que sur des évidences inadéquates chez les êtres humains, le béryllium a été placé dans la classification B2 de la EPA de la force probante de la preuve, comme un agent cancérigène probable pour les humains (USEPA, 1998).

4.3.6 Bismuth et composés de bismuth

Limite d'exposition déterminée pour le bismuth

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal de la toxicité préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
Bismuth	Aucune limite réglementaire d'exposition n'a été identifiée			

Il n'existe pas de données accessibles qui permettent de déterminer les effets indésirables potentiels pour la santé en fonction d'une exposition au bismuth.

4.3.7 Produits ignifuges bromés (autres que les PBB ou les ÉDP)

Limite d'exposition déterminée pour les produits ignifuges bromés (PIB)

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal de la toxicité préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
PIB représenté par le bromure de vinyle	Inhalation	Toxicité pour le foie	3,0 µg/m ³	USEPA, 1994a

En général, la documentation souligne que les produits chimiques bromés aromatiques comme le tétrabromobisphénol A («TBBPA») sont les produits ignifuges bromés produits

en plus grand volume. Le TBBPA est connu pour être employé comme un ignifuge réactif (usage primaire) ou comme un ignifuge additif dans les polymères et est utilisé dans les équipements électroniques comme un ignifuge réactif dans les cartes imprimées.

Récemment, l’OMS, dans le cadre de son Programme international sur la sécurité des produits chimiques, a entrepris une évaluation scientifique complète des effets sur l’humain et sur l’environnement du TBBPA¹⁴. Leurs constatations étaient les suivantes : le TBBPA a un faible potentiel de bioaccumulation chez les humains, [TRADUCTION] en règle général, le composé n’a pas été trouvé dans les échantillons biologiques prélevés dans l’environnement, la détection dans l’environnement était limitée à quelques sédiments/échantillons de sol et le [TRADUCTION] risque pour la population en général a été considéré comme peu important.

Actuellement, l’USEPA n’a pas effectué d’évaluation du TBBPA et un nombre très restreint d’autres PIB ont fait l’objet d’une évaluation de toxicité.

Cependant, les produits chimiques aliphatiques bromés comme l’hexabromocyclododécane (HBCD) et le bromure de vinyle, qui peuvent être utilisés dans divers composants électriques, peuvent causer des effets néfastes pour la santé humaine à la suite d’une exposition. Ces composés ont été évalués par des compétences réglementaires d’importance comme l’USEPA ainsi que la EPA du Danemark. Par exemple, le bromure de vinyle est classifié par l’USEPA comme une substance cancérigène du groupe B et par la EPA du Danemark comme une substance cancérigène. Des expériences aiguës (à court terme) et chroniques (à long terme) montrent que le foie, le principal organe cible à la suite d’une exposition par inhalation au bromure de vinyle chez les êtres humains et chez les animaux, peut être passablement perturbé après une exposition au bromure de vinyle.

En raison du fait qu’il n’existe que peu de données toxicologiques pour le TBBPA, le bromure de vinyle a été utilisé en tant que composé représentatif.

Des expériences aiguës et chroniques montrent que le foie est l’organe cible primaire après une exposition par inhalation au bromure de vinyle (USEPA, 1994a). À de hautes concentrations, le bromure de vinyle peut causer des étourdissements, une désorientation et de la somnolence chez les humains. Il a été montré qu’une exposition aiguë chez les rats à de très hautes concentrations par inhalation se traduit par des lésions hépatiques et rénales et par des effets neurologiques indésirables (hypoactivité, somnolence, et anesthésie). Chez les lapins, le bromure de vinyle sous forme liquide est un irritant léger à modéré pour les yeux, mais n’est pas un irritant pour la peau.

¹⁴ Programme international sur la sécurité des substances chimiques de l’Organisation mondiale de la Santé (PISSC) : Critères d’hygiène de l’environnement 172 : le tétrabromobisphénol A et ses dérivés.

Des tests aigus effectués chez des rats ont montré que le bromure de vinyle comporte une toxicité aiguë modérée à élevée à la suite d'une exposition orale.

Il n'existe pas d'information disponible sur les effets chroniques du bromure de vinyle chez les humains. Une exposition chronique par inhalation provoque principalement des lésions au foie, ce qui cause des foci dans le foie des rats. Des effets hématologiques ainsi qu'une augmentation du poids du foie et des reins ont également été observés chez les rats (USEPA, 1994a).

4.3.8 Cadmium et composés de cadmium

Limite d'exposition déterminée pour le cadmium

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal de la toxicité préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
Cadmium	Inhalation	Cancer	$1,8 \times 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	USEPA, 1992a

L'organe cible d'une toxicité au cadmium par voie d'exposition orale est le rein. Quant à une exposition par inhalation, ce sont à la fois les poumons et les reins qui sont les organes cibles d'une toxicité au cadmium.

Les évidences sont limitées pour ce qui est des études épidémiologiques portant sur le cancer des voies respiratoires lié au cadmium (USEPA, 1992a). La limite d'exposition de $1,8 \times 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ est fondée sur un cancer des voies respiratoires associé à une exposition en milieu de travail (USEPA, 1992a). En se basant sur une évidence limitée recueillie à partir de nombreuses études portant sur l'exposition en milieu de travail ainsi que sur des données appropriées sur les animaux, le cadmium est placé dans le groupe B1 de la force probante de la preuve – agent cancérogène probable pour les humains.

4.3.9 Polymères chlorés

Limite d'exposition déterminée pour les polymères chlorés

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal de la toxicité préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
Polymères chlorés	Aucune limite réglementaire d'exposition n'a été déterminée			

Aucune donnée n'était accessible pour la détermination des effets potentiels néfastes à la santé en fonction d'une exposition à des polymères chlorés, comme le polymère de chlorure de vinyle

4.3.10. Chrome (VI) et composés de chrome (VI)

Limite d'exposition déterminée pour le chrome (VI)

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal de la toxicité préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
Chrome (VI) – Représenté en tant qu'oxyde de chrome (VI)	Inhalation	Cancer	$1,2 \times 10^{-2} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	USEPA, 1998c

L'inhalation de composés de chrome (VI) a été associée au développement de cancer chez des personnes qui travaillent dans l'industrie du chromate. Le risque relatif de développer un cancer du poumon a été calculé comme étant jusqu'à trente fois plus élevé que pour le groupe témoin (USEPA, 1998c). Il y a également des évidences d'un risque accru de développement de carcinomes nasal, pharyngien et gastro-intestinal (USEPA, 1998c). Les résultats des études d'inhalation chez les animaux étaient semblables à ceux observés au cours des études en milieu de travail, qui rapportent une augmentation des risques de cancer du poumon (USEPA, 1998c).

En raison d'évidences suffisantes recueillies à partir d'études effectuées chez les humains et les animaux, le chrome (VI) a été placé dans la classification A de la EPA de la force probante de la preuve, agent cancérogène pour les humains (USEPA, 1998c).

4.3.11 Cuivre et composés de cuivre

Limite d'exposition déterminée pour le cuivre

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal de toxicité préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
Cuivre – Représenté en tant que cyanure de cuivre	Orale	Diminution du poids corporel, toxicité pour le foie et les reins	5.0 µg/kg-jour	USEPA, 1996a

Une exposition aiguë par inhalation de la poussière ou de vapeur de cuivre à des concentrations de 0,075 à 0,12 mg Cu/m³ peut causer une fièvre des fondeurs dont les symptômes sont la toux, les frissons et des douleurs musculaires (USEPA, 1996a). Parmi les effets rapportés chez les travailleurs exposés à la poussière de cuivre, notons les troubles gastro-intestinaux, les maux de tête, le vertige, la somnolence ainsi que la toxicité hépatique (USEPA, 1996a). L'exposition cutanée au cuivre peut causer une dermite de contact chez certaines personnes (USEPA, 1996a).

Aucun essai biologique adapté, ni d'étude épidémiologique n'est accessible pour l'évaluation de la cancérogénicité du cuivre. De ce fait, l'USEPA (1996a) a placé le cuivre dans le groupe D de la force probante de la preuve, qui ne peut être classifié comme ayant un pouvoir carcinogène chez l'humain.

4.3.12 Or et composés d'or

Limite d'exposition déterminée pour l'or

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal de la toxicité préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
Or	Aucune limite réglementaire d'exposition n'a été déterminée			

Aucune donnée n'est accessible pour la détermination des effets potentiels néfastes pour la santé en fonction d'une exposition à l'or.

4.3.13 Hydrochlorofluorocarbures et isomères

Limite d'exposition déterminée pour les hydrochlorofluorocarbures

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal de toxicité préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
Hydrochlorofluorocarbures– Représenté en tant que Dichlorofluorométhane (HCFC-21)	Orale	Diminution du poids corporel dans les études animales	200 µg/kg-jour	USEPA, 1995a

Très peu de données sont accessibles pour la caractérisation des effets potentiels associés à une exposition aux hydrochlorofluorocarbures. L'étude animale sur laquelle repose la base de la limite d'exposition du USEPA, quant à l'exposition orale, a rapporté une diminution importante du poids corporel chez les animaux exposés (USEPA, 1995a).

Aucun composé d'hydrochlorofluorocarbures n'a fait l'objet d'une évaluation et d'une détermination exhaustives visant à montrer l'évidence d'un potentiel cancérigène chez les humains (USEPA, 1995a).

4.3.13 Plomb et composés de plomb

Limite d'exposition déterminée pour le plomb

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal de toxicité préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
Plomb	Orale	Neurotoxicité	3,57 µg/kg-jour	Santé Canada, 2003
Plomb	Toutes les voies	Neurotoxicité	1,85 µg/kg-jour	MEO, 1996

Les études ont montré que le plomb est une substance toxique à cibles multiples, ayant des effets sur le tractus gastro-intestinal, le système hématopoïétique, le système cardiovasculaire, les systèmes nerveux central et périphérique, les reins, le système immunitaire et le système reproductif. Des symptômes apparents des effets sur le système nerveux central (SNC) sous-encéphalopatique et des lésions se produisent aux nerfs périphériques à des niveaux de plomb dans le sang de 40 à 60 µg/dL, alors que les symptômes non apparents, comme une dysfonction des nerfs périphériques, se produisent à des niveaux de 30 à 50 µg/dL chez les adultes; il n'y a pas de seuil évident bien défini (USEPA, 1990). Les déficits intellectuels et neuropsychologiques ne sont généralement pas le point de mire des études chez les adultes, cependant, il existe certaines évidences de détériorations neuropsychologiques et de déficiences intellectuelles chez les personnes qui travaillent au contact du plomb et qui affichent des niveaux sanguins de 41 à 80 µg/dL.

Le plomb inorganique et les composés de plomb ont été évalués quant à leur pouvoir cancérigène par l'USEPA (USEPA, 1989). Les données des études chez les humains sont insuffisantes pour l'évaluation du potentiel de cancérigénicité du plomb. Les données des études chez les animaux, reposent cependant sur un nombre suffisamment élevé d'études qui montrent que le plomb peut provoquer des tumeurs rénales chez des animaux de laboratoire. Quelques études ont montré l'évidence d'une induction de tumeurs dans d'autres régions du corps (gliomes cérébraux; tumeurs testiculaires, surrénales, prostatiques, pituitaires et thyroïdiennes). Un facteur de pente n'a pas été obtenu à partir du plomb inorganique ou des

composés de plomb.

4.3.15 Magnésium

Limite d'exposition déterminée pour le magnésium

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal de la toxicité préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
Magnésium	Aucune limite réglementaire d'exposition n'a été déterminée			

Aucune donnée n'était accessible pour la détermination des effets potentiels indésirables pour la santé en fonction d'une exposition au magnésium.

4.3.16 Mercure et composés de mercure *Limite d'exposition déterminée pour le mercure*

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal de la toxicité préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
Mercure	Inhalation	Neurotoxicité	0,3 µg/m ³	USEPA, 1995b

La gravité des effets toxiques du mercure dépend de la forme et de la concentration de mercure ainsi que de la voie d'exposition. Des expositions à des niveaux élevés de mercure métallique, de mercure inorganique et de mercure organique peuvent provoquer des lésions permanentes au cerveau, aux reins et au fœtus en développement. Les effets sur le fonctionnement du cerveau peuvent se traduire par de l'irritabilité, de la timidité, des tremblements, des changements dans la vision ou dans l'audition ainsi que des problèmes de mémoire. Une exposition à court terme à des niveaux élevés de vapeurs de mercure métallique peut provoquer des lésions aux poumons, des nausées, des vomissements, de la diarrhée, une augmentation de la pression sanguine, une augmentation de la fréquence cardiaque, des éruptions cutanées ainsi que des irritations aux yeux.

Il n'existe pas de donnée disponible quant au pouvoir cancérogène du mercure élémentaire chez les humains ou les animaux. Le USEPA a placé le mercure dans le groupe D de la force probante de la preuve, qui ne peut pas être classifié comme ayant un pouvoir cancérogène chez l'être humain (US EPA, 1995b). Bien que l'on ne s'attende pas à ce que des quantités

importantes de méthyle mercure ou de chlorure de mercure puissent être trouvées à l'intérieur d'une installation de traitement des déchets électroniques, des récepteurs écologiques exposés au mercure élémentaire pourraient potentiellement convertir cette forme de mercure en méthyle mercure. La EPA a classifié à la fois le chlorure de mercure et le méthyle mercure en tant qu'agent cancérigène possible pour les humains (Groupe C).

4.3.17 Nickel et composés de nickel

Limite d'exposition déterminée pour le nickel

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal de la toxicité préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
Nickel – représenté en tant que sous-sulfure de nickel	Inhalation	Cancer	$4,8 \times 10^{-4}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	USEPA, 1991 b

L'effet néfaste le plus courant du nickel sur la santé chez les humains est une réaction allergique. Les humains peuvent devenir sensibles au nickel lorsque des bijoux ou d'autres articles contenant du nickel sont en contact direct avec la peau. Une fois qu'une personne a été sensibilisée au nickel, des contacts subséquents auront pour effet de produire une réaction; la réaction la plus courante est une éruption cutanée au site d'introduction. Moins fréquemment, certains humains qui sont sensibles au nickel ont des crises d'asthme ou d'autres réactions à la suite d'une exposition au nickel qui se trouve dans la nourriture, dans l'eau ou dans la poussière. Les effets sur les poumons, y compris les bronchites chroniques et une réduction de la fonction respiratoire, ont été observés chez des travailleurs qui respiraient une grande quantité de nickel. Les niveaux actuels de nickel dans l'air des lieux de travail sont beaucoup plus bas que par le passé, et aujourd'hui un petit nombre de travailleurs montrent des symptômes d'exposition au nickel. Les humains qui ne sont pas sensibles au nickel doivent ingérer de très grande quantité de nickel pour ressentir des effets néfastes sur la santé. En grande quantité ($>0,5$ g), certaines formes de nickel peuvent être extrêmement toxiques pour les humains si elles sont absorbées par voie orale. Les travailleurs qui boivent accidentellement de l'eau qui contient de très haut niveaux de nickel (100 000 fois plus élevé que dans l'eau potable courante) ont des maux d'estomac ainsi que des effets sur le sang et les reins.

Des études épidémiologiques ont montré qu'une exposition en milieu de travail par inhalation à la poussière de nickel (principalement le sous-sulfure de nickel), dans les raffineries, a pour effet d'augmenter les incidences de cancer pulmonaire et cancer nasal. Des études d'inhalation sur des rats ont également montré que le sous-sulfure de nickel ou le nickel carbonyle est cancérigène. Selon ces données, l'USEPA a classifié le sous-sulfure de nickel et la poussière de raffinerie de nickel dans le groupe A de la force probante de la preuve, agent cancérigène pour les humains. En se fondant sur une augmentation de l'incidence de carcinomes pulmonaires et de tumeurs malignes chez les animaux exposés au nickel carbonyle par inhalation ou par injection intraveineuse, ce composé a été placé dans le groupe B2 de la force probante de la preuve, agent cancérigène probable pour les humains. Le USEPA n'a pas évalué les sels solubles de nickel en tant que classe de composé comme ayant un pouvoir cancérigène potentiel pour les humains.

4.3.18 Substances appauvrissant la couche d'ozone et isomères

Limite d'exposition déterminée pour les substances appauvrissant la couche d'ozone

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal de la toxicité préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
Substances appauvrissant à la couche d'ozone	Inhalation	Accroissement du taux de mortalité chez animaux exposés	300 µg/m ³	USEPA, 1992b

Très peu de données sont accessibles pour la caractérisation des effets potentiels associés à une exposition aux substances appauvrissant la couche d'ozone. L'étude animale qui formait la base de la limite d'exposition de l'USEPA quant à l'exposition orale, a rapporté un accroissement du taux de mortalité chez les animaux exposés par rapport aux animaux témoins (USEPA, 1992b).

Aucune substance appauvrissant la couche d'ozone n'a fait l'objet d'une évaluation complète ainsi que d'une détermination quant à l'évidence d'un potentiel cancérigène chez l'humain (USEPA, 1992b).

4.3.19 Palladium et composés de palladium

Limite d'exposition déterminée pour le palladium

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal de la toxicité préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
Palladium	Aucune limite réglementaire d'exposition n'a été déterminée			

Aucune donnée n'était accessible pour la détermination des effets néfastes sur la santé à la suite d'une exposition au palladium.

4.3.20 Phthalates

Limite d'exposition déterminée pour les phthalates

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal de la toxicité préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
Phthalates – représentés en tant que phthalate de bis(2-éthylhexyle)	Orale	Cancer	$1,4 \times 10^{-5}$ ($\mu\text{g/kg-jour}$) ⁻¹	USEPA, 1993c

Il n'existe aucune évidence qui nous permette de prouver que le phthalate de bis(2-éthylhexyle) (DEHP) produit de sérieux effets sur la santé chez les humains. La plupart de nos connaissances au sujet des effets sur la santé du DEHP viennent des expositions de forte intensité subies par des rats et des souris. Une brève exposition à des niveaux très élevés de DEHP dans la nourriture ou dans l'eau endommage le sperme, mais les effets sont inversés lorsque le DEHP est enlevé du régime. De plus longues expositions à des doses plus élevées affectent la capacité de reproduction à la fois chez les mâles et les femelles et sont responsables d'anomalies congénitales. Des niveaux élevés de DEHP provoquent des lésions hépatiques chez les rats et les souris. De longues expositions au DEHP chez les rats provoquent des lésions rénales semblables aux lésions rénales observées chez les patients qui reçoivent une dialyse sur une longue période. On ne sait toujours pas si le DEHP est responsable de lésions rénales chez l'humain.

Il n'y a aucune évidence directe montrée par une étude chez des humains exposés au phthalate de bis(2-éthylhexyle) que ce type d'exposition peut provoquer un cancer. Le phthalate de bis(2-éthylhexyle) est connu pour induire la prolifération de peroxyosomes, qui a été associé à la cancérogenèse. Une augmentation statistiquement significative, proportionnelle à la dose administrée quant à l'incidence de carcinomes hépatocellulaires ainsi qu'une augmentation combinée de carcinomes et d'adénomes ont été observées chez les souris et les rats exposés au phthalate de bis(2-éthylhexyle) dans leur régime. Une augmentation de l'incidence de nodules néoplasiques et de carcinomes hépatocellulaires a également été rapportée chez les rats exposés.

En se basant sur les lignes directrices de l'USEPA, le phthalate de bis(2-éthylhexyle) a été attribué au groupe B2 de la force probante de la preuve, agent cancérogène probable pour les humains, en se fondant sur une incidence accrue de tumeurs hépatiques chez les rats et les souris.

4.3.21 Polybromobiphényles (PBB)

Limite d'exposition déterminée pour les polybromobiphényles

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal de la toxicité préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
Polybromobiphényles – représentés en tant que 1,1'-oxybis(2,3,4,5,6-pentabromobenzène)	Orale	Test de la dose la plus élevée – pas d'effet observé	10 µg/kg-jour	USEPA, 1995c

Très peu de données sont accessibles pour la caractérisation des effets potentiels associés à l'exposition des polybromobiphényles. Dans l'étude animale sur laquelle repose la limite d'exposition de l'USEPA quant à l'exposition par voie orale, on ne rapporte aucun effet même aux plus hautes doses (USEPA, 1995c).

Dans plusieurs études effectuées chez des animaux, une augmentation dans l'incidence de formation de tumeurs a été observée. En se fondant sur cette information, l'USEPA a classifié les polybromobiphényles (représentés en tant que 1,1'-oxybis(2,3,4,5,6-pentabromobenzène) comme des agents cancérogènes possibles pour les humains.

4.3.22 Biphényles polychlorés (BPC)

Limite d'exposition déterminée pour les biphényles polychlorés

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal de l'exposition préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
Biphényles polychlorés – représenté en tant que Aroclor 1016	Orale	Poids à la naissance réduit chez les animaux exposés	7.0×10^{-2} µg/kg-jour	USEPA, 1996b

Les BPC sont absorbés à la suite d'une exposition par voie orale, par inhalation ou par exposition cutanée et sont stockés dans les tissus adipeux. La voie principale d'excrétion des BPC passe par les urines et les matières fécales; cependant, plus important encore est l'élimination dans le lait humain. Des empoisonnements humains accidentels ainsi que des données d'exposition en milieu de travail aux BPC donnent à penser que des troubles cutanés et des troubles des muqueuses initiaux sont suivis d'effets généraux qui peuvent se manifester eux-mêmes plusieurs années après l'exposition. Les effets initiaux sont l'hypertrophie et l'hypersécrétion de la glande de Meibomius de l'œil, le gonflement des paupières, la pigmentation des ongles et des membranes muqueuses, la fatigue et des nausées. Ces effets sont suivis d'hyperkératose, d'un noircissement de la peau, d'éruptions acnéiformes, d'œdèmes des bras et des jambes, des symptômes neurologiques, comme des maux de tête et des engourdissements des membres ainsi que des troubles hépatiques.

Des données laissent croire, mais ne sont pas concluantes, quant à la cancérogénicité des BPC chez les humains. Cependant, les carcinomes hépatocellulaires, chez trois lignées de rats et deux lignées de souris, ont amené l'USEPA à classer les BPC en tant que groupe B2, agent cancérogène probable pour les humains.

4.3.23 Naphtalènes polychlorés

Limite d'exposition déterminée pour les naphtalènes polychlorés

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal de l'exposition préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
Naphatèlenes polychlorés	Aucune limite réglementaire d'exposition n'a été déterminée			

Aucune donnée n'était accessible pour la détermination des effets néfastes sur la santé en fonction d'une exposition aux naphtalènes polychlorés.

4.3.24 Sélénium et composés de sélénium

Limite d'exposition déterminée pour le sélénium

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal de l'exposition préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
Sélénium	Orale	Réduction du poids à la naissance chez les animaux exposés	5.0 µg/kg-jour	USEPA, 1991 c

Chez les humains, des expositions aiguës par voie orale peuvent provoquer une salivation excessive, donner à l'haleine une odeur d'ail, ces expositions peuvent également causer une dépression respiratoire légère, des diarrhées, des œdèmes pulmonaires et la mort. D'autres signes et symptômes de sélénose aiguë comprennent la tachycardie, les nausées, les vomissements, les douleurs abdominales, un fonctionnement anormal du foie, des douleurs musculaires, de l'irritabilité, et des tremblements. Les niveaux exacts où se produisent ces effets ne sont pas connus. L'absorption gastro-intestinale chez des animaux et des humains de divers composés de sélénium s'étend de 44 p. 100 à 95 p. 100 environ de la dose ingérée. Si trop de sélénium est ingéré sur de longues périodes, cela peut se traduire par la formation de cheveux cassants et d'ongles déformés. Au contact de la peau, les composés de sélénium ont causé des éruptions cutanées, des gonflements ainsi que de la douleur. Des taux d'absorption par les voies respiratoires de 97 p. 100 et de 94 p. 100 pour les aérosols d'acide sélénieux ont été rapportés chez des chiens et des chats, respectivement. Chez les humains, l'inhalation de sélénium ou de composés de sélénium affecte principalement le système respiratoire. Des poussières de sélénium élémentaire et de bioxyde de sélénium peuvent causer une irritation de la peau et des membranes muqueuses du nez et de la gorge, de la toux, des saignements de nez, une perte de l'odorat, des essoufflements, des bronchospasmes, des bronchites et des pneumonies chimiques.

Des études effectuées sur des animaux de laboratoire et sur des humains montrent que la plupart des composés de sélénium ne causent probablement pas de cancer. En fait, les études effectuées chez les humains donnent à penser que des niveaux de sélénium au-dessous de la normale, dans le régime alimentaire, peuvent augmenter le risque de développer un cancer. Le sulfure de sélénium provoque une augmentation importante dans l'incidence des tumeurs du poumon et du foie chez les rats et les souris. Le USEPA a placé le sélénium et l'acide sélénieux dans le groupe D, qui ne peut pas être classifié comme ayant un pouvoir cancérigène chez les humains, alors que le sulfure de sélénium est placé dans le groupe B2 comme agent cancérigène probable pour les humains.

4.3.25 Paraffines chlorées à chaîne courte

Limite d'exposition détermine pour les paraffines chlorées à chaîne courte

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal de l'exposition préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
Paraffines chlorées à chaîne courte	Aucune limite réglementaire d'exposition n'a été déterminée			

Aucune donnée n'était accessible pour la détermination des effets néfastes potentiels sur la santé en fonction d'une exposition aux paraffines chlorées à chaîne courte.

4.3.26 Argent et composés d'argent

Limite d'exposition déterminée pour l'argent

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal de la toxicité préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
Argent	Orale	Argyrie	5.0 µg/kg-jour	USEPA, 1996c

Une exposition à des niveaux élevés d'argent pour une longue période de temps peut causer de l'argyrie, qui se manifeste par une décoloration bleu-gris de la peau et des autres tissus corporels. Des expositions à des niveaux plus faibles d'argent peuvent également provoquer un dépôt d'argent dans la peau ainsi que dans les autres parties du corps; cependant, on ignore si cela est nocif. L'argyrie est une maladie permanente, mais elle semble être en premier lieu un problème cosmétique qui ne semble pas autrement causer des problèmes de santé.

Une exposition à des niveaux élevés d'argent dans l'air cause des problèmes respiratoires, des irritations aux poumons et à la gorge ainsi que des douleurs à l'estomac. Un contact cutané avec l'argent peut provoquer des réactions allergiques de faible importance comme des éruptions cutanées, des gonflements ainsi que de l'inflammation chez certaines personnes.

Des données appropriées n'ont pas été obtenues quant à l'évaluation du pouvoir cancérogène de l'argent chez les humains ou chez les animaux par des voies comme l'ingestion, l'inhalation ou toute autre voie. Les seules études animales accessibles ont montré à la fois

des résultats positifs et négatifs lorsque de l'argent était implanté sous la peau. Selon les lignes directrices de l'USEPA, l'argent a été placé dans le groupe D de la force probante de la preuve, qui ne peut pas être classifié comme ayant un pouvoir cancérigène chez l'humain.

4.3.27 Thallium et composés de thallium

Limite d'exposition déterminée pour le thallium

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal de la toxicité préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
Thallium	Orale	Changements biochimiques	$8,0 \times 10^{-2}$ µg/kg-jour	USEPA, 1990a,b,c

Une exposition à des niveaux élevés de thallium peut entraîner des effets néfastes pour la santé. Une étude sur des travailleurs exposés au travail sur une période de plusieurs années a rapporté des effets sur le système nerveux, comme un engourdissement des doigts et des orteils, après avoir respiré du thallium. Il a été rapporté que les humains qui ingèrent de grandes quantités de thallium sur une courte période de temps sont victimes de vomissements, de diarrhées, d'une chute temporaire des cheveux ainsi que d'effets néfastes sur le système nerveux, les poumons, le cœur, le foie, les reins et peuvent même en mourir. On ne connaît pas les effets d'une ingestion d'une faible quantité de thallium sur une période prolongée. Les anomalies congénitales n'ont pas été rapportées chez les enfants de mères exposées à de faibles niveaux à la suite d'une consommation de légumes et de fruits contaminés au thallium. Cependant, des études chez les rats qui ont été exposés à des niveaux élevés de thallium montrent des effets néfastes sur le développement.

On n'a trouvé aucune donnée appropriée quant à l'évaluation du pouvoir cancérogène du thallium chez les humains ou les animaux par des voies comme l'ingestion, l'inhalation ou toute autre voie d'exposition. Le sulfate de thallium, le sélénite, le nitrate, le chlorure, le carbonate, l'acétate et l'oxyde de thallium ont été placés dans le groupe D de la force probante de la preuve de la EPA, qui ne peuvent pas être classifiés comme ayant un pouvoir cancérogène chez l'humain en se fondant sur des données inadéquates chez les humains et les animaux. Le Centre International de Recherche sur le Cancer n'a pas classifié le thallium pur relativement à son pouvoir cancérogène chez l'humain. Aucune étude n'a été effectuée chez l'humain ou les animaux concernant les effets cancérogènes du thallium après avoir été respiré, ingéré ou touché.

4.3.28 Tributylétain, triphénylétain et les oxydes

Limite d'exposition déterminée pour le tributylétain, le triphénylétain et les oxydes

	Voie d'exposition préoccupante	Point terminal de la toxicité préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
Tributylétain, triphénylétain et oxydes	Orale	Immunosuppression Observée chez des rats exposés	0,3 µg/kg-jour	USEPA, 1997

En raison du fait qu'en général, les composés inorganiques d'étain entrent et sortent rapidement du corps à la suite d'une inhalation ou d'une ingestion, ceux-ci ne causent généralement pas d'effets néfastes. Cependant, des études entreprises chez les humains et chez les animaux montrent que des quantités importantes de ces composés d'étain peuvent causer des maux d'estomac, de l'anémie, des problèmes au foie et aux reins ainsi que des irritations cutanées et oculaires. Les composés organiques d'étain pris individuellement ont

été associés à des effets respiratoires comme une respiration laborieuse. Il est rapporté également que les composés d'étain peuvent avoir des effets sur le système nerveux central. Certains de ces composés ont été reconnus pour provoquer une immunosuppression à la suite d'une exposition chronique.

Cependant, aucune constatation n'a été effectuée qui laisserait croire que les composés inorganiques d'étain altèrent les fonctions reproductives, provoquent des anomalies congénitales ou ont des effets génotoxiques. De plus, aucune constatation n'a été effectuée qui laisserait croire que les composés inorganiques d'étain provoquent des cancers chez les animaux ou les humains. Cependant, certaines évidences laissent croire que les composés organiques d'étain que l'on trouve dans les pesticides, les plastiques et la peinture peuvent causer des cancers. Un composé organique d'étain utilisé comme pesticide a été ciblé comme une substance qui peut causer un cancer par la EPA en raison d'adénomes pituitaires trouvés chez des rats femelles au cours d'une étude.

4.3.29 Uranium et composés d'uranium

Limite d'exposition identifiée pour l'uranium

	Voie préoccupante d'exposition	Point terminal de la toxicité préoccupante	Limite réglementaire d'exposition	Référence
Uranium	Orale	Toxicité pour les reins	3,0 ug/kg-jour	USEPA, 1989

Les effets sur la santé associés à une exposition orale ou cutanée à l'uranium appauvri ou à l'uranium naturel semble être uniquement de nature chimique et non radiologique, tandis que l'exposition par inhalation peut également inclure une légère composante radiologique, particulièrement lorsque l'exposition est éliminée. Un examen complet approfondi effectué par le comité sur les Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR IV) a conclu que l'ingestion de nourriture ou d'eau qui contient des concentrations normales d'uranium présenterait peu de risque pour la santé et serait peu cancérogène pour la plupart des gens. L'uranium inhalé est associé à un faible risque de cancer, le risque principal étant une inhalation d'uranium combinée à d'autres agents toxiques ou cancérogènes tels que les produits de transmutation de radioactivité du radon et de la fumée de cigarette. Des doses orales très élevées d'uranium ont causé des problèmes rénaux chez les humains. Des études portant sur un certain nombre d'espèces d'animaux et effectuées au moyen de différents composés ont confirmé que l'uranium est une néphrotoxine et que l'organe le plus sensible est le rein. Des effets hépatiques et de croissance ont également été notés dans le cadre de certaines études effectuées chez les animaux.

Le potentiel cancérogène de l'uranium n'a pas été évalué par l'USEPA, sauf en ce qui a trait au risque accru de cancer associé aux propriétés radiologiques de l'uranium.

4.4 Évaluation quantitative de l'exposition

On sait désormais qu'une certaine quantité de composés dangereux peuvent être libérés lors du processus de recyclage des déchets électroniques (p. ex. du plomb, du cadmium, du béryllium, etc.). Toutefois, les incertitudes et les écarts les plus importants se trouvent dans le manque de données empiriques accessibles en vue d'estimer le risque d'exposition des récepteurs professionnels qui travaillent dans les installations en Amérique du Nord et même dans des pays où les exigences réglementaires sont similaires.

On croit que les métaux sont les substances chimiques préoccupantes les plus courantes dans les déchets électroniques et des articles ont documenté – jusqu'à un certain point – leur capacité à être libérées dans un environnement de travail. Tel que cela a été mentionné antérieurement, le modèle du site générique a identifié un certain nombre de scénarios possibles où les substances chimiques préoccupantes pourraient être libérées et auxquels pourraient être exposés les récepteurs professionnels (p. ex. les préposés à l'entretien et ceux de l'installation, les superviseurs).

Les concentrations de substances chimiques préoccupantes que l'on risque de trouver dans les milieux de travail associés au recyclage des déchets électroniques ont été identifiées à partir de plusieurs rapports publiés dans des articles scientifiques et de sources Internet associées avec l'industrie mondiale de produits électroniques (p. ex. la Electronic Industries Association (EIA), l'EICTA, etc.). Les voies d'exposition préoccupantes pour les récepteurs professionnels incluent l'exposition cutanée, l'inhalation et l'ingestion (p. ex. l'ingestion accidentelle de poussière) et à ce titre, ces données au sujet des concentrations de substances chimiques préoccupantes dans l'air et dans l'environnement de travail relativement au contact cutané ont constitué le point de mire (quand elles étaient accessibles) pour l'évaluation des risques possibles pour les travailleurs.

Les données ont démontré que le risque d'exposition des travailleurs d'installations de recyclage de déchets électroniques provenait de plusieurs métaux et des éthers diphenyliques polybromés (ÉDP). Cependant, les articles scientifiques ne font nullement mention de la surveillance professionnelle de la majorité des substances chimiques préoccupantes identifiées par l'industrie électronique (Tableau 5). Par conséquent, pour la majorité de ces substances chimiques préoccupantes, il est impossible de fournir une évaluation quantitative du risque auquel sont exposés les travailleurs d'une installation de recyclage de déchets électroniques (travailleurs, entretien, superviseurs) ou des intrus. En raison du manque de données accessibles au sujet des risques d'exposition des travailleurs au sein des installations ou des intrus qui peuvent y entrer, les limites génériques d'exposition (établies selon des scénarios hypothétiques d'exposition conservateurs) de toutes les substances chimiques préoccupantes reconnues ont été calculées en vue de fournir des critères au moyen desquels les installations pourront mener des évaluations préalables qualitatives propres au site générique des données de leur surveillance professionnelle afin d'en arriver à une estimation des risques potentiels sur la santé des travailleurs. Les méthodologies utilisées pour calculer les limites génériques d'exposition se trouvent à l'annexe B.

Tableau 5. Expositions potentielles à des substances chimiques préoccupantes en milieu de travail

Substance chimique préoccupante	Source	Concentration	Référence	VLE –TWA ACGIH*
Béryllium	Niveaux dans la poussière trouvée dans une installation où les alliages cuivre-béryllium étaient coupés à la main ou	12 µg/m ³ , avec des particules de 0,4 mg/m ³ d'après Sjodin et coll. (1999)	INCHEM, 1990	2 µg/m ³
Cadmium	Concentration dans la fraction de déchets de moins de 2 mm d'une installation de recyclage de produits électroniques.	15 mg/kg	Richter et coll., 1997	10 µg/m ³ (total des particules); 2 µg/m ³ (fraction des particules respirable)
	Moyenne de concentration d'air dans la zone de travail d'un opérateur de tube cathodique.	Non détectée	Peters-Michaud et coll., 2003	
	Air ambiant dans une installation de recyclage de déchets électroniques.	Non détectée.	Peters-Michaud et coll., 2003	

Substance chimique préoccupante	Source	Concentration	Référence	VLE –TWA ACGIH*
Plomb	Déchets de dilacération.	De 940 à 9400 mg/kg	Haloclean 2004	50 µg/m ³
	Moyenne de concentration des déchets de broyage dans la poussière produite par un équipement d'une installation de recyclage de produits électroniques.	200 mg/kg	Brandl et coll., 2001	50 µg/m ³
	Moyenne de concentration d'air dans la zone de travail d'un opérateur de tube cathodique	4.3 µg/m ³	Peters-Michaud et coll., 2003	50 µg/m ³
	Air ambiant dans une installation de recyclage de déchets électroniques.	0,14-0,42 µg/m ³	Peters-Michaud et coll., 2003	50 µg/m ³
ÉDP	Échantillons d'air recueillis dans une installation de recyclage de produits électroniques.	0,175 µg/m ³	Sjodin et coll. 2000	Aucun accessible pour le groupe de composés.

* Valeurs obtenues d'après l'ACGIH, 2003.

L'examen des données accessibles à partir d'articles scientifiques au sujet de la concentration des substances chimiques préoccupantes mesurées dans diverses installations de déchets électroniques indique que les travailleurs peuvent être exposés à des niveaux de béryllium, de cadmium et de plomb qui risquent de causer des effets nocifs sur la santé humaine. Par exemple, les limites d'exposition professionnelle imposées par la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) ont été dépassées d'après les estimations d'exposition mentionnées dans les articles (Tableau 5). En extrapolant le risque d'exposition au béryllium établi selon le niveau de particules identifiées par Sjodin et coll. (1999), il semblerait que les travailleurs sont exposés à des niveaux situés six fois au-dessus de la limite d'exposition professionnelle de l'ACGIH (ACGIH, 2003). Dans un même ordre d'idées, en extrapolant à partir des données obtenues quant à la valeur de concentration orale de 15 mg/kg pour les fraction de déchets qui contiennent du cadmium en provenance d'une installation de recyclage de déchets électroniques, on s'attend à ce que les travailleurs soient exposés à des niveaux (52,5 µg/m³) bien au-dessus des limites d'exposition de l'ACGIH pour le cadmium (2 ou 10 µg/m³). Les données qui servent à estimer la concentration moyenne de plomb dans la poussière mesurée dans une installation de déchets électroniques (200 mg/kg convertis en une concentration d'exposition à l'air de 700 µg/m³), indiquent que les expositions des travailleurs au plomb sont potentiellement supérieures à la limite professionnelle.

4.4.1 Calcul des limites génériques d'exposition pour une exposition professionnelle dans une installation de déchets électroniques

Les limites génériques d'exposition ont été calculées pour la plupart des composés toxiques au sein de chaque groupe identifié (là où il n'y avait pas de limite d'exposition réglementaire pour le groupe en question); par conséquent, soit un métal, soit un groupe de composés organiques (p. ex. avec les composés de chrome (VI) ou avec les biphenyles polychlorés ou BPC). L'annexe B fournit des échantillons de calculs relatifs aux limites génériques d'exposition. Les composés les plus toxiques au sein de chaque groupe ont été identifiés en sélectionnant le composé ayant la limite d'exposition réglementaire la moins élevée, tel qu'identifié dans la base de données IRIS de l'USEPA ou à partir d'autres organismes réglementaires. Les paramètres de récepteur par défaut établi, pour un travailleur, selon l'orientation de Santé Canada (Santé Canada, 2003) seront utilisés en vue de définir le risque d'exposition du travailleur de l'installation (Tableau 6). Le Tableau 7 fournit un résumé des calculs des limites d'exposition pour les substances chimiques préoccupantes dans une installation de recyclage de déchets électroniques.

Tableau 6. Paramètres de récepteur par défaut pour un travailleur d'une installation

Paramètres de récepteur	Unités	Valeur associée au travailleur	Référence
Fréquence d'exposition	j/a	79,4	Santé Canada, 2003
Durée d'exposition	année	27	Santé Canada, 2003
Poids corporel	kg	70,7	Santé Canada, 2003
Temps moyen – non cancérogènes	année	27	Santé Canada, 2003
Temps moyen – cancérogènes, uniquement le temps d'exposition par le travail évalué.	année	27	Santé Canada, 2003
Taux d'ingestion de sol	g/j	0,02	Santé Canada, 2003
Taux d'inhalation	m ³ /j	15,8	Santé Canada, 2003
MP10 Concentration de substances chimiques préoccupantes	mg/m ³	27,6	Santé Canada, 2003
Région cutanée (mains et bras)	cm ²	3 390	Santé Canada, 2003
Taux d'adhérence de la poussière/du sol	g sol/cm ² /j	0,001	Santé Canada, 2003

Les limites génériques d'exposition pour des substances chimiques préoccupantes représentent une limite d'exposition cumulative établie en fonction de la somme obtenue à partir de l'inhalation, de l'ingestion et du contact cutané pour le Point terminal non cancérogène pour un travailleur d'une installation de déchets électroniques. Néanmoins, pour les substances chimiques préoccupantes qui risquent d'entraîner des effets cancérogènes, le facteur de pente relatif au cancer oral ou par inhalation a été utilisé en vue

de déterminer la limite générique d'exposition des travailleurs. Il est important de noter que les valeurs des «limites d'exposition réglementaires» pour les composés qui ont été identifiés comme étant ceux qui représentent un plus grand risque d'exposition par voie d'inhalation ont été converties à partir d'une concentration d'air [p. ex. $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ou $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$] en une concentration orale [p. ex. $(\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{jour})$ ou $(\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{jour})^{-1}$]. Ce calcul a été effectué afin de comparer la limite d'exposition réglementaire la plus pertinente pour toutes les voies d'exposition applicables, lesquelles ont été calculées selon le total des concentrations orales du composé (p. ex. $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{jour}$). La conversion d'une concentration d'air en une concentration orale a été effectuée selon l'équation suivante :

Concentration orale équivalente ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{jour}$) = Concentration d'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) x (70 kg/20 m^3) où :

70 kg représente le poids moyen corporel d'un adulte
et 20 m^3 représente le taux moyen journalier
d'inhalation d'un adulte.

Dans l'éventualité où une substance chimique préoccupante pourrait causer des effets cancérogènes à partir de différentes voies d'exposition (p. ex. orale par opposition à l'inhalation par rapport au contact cutané), la limite d'exposition réglementaire la plus conservatrice représentée par le facteur de pente relatif au cancer a été sélectionnée en vue de calculer la limite préalable générique. Une limite générique d'exposition a été calculée selon le scénario d'exposition prévu pour le travailleur d'une installation (voir la section 4.1.1 pour les caractéristiques du récepteur), étant donné que l'on s'attend à ce que ces personnes soient exposées très fréquemment aux substances chimiques préoccupantes et représentent, par conséquent, le récepteur le plus sensible au risque déterminant.

Le Tableau 7 fournit un résumé des calculs des limites génériques dérivées d'exposition pour les substances chimiques préoccupantes que l'on soupçonne dans une installation de recyclage de déchets électroniques.

Tableau 7. Limites génériques d'exposition calculées pour une installation de recyclage de déchets électroniques

Groupe de composés	Composé représentatif modélisé	Limite d'exposition réglementaire et Point terminal de la toxicité ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{jour}$)	Limites génériques d'exposition calculées ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{jour}$)
Antimoine et composés d'antimoine.	Antimoine.	0,4 / Non cancérogène par voie orale.	38
Arsenic et composés d'arsenic.	Arsenic inorganique (trioxyde et pentoxyde de diarsenic).	1, 5 / Cancérogène par voie orale et par inhalation.	$6,67 \times 10^{-7}$
Amiante et matériaux d'amiante*.	Amiante.	$4,0 \times 10^{-6}$ / Cancérogène par inhalation	0,25 fibres/ml*

Colorants azoïques.	Benzidine.	$2,3 \times 10^{-2}$ / Cancérogène par inhalation.	$4,35 \times 10^{-5}$
Béryllium et composés du béryllium.	Sulfate de béryllium tétrahydraté	8,4 / Cancérogène par inhalation.	$1,19 \times 10^{-7}$
Bismuth et composés de bismuth.	Aucune limite d'exposition réglementaire.		
Produits ignifuges bromés (autres que les PBB ou les ÉDP).	Bromure de vinyle.	$1,05 \times 10^{-2}$ / Non cancérogène par inhalation.	1,0
Cadmium et composés de cadmium.	Cadmium.	6,3 / Cancérogène par inhalation.	$1,59 \times 10^{-7}$
Polymères chlorés (p. ex. poly (chlorure de vinyle) chloré (PVC).	Aucune limite d'exposition réglementaire ou professionnelle pour le poly (chlorure de vinyle) chloré.		
Chrome (VI) et composés de chrome.	Oxyde de chrome (VI).	420 / Cancérogène par inhalation.	$2,38 \times 10^{-9}$
Cuivre et composés de cuivre.	Cyanure de cuivre.	5,0 / Non cancérogène par voie orale.	476
Or et composé d'or.	Aucune limite d'exposition réglementaire.		
hydrochlorofluorocarbures et isomères.	Dichlorofluorométhane (PbB 21)	200 / Non cancérogène par voie orale ou par inhalation.	19 060
Plomb et composés de plomb.	Plomb.	3,57 / Neurotoxicité par voie orale.	340
Magnésium.	Aucune limite d'exposition réglementaire.		
Mercure et composés de mercure.	Mercure, inorganique.	0,09 / Neurotoxicité par inhalation	8
Nickel et composés de nickel.	Sous-sulfure de nickel.	7,0 / Cancérogène par inhalation.	$1,43 \times 10^{-7}$
Substance appauvrissant la couche d'ozone et isomères.	Trichlorofluorométhane (CFC-11).	300 / Non cancérogène par voie orale ou par inhalation.	28589
Palladium et composés de palladium.	Aucune limite d'exposition réglementaire ou professionnelle.		
Phthalates.	phtalate de bis(2-éthylhexyle).	$1,40 \times 10^{-2}$ / Cancérogène par voie orale.	$7,14 \times 10^{-5}$
Polybromobiphényles (PBB).	1,1'oxybis (2,3,4,5,6-pentabromobenzène).	10 / Non cancérogène par voie orale.	953
Biphényle polychloré (BPC).	Aroclor 1016.	$2,00 \times 10^{-3}$ / Cancérogène par voie orale.	$5,00 \times 10^{-4}$
Polychloronaphtalènes.	Aucune limite d'exposition réglementaire ou professionnelle.		
Sélénium/Sélénium	Sélénium.	5,0 Non cancérogène par voie orale.	476
Composés			
Paraffines chlorées à chaîne courte	Aucune limite d'exposition réglementaire.		
Argent et composés d'argent	Argent.	5,0 / Non cancérogène par voie orale.	476
Thallium	Carbonate de thallium, chlorure de thallium, sulfate de thallium (I)	0,08 / Non cancérogène par voie orale.	8

Tributylétain, triphénylétain et oxydes	Oxyde de tributylétain.	0,3 / Non cancérigène par voie orale.	29
Uranium et composés d'uranium.	Uranium	3,0 / Non cancérigène par voie orale.	286

*Toutes les valeurs pour l'amiante et ses composés sont données en fibres/ml.

Ces limites génériques d'exposition qui touchent un bon nombre de substances chimiques préoccupantes représentent une limite d'exposition cumulative établie selon la somme des résultats obtenus pour l'inhalation, l'ingestion et le contact cutané pour un point terminal non cancérigène pour un travailleur d'une installation de recyclage de déchets électroniques. Cependant, pour ces substances chimiques préoccupantes qui pourraient causer des effets cancérigènes, c'est le facteur de pente relatif au cancer oral ou par inhalation qui a déterminé la limite générique d'exposition pour les travailleurs. Dans l'éventualité où une substance chimique préoccupante causerait des effets cancérigènes à partir de différentes voies d'exposition (p. ex. orale par opposition à l'inhalation par opposition au contact cutané), la limite d'exposition réglementaire la plus conservatrice représentée par le facteur de pente relatif au cancer a été sélectionnée en vue de calculer la limite préalable générique. Une limite générique d'exposition a été calculée selon le scénario d'exposition prévu pour le travailleur d'une installation (voir la section 4.1.1 pour les caractéristiques du récepteur), étant donné que l'on s'attend à ce que ces personnes soient exposées très fréquemment aux substances chimiques préoccupantes et représentent par conséquent, le récepteur le plus sensible au risque déterminant.

En règle générale, on s'attend à ce que les niveaux d'exposition qui se situent sous le calcul des limites génériques d'exposition offrent non seulement une protection pour les travailleurs de l'installation, mais aussi puissent protéger les autres personnes à risque telles que les préposés à l'entretien et les superviseurs. Bien que les critères génériques soient des limites d'exposition conservatrices basées sur les expositions prévues des travailleurs d'une installation, il y a un risque que l'installation et les préposés à l'entretien soient sérieusement exposés à certains niveaux de substance chimique préoccupante qui peuvent causer des effets nocifs. Les limites génériques d'exposition fournissent un outil de dépistage pour l'évaluation des risques potentiels pour les travailleurs selon une exposition quotidienne moyenne hypothétique dans l'environnement de travail. Toutefois, une exposition sérieuse à un certain nombre de groupes de substances chimiques préoccupantes à des niveaux élevés peut résulter en des effets nocifs. Bien que l'étude actuelle n'ait pas évalué les limites d'exposition de courte durée (STEL) dérivées de l'ACGIH, il est recommandé d'utiliser ces STEL en vue d'évaluer les effets nocifs sérieux potentiels associés aux déversements ou au contact cutané direct, comme cela se produirait lors du démontage des déchets électroniques.

4.5 Évaluation du plomb à l'aide du modèle d'exposition au plomb chez les adultes

Pour cette évaluation préalable de risque, nous avons utilisé l'Adult Lead Methodology (ALM) («la méthodologie de l'exposition au plomb chez les adultes») élaborée par l'USEPA en vue d'évaluer les dangers potentiels associés à de fortes concentrations de plomb obtenues à partir de

recherches sur le plomb dans les échantillons de poussière recueillis dans les installations de recyclage d'équipement électronique. Le modèle est conçu pour l'évaluation du plomb et est considéré comme une méthode rapide d'évaluation préalable.

4.5.1 Contexte de l'ALM

En vue d'offrir une approche scientifique défendable en ce qui a trait à l'évaluation des risques pour la santé humaine à la suite d'une exposition au plomb à partir de sites de déchets dangereux non résidentiels, le Technical Review Workgroup for Lead (TRW) de la U.S. Environmental Protection Agency (EPA) a élaboré l'ALM. À l'origine, la méthodologie a été élaborée afin de calculer les objectifs de nettoyage des concentrations de plomb présentes dans le sol et dans la poussière de sorte que le seuil de probabilité du niveau de plomb dans le sang d'une femme enceinte (et de son fœtus) soit de 5 p. 100 et n'excède pas 10 µg/dL.

Le niveau de 10 µg/dL de plomb dans le sang est un objectif établi par plusieurs organismes et est élaboré par les Centers for Disease Control (CDC) des E.-U et la Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) comme niveau préoccupant en vue de protéger les populations vulnérables (les nouveaux-nés, les bébés, et les enfants) des effets dangereux associés à une exposition au plomb. On prend aussi pour acquis que cette protection touche aussi les membres de la population les moins vulnérables, y compris les adultes. L'objectif déclaré de la EPA en ce qui a trait au plomb consiste à s'assurer que le seuil de probabilité pour les enfants (jusqu'à 84 mois) ne dépasse les niveaux de préoccupation que de 5 p. 100 (USEPA, 1994; USEPA, 1998). L'ALM élargit ce concept en vue d'élaborer des objectifs de nettoyage pour prévenir les risques aux fœtus. Par conséquent, en tant qu'objectif statistique, la probabilité de dépassement de 5 p. 100 de l'objectif en question est considérée comme acceptable (USEPA, 2004).

Bien qu'elle soit conçue particulièrement pour répondre aux problèmes relatifs à la présence du plomb dans le sol et dans la poussière dans les sites de déchets dangereux, l'ALM peut, dans des situations spéciales et particulières, être modifiée en vue d'évaluer d'autres voies d'exposition (p. ex. les expositions alimentaires au plomb, en particulier l'ingestion de poisson). Étant donné que la concentration de plomb obtenue à partir de l'étude de Brandl et coll. (2001) portait sur la poussière intérieure, le modèle, pour des besoins de dépistage, s'est avéré pratique dans l'évaluation des concentrations de plomb qui peuvent se trouver à l'intérieur d'une installation de recyclage de déchets électroniques.

Les concentrations de plomb décrites à partir des échantillons de poussière ont été rapportées dans des articles portant sur les installations de recyclage d'équipement électronique (Brandl et coll., 2001). Brandl et coll. (2001) ont rapporté une concentration moyenne de 200 µg/g de plomb dans la poussière produite par le recyclage d'équipement électronique. L'étude n'a pas indiqué les paramètres additionnels au sujet des concentrations de plomb. En particulier, la concentration maximale de plomb mesurée dans

la poussière n'y a pas été rapportée. Cependant, les concentrations maximales et les limites de confiance supérieure de 95 % de la moyenne seront plus élevées que la concentration moyenne arithmétique des échantillons recueillis et analysés. Comme il s'agit d'une évaluation préalable des risques, l'utilisation de la concentration maximale serait plus appropriée pour l'évaluation des dangers associés à une exposition au plomb. Cette utilisation permet de s'assurer d'une bonne prévision de la concentration du point d'exposition du plomb dans la poussière. En règle générale, on sait que les concentrations de plomb sont élevées là où il est fondu (MOE, 2002). Les niveaux dans le sol et dans la poussière produite peuvent dépasser 1 000 µg/g (MOE, 2002). En supposant qu'un récepteur (p. ex. une femme adulte) est exposé à un maximum de 5 fois la moyenne¹⁵, le niveau de concentration de plomb dans la poussière garantira que la concentration du point d'exposition n'est pas sous-estimée lors de l'évaluation préalable.

Par conséquent, pour les besoins de la présente évaluation et de la présente simulation, une estimation supérieure de la concentration de plomb dans la poussière a été représentée à 5 fois la concentration moyenne (5 x 200 µg/g) ce qui équivaut à 1 000 µg/g. Cette valeur a servi à représenter la concentration du point d'exposition d'une femme adulte récepteur qui travaille dans une installation de recyclage de déchets électroniques pour une durée d'exposition précise (27 années). Cette valeur a ensuite été portée sur le modèle ALM et représente la limite par défaut de la PbS dans le modèle (le terme PbS est la concentration du point d'exposition à laquelle un récepteur peut être exposé).

Tel que nous l'avons mentionné antérieurement, dans les paramètres de types commercial et industriel (paramètres non résidentiels), le récepteur le plus vulnérable est la travailleuse qui développe une charge corporelle de plomb à la suite d'une exposition au plomb dans un paramètre non résidentiel. Cette charge corporelle peut se transmettre facilement au fœtus plusieurs années après l'exposition (Gulson et coll., 1998; Gulson et coll., 1999). Selon les données scientifiques accessibles, le fœtus est plus vulnérable aux effets nocifs du plomb qu'un adulte (National Academy of Sciences, 1993) et par conséquent, la protection du fœtus confère une protection au travailleur et à la travailleuse adultes. On suggère au lecteur de consulter le site Web de la USEPA au www.epa.gov/, Lead Methodology, Lead Workgroups, Superfund pour en savoir plus au sujet de la méthodologie de l'exposition au plomb chez les adultes.

4.5.2 Exercice de simulation de l'ALM

L'exercice de simulation de modèle de l'ALM a été effectué en prenant comme hypothèse une distribution log-normal (par défaut) et une concentration de plomb dans la poussière de 1 000 µg/g. Aucun autre paramètre du modèle n'a été modifié et les valeurs par défaut standard décrites dans l'USEPA (2004) et représentatives de tous les autres paramètres (p. ex. durée d'exposition pour un travailleur commercial) ont été utilisés pour la simulation.

¹⁵ Données importantes, opinions ou hypothèses utilisées lors de l'évaluation des concentrations de plomb dans la poussière.

Les résultats de la méthodologie de l'exposition au plomb chez les adultes (annexe C) révèlent qu'après une exposition au plomb dans la poussière à 1 000 µg/g, il existe une probabilité de 6,5 p. 100 pour que la cible du niveau de plomb de 10 µg/dL pour le sang fœtal soit dépassée (p. ex. PbB > PbB_I).

Bien que ce pourcentage soit légèrement au-dessus de la valeur critique recommandée de 5 p. 100, ce serait néanmoins un danger inacceptable pour le fœtus et les travailleuses enceintes qui travaillent dans une installation de recyclage de déchets électroniques où l'on a déterminé que la concentration de plomb dans la poussière se trouvait à ce niveau et si l'on se base sur des hypothèses d'exposition similaires, comme cela est décrit dans l'USEPA (2004).

4.6 Conclusions et recommandations au sujet de l'évaluation préalable des risques pour la santé humaine

Voici nos conclusions et nos recommandations en fonction de ce qui a été mentionné précédemment :

- on retrouve des concentrations de différents métaux toxiques tels que le chrome, le béryllium, le nickel, le cadmium, l'arsenic, le mercure, le thallium, le plomb et autres substances chimiques préoccupantes (p. ex. les colorants azoïques, les produits ignifuges bromés, etc.) dans diverses composantes de déchets électroniques;
- en règle générale, les dangers occasionnés par une exposition aux produits chimiques (métaux, plastiques, autres composés, etc.) qui résultent du processus de recyclage des déchets électroniques dépendent du niveau d'exposition et de la toxicité du composé évalué;
- l'exposition aux métaux et aux substances chimiques préoccupantes peut avoir lieu tout au long du cycle de traitement des déchets électroniques y compris le broyage, le triage, l'emballage, ce qui entraîne un contact direct avec ces composés (p. ex. l'air, la poussière, le sol, etc.) par différentes voies;
- l'évaluation a permis d'identifier que les préposés à l'entretien peuvent être exposés à ces composés préoccupants à des niveaux très élevés en fonction du type de travail qu'ils effectuent et de la durée d'exposition à divers équipements industriels dans l'installation. Les limites d'exposition aiguë en milieu de travail (p. ex. limites d'exposition à court terme de 15 minutes) identifiées par l'ACGIH et autres organismes réglementaires dignes de confiance et qui sont fournies dans ce rapport sont considérées acceptables quant à leur utilisation en vue de protéger les préposés à l'entretien et des installations qui peuvent être exposés à des substances chimiques préoccupantes à des niveaux très élevés;

- les dangers majeurs pour la santé humaine et les effets associés à une exposition aux composés que l'on trouve dans une installation de traitement des déchets électroniques (incluant les effets cancérogènes et non cancérogènes de ces produits chimiques) en plus des valeurs d'orientation (doses de référence, concentrations de référence, facteur de pente relatif au cancer, etc.) ont été identifiés à partir d'articles fiables et impartiaux et un résumé a été effectué après un examen des renseignements en provenance d'organismes de réglementation sur la toxicité et les dangers des produits;
- un modèle d'exposition quantitative a été élaboré en suivant les facteurs d'exposition établis par Santé Canada (p. ex. les facteurs d'absorption, les facteurs d'exposition tels que la durée d'exposition) et a été utilisé en vue de dériver les «limites génériques d'exposition propres aux déchets électroniques.» Les estimations des limites génériques d'exposition propres aux déchets électroniques ont été effectuées et considérées comme des expositions lors d'ingestion accidentelle, de contact cutané direct et d'inhalation de poussières diffuses;
- les limites d'exposition dérivées génériques particulières aux déchets électroniques ont été classées selon leur potentiel de toxicité pour la santé humaine du plus élevé au plus faible selon l'ordre suivant : chrome > béryllium > nickel > cadmium > arsenic > colorants azoïques > phthalate, suivant une exposition d'un récepteur préoccupant (une femme) à une installation typique de déchets électroniques. On considère ce classement utile pour l'identification des produits chimiques ou des classes de produits chimiques pour lesquels des mesures pratiques d'atténuation pourraient être élaborées en vue de réduire et de gérer les risques d'exposition. En outre, on pourrait utiliser les limites d'exposition à des niveaux d'évaluation plus élevés, y compris une évaluation des risques propres au site dans le but de faire une «évaluation préalable» des produits chimiques potentiels et de mettre en priorité ceux que l'on considère comme les plus importants.
- à partir du classement, les métaux et les autres composés qui peuvent exister sous la forme de matières particulières et faire l'objet d'une exposition par inhalation sont considérés poser des risques importants à la santé humaine à la suite d'une exposition dans un milieu générique de déchets électroniques. De ce fait, dans le but de réduire l'exposition de travailleurs et d'autres personnes à ces métaux, des vêtements de protection individuelle appropriés, y compris l'utilisation appropriée de masques protecteurs contre la poussière, des gants et autres ensembles de protection (combinaisons, bottes, etc.) sont considérés comme une technique pratique d'atténuation des risques;
- une autre évaluation préalable ainsi qu'une caractérisation des risques ont été menés en particulier sur le plomb en ayant recours au modèle Adult Lead Methodology (ALM) de l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis. Ce modèle a été utilisé dans le but d'évaluer les dangers potentiels associés aux concentrations de plomb dans les échantillons de poussière recueillis des installations jouant un rôle

dans le recyclage de l'équipement électronique;

- en prenant pour hypothèse qu'une femme soit exposée à une concentration maximale de 1 000 µg/g de plomb dans la poussière, cela montre qu'il y aurait une probabilité de 6,5 p. 100 que le niveau cible préalable de plomb dans le sang de 10 µg/dL pour le niveau de plomb dans le sang fœtal soit dépassé;
- bien que les résultats de simulation du modèle ALM ne se trouvaient que légèrement au-dessus de la valeur critique recommandée de 5 p. 100 pour une population hétérogène, ce scénario serait considéré présenter un danger inadmissible à l'endroit du fœtus et de la femme enceinte exposée au plomb alors que celle-ci travaille dans une installation de recyclage des déchets électroniques;
- à l'égard des récepteurs résidentiels et des intrus, aucune donnée mesurée ou empirique n'a été déterminée quant au potentiel d'exposition à des substances chimiques préoccupantes pour un intrus ou un résident vivant à proximité d'une installation générique de traitement des déchets électroniques dans une zone industrielle ou commerciale où les substances chimiques peuvent être rejetées. Un permis provincial de certificat d'approbation (CA) qui décrit la concentration, obtenue par modélisation, des matières particulaires totales (TWA) dans l'air se trouvait au-dessous des limites provinciales et à l'intérieur des limites acceptables considérées protéger la santé humaine et l'environnement;
- en général, les données en provenance des installations «bien dotées en ressources» donnent à penser que de faibles concentrations (c.-à-d., au-dessous des limites acceptables) de matières particulaires (p. ex. les TWA, les métaux) sont libérées dans l'atmosphère à la suite d'un recyclage des déchets électroniques;
- en général, les installations bien dotées en ressources pour ce qui est du recyclage des déchets électroniques ont probablement fait des investissements importants en vue de protéger à la fois les travailleurs des installations ainsi que l'environnement. Cependant, il se peut que d'autres installations en opération au Canada (c.-à-d., à la fois des petites et des grandes installations) n'utilisent pas de façon aussi rigide les pratiques de santé en milieu de travail et dans l'environnement comme c'est le cas pour les installations bien dotées en ressources;
- il est probable que le rejet de SCP à partir d'installations de déchets électroniques au Canada soit, en général, sous-estimé en se basant sur les données recueillies et sur les représentants des installations bien dotées en ressources;
- en général, l'émission de matières particulaires (p. ex. les TWA) en provenance d'une installation qui dispose d'un dépoussiéreur à sacs filtrants approprié et fonctionnel ne serait pas considérée présenter un danger pour les récepteurs humains (p. ex. les enfants, les personnes âgées ainsi que d'autres personnes à risque) qui peuvent résider dans les zones environnantes d'une installation générique de déchets électroniques si l'on constate que ces niveaux se trouvent au-dessous des limites acceptables établies par les organismes

de réglementation de l'environnement du fédéral et des provinces. Cependant, il faut agir avec prudence, car ce ne sont pas toutes les provinces canadiennes qui ont mis en place un certificat d'approbation ainsi que des exigences quant à l'émission atmosphérique;

- pour résumer, il y a un manque de données empiriques accessibles et de mesures de données quant aux émissions en provenance de diverses installations de recyclage de déchets électroniques en opération au Canada. De ce fait, aucune conclusion définitive ne peut être mise de l'avant à ce moment quant à la probabilité que des installations de traitement des déchets électroniques soient totalement sans danger à l'endroit des récepteurs résidentiels et des intrus;
- en raison des données manquantes reconnues dans l'évaluation, d'autres contrôles de l'environnement, comme le test à la cheminée et le test des effluents, la surveillance des eaux souterraine et de l'eau potable ainsi que l'échantillonnage à proximité de ces installations doivent être effectués en vue de réduire les incertitudes quant aux constatations énoncées ci-dessus;
- à l'égard des travailleurs professionnels qui exercent des activités dans un site de déchets électroniques (membres du personnel, superviseurs, préposés à l'entretien et aux réparations, etc.) en général, il y a un manque de données quant aux concentrations des SCP identifiés susceptibles d'être trouvés dans le milieu de travail d'une installation de déchets électroniques. En examinant les données qui étaient accessibles quant aux concentrations de plusieurs métaux dans le milieu de travail des installations de déchets électroniques, il semblerait que les travailleurs soient à risque, alors que les niveaux de plusieurs métaux, y compris le plomb, ont été détectés au-dessus des limites d'exposition en milieu de travail déterminées par l'ACGIH.

Pour résumer, il est recommandé que d'autres recherches qui abordent le potentiel d'une exposition professionnelle aux SCP à l'intérieur des installations de recyclage de déchets électroniques soient entreprises de façon prioritaire. Dans le but de combler ce manque de données et de fournir un moyen d'évaluer rapidement les risques posés à l'endroit des travailleurs de déchets électroniques, un critère générique de la limite d'exposition ou des valeurs préalables ont été mises au point pour un certain nombre de SCP ainsi que pour des composés connexes (p. ex. le chrome (III) et le chrome (VI) sont représentés simplement en tant que chrome). Dans le but de favoriser la détermination de la gravité des effets potentiels à la suite du calcul des limites génériques préalables, les valeurs ont été classées en fonction de leur toxicité (puissance) et de ce fait, de la probabilité d'effets néfastes sur la santé (Tableau 8).

Tableau 8. Classement des SCP selon les limites génériques préalables

Produit chimique ou groupe de composés préoccupants	Limites génériques d'exposition – Critères préalables (en µg/g ou en ppm)
Chrome	$2,38 \times 10^{-9}$
Béryllium	$1,19 \times 10^{-7}$
Nickel	$1,43 \times 10^{-7}$
Cadmium	$1,59 \times 10^{-7}$
Arsenic	$6,67 \times 10^{-7}$
Colorants azoïques	$4,35 \times 10^{-5}$
Phthalates	$7,14 \times 10^{-5}$
BPC (à la suite de plus vieux types de déchets électroniques)	$5,00 \times 10^{-4}$
Produits ignifuges bromés (autres que le PBB)	1,00
Thallium	7,62
Mercure	8,17
Étain	$2,86 \times 10^1$
Antimoine	$3,81 \times 10^1$
Uranium	$2,86 \times 10^2$
Plomb	$3,40 \times 10^2$
Cuivre	$4,76 \times 10^2$
Sélénium	$4,76 \times 10^2$
Argent	$4,76 \times 10^2$
PBB	$9,53 \times 10^2$
HCFC	$1,91 \times 10^4$
Composés appauvrissant la couche d'ozone	$2,86 \times 10^4$
Amiante	$2,50 \times 10^{-1}$ selon les fibres/ml

- Selon les données énoncées ci-dessus, une attention toute spéciale doit être donnée à l'intérieur des installations de déchets électroniques en vue de réduire le potentiel d'exposition d'un certain nombre de métaux (p. ex. le chrome, le béryllium, le nickel, le cadmium, le plomb, etc.), les composés azoïques, les phthalates et les BPC.
- Afin de réduire l'exposition des travailleurs à ces métaux, l'usage de vêtements de protection individuelle appropriés, y compris l'utilisation de masques protecteurs

appropriés contre la poussière, de gants de protection ainsi que d'autres ensembles de protection (p. ex. des combinaisons, des bottes, etc.) est considéré comme une technique pratique d'atténuation des risques.

- Des risques potentiels peuvent être associés à des expositions professionnelles occasionnées par des opérations effectuées dans le cadre du recyclage des déchets électroniques. Le manque de données de surveillance disponibles pour une zone de travail laisse croire que les concentrations d'un certain nombre de composés peuvent entraîner des risques inadmissibles à l'endroit des travailleurs. En raison des nombreuses données manquantes sur l'environnement de la zone de travail quant aux concentrations et aux émissions de SCP dans les installations de déchets électroniques du Canada, il est actuellement impossible d'apporter une évaluation plus précise des risques potentiels à l'endroit des récepteurs humains identifié (c.-à-d., les travailleurs de l'installation, les préposés à l'entretien et aux réparations, les superviseurs de l'installation et les intrus).
- En raison d'un manque de données empiriques qui permette d'appuyer l'évaluation des risques, il est recommandé que l'échantillonnage soit effectué dans l'environnement intérieur de diverses installations de déchets électroniques dans le but d'obtenir des mesures de données de concentration pour diverses substances chimiques préoccupantes dans l'air, dans le sol du site, dans la poussière ainsi que dans d'autres milieux pertinents.
- En raison des différences pour ce qui est de la capacité d'opération des installations ainsi que du potentiel d'occurrence sur le site des différentes méthodologies de traitement des déchets électroniques, il est recommandé que chaque installation de déchets électroniques mette au point et achève, en tant qu'approche proactive, des évaluations telles que l'«analyse de problème potentiel» (APP) ou l'«analyse selon le modèle des effets et des défaillances» ou d'autres approches appropriées (p. ex. la méthodologie de l'Association canadienne de normalisation (CSA) «*Standard CAN/CSA-Z731-0*») pour les opérations de leur installation (infrastructure, aspects socioéconomiques, procédés, etc.). Cela favoriserait l'identification des composants d'une opération qui, si un mode de défaillance ou un événement catastrophique survenait (p. ex. une défaillance d'un dépoussiéreur à sacs filtrants, la dilacération d'une cartouche d'encre, etc.), serait susceptible de causer un événement d'importance et inadmissible qui affecterait la santé humaine ou l'environnement. Cette approche proactive est employée couramment chez d'autres industries, comme dans le secteur des mines et de l'industrie chimique. Un exemple d'APP qui utilise les approches de la CSA est fourni à l'annexe C.

5.0 IDENTIFICATION DES EXIGENCES LÉGISLATIVES ET RÉGLEMENTAIRES ENVIRONNEMENTALES CANADIENNES ET EN MATIÈRE DE SANTÉ ET DE SÉCURITÉ DU TRAVAIL

Il n'existe, pour le moment, aucune législation particulière qui s'adresse uniquement aux installations de traitement des déchets électroniques au Canada. Cependant, certaines sections de différentes lois provinciales, de certains règlements et de certains cadres directeurs sont considérés comme étant applicables aux installations de traitement des déchets électroniques au Canada.

Ce chapitre met l'accent sur l'identification, la description et l'examen des exigences législatives et de réglementation environnementale canadienne et en matière de santé et de sécurité au travail qui peuvent s'appliquer aux installations de traitement de déchets électroniques, y compris les réglementations fédérales, provinciales, et s'il y a lieu, municipales. Cette section qui traite des exigences législatives et réglementaires environnementale canadienne et en matière de santé et de sécurité au travail ne devrait pas être considérée comme étant exhaustive, étant donné que la nouvelle législation et la nouvelle réglementation sont en cours d'élaboration en vue de répondre à ces activités. Par conséquent, nous recommandons au lecteur de communiquer avec les autorités appropriées afin de connaître les dernières exigences législatives et de réglementations associées à la gestion des déchets électroniques dans les provinces canadiennes.

5.1 Réglementation et législations fédérales sur l'environnement

La *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*, 1999 (LCPE, 1999) est la loi principale en vertu de laquelle le gouvernement fédéral réglemente les activités qui peuvent avoir un impact sur l'environnement. En règle générale, la LCPE englobe l'identification, l'évaluation et la gestion des «substances toxiques» et autorise les réglementations relatives à leur déversement dans l'environnement. La LCPE et son règlement sont gérés conjointement par Environnement Canada et Santé Canada. Parmi les nombreuses préoccupations environnementales auxquelles s'intéresse la LCPE on retrouve :

- les substances toxiques;
- la prévention de la pollution;
- le contrôle de la pollution et la gestion des déchets;
- la cueillette de l'information, les objectifs, les lignes directrices et les codes de pratique;

- les urgences environnementales;
- la participation du public.

La Partie 5 de la LCPE traite des «substances toxiques». En règle générale, la Partie 5 de la LCPE permet la classification et la réglementation des substances toxiques qui figurent sur les listes selon un système de contrôle du cycle de vie du produit. Habituellement, les substances toxiques sont des substances qui peuvent avoir un effet immédiat ou à long terme sur l'environnement ou qui peuvent représenter un danger pour l'environnement, et pour la santé humaine ou animale. (LCPE, 1999).

La Partie 5 de la LCPE 1999 est fondée sur les dispositions et la création de différentes «listes de substances» telles que :

- la liste intérieure des substances (LIS);
- la liste extérieure des substances (LES);
- la liste de substances d'intérêt prioritaire (LSIP);
- liste des substances toxiques;
- liste de quasi-élimination;
- liste des substances d'exportation contrôlée.

5.1.1.1 Listes des substances d'intérêt prioritaire

Les composés suivants qui peuvent se trouver dans les déchets électroniques sont considérés toxiques en vertu de la LCPE 1999¹⁶ y compris :

- les fibres d'amiante;
- le plomb;
- le mercure;
- les composés inorganiques du cadmium;
- les composés inorganiques de l'arsenic;
- les composés du chrome hexavalent.

5.1.1.2 l'Inventaire national des rejets de polluants

Différentes installations de fabrication et de traitement doivent se soumettre et participer à un programme fédéral qui a pour but de dresser un inventaire annuel des polluants rejetés dans l'environnement au Canada. Ce programme s'intitule l'Inventaire national des rejets de polluants (INRP). L'INRP indique la quantité de substances qui figurent sur la liste et qui sont relâchées dans l'environnement en plus des quantités éliminées hors site et où se trouve ce lieu d'élimination.

¹⁶ Considérés «toxiques» en vertu de l'article 11 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE); mise à jour en date du 13 août 2003 (Registre environnementale de la LCPE, Environnement Canada, 2004).

Les installations de déchets électroniques qui sont considérées comme «installations de traitement» pourraient devoir présenter une déclaration à l'INRP. Le Tableau 9 présente une liste des produits chimiques d'intérêt prioritaire de même que la désignation aux termes de l'INRP.

Tableau 9. Substances chimiques préoccupantes répertoriées dans l’Inventaire national des rejets de polluants (INRP) et Liste des substances et désignation

Substance chimique ou groupe de composés préoccupants	Liste et désignation INRP
Antimoine	Substance du Groupe 1 de l’INRP ¹
Arsenic	Substance du Groupe 4 de l’INRP ¹
Amiante	Substance du Groupe 1 de l’INRP ²
Béryllium	Substance proposée à l’INRP en date de 2003
Cadmium	Substance du Groupe 3 de l’INRP
Chrome	Substance du Groupe 4 de l’INRP ³
Cuivre	Substance du Groupe 1 de l’INRP ¹
HCFC-22; 122; 123; 124; 141b; 142b	Substance du Groupe 1 de l’INRP ⁴

Substance chimique ou groupe de composés préoccupants	Liste et désignation INRP
Plomb	Substance du Groupe 4 de l’INRP
Mercure	Substance du Groupe 2 de l’INRP ⁱ reference
Nickel	Substance du Groupe 1 de l’INRP ⁱⁱ should
Substances destructrices de l’ozone	Substance proposée à l’INRP en date de 2003
Sélénium	Substance du Groupe 1 de l’INRP ⁱⁱⁱ all be
Argent	Substance du Groupe 1 de l’INRP ^{iv} 1

5.2 Législation fédérale sur la protection des travailleurs

Le gouvernement fédéral a mis en vigueur plusieurs réglementations, y compris la *Loi sur les produits dangereux*, le *Règlement sur les produits contrôlés*, la *Liste de divulgation des ingrédients* et le *Règlement sur les produits chimiques et contenants destinés aux consommateurs*, 2001 qui est applicable au Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT). En outre, le gouvernement fédéral a créé le *Code canadien du travail* et ses réglementations en vue d'exposer les grandes lignes des exigences en matière de santé et de sécurité au travail sous réglementation fédérale. En règle générale, «les déchets dangereux» et les «articles fabriqués» sont exemptés du système fédéral SIMDUT en raison d'exigences additionnelles aux termes d'autres lois (p. ex. l'étiquetage) qui traitent de ces

¹ «et ses composés»

² «forme composés»

³ «composés de chrome hexavalent y compris tous ses isomères»

⁴ «composés de chrome hexavalent y compris tous ses isomères»

articles. Par conséquent, seules les exigences provinciales du SIMDUT (p. ex. le droit de savoir des travailleurs, l'éducation des employés, l'approvisionnement en fiches signalétiques, etc.) sont considérées applicables conformément aux exigences SIMDUT.

5.2.1 Code canadien du travail

Le *Code canadien du travail* est la législation du gouvernement fédéral en matière de santé et de sécurité au travail qui s'applique aux employeurs assujettis à la réglementation fédérale tels que la fonction publique fédérale, les chemins de fer, les banques et les aéroports.

Des responsabilités particulières à l'égard des employeurs sont répertoriées en vertu du *Code canadien du travail* et du *Règlement canadien sur la santé et la sécurité au travail*, y compris les exigences qui garantissent le contrôle des concentrations de substances dangereuses (produits contrôlés) conformément aux normes prescrites. Le *Code canadien du travail* et son Règlement prescrit en vertu de la Loi ne sont pas particulièrement conçus pour répondre aux préoccupations ou aux questions relatives aux installations de traitement des déchets électroniques.

5.3 Lois et règlements provinciaux – Protection de l'environnement

Habituellement, les mandats des organismes provinciaux de réglementation leur permettent d'édicter une législation en vue de protéger la santé humaine et l'environnement. En Ontario par exemple, le mandat du ministère de l'Environnement de l'Ontario consiste à protéger la qualité de l'environnement naturel de manière à protéger l'écosystème et la santé humaine et à favoriser la conservation des ressources et à stimuler leur utilisation.

Dans plusieurs provinces, plusieurs lois ont été adoptées, conjointement à plusieurs règlements, politiques, lignes directrices et objectifs et à divers instruments en vue d'aider les gouvernements provinciaux et les différents ministères de l'environnement à atteindre leurs objectifs qui consistent à protéger la santé humaine et l'environnement. En Ontario par exemple, la législation qui comprend la *Loi sur la protection de l'environnement*, la *Loi sur les évaluations environnementales* et la *Charte des droits environnementaux* s'appuient mutuellement et ont été conçues en vue de protéger la santé humaine et l'environnement.

Habituellement, les Lois et les règlements pris en vertu de ces lois donnent un aperçu de l'autorité et de la responsabilité du Ministère et servent à établir et à prévoir les exigences légales pour les clients et les droits des résidents des provinces. En Ontario par exemple, la *Loi sur la protection de l'environnement* exige l'obtention d'autorisations ou de permis avant d'assumer différents engagements qui pourraient avoir une incidence sur l'environnement et en outre, la Loi permet aux résidents de l'Ontario d'émettre leur opinion quant à ces engagements.

En plus des permis et des autorisations requis par le Ministère, d'autres ministères tels que le ministère des Richesses naturelles ou le ministère du Développement du Nord et des Mines, et autres paliers du gouvernement peuvent aussi avoir des exigences en matière d'autorisations ou de permis. Il importe de souligner que l'autorisation en vertu d'une Loi n'abroge pas nécessairement les exigences d'obtention d'autorisations en vertu d'autres Lois ou d'autres articles de la même Loi.

Le présent document ne se veut pas une liste exhaustive des Lois et règlements. On invite le lecteur à consulter les sites Web de chaque province pour obtenir plus de renseignements au sujet des législations et des règlements relatifs à la santé et sécurité au travail et aux lois sur l'environnement.

5.4 Certificat d'approbation

En règle générale, et à moins d'exception particulière, les programmes d'approbation du ministère provincial de l'Environnement exigent que tous les engagements qui doivent recevoir une approbation en vertu de la législation ministérielle soient pris conformément à l'ensemble des lois, des règlements, des politiques, des lignes directrices et des objectifs appliqués par le Ministère, y compris l'exigence de se conformer aux permis de certificats d'approbation (CA) provinciaux.

Il incombe au propriétaire ou à l'opérateur d'équipement d'obtenir un certificat d'approbation pour l'équipement ou le procédé au moyen duquel un contaminant peut être libéré dans l'air ambiant. En Ontario, les conditions prescrites pour autoriser un équipement qui relâche des contaminants dans l'air ou un procédé connexe se trouvent à l'article 9 de la *Loi sur la protection de l'environnement*. Le paragraphe 9(1) prévoit que le directeur doit octroyer l'approbation avant d'établir un nouveau procédé ou de modifier un équipement existant pouvant libérer un contaminant dans l'air ambiant.

Le promoteur de projet d'une installation de traitement de déchets électroniques qui demande un CA au Ministère doit mentionner les éléments suivants lors de sa demande :

- les procédés industriels mis en place dans l'installation;
- la localisation des points d'émission, y compris les cheminées, les filtres à manches, les points d'émission, etc.;
- les types de contaminants et le taux de contaminants libérés;
- les contrôles des niveaux d'émissions proposés.

Le Ministère aidera le promoteur à distinguer toutes les lois environnementales provinciales, les règlements, les politiques, les objectifs et les lignes directrices applicables au projet (p. ex. l'installation) et fournira les renseignements au sujet des exigences de la *Charte des droits environnementaux* en matière d'avis public (une exigence en Ontario). Le Ministère identifiera aussi toute préoccupation particulière qui doit être résolue lors de la demande d'approbation.

Après la consultation de la prédemande, le promoteur de l'installation projetée aura une vision claire des exigences ministérielles et concevra l'installation ou le projet en vue de respecter ces objectifs environnementaux. Le Ministère favorise la consultation de prédemande afin de faire gagner du temps tant au promoteur qu'au Ministère et économiser de l'argent. De plus, une prédemande est nécessaire pour tout projet d'importance ou pour tout agrandissement d'une installation ou toute modification projetée.

L'approbation de la demande peut être octroyée par la délivrance de un des documents suivants :

- un nouveau certificat d'approbation;
- un certificat d'approbation modifié;
- ou un avis de modification d'un certificat d'approbation.

Les nouveaux certificats d'approbation sont délivrés en vue d'approuver de nouvelles installations ou de nouvelles modifications non autorisées à des procédés ou à un équipement existant.

Les certificats d'approbation modifiés sont habituellement délivrés pour approuver des modifications apportées à un équipement ou à des procédés actuels. Un certificat d'approbation modifié annule et remplace un certificat d'approbation déjà délivré.

Les avis de modification d'un certificat d'approbation sont habituellement délivrés pour approuver des modifications apportées à un équipement ou à des procédés actuels et pour modifier les modalités et les conditions des certificats d'approbation déjà délivrés. L'avis de modification fait partie du certificat d'approbation.

Au moment de l'octroi de l'approbation, le directeur impose habituellement des modalités et des conditions sur le certificat d'approbation. Ces conditions couvrent l'opération et le rendement de l'équipement et peuvent aussi couvrir des points tels que l'entretien des appareils de contrôle de la pollution de l'air (comme les filtres à manches), la surveillance et la déclaration des niveaux d'émissions ainsi que les exigences minimales de rendement nécessaires pour se conformer aux Lois, aux règlements, aux politiques, aux lignes directrices et aux objectifs applicables.

Les niveaux d'émissions doivent se conformer aux critères provinciaux de qualité de l'air ambiant tels qu'ils sont décrits au Tableau 10 pour les différents produits chimiques.

Tableau 10. Critères de qualité de l'air ambiant de l'Ontario

Nom du contaminant	Unité de mesure	Concentration ou quantité totale de contaminant	Période approximative Équivalent à 10°C et à 760 mm de pression Hg
Arsenic	µg/m ³	25	24 h
Cadmium	µg/m ³	2,0	24 h
Plomb	µg/m ³	2,0 0,7	24 h moyenne arithmétique : 30 jours
Mercurure	µg/m ³	2,0	24 h
Nickel	µg/m ³	2,0	24 h
Matières particulaires en suspension 120 24 heures 60 moyenne géométrique (1 an)	µg de matières particulaires en suspension par m ³ d'air	120 60	24 h moyenne géométrique (1 an)

Ministère de l'Environnement de l'Ontario (2004).

En Alberta, les rejets de matière particulaires sont réglementés en vertu de la « *Substance Release Regulation* » (Substance Reg). Par exemple, les opérations qui nécessitent le traitement, l'emmagasiner ou la manipulation de produits chimiques peuvent être assujetties aux limites prescrites en vertu de ce règlement, y compris la concentration maximale de particules permise (0,20 g/kg d'effluent). Le rejet d'émissions dans l'atmosphère qui dépassent les limites établies dans la *Substance Reg.* doivent être signalées conformément aux dispositions de « l'*Alberta Environmental Protection and Enhancement Act* » (AEPEA) sur les rejets de substances. Le lecteur peut consulter le site www.gov.ab.ca pour plus amples renseignements. (English names should be italic and in «)

En Colombie-Britannique, « l'*Environmental Protection Department* » (EPD) du « *Ministry of Water, Land and Air Protection* » (MWLAP) réglemente le déversement d'aérocontaminants potentiels au moyen de modifications, d'annulations, de l'administration et d'octrois de permis pour le déversement de contaminants dans l'air. La composante relative à l'évaluation d'un permis peut inclure l'exigence d'évaluer les impacts sur la santé et sur l'environnement causés par l'émission de contaminants dans l'air. La MWLAP a adopté des lignes directrices relatives à la qualité de l'air ambiant pour les matières particulaires totales (TWA) en établissant une liste de concentrations tolérables et acceptables. On suggère au lecteur de consulter le site Web www.gov.bc.ca pour en savoir davantage quant aux exigences réglementaires provinciales.

5.5 Lois provinciales et règlements environnementaux

Habituellement, les gouvernements provinciaux et territoriaux établissent des lois et des

règlements en vue de protéger la santé humaine et l'environnement naturel conformément aux exigences de leur ministère de l'Environnement. La présente section ne se veut pas une liste exhaustive des lois et règlements. On invite donc le lecteur à consulter les sites Web de chaque province pour en connaître davantage à l'égard de la législation et des règlements relatifs à la santé et à la sécurité en milieu de travail et des lois sur l'environnement.

5.5.1 Province d'Alberta

La « *Environmental Protection and Enhancement Act* » (AEPEA) de l'Alberta est une vaste législation d'ensemble qui couvre tous les aspects de protection environnementale en Alberta. Les promoteurs qui exploitent des installations de recyclage de déchets électroniques dans la province d'Alberta peuvent être assujettis à certains articles décrits dans le processus d'évaluation environnementale en vertu de « l'*Environmental Assessment Regulations* » (EA Reg). Ce processus est conçu pour veiller à l'examen des «projets» qui pourraient avoir des effets nocifs sur l'environnement. En vertu de ce régime de réglementation, les approbations et les règlements deviennent des moyens par lesquels les projets sont approuvés. Le rejet de substances toxiques dans l'environnement est réglementé par la partie 4 de l'AEPEA, qui a été conçue afin de veiller à la gestion adéquate des rejets accidentels de même que ceux qui dépassent les limites prescrites, en vue de protéger la santé humaine et l'environnement.

5.5.2 Province de la Colombie-Britannique

La « *Waste Management Act* » (WMA) est la loi primaire qui régit l'environnement en Colombie-Britannique. Cette législation est une loi d'ensemble qui régit la plupart des aspects qui touchent à l'environnement. Habituellement, la WMA interdit le déversement de tout déchet polluant dans l'environnement, à moins que le déversement ne fasse partie d'une exception particulière de contrôle en vertu de la WMA, ou qu'il ne suive l'octroi d'un permis ou d'une approbation établis en vertu de la WMA. Habituellement, il est interdit à toute personne d'introduire ou de permettre l'introduction de déchets dans l'environnement pendant l'exploitation d'une industrie, d'un commerce ou lors d'échanges ou encore à partir de toute opération ou activité prescrite. En règle générale, la WMA autorise le déversement de certains déchets dans l'environnement sous certaines conditions, par exemple, conformément à un permis ou à une approbation particulière. Sous certaines conditions; on peut exiger que l'installation de déchets électroniques obtienne un permis en vue de recycler certains déchets et de récupérer certaines ressources réutilisables en vertu de ce cadre de réglementation.

5.5.3 Province d'Ontario

La *Loi sur la protection de l'environnement* de l'Ontario est une vaste loi d'ensemble qui traite d'un large éventail de questions liées à l'environnement. L'objectif global de cette loi est de protéger la santé humaine et l'environnement. La *Loi sur la protection de l'environnement* se divise en articles et en paragraphes qui traitent de différents sujets, notamment :

- les règlements au sujet du déversement des contaminants y compris les exigences

- d'obtention d'un certificat d'approbation selon un processus habituel et transparent;
- les règlements sur les substances appauvrissant la couche d'ozone;
- les règlements au sujet des déchets, de l'emballage et de produits similaires qui posent un problème en matière de gestion des déchets.

5.6 Lois et règlements provinciaux sur la santé et la sécurité au travail

En règle générale, tous les gouvernements provinciaux et territoriaux, en vertu de leur secteurs de travail ont édicté des lois et des règlements en vue d'assurer la santé et la sécurité au travail. Ces dernières incluent les différentes lois et les différents règlements sur la santé et la sécurité au travail ainsi que les règlements sur le Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT).

Voici une liste de lois et règlements provinciaux qui réglementent la sécurité des travailleurs (p. ex. l'obligation de se joindre à un comité conjoint de santé et de sécurité, d'identifier les substances désignées, etc.) En règle générale, les installations de déchets électroniques devraient se conformer aux lois et aux règlements provinciaux selon l'endroit où est exploitée l'installation de déchets électroniques.

Les lois et les règlements suivants s'appliquent aux travailleurs et aux employeurs protégés en vertu des différentes compétences provinciales :

5.6.1 Alberta –« *Occupational Health and Safety Act* »

« L'*Occupational Health and Safety Act* » de l'Alberta est appliquée par le Ministre du travail de l'Alberta. Bien que la loi ne soit pas aussi rigoureuse que les autres lois provinciales sur la santé et la sécurité au travail, elle permet aux travailleurs de refuser de travailler lorsqu'ils croient que le lieu de travail peut représenter un danger pour eux-mêmes ou pour autrui. Les fonctions des comités mixtes sur la santé et la sécurité sur le lieu de travail sont décrites brièvement à l'article 25 de la Loi. En outre, le « *Chemical Hazards Regulation* » de l'Alberta (Alta. Reg. 393/88) *Part 2, Controlled Products*) traite des produits contrôlés pouvant être des composantes de déchets électroniques. L'intérêt du CHR se porte sur l'exposition générale sur les lieux de travail à des produits chimiques dangereux (p. ex. l'amiante).

5.6.2 Colombie-Britannique – « *Occupational Health and Safety Regulation* »

En règle générale, les dispositions du SIMDUT en Colombie-Britannique sont prévues dans différentes lois et différents règlements clés, y compris la « *Workers Compensation Act* ». On retrouve habituellement les exigences relatives aux comités de santé et de sécurité au travail aux articles 3-5 et 3-6 du règlement. L'article 30.17 traite particulièrement des exigences en matière de protection personnelle.

La partie 5 du SIMDUT (*Occupational Health and Safety Regulation*), *Sections 5.3-Application, 5.4-Prohibition, 5.5-WHMIS program, 5.6-Worker education and 5.7 Worker training* peuvent s'appliquer à des installations de déchets électroniques génériques.

La partie 5 de « l'*Occupational Health and Safety Regulation* » (B.C. Reg. 296/97),

« *Chemical and Biological Substances* » de la Colombie-Britannique peut s'appliquer à différentes installations de déchets électroniques.

5.6.3 Manitoba – *Loi sur la sécurité et l'hygiène du travail*

En vertu de la *Loi sur la sécurité et l'hygiène du travail*, le *Règlement sur les risques sanitaires dans le lieu de travail* dispose prévoit des dispositions additionnelles pour les travailleurs qui travaillent avec des substances dangereuses. L'éducation du travailleur et les exigences en matière d'équipement protecteur personnel sont incluses dans ce règlement. Les exigences relatives aux comités de sécurité et de santé au travail et aux représentants sont traitées respectivement dans les articles 40 et 41 de la Loi. Les dispositions relatives aux examens médicaux sont incluses dans l'article 50 de la Loi.

5.6.4 Nouveau-Brunswick – *Loi sur l'hygiène et la sécurité au travail*

Les exigences des comités mixtes de santé et de sécurité se trouvent dans les articles 14 à 16 de la Loi et les exigences des délégués à l'hygiène et à la sécurité se trouvent dans les articles 17 et 18 de la Loi. Les exigences relatives aux examens médicaux se trouvent à l'article 46 de la Loi.

5.6.5 Terre-Neuve – « *Occupational Health and Safety Act* »

Les exigences au sujet des comités de santé et de sécurité se trouvent dans les articles 38 à 40 de la Loi et décrites dans l'article 21 de « l'*Occupational Health and Safety Regulations* » en vertu de « l'*Occupational Health and Safety Act* ». Les dispositions relatives aux examens médicaux se trouvent dans l'article 58 de la Loi. Le Ministère de l'environnement et du travail de Terre-Neuve offre également un sommaire de cette Loi.

5.6.6 Territoires du Nord-Ouest – « *Safety Act* »

Les exigences relatives à un comité conjoint de santé et de sécurité en milieu de travail se trouvent dans l'article 7 de la Loi.

5.6.7 Nouvelle-Écosse – « *Occupational Health and Safety Act* »

Les exigences quant à l'établissement d'un comité conjoint de santé et de sécurité au travail de même que les fonctions du comité conjoint se trouvent dans les articles 29 à 32 de la Loi. Les exigences relatives aux examens médicaux se trouvent dans « l'*Occupational Health Regulations* ».

5.6.8 Nunavut – « *Safety Act* »

Les exigences relatives à un comité conjoint de santé et de sécurité en milieu de travail se trouvent dans l'article 7 de la Loi.

5.6.9 Ontario – *Loi de la santé et la sécurité au travail*

Les exigences relatives au représentant en matière de sécurité et de santé et au Comité conjoint de santé et de sécurité au travail se trouvent respectivement dans les articles 8 et 9 de la Loi. De plus, l'Ontario a désigné une partie relative aux substances toxiques en vertu de sa législation provinciale (Ontario, Règlement 833) en vue de protéger les travailleurs exposés à de telles substances.

En Ontario, la *Loi de la santé et la sécurité au travail* (L.R.O. 1990) oblige les employeurs à prendre des précautions raisonnables en vue d'assurer la protection adéquate de la santé et la sécurité des travailleurs. Les lignes directrices générales et les exigences sont indiquées pour toutes les matières dangereuses.

Depuis les années 80, environ une douzaine de substances ont été classées dans une liste en tant que substances désignées en grande partie en raison de leur toxicité inhérente ou autres caractéristiques dangereuses.

Toutes les substances ou combinaisons de substances, qu'elles soient de nature biologiques, chimiques ou physique censées être répertoriées dans les critères de substances désignées, sont assujetties à un traitement spécial en fonction du milieu de travail conformément à la liste de règlements et de règles particulières relatives aux substances.

Pour le moment, des règlements particuliers ont été adoptés afin de réglementer, d'interdire, de restreindre, de limiter ou de contrôler l'exposition à une quelconque substance désignée incluant :

- l'arsenic;
- l'amiante;
- le plomb;
- le mercure.

La *Loi de la santé et la sécurité au travail* prescrit clairement que la direction doit procéder à une évaluation détaillée de l'utilisation de toute substance désignée qui se trouve dans un lieu de travail. La partie essentielle de cette évaluation vise à déterminer s'il y a un risque pour la santé du travailleur et, en dernier lieu, à déterminer si un programme de contrôle est requis. Selon la Loi, l'évaluation doit également inclure : renseignements suivants :

- les renseignements qui portent sur l'utilisation, la manutention, l'emménagement et l'élimination de la substance désignée;
- le degré actuel et potentiel d'exposition des travailleurs quant à la substance désignée;
- les méthodes et les procédures requises pour contrôler l'exposition.

5.6.10 Île-du-prince-Édouard – « *Occupational Health and Safety Act* »

Les critères et les fonctions du comité conjoint de santé et de sécurité au travail sont prévus dans l'article 18 de la Loi. Les exigences relatives au représentant en matière sécurité et de santé se trouvent dans l'article 19. Les exigences relatives aux examens médicaux se trouvent à la partie IV, article 35 de la Loi.

5.6.11 Québec – *Loi sur la santé et la sécurité au travail*

Les exigences relatives aux comités de santé et sécurité du travail se trouvent au chapitre IV de la Loi. Les exigences relatives au représentant à la santé et à la sécurité se trouvent au chapitre V. Des détails additionnels sur le comité de la santé et de la sécurité sont prévus en vertu de la *Loi dans le Règlement sur les comités de santé et de sécurité du travail*.

5.6.12 Saskatchewan – « *Occupational Health and Safety Act* »

Les exigences relatives aux comités et aux représentants de santé et de sécurité se trouvent à la partie III de la Loi, au début de l'article 15. Les exigences relatives aux examens et aux traitements médicaux et se trouvent à la partie X laquelle débute à l'article 64 de la Loi.

5.6.13 Yukon – « *Occupational Health and Safety Act* »

Les exigences relatives aux comités de santé au travail et aux représentants se trouvent au début de l'article 12 de la Loi *WHMIS-NEW*. Les exigences relatives aux examens médicaux se trouvent au début de l'article 45 de la Loi.

5.7 Limites d'exposition en milieu de travail

Les limites provinciales d'exposition en milieu de travail au Canada en vue de protéger les travailleurs ont été élaborées selon une durée d'exposition de huit heures. Ces limites sont résumées dans la section qui suit. Un sommaire des limites d'exposition en milieu de travail en provenance de divers organismes (p. ex. « l'*American Conference of Governmental Industrial Hygienists* » (ACGIH), le « *U.S. National Institute for Occupational Safety and Health* » (US NIOSH), etc.) et prescrites par diverses législations se trouve également dans le Tableau 11.

Tableau 11. Valeurs limites d'exposition disponibles pour les produits chimiques associés au traitement des déchets électroniques Processing.

Organisme et compétence	Unités	TWA	STEL	Plafond	Notes de l'organisme
Antimoine – Composés (Sb)					
VLE ACGIH	mg/m ³	0,5			Base VLE / Effets sérieux : Irritation; poumons, système cardiovasculaire.
Alberta	mg/m ³	0,5	1,5		
Colombie-Britannique	mg/m ³	0,5			
Québec	mg/m ³	0,5			
USA – NIOSH IDLH	mg/m ³			50	
USA – NIOSH REL	mg/m ³	0,5			
USA – OSHA PEL	mg/m ³	0,5			
Arsenic – Composés inorganiques (p. ex. As)					
VLE ACGIH	mg/m ³	0,01			Base VLE / Effets sérieux : Poumons, cancer de la peau, et cancer du poumon
Québec	mg/m ³	0,1			
USA NIOSH – IDLH	mg/m ³			5	
USA – NIOSH REL	mg/m ³			0,002	
USA NTP	mg/m ³	0,01			
USA – OSHA PEL					
Amiante – Toutes les formes					
VLE ACGIH	f/cc	0,1			Base VLE / Effets sérieux : amiantose; cancer, la valeur est établie pour des fibres de plus de 5 microns, avec un rapport hauteur/largeur $\geq$ 3:1
C.-B.	f/cc	0,1			Approche aussi raisonnable que possible
USA – NIOSH REL	f/cc	0,1			
USA – OSHA PEL	f/cc	0,1	1		
Béryllium et composés (Be)					
VLE ACGIH	mg/m ³	0,002	0,01		Base / Effets sérieux : Cancer du poumon; béryllose
VLE ACGIH-NIC	mg/m ³	0,0002			Base / Effets sérieux : Cancer du poumon; béryllose
Ontario	mg/m ³	0,002	0,01		
Québec	mg/m ³	0,002			
USA – NIOSH IDLH	mg/m ³			4	
USA – NIOSH REL	mg/m ³			0,005	
USA – NTP					
USA – OSHA PEL	mg/m ³	0,002		0,005	
USA – OSHA PEL	mg/m ³			0,025	Pointe de 30 minutes par quart de travail de 8 heures
produits ignifuges polybromés (p. ex. bromure de vinyle)					
ACGIH TLV	ppm	0,5			Effets sérieux : foie, SNC; cancer
Alberta	ppm	5	10		
Ontario	ppm	0,5			
Québec	ppm	5			
USA – NIOSH REL	S.O.				
USA – NTP	S.O.				

Organisme et compétence	Unités	TWA	STEL	Plafond	Notes de l'organisme
Cadmium – Métal et composés (Cd)					
VLE ACGIH	mg/m ³	0,01			Effets sérieux : reins
Alberta	mg/m ³	0,05	0,2		
Ontario	mg/m ³	0,01			
Québec	mg/m ³	0,025			
USA – OSHA PEL	mg/m ³	0,005			
Chrome (VI) composés inorganiques – hydrosoluble (Cr)					
VLE ACGIH	mg/m ³	0,05			Critère VLE : foie, rein; système respiratoire
USA – NIOSH IDLH	mg/m ³			15	
USA – NIOSH REL	mg/m ³	0,001			Mesuré en tant que composé CrO3
USA – OSHA PEL	mg/m ³			0,1	
Cuivre – Poussières et/ou gouttelettes					
VLE ACGIH	mg/m ³	1			Effets sérieux : irritation; problèmes gastro-intestinaux; maladie des fondeurs de laiton
Alberta	mg/m ³	1	2		
Québec	mg/m ³	1			
USA – NIOSH IDLH	mg/m ³			100	
USA – NIOSH REL	mg/m ³	1			
USA – OSHA PEL	mg/m ³	1			
Plomb – élémentaire et composés minéraux (Pb)					
VLE ACGIH	mg/m ³	0,05			Effets sérieux : SNC, reins; système reproducteur
Alberta	mg/m ³	0,05			
Colombie-Britannique	mg/m ³	0,05			MPT < 0,1 Pb sang < 0,06 mg/100 g sang total
Québec	mg/m ³	0,15			
USA – NIOSH IDLH	mg/m ³			100	
USA – NIOSH REL	mg/m ³				
USA – OSHA PEL	mg/m ³	0,05			
Mercure – Composés minéraux (Hg)					
VLE ACGIH	mg/m ³	0,025			Effets sérieux : SNC, reins; système reproducteur
Alberta	mg/m ³	0,1	0,3	0	
Ontario	mg/m ³	0,025			
Québec	mg/m ³	0,1			
USA NIOSH IDLH	mg/m ³			10	
USA NIOSH REL	mg/m ³			0,01	
US – OSHA PEL	mg/m ³			0,1	
Nickel (Élémentaire Métal)					
VLE ACGIH	mg/m ³	1,5			Effets sérieux : dermatites, pneumoconioses
Alberta	mg/m ³	1	2		
C.-B.	mg/m ³	0,05			
Ontario	mg/m ³	1			
Québec	mg/m ³	1			
USA NIOSH IDLH	mg/m ³			10	
USA NIOSH REL	mg/m ³	0,015			

Organisme et compétence	Unités	TWA	STEL	Plafond	Notes de l'organisme
USA OSHA PEL	mg/m ³	1			
Sélénium – Composés (Se)					
VLE ACGIH	mg/m ³	0,2			Effets sérieux : irritation
Alberta	mg/m ³	0,2	0,6		
Québec	mg/m ³	0,2			
USA NIOSH IDLH	mg/m ³			1	
USA NIOSH REL	mg/m ³	0,2			
USA OSHA PEL	mg/m ³	0,2			
Argent – Élémentaire et Métal					
VLE ACGIH	mg/m ³	0,1			Effets sérieux : argyrie (peau, yeux, muqueuses)
Alberta	mg/m ³	0,1	0,3		
Québec	mg/m ³	0,1			
USA NIOSH IDLH	mg/m ³			10	
USA NIOSH REL	mg/m ³	0,01			
Thallium – Composés solubles (Tl)					
VLE ACGIH	mg/m ³	0,1			Effets sérieux : irritation, SNC, Système cardiovasculaire
Alberta	mg/m ³	0,1			
Québec	mg/m ³	0,1			
USA NIOSH IDLH	mg/m ³			15	
USA NIOSH REL	mg/m ³	0,1			
USA OSHA PEL	mg/m ³	0,1			

STEL : Limite d'exposition de courte durée. Valeur qui consiste à la mesure de la moyenne pondérée dans le temps (TWA) pendant une période de référence de 15 minutes. La durée d'exposition entre la TWA et la STEL ne devrait pas dépasser la période spécifiée, ni avoir lieu plus de quatre fois pendant le quart de travail et, à ce niveau, il devrait s'écouler une heure entre chaque exposition. Si la STEL est autre que la période de 15 minutes, la variance apparaît sous la colonne «Notes de l'organisme.»

TWA : Moyenne pondérée dans le temps établie habituellement pour une journée de 8 heures et une semaine de travail de 40 heures. Si la TWA est autre que pour une période de 8 heures, la durée est indiquée à la colonne «Notes de l'organisme.»

5.8 Exigences réglementaires – Conclusions et recommandations

Il n'existe pour le moment aucune législation particulière qui s'adresse uniquement aux installations de traitement des déchets électroniques au Canada. Cependant, certains articles de différentes lois provinciales, certaines réglementations et certains cadres directeurs sont considérés comme étant applicables aux installations de traitement des déchets électroniques au Canada.

Par exemple, les constituants chimiques des déchets électroniques peuvent être assujettis à de nombreuses exigences législatives fédérale et provinciales telles que les listes de substances désignées et autres listes de rapports (p. ex. LSIP, LIS, INRP, etc.).

Selon le lieu des opérations au Canada et selon les procédés de flux de déchets qui sont mesurés dans des installations de traitement de déchets électroniques, il se peut que l'installation doive se soumettre à certaines exigences réglementaires; par exemple, obtenir un certificat d'approbation pour l'émission de contaminants dans l'environnement ambiant.

En fonction de l'évaluation susmentionnée, il est recommandé :

- en raison des différences quant à la capacité opérationnelle et à la diversité potentielle des méthodologies du traitement des déchets électroniques actuellement disponible pour recycler les déchets électroniques, il est recommandé que chaque installation de déchets électroniques mette au point et achève, en tant qu'approche proactive, des évaluations telles que l'«analyse de problème potentiel» (APP) ou l'«analyse selon le modèle des effets et défaillances» ou d'autres approches appropriées (p. ex. la méthodologie de l'Association canadienne de normalisation '*Standard CAN/CSA-Z731-03*') pour les opérations de leur installation (infrastructure, aspects socio-économiques, procédés, etc.). Cela favoriserait l'identification des composantes d'une opération laquelle pourrait avoir des conséquences importantes et inacceptables en ce qui a trait à la santé humaine ou à l'écologie, advenant le cas où une défaillance ou un événement catastrophique se produisait (p. ex. une défaillance des sacs à filtres, une dilacération d'une cartouche d'encre, etc.). Cette méthode proactive est employée et très courante dans d'autres secteurs industriels comme le secteur des mines et des produits chimiques.
- les industries mettent en œuvre et poursuivent d'autres méthodes et approches proactives plus approfondies en vue de traiter et de gérer, de manière systématique, les risques environnementaux et ceux qui sont liés à la santé et à la sécurité au travail. Les systèmes de gestion (tels que la norme ISO 14001) offrent des processus structurés en vue d'atteindre avec succès un rendement amélioré en matière environnementale et en sécurité;
- étant donné la nature évolutive du commerce du recyclage et du traitement des déchets électroniques au Canada, les exigences réglementaires ne représentent

qu'une des nombreuses approches possibles qui visent à répondre aux risques associés au traitement des déchets électroniques. Une caractérisation du risque plus approfondie et une surveillance environnementale accrue sont nécessaires en vue de déterminer si des approches obligatoires (législatives) ou volontaires (normes ISO) s'avèrent appropriées.

6.0 RÉFÉRENCES – ÉVALUATION DE LA SANTÉ

SANTÉ Canada, *Évaluation des risques à la santé humaine associés aux lieux contaminés fédéraux, Health Canada Toxicological Reference Values (TRVs) (Les valeurs de référence toxicologiques de Santé Canada)*, Ottawa, Services d'évaluation de la santé environnementale, Programme de la sécurité des milieux, Santé Canada, Version 1.0, Octobre 2003.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA), *Evaluation of the Potential Carcinogenicity of Lead and Lead Compound*, Office of Health and Environmental Assessment, 1989, EPA/600/8-89/045A.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA), *Interim Soil Lead Guidance for CERCLA Sites and RCRA Corrective Action Facilities*, Washington D.C., OSWER Directive 9355.4-12, Office of Solid Waste and Emergency Response, 1994b.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA), *Antimony*, Washington D.C., IRIS Substance File, United States Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System, 1991a.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA), *Arsenic, inorganic*, Washington D.C., IRIS Substance File, United States Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System, 1998a.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA), *Asbestos*, Washington D.C., IRIS Substance File, United States Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System, 1993a.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA), *Benzidine*, Washington D.C., IRIS Substance File, United States Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System, 1993b.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA), *Beryllium and compounds*, Washington D.C., IRIS Substance File, United States Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System, 1998b.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA), *Vinyl bromide*, Washington D.C., IRIS Substance File, United States Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System, 1994a.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA), *Cadmium*, Washington D.C., IRIS Substance File, United States Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System, 1992a.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA), *Chromium (VI)*, Washington D.C., IRIS Substance File, United States Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System, 1998c.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA), *Copper*, Washington D.C., IRIS Substance File, United States Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System, 1996a.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA), *Dichlorofluoromethane*, Washington D.C., IRIS Substance File, United States Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System, 1995a.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA), *Mercury, Elemental*, Washington D.C., IRIS Substance File, United States Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System, 1995b.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA), *Nickel subsulfide*, Washington D.C., IRIS Substance File, United States Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System, 1991b.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA), *Trichlorofluoromethane*, Washington D.C., IRIS Substance File, United States Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System, 1992b.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA), *Di(2-ethylhexyl)phthalate*, Washington D.C., IRIS Substance File, United States Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System, 1993c.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA), *Decabromodiphenyl ether*, Washington D.C., IRIS Substance File, United States Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System, 1995c.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA), *Aroclor 1016*, Washington D.C., IRIS Substance File, United States Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System, 1996b.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA), *Selenium and compounds*, Washington D.C., IRIS Substance File, United States Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System, 1991c.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA), *Silver*, Washington D.C., IRIS Substance File, United States Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System, 1996c.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA), *Thallium carbonate*, Washington D.C., IRIS Substance File, United States Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System, 1990a.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA), *Thallium chloride*, Washington D.C., IRIS Substance File, United States Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System, 1990b.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA), *Thallium(I) sulfate*, Washington D.C., IRIS Substance File, United States Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System, 1990c.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA), *Tributyltin oxide*, Washington D.C., IRIS Substance File, United States Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System, 1997.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA), *Uranium, soluble salts*, Washington D.C., IRIS Substance File, United States Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System, 1989.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA), *Mercury, Elemental*, Washington D.C., IRIS Substance File, United States Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System, 1995.

Partie B – Évaluation préalable des risques écologiques

Site générique de traitement des déchets électroniques

7.0 PARTIE B – ÉVALUATION PRÉALABLE DES RISQUES ÉCOLOGIQUES RELATIVEMENT À UNE INSTALLATION GÉNÉRIQUE DE TRAITEMENT DE DÉCHETS ÉLECTRONIQUES AU CANADA

7.1 Introduction

La ressource primaire d'orientation générale en matière d'évaluation des risques écologiques au Canada est le Cadre pour l'évaluation des dangers pour l'écologie (EDE) : Orientation générale (CCME 1996). Différentes provinces utilisent d'autres guides d'orientation; par exemple, le « *Guidance on Site Specific Risk Assessment for Use at Contaminated Sites in Ontario* » du ministère de l'Environnement (MEO, 1996).

L'évaluation préalable des risques se caractérise par de simples méthodes qualitatives ou comparatives et repose entièrement sur des articles scientifiques et sur des données recueillies antérieurement. Les études d'évaluations préalables portent principalement au niveau de l'espèce et sont d'ordre descriptives plutôt que prévisionnelles. Dans le cadre de l'EDE, tous les sites sont soumis à une évaluation préalable. L'évaluation des risques pour les autres niveaux - qui demandent une analyse plus complexe - n'est entreprise que si le niveau initial (évaluation préalable) ne parvient pas à caractériser adéquatement le risque avec un degré acceptable d'exactitude.

Les travaux qui doivent être entrepris pour une évaluation préalable des risques sont décrits en détails dans le Cadre pour l'évaluation des dangers pour l'écologie du CCME et sont également décrits plus loin dans le présent rapport. Parmi ces travaux on retrouve :

- l'étude des documents de base;
- la caractérisation du récepteur;
- l'évaluation du degré d'exposition;
- la gestion des risques;
- la caractérisation des risques.

Le produit final de ces travaux devrait fournir les renseignements sur les résultats de l'évaluation et apporter des recommandations en vue de réduire l'écart entre les données et mener à des études et à des évaluations de risques plus approfondies. Les renseignements qui figurent dans le rapport serviront d'éléments qui permettront de décider si l'on doit procéder à une mesure corrective ou si d'autres évaluations sont requises pour le site en question.

7.2 Étude des documents de base

Des discussions auprès du personnel d'environnement Canada et l'examen des articles scientifiques ont indiqué qu'il y avait très peu de données accessibles sur l'émission de substances dans l'environnement produites lors du traitement des déchets électroniques et aucune donnée sur l'émission des substances en Amérique du Nord à partir des pratiques courantes. Cependant, ces discussions incluaient des observations faites à partir de visites

dans des installations en Europe qui démontraient qu'il y avait un danger potentiel que des substances dangereuses soient rejetées dans l'environnement.

7.3 Méthodes

La sélection des produits chimiques ciblés pour l'évaluation résultait des discussions avec la firme MJC & Associates et à la suite des lectures d'articles scientifiques. La liste des substances chimiques préoccupantes incluait des composés qui se trouvaient dans l'environnement près des déchets électroniques ou qui étaient présents en grande concentration dans les déchets électroniques.

Des articles sélectionnés et la recherche dans Internet ont permis de déterminer qu'il y avait peu de rapports qui portent sur les niveaux de contaminants préoccupants dans les déchets électroniques.

Tel qu'il est suggéré dans le Cadre pour l'évaluation des dangers pour l'écologie du CCME, l'évaluation comportait les travaux suivants :

- l'environnement choisi pour représenter l'évaluation des risques d'une installation générique avait été sélectionné de manière à représenter une zone de contact entre un secteur urbain et un secteur agricole, sans environnement marin. Les renseignements généraux ont été pris en considération pour ses caractéristiques écologiques selon l'expérience de l'auteur quant à plusieurs projets d'inventaires relativement à des zones de contact entre des secteurs urbains et agricoles;
- des visites de reconnaissance sur le site ont eu lieu le 23 janvier 2004 en vue d'examiner l'emplacement environnemental de plusieurs installations de traitement de déchets électroniques dans le sud de l'Ontario. Les visites permettaient d'établir le contexte permettant d'évaluer la convenance des habitats du site;
- les renseignements généraux ont été examinés en vue d'entendre les habitants type de la zone à l'étude et de déterminer si les caractéristiques de leur cycle de vie les rendaient vulnérables à toute voie d'exposition;
- les récepteurs ont été caractérisés tandis que les renseignements obtenus à partir de la visite du site et l'examen de l'aperçu étaient utilisés en vue d'identifier les habitats, les communautés et les écosystèmes potentiellement exposés et d'identifier les récepteurs susceptibles d'être exposés à des stressors (selon leurs caractéristiques écologiques) en mettant l'accent sur les espèces individuelles de populations indigènes tel que le conseille le CCME (1996);
- les éléments importants d'écosystème (EIE) ont été identifiés en contexte dans une installation générique à partir d'inférences et de consultations;
- le cycle de vie et les renseignements généraux ont été compilés pour les espèces préoccupantes;
- le degré d'exposition a été évaluée selon l'identification des voies (ou modes) d'exposition et de transport possibles et des estimations préliminaires relatives au degré d'exposition et à la concentration tissulaire ont été fournies, lorsque cela était possible, au moyen de méthodes qualitatives ou de simples méthodes quantitatives tel qu'il est conseillé, par le CCME (1996) pour une évaluation préalable;
- l'évaluation des risques a été menée à l'aide des renseignements sur la toxicité qui figurent dans les articles qui traitent des contaminants préoccupants. Les sources étaient principalement d'ordre secondaire pour ces évaluations, y compris le sommaire des

données fourni par le U.S. Environmental Protection Agency (EPA) (incluant la base de données ECOTOX) et des examens effectués par Eisler sur les effets toxiques, de même que des documents de vulgarisation au sujet de produits chimiques aux effets moins connus;

- une caractérisation des risques a été entreprise au moyen de l'analyse du quotient de la concentration prévue dans l'environnement et la concentration toxicologique admissible si possible;
- les écarts de données et les incertitudes ont été identifiés lesquels indiqueraient la nécessité d'une EDE plus poussée.

7.4 Caractérisation des récepteurs

Cette section décrit la caractéristique des organismes des habitats qui sont susceptibles de se trouver à proximité d'une installation générique.

7.4.1 Végétation et habitat

L'environnement qui entoure l'installation générique a été sélectionné comme étant un environnement type que l'on retrouve dans les zones industrielles récemment établies dans le sud ou le centre du Canada. L'installation générique est susceptible de se trouver dans une zone de contact entre les paysages agricoles et urbains. À proximité de l'installation, on peut trouver des champs abandonnés, des haies et des parcelles boisées. On trouverait tout près, de petites tranchées de drainage et de petits ruisseaux, communiquant possiblement avec des ruisseaux plus importants ou des terres humides en aval. La végétation naturelle consisterait principalement d'herbages graminées et d'herbes grossières (verges d'or et asters). L'alpiste roseau (les noms scientifiques se trouvent au Tableau 1), des saules épars et des cornouillers seraient probablement le type de végétation entourant la tranchée de drainage et le ruisseau affluent. Des feuillus (érables à sucre, peupliers, faux-trembles) et des conifères (pins blancs) de proportions variées, dominent typiquement les forêts et les haies.

Pour les besoins de l'évaluation, des caractéristiques naturelles importantes ont été considérées (p. ex. espèces importantes, zones d'intérêt naturel et scientifique, terres humides provinciales d'importance) à proximité de l'installation (Centre d'information sur le patrimoine naturel, 2000).

7.4.2 Faune

La faune sur le site consisterait largement d'espèces adaptées aux paysages agricoles. Elle comprendrait probablement quelques espèces qui habitent les forêts plus grandes qui tendent à disparaître avec l'extension urbaine. La faune inclurait principalement des espèces adaptées aux parcelles boisées et aux ravins étroits qui traversent les habitats urbains. La faune indigène qui vit dans ces parcelles regroupe principalement les espèces les plus familières aux résidents urbains, y compris les mammifères tels que la souris sylvestre, la musaraigne, le raton laveur, la mouffette; des oiseaux tels que le geai bleu et le cardinal rouge, des reptiles comme le thamnophis et des amphibiens comme le crapaud et la grenouille léopard.

7.4.3 Éléments importants d'écosystème (EIE)

Les éléments importants d'écosystème (EIE) peuvent représenter toute caractéristique identifiée comme étant importante au moyen de l'établissement de la portée de l'évaluation. Il s'agit de ressources ou de caractéristiques environnementales qui :

- sont importantes pour les populations humaines;
- ont une valeur économique ou sociale;

- possèdent une importance écologique intrinsèque;
- servent de base de référence à partir de laquelle il est possible d'évaluer les incidences sur le développement y compris les changements dans la gestion et dans les politiques de réglementation.

Dans la présente analyse, la définition la mieux appropriée en ce qui a trait aux EIE est celle des espèces indigènes résidentes qui caractérisent l'écosystème. Par conséquent, tous les organismes résidents peuvent être considérés comme des EIE, sauf des espèces non indigènes comme le moineau domestique et le pigeon biset et les espèces migratoires ou transitoires telles que le goéland à bec cerclé. Le fondement de la sélection des EIE se trouve dans le Tableau 1. L'organisme d'importance signalé en tant qu'EIE dans la présente étude est la buse à queue rousse. Il s'agit d'une espèce vulnérable au Canada en raison de la destruction de son habitat et de la présence de contaminants (pesticides) et qui se trouve à la limite sud de son aire de distribution. Cette espèce dépend tout particulièrement de vastes lots forestiers avec des terres humides adjacentes étant donné qu'elle se reproduit dans de grandes forêts feuillues parvenues à maturité et dans les boisés des terres humides, et se nourrit spécialement d'amphibiens. Il s'agit sans doute de l'espèce la plus importante que l'on puisse rencontrer dans les secteurs d'expansion urbaine.

Renseignements sur le cycle de vie des EIE vivant dans un environnement à proximité d'une installation générique

Nom commun	Nom scientifique	Habitat	Justification de l'inclusion
Graminées	<i>Poaceæ</i>	Espèces qui vit dans les terres humides et peut également envahir	Commun dans le sud de l'Ontario et consommées par les herbivores.
Famille de la moutarde	<i>Brassicaceæ</i>	Espèce pionnière dans les vieux champs et dans les terres agricoles.	Consommé par plusieurs herbivores. De nombreuses recherches existent au sujet des contaminants.
Invertébrés associés aux sédiments	<i>p. ex. Daphnia spp.</i>	Le fond des ruisseaux.	Espèces clés dans les écosystèmes aquatiques.
Vers de terre Vairon à grosse tête	<i>p. ex. Lumbricus spp.</i> <i>Pimephales promelas</i>	Les sols terrestres. Vit dans les ruisseaux et se nourrit de détritus organiques, de dépôts vaseux, et de zooplanctons.	Ingestion maximale des sols et exposition maximale à ceux-ci. Espèces clés dans l'écosystème. Sensibles au dépôt de substances préoccupantes dans les sols. Espèce aquatique clé et abondante. Il existe plusieurs recherches sur la toxicité.
Grenouille léopard	<i>Rana pipiens</i>	Au printemps, pond ses œufs au bord des eaux permanentes ou stagnantes, peu profondes dans des substrats sous l'eau en hiver. En été, se nourrit d'invertébrés terrestres, se déplace jusqu'à 1 km en aval de son lieu d'hibernation dans les marais.	Commun dans les terres humides du sud de l'Ontario mais en déclin dans les secteurs urbanisés. Proie commune des niveaux trophiques supérieurs, y compris la buse à queue rousse.

Souris sylvestre	<i>Peromyscus maniculatus</i>	Met au monde dans des terriers peu profonds ou dans des endroits dissimulés d'une profondeur de 0,1 m. Omnivore et opportuniste: se nourrit de graines, d'arthropodes, de certaines végétations vertes, de racines, de fruits et de champignons.	Herbivore clé. Proie commune des niveaux trophiques supérieurs.
Grande musaraigne	<i>Blarina brevicauda</i>	Vit habituellement dans des terriers creusés dans les sols mous. Se nourrit de vers de terre et d'autres invertébrés.	Insectivore clé et abondant. Ingestion maximale du sol.
Buse à queue rousse	<i>Buteo lineatus</i>	Se nourrit dans les terres humides, habituellement d'amphibiens et de petits mammifères. Fait son nid dans de vastes lots forestiers.	Espèce vulnérable au Canada. Se trouve au sommet de la chaîne alimentaire.

7.5 Évaluation des voies d'exposition

Les pratiques qui entourent le confinement de la poussière et l'emmagasinement dans les installations de recyclage des produits électroniques varient considérablement et l'exposition varie elle aussi selon les pratiques en vigueur. Dans les installations de recyclage à haut niveau de gérance environnementale, les composantes qui contiennent un niveau élevé de substances chimiques préoccupantes sont éliminées avant le processus de traitement. La poussière est strictement supprimée de l'air ambiant, puis envoyé au recyclage. Aucune eau n'est utilisée lors du processus et si l'eau devait être utilisée en cas d'urgence (par exemple, pour circonscrire un incendie), cette dernière est alors recueillie puis analysée. Il n'y a aucun drain de sol. Toutes les composantes qui entrent dans l'installation sont accumulées à l'intérieur. La nourriture est rigoureusement conservée en dehors des zones de traitement, afin d'éviter que les animaux ne soient attirés vers les zones où il pourrait y avoir de la poussière. Les risques que des contaminants préoccupants puissent migrer vers l'environnement ou que des EIE puissent être exposés à ces contaminants à l'extérieur de ce type d'installation sont négligeables.

Par contre, on retrouve des installations qui emmagasinent les composantes à l'extérieur avant le traitement, qui broient les composantes sans se préoccuper de leur composition et qui ne recueillent pas la poussière. Le système de ventilation ainsi que les portes et les fenêtres rejettent la poussière à l'extérieur, laquelle se propage dans l'air ambiant ou bien est nettoyée lors du lavage des sols de l'installation puis poussée vers les drains de sol qui mènent à l'environnement. Dans les pires cas, on retrouve des installations où les composantes sont incinérées ou traitées à l'acide dans une aire ouverte (ces cas ont été signalés en Chine seulement) sans égard à la sécurité environnementale. Les risques d'exposition dans ces types

d'installations sont beaucoup plus élevés.

Il y a trois voies possibles par lesquelles les substances chimiques préoccupantes peuvent entrer dans le milieu naturel générique à partir du traitement des déchets électroniques. La voie la plus importante est la dispersion de la poussière par des procédés de dilacération, de l'installation à l'environnement en passant par les portes, par les systèmes de ventilation, etc., où elle peut se déposer dans des sols et des sédiments de la zone humide à l'extérieur de l'installation et être ingérée et absorbée par les EIE. Une deuxième voie serait occasionnée par une situation où l'eau serait utilisée dans l'une ou l'autre des parties du procédé, particulièrement s'il n'y avait pas de contrôle des poussières et que les canaux de drainage permettaient aux eaux de migrer à partir du site dans les sols et les sédiments. Une troisième voie serait occasionnée par une situation où des composants électroniques seraient stockés à l'extérieur avant d'être démontés. Dans ce cas, les eaux pourraient être lessivées et drainées dans le bassin versant local, emportant avec elles des substances chimiques préoccupantes dissoutes qui seraient ensuite déposées dans les sols ou dans l'eau. Les eaux de lessivage pourraient également percoler dans le sol et contaminer les eaux souterraines. Les voies par inhalation ne sont probablement pas importantes, étant donné que la poussière en suspens dans l'air à l'extérieur de l'installation serait dispersée par les courants d'air causés par le vent ou déposée sur de vastes étendues.

Il est peu probable que les voies d'exposition par inhalation soient importantes, étant donné que la poussière rejetée à l'extérieur de l'installation dans l'air ambiant serait dispersée par les courants d'air causés par le vent ou déposée. En outre, la seule mesure effectuée au sujet d'un contaminant dans l'air ambiant à l'extérieur d'une installation de recyclage, soit les éthers diphenyliques polybromés (ÉDP), n'a détecté aucun niveau mesurable (Sjodin et coll., 1999). Cette voie d'exposition n'aurait qu'une incidence importante sur les animaux qui vivent dans l'installation et les effets ne seraient limités qu'à des organismes tels que les insectes, les souris domestiques et les rats et principalement les espèces non indigènes qui ne sont pas considérées comme des éléments importants d'écosystème et qui vivent typiquement à l'intérieur des édifices et qui, par conséquent, ne représenteraient aucun risque pour les prédateurs vivant à l'extérieur de l'édifice. L'exposition des espèces indigènes par inhalation de poussière serait moins importante que le risque d'ingestion de la poussière déposée dans les sols et sur les plantes.

Le danger d'exposition le plus important pour les invertébrés qui vivent dans les plantes ou dans les sols est celui qui passe directement par les sols et les sédiments. Les organismes associés aux sédiments sont également directement exposés au moyen de ces mêmes sédiments. Les espèces sauvages peuvent être exposées à des contaminants de différentes façons en fonction des caractéristiques de leur cycle de vie.

L'ingestion de l'eau n'a pas été considérée lors de la présente évaluation du système terrestre, car toutes les espèces sont de petites tailles et sédentaires et le risque d'être contaminées par

l'eau en provenance de sources contaminées est faible; l'ingestion par le sol est sans doute la voie d'exposition la plus importante.

Lors d'une évaluation préalable, on prend généralement pour acquis que les petites espèces sauvages sédentaires vivent et se nourrissent exclusivement à partir du site contaminé (Sample et coll., 1996). Cela signifie que 100 p. 100 de la nourriture qu'ils consomment est contaminée. Bien que cette hypothèse simplifie l'évaluation en raison de la mobilité et des divers régimes alimentaires de la majorité des espèces sauvages, il est probable que cette hypothèse surestime le degré actuel d'exposition. Il ne faut pas oublier que l'objectif d'une évaluation préalable est d'identifier les risques potentiels et de combler les écarts de données. Une fois les écarts de données comblés, on peut alors procéder à une évaluation finale du risque et l'ajouter au prochain niveau d'évaluation.

Les sédiments et l'eau sont les voies d'exposition les plus importantes pour les organismes aquatiques. Pour les besoins de la présente évaluation, on prend pour hypothèse que la décharge des eaux souterraines pourrait représenter une voie d'exposition pour les systèmes aquatiques. Les eaux souterraines de 2 à 3 mètres de profondeur pourraient être contaminées par les rejets des plantes et les invertébrés pourraient être exposés si ces rejets atteignent les sédiments se trouvant sur les berges.

La Figure 1 présente un modèle conceptuel d'exposition à partir d'une installation où les contaminants ont pu pénétrer dans l'environnement. Le Tableau 2 résume les voies d'exposition auxquelles les espèces pourraient être exposées sur un tel site générique. Voici les critères d'évaluation quant au degré d'exposition :

- élevé (l'animal est fréquemment et directement exposé aux contaminants);
- modéré (l'animal est directement exposé aux contaminants pour une période modérée de son cycle de vie ou indirectement exposé pendant une période importante de son cycle de vie);
- faible (l'animal est directement exposé aux contaminants pendant une très courte période de son cycle de vie ou indirectement exposé pendant une très courte période de son cycle de vie).

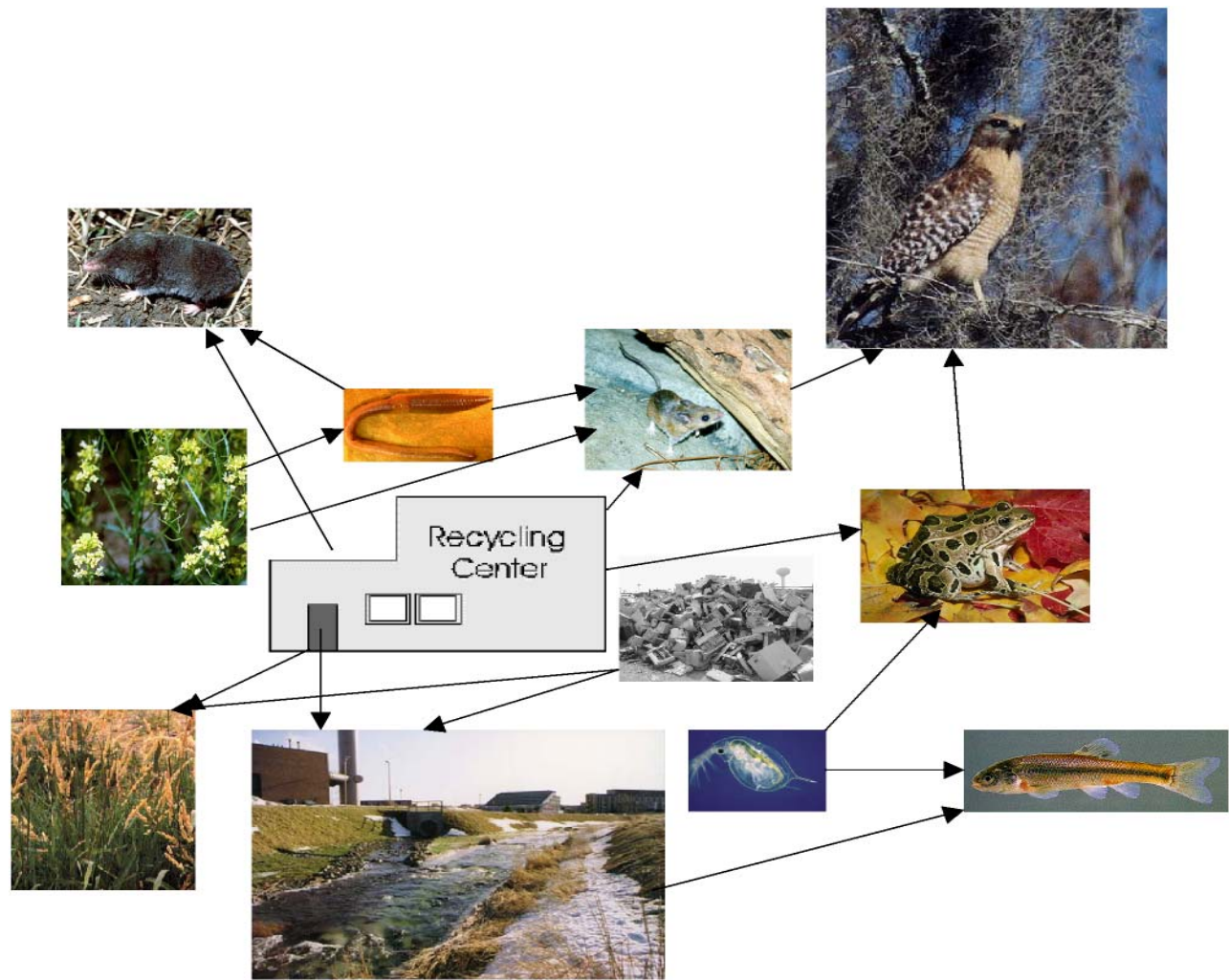


Figure 3. Exposure pathways in the environment of a generic electronic waste recycling facility

[Traduction]

Figure 3 : Voies d'exposition dans l'environnement à partir d'une installation générique de traitement de déchets électroniques.

Centre de recyclage

Tableau 13. Voies d'exposition des EIE dans une installation générique > Indique les voies d'exposition entre les organismes et la source contaminante.

Espèces	Voie d'exposition présente	Fréquence d'exposition la plus défavorable	Degré d'exposition
Invertébrés associés au benthique	• Sédiment> invertébrés aquatiques.	Continuelle, directement dans les sédiments.	Élevé.
Vairon à grosse tête	• Sédiment>poissons • Sédiment> invertébrés aquatiques	Intermittente.	Faible.
Alpiste roseau	• Sol>racines>feuilles	Continuelle, directement dans le sol.	Élevé.
Famille de la moutarde	• Sol>racines>feuilles	Continuelle, directement dans le sol	Élevé.
Vers de terre	• Sol>vers de terre.	Continuelle, directement dans le sol	Élevé.
Grenouille léopard	• Sol>invertébrés>grenouilles. • Sol>plantes>invertébrés >grenouilles.	Intermittente; exposition indirecte : aire d'habitation probablement plus vaste que le site.	Faible.
Musaraigne	• Sol>invertébrés (vers de terre) > musaraignes. • Sol>musaraignes.	Exposition fréquente et directe en raison du style de vie fouisseur, Ingestion de sol, de vers de terre (aire d'habitation très petite, peut se situer aux limites du site)	Élevé.
Souris sylvestre	• Sol>souris.	Exposition aux sols peu profonds dans les terriers, particulièrement lors du creusage et du repos.	Élevé.

	• Sol+plante>souris.	Exposition fréquente, indirecte et potentielle lors de la recherche d'aliments : l'aire d'habitation peut être confinée au site.	Modéré.
	• Sol+plante>invertébrés >souris.	Exposition indirecte mais potentiellement fréquente: petite aire d'habitation qui peut être confinée au site.	Modéré.
Espèces	Voie d'exposition présente	Fréquence d'exposition la plus défavorable	Degré d'exposition
Buse à queue rousse	• Sol+plante>souris >buses. • Sol+vers de terre>musaraignes>buses. • Sol+vers de terre>grenouilles léopard >buses. • Sédiment>invertébrés>grenouilles >buses.	Exposition intermittente et indirecte. Exposé aux sols. Aire d'habitation plus étendue que le site.	Faible.

7.6 Évaluation des dangers

L'un des écarts les plus significatifs de cette analyse réside dans le fait que les mesures empiriques des contaminants dans les installations en Amérique du Nord, de même que dans les pays où les exigences réglementaires sont similaires à celles d'Amérique du Nord, n'ont pas été entreprises. Tel que nous l'avons mentionné à la section précédente, la voie la plus probable afin de permettre aux substances préoccupantes de migrer dans l'environnement naturel à partir des installations de recyclage est celle de la poussière générée par la dilacération des composants véhiculée dans les sols extérieurs au moyen de l'eau ou de l'air. Les autres voies possibles sont la percolation de contaminants à partir de déchets électroniques accumulés à l'extérieur. Il y a aussi la possibilité du déversement de matières dangereuses ou d'un incendie dans le matériel accumulé, mais l'évaluation des niveaux de danger relativement à ces événements serait extrêmement conjecturale.

La section suivante n'est pas une analyse exhaustive de toutes les substances chimiques préoccupantes dans l'environnement d'une installation de recyclage de déchets électroniques (telle que dans le cadre d'une analyse pour l'évaluation des risques sur la santé humaine); il s'agit d'une analyse d'une liste plus restreinte des composés qui causent le plus de préoccupations dans l'environnement terrestre et aquatique. Les

données sont trop limitées à ce stade-ci pour se livrer à une évaluation des risques de toutes les substances chimiques préoccupantes que l'on trouve dans une installation de déchets électroniques. Il faudrait se livrer à une évaluation des risques lorsque les niveaux de danger auront été caractérisés.

Dans les déchets électroniques, les métaux sont les substances chimiques préoccupantes les plus courantes et leur capacité à entrer dans l'environnement à proximité d'une installation de recyclage de déchets électroniques a été démontrée. Le plomb est la substance la plus préoccupante, en raison de sa capacité de s'écouler à partir des déchets électroniques.

Les niveaux de danger indiqués dans le présent rapport proviennent des quelques rapports de littérature et de ressources Web où les niveaux de contaminants préoccupants ont été mesurés dans l'eau, les sédiments et la poussière (voir les tableaux 3 et 4) principalement à partir des sources suivantes :

- des concentrations de métaux ont été mesurées dans l'eau et les sédiments à proximité de Guiyu, en Chine. Ces mesures représentent une analyse «des plus défavorable», en raison de l'incinération et du traitement par l'acide des composants à l'extérieur et près d'une rivière. À la suite de ces opérations, le ruissellement a migré vers la rivière (Basel Action Network, 2002) sans être traité. Il est important de noter que ce type d'opération n'a jamais été signalé au Canada.
- des concentrations de plomb ont été mesurées de manière expérimentale dans les eaux de lessivage qui proviennent des déchets électroniques broyés dans une colonne standard au moyen de la « *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* » (TCLP), une méthode standard de la EPA américaine permettant de déterminer les déchets dangereux dans les décharges (Musson et coll., 2000). Les composés de lixiviation utilisés (acide acétique et hydroxyde de sodium) sont beaucoup plus réactifs que l'eau de pluie et servent à simuler les conditions à l'intérieur d'une décharge. Néanmoins, la procédure fournit certaines estimations des concentrations des substances chimiques préoccupantes qui peuvent provenir des déchets électroniques.
- des concentrations de certaines substances chimiques préoccupantes ont été mesurées dans la poussière en provenance d'une installation de recyclage de produits électroniques au cours d'expériences menées afin d'évaluer l'efficacité des microbes dans l'extraction des métaux (Brandl et coll., 2001).
- des concentrations d'éthers diphenyliques polybromés (ÉDP) et de béryllium ont été mesurées dans la poussière de l'air ambiant uniquement dans deux installations : une installation de recyclage de déchets électroniques (ÉDP) et une installation de traitement d'alliages cuivre-béryllium dans laquelle le métal était coupé à l'aide de ciseaux mécaniques ou manuels (béryllium). Les matières particulières dans l'air ont également été mesurées dans l'installation de recyclage de produits électroniques (où l'ÉDP a été mesuré). Ce nombre a permis d'obtenir une approximation de la concentration d'ÉDP et de béryllium par poids de poussière.
- des mesures de concentrations de béryllium manquent tout particulièrement. Des concentrations de béryllium à proximité d'installations de traitement sont incluses dans

le Tableau 4 à titre de référence, mais il est peu probable que ces chiffres représentent les niveaux présents à proximité des installations de traitement de produits électroniques et n'ont donc pas été utilisés dans la présente évaluation des risques.

Tableau 14. Résultats de l'échantillonnage de l'eau et des sédiments de la rivière Liangjiang à l'extérieur de l'installation de Guiyu, en Chine

Métal	Eau		Sédiment		
	Niveau le plus élevé enregistré dans l'eau (mg/L)	Recommandations pour la qualité de l'eau en vue de la protection de la vie aquatique (mg/L)	Niveau le plus élevé enregistré dans le sédiment (mg/kg)	Niveaux des effets possibles (mg/kg)	Recommandations canadiennes pour la qualité des sédiments (mg/kg)
Antimoine	0,079	–	25	–	
Arsenic	<0,01	0,005	8,1	17,0	5,9
Barium	<0,01	–	1 620	–	
Béryllium	Aucune donnée		Aucune donnée		Aucune recommandation
Cadmium	0,033	0,000017	360	3,5	0,6
Chrome	0,02	0,001	70 000	90,0	37,3
Cobalt	<0,01	–	160	–	
Cuivre	2,6	0,002-0,004	136 000	197	35,7
Fer	2,8	0,3	49 900	–	
Plomb	24	0,001-0,007	23 400	91,3	35,0
Manganèse	0,2	–	560	–	
Mercure	<0,001	0,0001	0,4	0,486	0,17
Molybdène	<0,1	0,073	13		
Nickel	0,02	0,025-0,150	580		
ÉDP	Aucune donnée		Aucune donnée		
Sélénium	<0,01	0,001	<0,1		
Argent	<0,1	0,0001	150		
Étain	0,4	–	8 080		
Vanadium	<0,1	–	<0,1		
Zinc	0,6	0,030	11 400	315	123

(Remarque : Lorsqu'un écart est donné, les recommandations sont en fonction de la dureté de l'eau ou du pH)

Tableau 15. Concentrations des substances préoccupantes enregistrées à partir d'études portant sur le traitement des déchets électroniques ou sur des activités similaires.

Substance chimique préoccupante	Source	Concentration	Référence	Recommandations canadiennes pour la qualité des sols (secteurs résidentiels et parcs)
Plomb	Dilacération	940 à 9 400 mg/kg	Haloclean, 2004	140 mg/kg
Plomb	Concentration dans l'eau lors du test de la « <i>Toxicity Characteristic Leaching Procedure</i> » (TCLP) sur les tubes cathodiques.	<1 à 85,6 mg/L, moyenne de 18,5 mg/L	Musson et coll. 2000	140 mg/kg
Plomb	Concentration moyenne dans la poussière obtenue à partir du recyclage d'un équipement électronique.	200 mg/kg	Brandl et coll. 2001	140 mg/kg
Cadmium	Concentration dans la fraction de déchets d'une installation de recyclage de produits électroniques qui inclut des particules de moins de 2 mm.	15 mg/kg	Richter et coll. 1997	10 mg/kg
Mercure	Aucune donnée.	Aucune donnée	—	6,6 mg/kg
Béryllium	Niveaux de poussière dans une installation où les feuilles d'alliage cuivre-béryllium étaient coupées à la main ou mécaniquement	0,012 mg/m ³ , au moyen de particules de 0,4 mg/m ³ (tiré de Sjodin et coll. (1999). Donne une estimation dérivée de 30 000 mg/kg de poussière.	INCHEM, 1990	Aucune recommandation.
Béryllium	Niveau de béryllium dans les sols à proximité d'une installation de traitement de béryllium (niveaux de pollution naturelle américains similaires).	1,42-2,75 mg/kg	Thorat et coll. 2001	Aucune recommandation
Béryllium	Concentration de béryllium dans l'eau à 1,6 km en aval d'une installation de traitement de béryllium.	223 mg/L	USACE, 2001	Aucune recommandation

Béryllium	Concentration de béryllium dans les sols situés en aval d'une installation de traitement de béryllium.	1,4-90 mg/kg	USACE, 2001	Aucune recommandation
-----------	--	--------------	-------------	-----------------------

Béryllium	Niveaux moyens dans les sols autour d'une installation de traitement de béryllium	396 mg/kg	USACE, 2001	Aucune recommandation
ÉDP	Échantillons d'air d'une installation de recyclage de produits électroniques.	0,000175 mg/m ³ ; matières particulaires estimées à 0,4 mg/m ³ dans l'air; = 437,5 mg de matières particulaires d'ÉDP /kg.	Sjodin et coll. 2000	Aucune recommandation
ÉDP	Échantillons d'air extérieur à une installation de recyclage de produits électroniques.	Non détectables.	Sjodin et coll. 1999	Aucune recommandation
ÉDP	Poussière mesurée à l'intérieur de téléviseurs.	320,000 ng/g (32 mg/kg)	Watanabe et coll. 2003	Aucune recommandation
ÉDP	Niveaux de pollution naturelle sur l'eau de surface du lac Ontario.	4 to 13 pg/L	Watanabe et coll. 2003	Aucune recommandation

7.6.1 Le plomb

Le plomb a été au centre des préoccupations en tant que contaminant dans les déchets électroniques car on sait qu'il est présent en très grande quantité dans plusieurs composants électroniques. Il y a eu plusieurs estimations relatives à la concentration de plomb dans la poussière en provenance des déchets électroniques. Il n'y a toutefois pas de mesures quant au niveau de plomb dans les sols, dans l'eau ou les sédiments qui se trouvent à proximité d'installations de recyclage de produits électroniques, sauf à Guiyu, en Chine. Cette installation possède un taux de contamination environnementale extrême. Le plomb est l'un des métaux le plus abondant dans la poussière émise lors du recyclage de déchets électroniques.

Le plomb modifie les fonctions et la structure des reins, des os, du système nerveux central et du système hématopoïétique et produit des effets biochimiques, histopathologiques, neuropsychologiques, fœtotoxiques, tératogéniques et reproducteurs nocifs sur les récepteurs fauniques (Eisler, 1988). Ses effets peuvent être modifiés substantiellement par de nombreuses variables physiques, chimiques et biologiques. Le plomb déposé dans les sols et dans la végétation peut augmenter le niveau de plomb chez les invertébrés du sol. Des études approfondies sur les vers de terre ont permis de démontrer que ces derniers pouvaient accumuler, dans des cas extrêmes, plusieurs centaines de mg/kg de plomb (poids sec). Les petits mammifères qui vivent dans des zones où le dépôt de plomb est très élevé, comme les routes, présentent également des niveaux élevés de plomb dans des organes particuliers. Cependant, les études sur les ruminants indiquent que le plomb est absorbé inefficacement

par le tractus intestinal (Harrison et Laxen, 1981).

Parmi les effets biologiques causés par différentes formes de plomb on retrouve : une réduction du poids chez les enfants, des dommages aux reins chez les jeunes souris (observés à la suite d'une ingestion chronique de 1 000 mg/kg) et une réduction du taux d'éclosion des œufs de cailles (observée à la suite d'une ingestion chronique de 100 mg/kg de diacétate de plomb). La valeur de concentration létale 50 (LC50) d'une période de 30 jours pour la grenouille léopard a été observée sur une quantité de 105 mg/L (dans l'eau), mais certaines sont mortes ou avaient une présence élevée de résidus dans le foie à une quantité de 25 mg/L (Eisler, 1988). Aucun effet n'a été observé chez les crécerelles d'Amérique lors d'une ingestion chronique de 50 mg/kg de plomb métallique dans sa diète. La toxicité admissible relativement aux effets les plus faibles observés pour une variété d'animaux terrestres en ce qui a trait à l'ingestion de plomb se situe entre 9 et 728 ppm. Le niveau d'effet le plus bas pour les souris et les musaraignes, dérivé des niveaux les plus faibles de diacétate de plomb observés chez les rats, est de 159,77 mg/kg pc/jour, # mg/kg (# also missing in English) pour la souris à pattes blanches et de 175,83 mg/kg pc/jour pour les musaraignes. Les études relatives au plomb métallique sur les crécelles d'Amérique ont été utilisées en vue d'établir les indices de 11,3 mg/kg pc/jour pour la buse à queue rousse.

On a trouvé que des concentrations de plomb entre 50 et 1 000 mg/kg dans les sols réduisaient la croissance des plantes. Les effets sur la microflore des sols sont variables (Efroymson et coll., 1997b). Des effets ont été observés à des niveaux qui se situaient entre 375-12 000 mg/kg. Un indice de 500 mg/kg a été établi relativement aux effets du plomb chez les vers de terre, bien que cet indice doive être pris sous toute réserve (Efroymson et coll., 1997b).

Dans les systèmes aquatiques, le plomb est toxique pour le biote d'eau douce et marin y compris les poissons et les invertébrés. Le plomb a tendance à se déposer dans les sédiments; par conséquent, les sédiments sont un médium important par lequel le plomb s'infiltré dans la chaîne alimentaire.

Le plomb est un important bioaccumulateur. Les résultats sur la bioaccumulation du plomb chez les invertébrés du sol (vers de terre) sont largement documentés, mais éminemment variables. Par exemple, les vers de terre dans les sols qui ont une concentration de plomb de 1 000 mg/kg présentent une concentration tissulaire qui varie entre 1 et 1 000 mg/kg, poids sec (Sample et coll., 1998). Les concentrations de plomb chez les plantes sont également très variables, avec un taux d'absorption de moins de 1 p. 100 et il y a rarement de bioaccumulation (Bechtel Jacobs, 1998). Le plomb est également biocumulatif chez le biote-sédiment. Bien qu'un facteur simple d'absorption ait été utilisé en vue de s'approcher du taux d'absorption pour simplifier le calcul, le pourcentage d'absorption de plomb est plus faible à des concentrations plus élevées qu'à des concentrations plus basses (la relation entre l'absorption et la concentration au sol est non linéaire.)

7.6.2 Cadmium

Les effets du cadmium sur les vertébrés incluent une diminution de la croissance, des modifications dans le poids des organes et affectent le système immunitaire (gouvernement du Canada, 1994). Une croissance du taux de cancer et d'effets génotoxiques a été observée chez les rongeurs. Les vers de terre et les autres organismes essentiels au sol sont extrêmement vulnérables à l'empoisonnement au cadmium. La mort peut survenir après une exposition à de faibles concentrations ce qui a des effets sur la structure des sols. Lorsque les concentrations de cadmium sont élevées dans les sols, ces dernières peuvent influencer les traitements du sol par les microorganismes et menacer l'écosystème du sol. Le cadmium tend à être plus mobile que les autres métaux dans l'eau douce. Le cadmium est recyclé dans les environnements marins et est sans cesse supprimé des eaux de surface par la sédimentation (gouvernement du Canada, 1994). Dans les sols, le pH du sol est le facteur principal qui sert à déterminer la mobilité du cadmium. Le cadmium est plus toxique chez les espèces aquatiques exposées à de faibles degrés (de 5 à 7), à une faible salinité et dans l'eau douce (<100 mg/L de carbonate de calcium).

Dans les systèmes aquatiques, des concentrations d'eau aussi faibles que 0,5 µg/ml affectent les poissons; les invertébrés (*Daphnia*) présentent un taux réduit d'efficacité de reproduction à des concentrations de 0,17 g/L. Les plantes sont affectées par des concentrations de 1 microgrammes par gramme d'eau. Les effets du cadmium dans les sédiments ont été observés dans les systèmes marins à des concentrations de 4 mg/kg. Les effets mortels du cadmium chez la grenouille léopard ont été observés à des concentrations d'environ 1 µg/L d'eau. La sensibilité de la flore et de la faune en ce qui a trait au cadmium est bien reconnue (gouvernement du Canada, 1994). Dans les sols, les effets du cadmium tant chez les invertébrés du sol que chez les plantes ont été observés à des concentrations de 2 mg/kg, poids sec. Chez la souris, les valeurs LC50 relativement à l'ingestion de cadmium varient entre 5 et 175 mg/kg pc/j. On a noté que des concentrations beaucoup plus faibles (p. ex. 0,04 mg/kg pc/jour) qui ont été administrées à des rats femelles en gestation avaient des effets sur la progéniture, allant d'une perturbation de l'activité locomotrice aux changements biochimiques. L'altération de la morphologie rénale ou de ses fonctions est reconnue comme étant les résultats finaux les plus largement reconnus de la toxicité au cadmium chez les oiseaux sauvages et les mammifères. Les seuils de toxicité aquatiques sont tirés des tests de LC50 et ses effets chroniques effectués sur *Daphnia* et les poissons. Les indices terrestres sont tirés des tests effectués sur des rats et des canards.

Dans les écosystèmes aquatiques, le cadmium peut se bioaccumuler chez les moules, les huîtres, les crevettes, les homards et les poissons. La sensibilité au cadmium peut varier grandement entre les organismes aquatiques. On sait que les organismes qui vivent en eau salée résistent mieux à l'empoisonnement au cadmium que ceux qui vivent en eau douce. La bioaccumulation peut également se produire dans le système terrestre. La bioaccumulation est non linéaire et est inversement proportionnelle à sa concentration dans les sols.

7.6.3 Le mercure

Il n'y a aucune donnée relativement au niveau de mercure à proximité des installations de traitement de déchets électroniques. Les incidences toxicologiques, qui incluent les anomalies de comportement et la perte de condition ont été observées dans la faune après une ingestion chronique de nourriture qui contenait entre 0,084 et 9,3 mg/kg de mercure, selon la forme du composé ingéré. Les indices toxicologiques pour la faune (établis selon les tests effectués au moyen de différentes formes de mercure sur des souris, des rats, des visons et des canards colverts) sont de : 0,75 mg/kg (de chlorure de mercure) et de 0,053 mg/kg (de dicyandiamide de méthyl-mercure) chez le merle d'Amérique et de 2,1 mg/kg (chlorure de méthyl mercure) chez la souris à pattes blanches.

Des effets ont été observés chez les invertébrés, y compris une réduction de la survie et de la production de cocons à des concentrations aussi faibles que 0,5 mg/kg (Efroymson et coll., 1997b). La concentration toxicologique admissible pour les microorganismes du sol est de 30 mg/kg, et celle des invertébrés du sol (vers de terre) est de 0,1 mg/kg. Très peu d'études ont été faites quant aux effets du mercure chez les plantes. Le seuil de toxicité chez les plantes est de 0,3 mg/kg, mais cet indice n'est pas très fiable (Efroymson et coll., 1997a).

Dans les systèmes aquatiques, le mercure peut entraîner la mort, réduire la fertilisation et perturber le développement des organismes benthiques (CCME, 1999). En outre, dans les systèmes aquatiques, le mercure est facilement transporté vers les sédiments où il se lie aux organismes composés. Les sédiments sont par conséquent une voie d'exposition importante du mercure (CCME, 1999).

Le mercure est un bioaccumulateur notable sous certaines formes, particulièrement sous forme méthylée (Eisler 1987). Cependant, l'étendue d'absorption du mercure est difficile à prévoir (CCME, 1999). Le taux de concentration de mercure dans la poussière émise par les installations de recyclage de produits électroniques n'a pas été publié, mais il est probable qu'une présence élevée de mercure se trouve dans les sols avoisinants les installations de recyclage qui acceptent des lampes mercurifères et l'ingestion de concentrations toxiques de mercure par les plantes ou les invertébrés pourraient représenter un danger important dans ses installations.

7.6.4 Le béryllium

Les dangers relatifs à l'inhalation du béryllium chez l'être humain sont bien documentés, mais on retrouve des écarts importants quant à la compréhension du comportement du béryllium dans l'environnement et dans les organismes individuels. Les résultats de tests sur la poussière de béryllium dans les déchets électroniques n'ont pas été publiés, mais on sait que le béryllium est présent dans la poussière des déchets électroniques (voir la section 4.3.30). Les niveaux de béryllium n'ont pas été mesurés dans l'environnement extérieur à proximité des installations de recyclage.

On sait que le béryllium est très toxique dans les systèmes aquatiques. Sa composition chimique est similaire à celle de l'aluminium et, comme ce dernier, il est plus toxique en eau acide qu'en eau alcaline. Chez la perche, par exemple, des concentrations de béryllium de 10 µg/L ont entraîné une croissance de la mortalité à un niveau pH 4.5, mais des concentrations plus élevées (>50 µg/L) à un pH de 5,5 se sont avérées fatales (Jagoe et coll., 1993). Des concentrations aussi faibles que 5,3 µg Be/L affectent la reproduction des daphnies (INCHEM, 1990). Les valeurs LC50 du béryllium chez les vairons à grosse tête varient entre 0,15 à 0,2 mg/L. On a aussi noté que le béryllium avait un effet sur l'éclosion des œufs de poissons. Des concentrations de béryllium en dessous de 0,08 mg/L ne réduisaient pas le taux de réussite d'éclosion des œufs de carpe sous le niveau de contrôle, mais aucun œuf n'a éclos à des concentrations de béryllium supérieures à 0,2 mg/L (Hildebrand et Cushman, 1978). De très faibles concentrations de béryllium (5 µg/L) peuvent avoir des effets nocifs sur la reproduction des daphnies lors de tests à long terme.

Les seuils de toxicité pour les plantes ont été tirés d'expériences effectuées sur un petit nombre d'espèces (Efroymson, 1997). Le béryllium est phytotoxique, bien que sa toxicité varie en fonction du type de sol, des espèces qui y sont exposées et du pH (Sajwan, 1996). Le béryllium radiculaire a réduit la biomasse du soja de 90 p. 100 à 150 mg/kg de sol. Les espèces de plantes de différentes familles ont présenté un déclin de croissance lorsqu'elles étaient exposées au béryllium présent dans les solutions nutritives à des concentrations aussi faibles que 0,5 mg/L (Carlson et coll., 1991).

On comprend très peu les effets du béryllium chez les organismes terrestres. Il n'y a aucun seuil de toxicité pour les vers de terre. Les seuils de toxicité pour les musaraignes et les souris sont tirés d'expériences effectuées sur des rats (Sample et coll., 1996). Les cobayes ont également servi de modèle pour les études sur les êtres humains. Les résultats principaux pour ces organismes sont des troubles respiratoires (incluant le cancer) et des dermatites, bien que seuls les cobayes aient démontré une hypersensibilité au béryllium (INCHEM, 1990). Il n'y a aucun seuil de toxicité pour les oiseaux, car aucune expérience comparable n'a été effectuée chez ces derniers (INCHEM, 1990). Des études ont aussi démontré des effets chromosomiques, la cancérogénicité et l'inhibition enzymatique (INCHEM, 1990).

Le béryllium ne semble pas être biocumulatif (INCHEM, 1990). Toutefois, certaines plantes qui vivent à proximités des lieux d'émissions de poussière de béryllium peuvent accumuler le béryllium jusqu'à des concentrations qui vont de 0,7 à 136,6 µg/g (Sarosiek et Kosiba, 1993). On a signalé que le béryllium était biocumulatif chez les caryers (*Carya* spp. : INCHEM, 1990).

7.6.4.1 Effets synergiques de la combinaison de métaux

Plusieurs métaux interagissent avec d'autres et produisent du coup des effets toxiques synergiques. Par exemple, le plomb et le mercure interagissent avec le cuivre. Néanmoins, ces interactions peuvent être soit avantageuses, soit dangereuses pour l'organisme (Eisler, 1998). Les schémas d'accumulation de cuivre, de sa toxicité et de son métabolisme diffèrent

souvent des schémas produits par le cuivre seul. Les mélanges de cuivre et de sels de zinc chez les poissons de mer et les poissons d'eau douce ont une toxicité plus importante. D'autres études ont cependant démontré que l'ajout de zinc dans les régimes de mammifères protégeait ces derniers d'une toxicose au cuivre. Il a été démontré que le zinc protégerait également contre la toxicose au plomb (Eisler, 1993). Il y a peu de renseignements qui portent particulièrement sur les effets supplémentaires des métaux dans des concentrations telles que celles que l'on retrouve dans des installations génériques. Ces effets supplémentaires ne seront pas étudiés en profondeur dans le présent rapport, mais ils représentent sans doute un facteur important lorsque l'on examine la toxicité des métaux individuels.

7.6.5 Éthers diphényles polybromés

Le produit chimique à composé organique halogéné d'importance signalé dans les déchets électronique est l'éther diphényle polybromé (ÉDP) que l'on utilise dans les composantes électroniques en tant qu'ignifuge. On vient à peine d'explorer les effets de l'accumulation des ÉDP dans le sang humain exposé aux ÉDP dans l'environnement de travail (Sjodin et coll., 1999), mais il y a très peu d'analyses qui portent sur le rôle de ce groupe de contaminants dans un contexte écologique. L'estimation des ÉDP dans les sols qui a été utilisée dans le présent rapport provient de manière très approximative des niveaux d'ÉDP signalés dans les échantillons d'air, et la concentration a été calculée à partir d'une comparaison obtenue de concentrations de particules dans l'air.

Des études approfondies relativement à la présence d'ÉDP dans l'environnement ont été menées par de Wit (2002) et Watanabe et coll., (2003). De Wit a remarqué que des études environnementales menées principalement en Europe, au Japon et en Amérique du Nord, démontraient que ces produits chimiques étaient très répandus dans les sédiments et les biotes, même dans des régions septentrionales éloignées, ce qui indiquerait leur biodisponibilité, leur capacité biocumulative dans différents organismes ainsi que leur tendance à être transportés dans l'atmosphère sur de grandes distances. Après que différents récepteurs écologiques ont été exposés à une variété d'ignifuges, on a enregistré des rapports négatifs importants en ce qui concerne les effets sur la santé, semblables à ceux de la dioxine sur la sécrétion de la glande thyroïde et des œstrogènes (Watanabe *et coll.*, 2003).

On retrouve peu d'études sur les effets des ÉDP sur des organismes non humains. Certains métabolites d'ÉDP peuvent être des concurrents puissants de la thyroxine et, s'ils sont présents dans la nature, pourraient dérégler la fonction normale de la thyroïde dans la faune (de Wit, 2002). Certains métabolites pourraient causer le cancer chez les petits mammifères et certains composés sont immunotoxiques. Les fonctions cérébrales de jeunes souris ont été affectées à la suite d'une exposition à des ignifuges (Viberg, 2003). La réduction des chances de réussite de reproduction des poissons de même que différents effets métaboliques ont été signalés. Aucune étude n'a été faite sur ces contaminants et leurs effets sur les invertébrés et les plantes. Les indices indiqués au Tableau 4 sont tirés des études faites à partir de souris de laboratoire pour les musaraignes et les souris sylvestres.

Les ÉDP sont biocumulatifs, mais peu de recherches ont été faites en vue de caractériser la quantité de concentration dans les organismes terrestres et d'eau douce. Des estimations ont été mesurées pour les organismes marins et les estimations les plus élevées indiquaient des facteurs de 1 300 000 en passant de l'eau aux moules. Les facteurs variaient entre 3,5 et 19 du poisson au phoque, du poisson à l'oiseau et du poisson au poisson dans les systèmes marins (de Wit, 2002).

7.7 Évaluation des risques

Tel que ceci est décrit dans le Cadre pour l'évaluation des dangers pour l'écologie (CCME, 1996), l'étendue et la nature du risque ainsi que le niveau d'incertitude associé à l'estimation du risque provient de l'analyse des renseignements accessibles en vue de déterminer si le projet devrait passer au stade de EDE quantitative préliminaire. Cette évaluation qualitative des risques et de l'incertitude est établie en fonction des renseignements obtenus à partir de l'évaluation de l'exposition, de la caractérisation du récepteur et des composantes de l'évaluation du danger des sections précédentes.

Les méthodes qualitatives et de quotients ont été utilisées pour cette caractérisation des risques. Le quotient est calculé en prenant la concentration environnementale et l'indice de concentration. Les quotients inférieurs à 1 sous-entendent que le risque est léger et que peu ou pas de mesures sont requises. Les quotients situés près de 1 représentent un degré d'incertitude dans l'évaluation du risque et nécessitent habituellement des données additionnelles. Les quotients supérieurs à 1 indiquent que le risque est plus grave et que des mesures réglementaires pourraient être prises.

Les tableaux 5 et 6 résument le danger, l'exposition et les indices pour toutes les espèces EIE des environnements terrestres et aquatiques. Les hypothèses suivantes ont été utilisées pour calculer les quotients de risques (tel que mentionné à la section 4) :

- l'inhalation n'a pas été calculée, et il est peu probable que ce risque soit important en relation avec l'ingestion du sol et de la nourriture. Les seuls tests sur les contaminants (ÉDP) dans l'air à l'extérieur d'une installation de recyclage de produits électroniques se sont avérés négatifs (Sjodin et coll., 1999). Une installation de recyclage de déchets électroniques est une source d'attraction négligeable pour les espèces sauvages. Les souris qui pourraient être à l'intérieur de l'installation sont probablement des souris communes (*Mus musculus*), une espèce non indigène qui risque de rester sur les lieux. De plus, il y a peu d'indices qui pourraient être appliqués à l'inhalation de métaux ou d'ÉDP dans la faune;
- l'hypothèse a été émise selon laquelle la poussière se déposerait dans l'environnement terrestre étant donné sa proximité des plantes. Les sédiments et l'eau dans l'environnement aquatique seraient alors contaminés par le ruissellement de la plante;
- l'ingestion d'eau contaminée n'a pas été retenue, étant donné que la plupart des EIE n'obtiendraient pas leur eau à partir d'une source d'eau contaminée et quoi qu'il en soit, il y a peu de données quant aux niveaux que l'on retrouve dans l'eau;
- l'ingestion de poussière a été traitée comme s'il s'agissait de l'ingestion de sol, car il

était impossible d'estimer comment le taux d'ingestion varierait entre l'ingestion de poussière et l'ingestion de sol (et il n'y a aucune donnée relative à la contamination du sol);

- les seuils de toxicité sont calculés principalement à partir des documents de la « *U.S. Environmental Protection Agency* » sur lesquels on retrouve une liste des doses minimales avec effet observé (DMEO) pour chaque espèce individuelle. Cette liste fournit plus de renseignements sur les risques potentiels des EIE et l'utilisation des DMEO en tant que seuils de toxicité et indique qu'il y aurait des impacts si les quotients de risques étaient supérieurs à 1. Les lignes directrices du CCME se trouvent dans les tableaux 3 et 4 mais n'ont pas été utilisées comme seuils de toxicité, car elles sont génériques à toutes les formes vivantes. Ces lignes directrices sont calculées en appliquant les facteurs d'incertitude aux seuils des DMEO et des doses minimales sans effet observé (DMSEO) connus.

Tableau 16. Évaluation des risques pour les plantes et les animaux dans un environnement terrestre d’un site générique

PLOMB	Danger et exposition (les niveaux les plus bas et les plus élevés indiquent les rapports scientifiques relatifs aux mesures de la poussière en provenance des opérations de recyclage . Guiyu indique les niveaux mesurés dans les sédiments à l’installation de Guiyu, voir le texte).			Seuils de toxicité (établis en fonction des doses minimales avec effets nocifs (DMEO) selon Sample et coll., 1996 Efroymson et coll., 1997a,b, sauf indication contraire)	Quotients de risque (Exposition potentielle et seuil d’exposition)
Espèces	Sols (le plus faible 200 mg/kg, le plus élevé 9 400 mg/kg. Guiyu 23 400 mg/kg.	Plantes (facteur d’absorption de 0,5).	Invertébrés (le plus faible facteur d’absorption 5, le plus élevé 10, Guiyu 4)		
Poaceæ	Exposition des racines au niveau le plus bas 200 mg/kg, le plus élevé 9 400 mg/kg. Guiyu 23 400 mg/kg.	Aucun.	Aucun.	250 mg/kg.	Quotients de risque à partir des sols : 0,8, 38, 94
Brassicaceae	Exposition des racines au niveau le plus bas 200 mg/kg dans le sol, maximum de 9 400 mg/kg dans le sol. Guiyu 23 400 dans le sol.	Aucun.	Aucun	1 000 mg/kg.	Quotients de risque à partir des sols : <1, 9,4, 23,4.
Vers de terre	Exposition générale niveau au niveau le plus bas 200 mg/kg, le plus élevé 9 400 mg/kg. Guiyu 23 400 mg/kg.	Aucun.	Aucun.	500 mg/kg.	Quotients de risque : <1, 18,8, 46,8.
Grenouille léopard	Négligeable.	Négligeable.	Oui (aucune donnée).	Aucune donnée.	Aucune donnée.

Souris sylvestre	Ingestion du sol : niveau le moins élevé 0,74mg/kg/pc/jour, le plus élevé, 34,7 mg/kg/jour. Guiyu 86,3 mg/kg/pc/jour	Ingestion de la plante par plante : le niveau le moins élevé : 18,081 mg/kg/pc/jour, le plus élevé, 849,8 mg/kg/pc/jour. Guiyu 2 115,5 mg/kg/pc/jour.	Négligeable.	159,77 mg/kg/pc/jour.	Quotients de risque à partir des sols : <1, <1, <1. Quotients de risque à partir des plantes : <1, 4,8, 13,2.
Musaraigne	Ingestion du sol, niveau le plus bas : 2,5 mg/kg/pc/jour, le plus élevé, 117,4 mg/kg/pc/jour, Guiyu 292,3 mg/kg/pc/jour.	Aucun.	Ingestion des invertébrés : niveau le plus bas : 83,6 mg/kg/pc/jour, le plus élevé : 7 859,1 mg/kg/pc/jour. Guiyu : 7 825,6 mg/kg/pc/jour.	175,3 mg/kg/pc/jour	Quotients de risque à partir des sols : < 1, < 1, < 1,7. Quotients de risque à partir des invertébrés : <1, 44,7, 44,5.

Buse à queue rousse	Négligeable.	Négligeable.	Négligeable.	116,73 mg/kg/pc/ pour des buses à queue rousse similaires).	Estimation de l'exposition aux contaminants par ingestion de souris qui ont consommé du sol et des plantes pendant une journée : Niveau le plus bas : 0,76 mk/kg (QR<1) Niveau le plus élevé : 35,7 mg/kg/pc (QR <1) Guiyu : 88,9 mg/kg/pc (QR <1) Estimation de l'exposition aux contaminants par ingestion de musaraignes qui ont consommé du sol et des invertébrés pendant une journée : Niveau le plus bas : 1,27 mg/kg/pc (QR<1) Niveau le plus élevé : 118,8 mg/kg/pc (QR <1) Guiyu : 119,5 mg/kg/pc (QR <1)
----------------------------	--------------	--------------	--------------	---	---

CADMIUM	Danger et exposition (les niveaux les plus bas et les plus élevés indiquent les rapports scientifiques relatifs aux mesures de la poussière en provenance des opérations de recyclage. Guiyu indique les niveaux mesurés dans les sédiments à l’installation de Guiyu, voir le texte).			Seuils de toxicité (établis en fonction des doses minimales avec effets nocifs (DMEO) selon Sample et coll., 1996 Efroymson et coll., 1997a,b, sauf indication contraire)	Quotients de risque (Exposition potentielle et seuil d’exposition)
Espèces	Poussière et sol (moyenne de 15 mg/kg Guiyu 360 mg/kg)	Plantes (facteur d’absorption = 3,2)	Invertébrés (facteur d’absorption = 41)		
Poaceæ	Exposition des racines à une moyenne de 15 mg/kg Guiyu 360 mg/kg	Aucune exposition	Aucune	5 mg/kg	À partir du sol : 3 (moyenne) à 72 (Guiyu)
Brassicaceæ	Exposition des racines à une moyenne de 15 mg/kg Guiyu 360 mg/kg	Aucune	Aucune	2,5 mg/kg	À partir du sol : 6 (moyenne) à 144 (Guiyu)
Vers de terre	Exposition générale à une moyenne de 15 mg/kg. Guiyu 360 mg/kg.	Aucun.	Aucun.	20 mg/kg.	Moyenne à partir des sols QR : <1, Quiyu QR 18.
Grenouille léopard	Aucune donnée.	Aucune donnée.	Oui (aucune donnée).	Aucune donnée.	Aucune donnée.

Souris	Moyenne d'ingestion du sol : 0,06 mg/kg/p c/jour. Guiyu : 1,33 mg/kg/pc/jour	Moyenne d'ingestion de plantes : 8,7 mg /kg/pc/jour. Guiyu : 208,3 mg/kg/pc/jour.	Négligeable.	19,26 mg/kg/pc/jour.	Sols. Moyenne : <1, Guiyu : <1. Plantes. Moyenne : <1, Guiyu : 10,8.
Musaraigne	Moyenne d'ingestion du sol : 0,06 mg/kg/p c/jour. Guiyu : 4,5 mg/kg /pc/jour.	Aucun.	Moyenne d'ingestion d'invertébrés : 83,6 mg/kg/pc/jour. Guiyu : 752,5 mg/kg/pc /jour.	21,2 mg/kg/pc/jour	Sols. Tous les quotients : < 1 Invertébrés. Moyenne : QR < 3,9, Guiyu 35,5.
Buse à queue rousse	Négligeable.	Négligeable.	Négligeable.	20,0 mg/kg/pc	Estimation de l'exposition aux contaminants par ingestion de souris qui ont consommé du sol et des plantes pendant une journée : Niveau le plus bas : 0,33mg/kg (QR<1) Guiyu : 8,45 mg/kg/pc (QR <1) Estimation de l'exposition aux contaminants par ingestion de musaraignes qui ont consommé du sol et des invertébrés pendant une journée : Niveau le plus bas : 2,14 mg/kg/pc (QR<1) Guiyu : 18,8 mg/kg/pc (QR <1)

MERCURE	Danger et exposition (les niveaux les plus bas et les plus élevés indiquent les rapports scientifiques relatifs aux mesures de la poussière en provenance des opérations de recyclage. Guiyu indique les niveaux mesurés dans les sédiments à l’installation de Guiyu, voir le texte).			Seuils de toxicité (établis en fonction des doses minimales avec effets nocifs (DMEO) selon Sample et coll., 1996 Efroymson et coll., 1997a,b, sauf indication contraire)	Quotients de risque (Exposition potentielle et seuil d’exposition)
Espèces	Sédiment (Guiyu 0,4 mg/kg.)	Plantes (facteur d’absorption = 5).	Invertébrés (facteur d’absorption = 10)		
Poaceæ	Exposition des racines au sol 0,4 mg/kg.	Aucun.	Aucun.	0,3mg/kg.	Quotients de risque 1,3.
Brassicaceæ	Exposition des racines au sol 0,4 mg/kg.	Aucun.	Aucun	0,3 mg/kg.	Quotients de risque 1,3.
Vers de terre	Exposition générale au sol 0,4mg/kg.	Aucun.	Aucun.	0,1	Quotients de risque 4
Grenouille léopard	Aucun.	Aucun.	Oui (aucune donnée).	Aucune donnée.	Aucune donnée.
Souris sylvestre	Ingestion du sol : 0,001 mg/kg/pc/jour	Ingestion de plantes : 0,36 mg/kg/pc/jour.	Aucun	0,32 mg/kg/pc/jour.	Quotients de risque à partir des sols : < 1. Quotients de risque à partir des plantes : 1.
Musaraigne	Ingestion du sol : 0,005 mg/kg/pc/jour	Aucun.	Ingestion d’invertébrés : 0,334 mg/kg/pc/jour.	0,35 mg/kg/pc/jour.	Quotients de risque à partir des sols : < 1. Quotients de risque à partir des plantes : 1.

Buse à queue rousse	Négligeable.	Négligeable.	Négligeable.	0,064 mg/kg/pc/ pour des buses à queue rousse similaires).	Estimation de l'exposition aux contaminants par ingestion de souris qui ont consommé du sol et des plantes pendant une journée : Guiyu : 0,01 mg/kg/pc (QR <1) Estimation de l'exposition aux contaminants par ingestion de musaraignes qui ont consommé du sol et des invertébrés pendant une journée : Guiyu : 0,005 mg/kg/pc (QR <1)
----------------------------	--------------	--------------	--------------	--	---

BÉRYLLIUM Note : le calcul de la concentration est très approximatif.)	Danger et exposition (les niveaux les plus bas et les plus élevés indiquent les rapports scientifiques relatifs aux mesures de la poussière en provenance des opérations de recyclage . Guiyu indique les niveaux mesurés dans les sédiments à l’installation de Guiyu, voir le texte).			Seuils de toxicité (établis en fonction des doses minimales avec effets nocifs (DMEO) selon Sample et coll., 1996 Efroymson et coll., 1997a,b, sauf indication contraire)	Quotients de risque (Exposition potentielle et seuil d’exposition)
Espèces	Sol (30 000 mg/kg à partir d’échantillons de poussière en provenance d’une installation de traitement d’alliages)	Plantes (aucune donnée sur le facteur d’absorption).	Invertébrés (aucune donnée sur le facteur d’absorption).		
Poaceae	Exposition des racines à 30 000 mg/kg	Aucun.	Aucun.	10 mg/kg.	Aucune donnée.
Brassicaceae	Exposition des racines à 30 000 mg/kg	Aucun.	Aucun	10 mg/kg.	Aucune donnée.
Vers de terre	30 000 mg/kg.	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée.	
Grenouille léopard	Négligeable.	Négligeable.	Oui (aucune donnée).	Aucune donnée.	Aucune donnée.

Souris sylvestre	Ingestion du sol : 110,7 mg/kg/pc/jour	Oui (aucune donnée).	Négligeable.	1,45 mg/kg/pc/jour. (DMSEO)	Quotients de risque à partir des sols : 76
Musaraigne	Ingestion du sol : 374,8 mg/kg/pc/jour	Négligeable.	Oui (aucune donnée).	1,45 mg/kg/pc/jour. (DMSEO)	Quotients de risque à partir des sols : 258.
Buse à queue rousse	Négligeable.	Négligeable.	Négligeable.	0,65 mg/kg/pc/ calculé à partir de la DMSEO d'une souris.	Estimation de l'exposition aux contaminants par ingestion de souris qui ont consommé du sol et des plantes pendant une journée : 110,7 mg/kg/pc QR <173 Estimation de l'exposition aux contaminants par ingestion de musaraignes qui ont consommé du sol et des invertébrés pendant une journée : 374,8 mg/kg/pc QR 576,6.

ÉDP Note : le calcul de la concentration est très approximatif.)	Danger et exposition (les niveaux les plus bas et les plus élevés indiquent les rapports scientifiques relatifs aux mesures de la poussière en provenance des opérations de recyclage . Guiyu indique les niveaux mesurés dans les sédiments à l’installation de Guiyu, voir le texte).			Seuils de toxicité (établis en fonction des doses minimales avec effets nocifs (DMEO) selon Sample et coll., 1996 Efroymson et coll., 1997a,b, sauf indication contraire)	Quotients de risque (Exposition potentielle et seuil d’exposition)
Espèces	Poussière (estimation la plus élevée du poids d’ÉPD et de matières particulaires estimé à partir d’échantillons d’air à une installation de recyclage 437,5 mg/kg; estimation la plus basse de poussières à l’intérieur des postes de télévision 32 mg/kg)	Plantes (aucune donnée sur le facteur d’absorption).	Invertébrés (aucune donnée sur le facteur d’absorption dans le système terrestre).		
Poaceae	Exposition des racines au plus haut niveau 437,5 mg/kg; au plus bas : 32 mg/kg.	Aucun.	Aucun.	Aucune donnée.	Aucune donnée.
Brassicaceae	Exposition des racines au plus haut niveau 437,5 mg/kg; au plus bas : 32 mg/kg.	Aucun.	Aucun	Aucune donnée.	Aucune donnée.
Grenouille léopard	Négligeable.	Négligeable.	Oui (aucune donnée).	Aucune donnée.	Aucune donnée.

Souris sylvestre	Ingestion du sol au plus haut niveau : 1,6 mg/kg/pc/jour; au plus bas : 0,1 mg/kg/pc/jour.	Oui (aucune donnée).	Négligeable.	0,8 mg/kg/pc/jour (calculé à partir de la DMEO d'une souris de laboratoire au taux de 0,8 mg/kg/pc/jour selon de Wit 2002).	Quotient de risque à partir des sols : le plus bas : < 1, le plus élevé : 2. Aucune donnée pour le quotient de risque des plantes.
Musaraigne	Ingestion du sol au plus haut niveau : 5,5 mg/kg/pc/jour; au plus bas : 0,4 mg/kg/pc/jour.	Aucun.	Aucune donnée.	0,9 mg/kg/pc/jour (calculé à partir de la DMEO d'une souris de laboratoire au taux de 0,8 mg/kg/pc/jour selon de Wit 2002)	Quotient de risque à partir des sols : le plus bas : < 1, le plus élevé : 6,1. Aucune donnée pour le quotient de risque pour les invertébrés.
Buse à queue rousse	Négligeable.	Négligeable.	Négligeable.	0,4 mg/kg/pc/jour (calculé à partir de la DMEO d'une souris de laboratoire au taux de 0,8 mg/kg/pc/jour selon de Wit 2002; estimation très approximative en raison de l'incertitude de l'extrapolation du transfert entre un mammifère et un oiseau).	Quotient de risque le plus faible : < 1, le plus élevé la musaraigne 14, la souris 4.

Tableau 17. Évaluation des risques pour les plantes et les animaux dans un environnement aquatique situé à proximité d’un site générique

CADMIUM	Danger et exposition			Seuils de toxicité (établis en fonction des valeurs préalables des sédiments ou des plus basses valeurs chroniques. Sources : Jones et coll., 1997,Suter et Tsao 1996, Efroymsen et coll., 1997, sauf indication contraire)	Quotients de risque (Concentration environnementale prévue ou concentration admissible)
Espèces	Sédiment (Guiyu maximum 360 mg/kg)	Eau (Guiyu maximum : 0,033 mg/L)	Invertébrés (Facteur d’absorption à partir des sédiments : 9,2)	Seuils de toxicité (établis en fonction des valeurs préalables des sédiments ou des plus basses valeurs chroniques. Sources : Jones et coll., 1997,Suter et Tsao 1996, Efroymsen et coll., 1997, sauf indication contraire)	
Poaceae	Exposition des racines à 360 mg/kg.	Exposition des racines à 0,33 mg/L.	Aucun.	Sédiment : 5 mg/kg. Eau : 0,15 µg/L	Sédiment : QR 72 Eau : QR 3,3.

Invertébrés	Exposition générale à 360 mg/kg.	0,33 mg/L.	Négligeable.	Indice général pour le sédiment dans la vie aquatique : 0,6 mg/kg. Eau : 0,15 µg/L.	Sédiment : QR 600 Eau : QR 2 200. Remarque : les niveaux dans les sédiments excèdent le niveau des effets sérieux de 110 mg/kg (Jones et al, 1997).
Grenouille léopard	Exposition générale à 23 400 mg/kg. lors de l'hibernation.	Exposition générale à 18,5 mg/L pour 24 mg/L dans l'eau.	Ingestion d'invertébrés : 22 464 mg/kg.	Indice général pour le biote associé aux sédiments 30,2 mg/kg. Eau : propres aux espèces de grenouilles) : 0,47 mg/L (Devilliers et exbrayat, 1992)	Sédiment : QR : 775. Eau : QR de lexiviat 39; Guiyu : 51.
Vairon à grosse tête	Ingestion de sédiments : 23 400 mg/kg	Exposition générale au lexiviat : 18,5 mg/L. Guiyu : 24 mg/L.	Ingestion d'invertébrés : 22 464 mg/kg.	Indice général pour le biote associé aux sédiments 30,2 mg/kg. Eau : 18,8 µg/L.	Sédiment : QR : 775. Eau : QR de lexiviat 980; Guiyu : 1271. Invertébrés : 744 (au moyen de l'indice des sédiments).

PLOMB	Danger et exposition			Seuils (établis en fonction des valeurs préalables des sédiments ou des plus basses valeurs chroniques. Sources : Jones et coll., 1997, Suter et Tsao 1996, Efroymsen et coll., 1997, sauf indication contraire)	Quotients de risque (Concentration environnementale prévue ou Indice de concentration)
Espèces	Sédiment (Guiyu maximum 23 400 mg/kg)	Eau (Moyenne l'eau de lessivage 18,5 mg/L; Guiyu : 24 mg/L)	Invertébrés (Facteur d'absorption à partir des sédiments : 0,96)		
Poaceae	Exposition des racines à 23 400 mg/kg.	Exposition des racines à 18,5 mg/L. 24 mg/L.	Aucun.	Sédiment : 250 mg/kg. Eau : 0,75 mg/L.	À partir du sol : QR 93,6. Eau : QR de lexiviat : 25. Guiyu : 32.
Invertébrés benthiques	Exposition générale à 23 400 mg/kg.	Exposition générale à 18,5 mg/L. 24 mg/L.	Négligeable.	Sédiment : Indice général pour les biotes associés aux sédiments : 91,3 mg/kg. Eau : 12,26 µg/L.	Sédiment : QR 93,6. Eau : QR de l'eau de lessivage : 1509. Guiyu : 1958. Remarque : les niveaux dans les sédiments excèdent également les effets sérieux de l'indice de 250 mg/kg (Jones et al, 1997)

Grenouille léopard	Exposition cutanée aux sédiments à 360 mg/kg lors de l'hibernation.	Exposition générale lors de l'étape aquatique 0,33 mg/L dans l'eau.	Potentiel d'exposition lors de l'ingestion d'invertébrés à 3 312 mg/kg.	Indice général pour le sédiment dans la vie aquatique : 0,6 mg/kg. Eau : 15,81 mg/L lors de l'étape du têtard (Leftcort et coll., 1998). Ingestion : Aucune donnée.	Sédiment : QR : 600. Eau : QR <1 Invertébrés : Aucun seuil. Remarque : les niveaux dans les sédiments excèdent le niveau des effets sérieux de 110 mg/kg (Jones et al, 1997).
Vairon à grosse tête	Exposition d'ingestion à 360 mg/kg dans les sédiments.	Exposition générale à 0,33 mg/L dans l'eau.	Potentiel d'exposition lors de l'ingestion d'invertébrés à 3 312 mg/kg.	Indice général pour le sédiment dans la vie aquatique 1 mg/kg. Eau : 1,7 µg/L. Invertébrés : Aucun indice.	Sédiment : QR : 360 Eau : 194 Invertébrés : Aucun indice. Remarque : les niveaux dans les sédiments excèdent le niveau des effets sérieux de 110 mg/kg (Jones et al, 1997).

MERCURE	Danger et exposition			Seuils (établis en fonction des valeurs préalables des sédiments ou des plus basses valeurs chroniques. Sources : Jones et coll., 1997, Suter et Tsao 1996, Efroymsen et coll., 1997, sauf indication contraire)	Quotients de risque (Concentration environnementale prévue ou concentration admissible)
Espèces	Sédiment (0,4 mg/kg)	Eau (< ,001)	Invertébrés (Facteur d'absorption : 2,9)	Seuils (établis en fonction des valeurs préalables des sédiments ou des plus basses valeurs chroniques. Sources : Jones et coll., 1997, Suter et Tsao 1996, Efroymsen et coll., 1997, sauf indication contraire)	
Poaceae	Exposition des racines à 0,04 mg/kg.	Aucune donnée.	Aucune exposition.	Sédiment : 0,03 mg/kg. Eau : 5 mg/L.	Sédiment : QR 1,3. Eau : QR <1
Invertébrés associés aux sédiments	Exposition cutanée et d'ingestion à 0,04 mg/kg.	Exposition générale à <0,001 mg/kg.	Négligeable.	Indice général pour le sédiment dans la vie aquatique : 0,486 mg/kg. Eau : 0,96 µg/L.	Sédiment : QR 2 Eau : QR <1

Grenouille léopard	Exposition cutanée à 0,4 mg/kg dans les sédiments.	Exposition générale à <0,001 mg/kg.	Exposition potentielle d'ingestion à 1,16 mg/kg.	Indice général du sédiment pour la vie aquatique : 0,486 mg/kg. Eau : 0,0073 mg/L (Devilliers et Exbrayat, 1992) Ingestion : aucune donnée.	Sédiment : Quotient de risque : 2. Eau, quotient de risque <1.
Vairon à grosse tête	Exposition d'ingestion à 0,4 mg/kg dans les sédiments.	Exposition générale à <0,001 mg/kg.	Exposition potentielle d'ingestion à 1,16 mg/kg.	Indice général du sédiment pour la vie aquatique : 0,486 mg/kg. Eau : <0,23 g/L.	Sédiment : Quotient de risque : 0,8. Eau, quotient de risque <1.

Il n'y avait pas assez de données sur le béryllium et les ÉDP pour procéder à l'évaluation des risques dans l'environnement aquatique.

Remarque : Données insuffisantes pour élaborer une évaluation des risques associés au béryllium et aux ÉDP dans l'eau ou les sédiments.

7.8 Conclusions, niveaux d'incertitude et recommandations

La présente évaluation démontre que tous les niveaux trophiques peuvent faire face à des risques occasionnés par le traitement des déchets électroniques si de la poussière contaminée parvient à migrer à l'extérieur de l'installation et réussit à se mêler à l'air ou à se déposer dans les sols, les sédiments, dans l'eau de surface et dans l'eau souterraine. L'eau peut également être contaminée si des composantes recyclées sont emmagasinées à l'extérieur et que l'eau de pluie provoque une lixiviation.

Les risques liés aux effets toxiques à partir des métaux lourds sont très élevés pour tous les organismes exposés directement aux sols, y compris les plantes, les amphibiens et les mammifères qui vivent dans des terriers et qui ingèrent les vers de terre (les vers de terre ont tendance à accumuler le sol dans leur tube digestif). Les quotients de risques pour les organismes exposés aux sols sont plus élevés en ce qui a trait au plomb, suivi dans l'ordre par le cadmium et le mercure. Selon les découvertes mentionnées à la section sur la santé et sécurité au travail du présent rapport, il semble que le mercure ne soit pas supérieur au niveau prescrit par les lignes directrices quant à l'exposition humaine. Cependant, le mercure est une substance chimique préoccupante en ce qui a trait à l'environnement aquatique en raison de sa tendance biocumulative. Les données sont très incertaines au sujet du béryllium et des ÉDP, mais si ces composés se trouvent dans la poussière aux niveaux de concentration estimés, ils pourraient représenter un risque important à l'environnement pour tous les niveaux trophiques.

Les risques associés aux effets toxiques des métaux lourds, en particulier le plomb, sont également élevés pour les plantes et les invertébrés qui y sont exposés et qui vivent dans les sols sur le lieu de l'installation, car leurs niveaux d'absorption des métaux lourds peuvent être très élevés. Toutefois, un certain degré d'incertitude est associé à cet énoncé, étant donné l'extrême variabilité du taux d'absorption et les concentrations potentielles maximales prévues peuvent ne pas représenter le vrai taux de concentration. On retrouve également un risque potentiel d'exposition des organismes trophiques supérieurs tels la buse à queue rousse, les rongeurs et autres proies qui présentent une accumulation de métaux, étant donné que la plupart des métaux qui se trouvent sur le site sont reconnus comme étant des bioaccumulateurs. Néanmoins, comme nous ne connaissons pas le taux des niveaux de métaux présents dans les niveaux trophiques inférieurs, il est impossible de créer un modèle adéquat de la bioaccumulation de ces métaux.

Plusieurs facteurs contribuent à ce degré élevé d'incertitude associé à l'évaluation des risques d'un site générique. Parmi les facteurs d'importance on remarque que :

- il n'y a presque aucune mesure empirique relativement aux concentrations de contaminants préoccupants à proximité des sites de déchets électroniques en Amérique du Nord;

- les niveaux de contamination dans la poussière sont très variables en fonction du type de déchets acceptés dans l'installation de recyclage;
- les niveaux de contaminants dans les sols, les sédiments et l'eau peuvent être extrêmement variables en raison des pratiques environnementales changeantes;
- la biodisponibilité présente dans la poussière des contaminants peut varier en fonction d'autres composantes dans la poussière, l'eau de lessivage et de l'environnement dans lequel ils se sont déposés;
- on ignore si les contaminants peuvent passer de la poussière vers le sol, les sédiments ou l'eau ou encore quelle forme ils auront sous ces voies d'exposition;
- il n'y a aucun calcul précis quant aux indices sur le béryllium et les ÉDP.

En raison de cette incertitude, nous recommandons de procéder à une évaluation des risques à un niveau supérieur qui devrait inclure les points suivants :

- la mesure et la caractérisation des métaux (notamment le plomb, le cadmium et le mercure) et des ÉDP dans les sols et les sédiments aquatiques à proximité des installations de recyclage des déchets électroniques. L'échantillonnage devrait être assez important afin de regrouper une variété de plantes dans diverses pratiques environnementales et devrait porter tout particulièrement dans les secteurs les plus propices à la contamination par la poussière dans l'air ou au drainage de l'eau : devant les portes de chargement, près des systèmes de ventilation, près des points de rejet des drains et dans les points de déversement de l'eau souterraine;
- les épreuves biologiques devraient être menées selon les contaminants présents dans la poussière et absorbés par les vers de terre et les organismes benthiques en vue de caractériser la biodisponibilité des contaminants préoccupants dans les déchets de poussière;
- la nécessité d'une évaluation de niveau supérieur après avoir mieux caractérisé les niveaux de concentration des substances chimiques préoccupantes afin de mieux comprendre les risques sur l'écosystème;
- la participation d'Environnement Canada afin d'encourager l'élaboration de normes et de lignes directrices au sujet du béryllium et des ÉDP;
- la mise en œuvre de normes environnementales et de sécurité de même que des Meilleures pratiques de gestion pour toutes les installations afin de limiter la quantité de déversement d'eau et de dépôt de poussière dans l'environnement.

7.9 Références sur l'évaluation des risques écologiques

BANFIELD, A. W. F., *Les mammifères du Canada*, Toronto, University of Toronto Press, Musée National des Sciences Naturelles, 1974.

BASEL ACTION NETWORK, *Exporting harm: the high-tech trashing of Asia*. C/O Asia Pacific, Seattle, Washington, Environmental Exchange, 2002.

BECHTEL JACOBS COMPANY, *Empirical models for the uptake of inorganic chemicals from soil by plants*, rapport préparé pour l'U.S. Department of Energy, Office of Environmental Management, BJC/OR-133, a1998.

BECHTEL JACOBS COMPANY LLC, *Biota sediment accumulation factors for invertebrates: review and recommendations for the Oak Ridge Reservation*, rapport préparé pour l'U.S. Department of Energy, BJC/OR-112, 1998b.

BRANDL, H., R. BOSSAHRD et M. WEGMANN, «Computer-munching microbes: metal leaching from electronic scrap by bacteria and fungi», dans *Hydrometallurgy*, vol. 59, 2001, p. 319-326.

CCME (CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT), *Cadre pour l'évaluation des dangers pour l'écologie : Orientation générale*, rapport préparé pour le sous-comité du CCME sur les recommandations de qualité environnementale pour les lieux contaminés, PN1195, 1996.

CCME (CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT), *Cadre de travail pour l'évaluation des dangers pour l'écologie : annexes techniques*, rapport préparé pour le sous-comité du CCME sur les recommandations de qualité environnementale pour les lieux contaminés, 1997.

CCME (CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT), *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*, Winnipeg, Conseil canadien des ministres de l'Environnement, 1999.

CARLSON, C. L., D. C. ADRIANO, K. S. SAJWAN, S. L. ABELS, et coll., «Effects of selected trace metals on germinating seeds of six plant species», dans *Water, air and soil pollution*, vol. 59, 1991, p. 231-240.

DEVILLERS, J. et J. M. EXBRAYAT, *Ecotoxicity of chemicals to amphibians V1*, Philadelphie, dans *Handbooks of Ecotoxicological Data series*, Gordon and Breach Science Publishers, 1992, p. 351.

DE WIT, C. A., «An overview of brominated flame retardants in the environment», dans *Chemosphere*, vol. 46, 2002, p. 583-624.

EFROYMSON, R. A., M. E. WILL, G. W. SUTER II et A. C. WOOTEN, *Toxicological benchmarks for screening contaminants of potential concern for effects on terrestrial plants: 1997 Revision*, préparé pour l'U.S. Department of Energy, Office of Environmental Management, ES/ER/TM-85/R3, 1997a.

EFROYMSON, R. A., M. E. WILL et G. W. SUTER II, *Toxicological benchmarks for contaminants of potential concern for effects on soil and litter invertebrates and heterotrophic process: 1997 revision*, rapport préparé pour l'U.S. Department of Energy, Office of Environmental Management, préparé pour l'U.S. Department of Energy by the Health Sciences Research Division, Oak Ridge, Tennessee, ES/ER/TM-126/R2, 1997b.

EISLER, R., «Mercury hazards to fish, wildlife and invertebrates: a synoptic review», dans *Biological Report 85 (1.10), Contaminant Hazard Reviews Report 10*, Fish and Wildlife Service, U.S. Department of the Interior, 1987.

EISLER, R., «Lead hazards to fish, wildlife and invertebrates: a synoptic review», dans *Biological Report 85 (1.14), Contaminant Hazard Reviews Report 14*, Fish and Wildlife Service, U.S. Department of the Interior, 1988.

EISLER, R., «Zinc hazards to fish, wildlife and invertebrates: a synoptic review», dans *Biological Report 10, Contaminant Hazard Reviews Report 26*. Fish and Wildlife Service, U.S. Department of the Interior, 1993.

EISLER, R., *Copper hazards to fish, wildlife and invertebrates: a synoptic review*, dans U.S. Geological Survey, Biological Resources Division, Biological Science Report USGS/BRD/BSR—1997—0002. 1998, p. 98.

GOUVERNEMENT DU CANADA, *Le Cadmium et ses composés*, ministère des Approvisionnement et Services Canada, Ottawa, National Printers Inc., 1994.

HALOCLEAN, *For recovery of noble metals and materials from electronic equipment*. Waste electrical and electronic equipment, <http://www.haloclean.com/contamin.htm>, 2004.

HILDEBRAND, S. G., et R. M. CUSHMAN, «Toxicity of Galium and Beryllium to developing carp eggs (*Cyprinus carpio*) utilizing copper as a reference», dans *Toxicology Letters*, vol. 2, 1978, p. 91-95.

HARDING, J. H., *Reptiles and amphibians of the Great Lakes Region*, Ann Arbor (Michigan), University of Michigan Press, 1997.

HARRISON, R. M., et D. P. H. LAXEN, *Lead Pollution: Causes and Control*, London and New York, Chapman and Hall, 1981, p. 168.

INTERNATIONAL PROGRAM ON CHEMICAL SAFETY (INCHEM), *Beryllium, Environmental Health Criteria*, [106. Beryllium.](http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc106.htm)
www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc106.htm, 1990.

JAGOE, C. H., V. E. MATEY, T. A. HAINES et V. T. KOMOV, «Effect of beryllium on fish in acid water is analogous to aluminum toxicity», dans *Aquatic Toxicology*, vol. 24, 1993, p. 241-256.

JONES, D. S., G. W. SUTER III et R. N. HULL, *Toxicological benchmarks for screening contaminants of potential concern for effects on sediment-associated biota: 1997 revision*, préparé pour l'U.S. Department of Energy, ES/ER/TM-95/R4, 1997.

LEFCORT, H., R. A. MEGUIRE, L. H. WILSON, et W. F. ETTINGER, «Heavy metals alter the survival, growth, metamorphosis, and antipredatory behavior of Columbia spotted frog (*Rana luteiventris*) tadpoles», dans *Archives of Environmental Contaminants and Toxicology*, vol. 35, 1998, p. 447-456.

LIPNICK, R. L., J. L. M. HERMENS, K. C. JONES, et D. C. G. MUIR, *Persistent, Bioaccumulative, and toxic chemicals I. Fate and Exposure*, Washington D.C., American Chemical Society, 2001.

MUSSON, S. E., Y. JANG, T. G. TOWNSEND et I. CHUNG, «Characterization of lead leachability from cathode ray tubes using the toxicity characteristic leaching procedure», dans *Environ. Sci. Technol.*, vol. 34, 2000, p. 4376-4381.

NATURAL HERITAGE INFORMATION CENTRE (NHIC), *Species databases*, www.mnr.gov.on.ca/MNR/nhic, 2000.

NATIONAL CENTER FOR ENVIRONMENTAL ASSESSMENT (NCEA), *Wildlife Exposure Factors Handbook. Volumes 1 and 2*, préparé par l'Office of Health and Environmental Assessment, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, 1993.

OAO CORPORATION, *ECOTOXicology Database System*, Duluth (Minnesota), préparé pour l'U.S. Environmental Protection Agency, 2000.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE L'ÉNERGIE DE L'ONTARIO (MEO), *Guidance on Site Specific Risk Assessment for Use at Contaminated Sites in Ontario*, 1996

RICHTER, H., W. LORENZ et M. BAHADIR, «Examination of organic and inorganic xenobiotics in equipped printed circuits», dans *Chemosphere*, vol. 35, 1997, p. 169-179.

SAJWAN, K. S., W. H. ORNES et T. V. YOUNGBLOOD, «Beryllium phytotoxicity in soybeans», dans *Water, air, soil pollution*, vol. 86, 1996, p. 117-124.

SAMPLE, B. E. et G. W. SUTER, *Estimating exposure of terrestrial wildlife to contaminants*, rapport préparé pour l'U.S. Department of Energy, ES/ER/TM-125, 1994.

SAMPLE, B. E., D. M. OPRESKO et G. W. SUTER II, *Toxicological benchmarks for*

wildlife: 1996 Revision, Oak Ridge (Tennessee), U.S. Department of Energy by the Health Sciences Research Division, ES/ER/TM-86/R3. 1996.

SAMPLE, B. E., J. J. BEAUCHAMP, R. A. EFROYMSON, G. W. SUTER II et T. L. ASHWOOD, *Development and validation of bioaccumulation models for earthworms*, rapport préparé pour l'U.S. Department of Energy, Office of Environmental Management, ES/ER/TM-220, 1998.

SAROSIEK, J. et P. KOSIBA, «The effects of water and hydrosol chemistry on the accumulation of beryllium and germanium in selected species of macrophytes», dans *Water, Air and Soil Pollution*, vol. 69, 1993, p. 405-411.

SCOTT, W. B. et E. J. CROSSMAN, *Poissons d'eau douce du Canada*, ministère de l'Environnement, Office des recherches sur les pêcheries du Canada, Bulletin 184, 1974.

SJODIN, A., H. RING, K. THURESSON, S. SJOLIN et coll. «Flame retardants in indoor air at an electronics recycling plant and at other work environments», dans *Environ. Sci. Technol.*, vol. 35, 2001, p. 448-454.

SJODIN, A., L. HAGMAR, E. KLASSON-WEHLER, K. KRONHOLM-DIAB et coll. «Flame retardant exposure: polybrominated diphenyl ethers in blood from Swedish workers», dans *Environmental Health Perspectives*, vol. 107, 1999, p. 643-648.

SUTER, G. W. et C. L. TSAO, *Toxicological benchmarks for screening potential contaminants of concern for effects on aquatic biota: 1996 revision*, rapport préparé pour l'U.S. Department of Energy, ES/ER/TM-96/R2, 1996.

THORAT, D. D., T. N. MAHADEVAN, D. K. GHOSH, et S. NARAYAN, «Beryllium concentrations in ambient air and its source identification», dans *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 69, 2001, p. 49-61.

U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS (USACE), *FAQs for the Luckey Site from previous meetings*, www.lrb.usace.army.mil/fusrap/luckey/luckeyfaqs-2001-05.pdf. 2001.

VIBERG, H., A. FREDRIKSSON et P. ERIKSSON, «Neonatal exposure to polybrominated diphenyl ether (PBDE153) disrupts spontaneous behaviour, impairs learning and memory and decreases hippocampal cholinergic receptors in adult mice», dans *Toxicology and Applied Pharmacology*, vol. 192, 2003, p. 95-106.

WATANABE, I. et S. SAKAI, «Environmental release and behaviour of brominated flame retardants», dans *Environment International*, vol. 29, 2003, p. 665-682.

8.0 GLOSSAIRE

Absorption : Processus par lequel un produit chimique pénètre dans le système circulatoire après une ingestion, une inhalation ou une exposition cutanée.

Substance chimique préoccupante : Tout produit chimique (ou fibres d'amiante) présent dans une installation générique de traitement des déchets électroniques et observé lors de l'évaluation des risques.

Point terminal : Renvoie à un effet sur un humain ou un récepteur écologique qui peut être mesuré et décrit de manière quantitative.

Récepteur écologique : Organisme non humain qui subit les impacts potentiels des effets nocifs après avoir été exposé à une substance chimique préoccupante soit directement par contact ou indirectement par l'intermédiaire de transferts dans la chaîne alimentaire.

Exposition : Contact entre un contaminant (substance chimique préoccupante) et un individu ou une population. L'exposition peut avoir lieu par l'ingestion, par une absorption cutanée ou par inhalation.

Voie d'exposition : Moyen par lequel un récepteur entre en contact avec une substance chimique préoccupante.

Danger : Représente l'effet nocif sur la santé (p. ex. non-cancérogène) qui résulte de la présence d'une substance ou d'une exposition à une substance.

Dose minimale avec effet observé (DMEO) : Terme utilisé pour identifier la dose la plus faible produisant des effets nocifs chez les individus les plus sensibles d'une population.

Dose minimale sans effet observé (DMSEO) : Terme utilisé pour identifier la dose la plus élevée et pour laquelle il n'y a aucun effet nocif chez les individus les plus sensibles d'une population.

Substance sans seuil : Potentiel d'effets nocifs présent peu importe la concentration du produit chimique (p. ex. carcinogènes).

Récepteur : Personne (femme, adulte, travailleur commercial, superviseur, préposé à l'entretien, intrus, etc.) ou organisme, y compris les plantes, et les espèces terrestres sujettes à une exposition aux produits chimiques).

Dose de référence (DRf) : Estimation de l'exposition journalière (en mg/kg/jour) de la population générale, y compris les sous-groupes sensibles, qui est censé ne produire

aucun effet nocif sur la santé d'une personne qui y est exposée quotidiennement durant toute sa vie.

Évaluation des risques : Examen scientifique de la nature et de l'importance des risques en vue de définir les effets sur les humains et les autres récepteurs à la suite d'une exposition aux contaminants.

Gestion des risques : Mise en œuvre de stratégies ou de mesures visant à contrôler ou à réduire le niveau de risque selon l'évaluation du risque.

Élément important d'écosystème (EIE) : Récepteurs écologiques préoccupants considérés comme fondamentaux à la santé de l'écosystème auxquels ils appartiennent.

ANNEXE A

Calcul des limites génériques d'exposition aux substances chimiques préoccupantes dans une installation de traitement de déchets électroniques

(Could not compare to english)

Annexe A – Calcul des limites génériques d'exposition aux substances chimiques préoccupantes dans une installation de traitement de déchets électroniques

Paramètres des récepteurs	Unité	Valeur
Fréquence d'exposition (EF)	j/an	79,4
Durée de l'exposition (ED)	année	27
Poids corporel (BW)	kg	70,7
Temps moyen (AT) non-cancérogène	année	27
Temps moyen-cancérogène	année	27
Taux d'ingestion du sol	g/j	0,02
Taux d'inhalation	m3/j	15,8
PM10 Concentration substances chimiques préoccupantes	ug/m3	27,6
Surface de la peau	cm2	3 390
Taux d'adhérence de la poussière et du sol (Radher)	g-sol/cm2/événement	0,001

Objectif HI = 1,0

Objectif limite d'un risque de cancer = 1,0E-06

Non cancérrogène

Évaluation préalable générique = C_{soil} / HI

Où : L'évaluation préalable générique est calculée pour les substances chimiques préoccupantes (ppm). Le C_{soil} est le taux de concentration d'exposition par défaut pour les substances chimiques préoccupantes utilisé lors des calculs d'exposition (1 ug/mg) et ISfait référence au taux IS calculé pour les substances chimiques préoccupantes.

Cancérogène

Évaluation préalable générique = $(C_{soil} \times \text{Objectif limite d'un risque de cancer}) / \text{Augmentation de degré d'un risque à vie de cancer (IILCR)}$

Où : L'évaluation préalable générique est calculée pour les substances chimiques préoccupantes (ppm). Le C_{soil} est le taux de concentration d'exposition par défaut pour la substance chimique préoccupante utilisé lors des calculs d'exposition (1 ug/mg).

L'objectif limite du risque de cancer est une ligne directrice de réglementation conservatrice pour un taux acceptable de cancer de 1 à la 10^{-6} et IILCR représente le calcul de l'augmentation de degré d'un risque à vie de cancer (sans unité).

$$Exposition_{ingestion} = \frac{C_{soil} \times R}{EF \times DE} \times BW \times AT \times 365$$

$$Exposition_{cutanée} = \frac{Rader \times C_{soil} \times Ader \times (SA \times R_{adher}) \times EF \times DE}{BW \times AT \times 365}$$

$$Exposition_{inhalation} = \frac{C_{soil} \times r_{inh} \times PM10 \times EF \times DE}{BW \times AT \times 365 \times 1E\ 06}$$

Cancer

$$SSTL = \frac{\text{Objectif HI}}{C_{sol} \times \text{Calc HI}}$$

Non-cancérogène

$$SSTL = \frac{\text{Objectif limite d'un risque d'un cancer}}{CSF}$$

(Could not compare to english)

Annexe A – Calcul des limites génériques d'exposition aux substances chimiques préoccupantes dans une installation de traitement de déchets électroniques

Ingestion accidentelle		Amiante	Colorants A20	Cadmium	Chrome
Csoil	u g/g	1	1	1	1
Coeff. ingestion	g/j	0,02	0,02	0,02	0,02
EF	d/a	79	79	79	79
ED	Année	27	27	27	27
BW	Kg	70,7	70,7	70,7	70,7
AT	Année	27	27	27	27
jours/année	d/a	365	365	365	365
EXP. ingestion	u g/kg/j.	6,15E-05	6,15E-05	6,15E-05	6,15E-05
Inhalation – Poussière ext.					
Csoil	u g/g	1	1	1	1
Coeff. inhalation	m3/j	15,8	15,8	15,8	15,8
MP10	ug/m3	27,6	27,6	27,6	27,6
EF	g/j	79	79	79	79
ED	d/a	27	27	27	27
BW	Année	70,7	70,7	70,7	70,7
AT	Kg	27	27	27	27
jours/année	Année	365	365	365	365
Conv. unités	conv. Unités	1 000 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000
EXP. inhal. pouss.	u g/kg/j	1,34E-06	1,34E-06	1,34E-06	1,34E-06
Contact cutané					
Csoil	u g/g	1	1	1	1
Région cutanée	cm2/j	3 390	3 390	3 390	3 390
Coeff.adhér.	g/cm2	0,001	0,001	0,001	0,001
EF	g/j	79	79	79	79
ED	d/a	27	27	27	27
BW	Année	70,7	70,7	70,7	70,7
AT	Kg	27	27	27	27
jours/année	Année	365	365	365	365
EXP. cutanée	u g/kg/j	0,010	0,010	0,010	0,010
Exposition totale	u g/kg/j	0,010	0,010	0,010	0,010
Paramètre critique		cancer	cancer	cancer	cancer
Voie d'exposition préoccupante		inhalation	inhalation	inhalation	inhalation
Valeur de toxicité (ug/kg/jour)		4,00E-06	2,30E-02	6,30E+00	4,20E+02

**Évaluation
préalable générique**

2,50E01 4,35E-05 1,59E07 2,38E-09

Ingestion accidentelle		Plomb mercure	App.couche ozone	PbB0	PbB	BPC	Uranium	
Csoil	u g/g	1	1	1	1	1	1	1
Coeff. ingestion	g/j	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
EF	d/a	79	79	79	79	79	79	79
ED	Année	27	27	27	27	27	27	27
BW	Kg	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7
AT	Année	27	27	27	27	27	27	27
jours/année	d/a	365	365	365	365	365	365	365
EXP. ingestion	u g/kg/j	6,15E-05	6,15E-05	6,15E-05	6,15E-05	6,15E-05	6,15E-05	6,15E-05

**Inhalation –
Poussière ext.**

Csoil	u g/g	1	1	1	1	1	1	1
Coeff. inhalation	m3/j	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8
MP10	ug/m3	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6
EF	g/j	79	79	79	79	79	79	79
ED	d/a	27	27	27	27	27	27	27
BW	année	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7
AT	kg	27	27	27	27	27	27	27
jours/année	année	365	365	365	365	365	365	365
Conv. unités	conv. Unités	1 000 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000
EXP. inhal. pouss.	u g/kg/j	1,34E-06	1,34E-06	1,34E-06	1,34E-06	1,34E-06	1,34E-06	1,34E-06

Contact cutané

Csoil	u g/g	1	1	1	1	1	1	1
Région cutanée	cm2/j	3 390	3 390	3 390	3 390	3 390	3 390	3 390
Coeff.adhér.	g/cm2	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
EF	g/j	79	79	79	79	79	79	79
ED	d/a	27	27	27	27	27	27	27
BW	année	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7
AT	Kg	27	27	27	27	27	27	27
jours/année	Année	365	365	365	365	365	365	365
EXP. cutanée	u g/kg/j	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010

Exposition totale **u g/kg/j** **0,010** **0,010** **0,010** **0,010** **0,010** **0,010** **0,010**

Résultat final	Aucun cancer.	Aucun cancer.	Aucun cancer.	Aucun cancer.	Aucun cancer.	Aucun cancer.	Aucun cancer.	Aucun cancer.
Voie d'exposition préoccupante	Oral	Oral	Oral	Oral	Oral	Oral	Oral	Oral
Valeur de toxicité (ug/kg/jour)	3,57	0,1	300	200	10	2,00E-03	3	

Évaluation préalable générique		340	10	28 589	19 060	953	5,00E-04	286
Ingestion accidentelle		Étain	Antimoine	Arsenic	Béryllium	Ignifuges		
Csoil	u g/g	1	1	1	1	1		
Coeff. ingestion	g/j	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02		
EF	d/a	79	79	79	79	79		
ED	Année	27	27	27	27	27		
BW	Kg	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7		
AT	Année	27	27	27	27	27		
jours/année	d/a	365	365	365	365	365		
EXP. ingestion	u g/kg/j	6,15E-05	6,15E-05	6,15E-05	6,15E-05	6,15E-05		
Inhalation – Poussière ext.								
Csoil	u g/g	1	1	1	1	1		
Coeff. inhalation	m3/j	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8		
MP10	ug/m3	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6		
EF	g/j	79	79	79	79	79		
ED	d/a	27	27	27	27	27		
BW	Année	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7		
AT	Kg	27	27	27	27	27		
jours/année	Année	365	365	365	365	365		
Conv. unités	conv. Unités	1 000 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000		
EXP. inhal. pouss.	u g/kg/j	1,34E-06	1,34E-06	1,34E-06	1,34E-06	1,34E-06		
Contact cutané								
Csoil	u g/g	1	1	1	1	1		
Région cutanée	cm2/j	3 390	3 390	3 390	3 390	3 390		
Coeff.adhér.	g/cm2	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001		
EF	g/a	79	79	79	79	79		
ED	d/a	27	27	27	27	27		
BW	Année	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7		
AT	Kg	27	27	27	27	27		
jours/année	Année	365	365	365	365	365		
EXP. cutanée	u g/kg/j	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010		
Exposition totale	u g/kg/j	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010		
Paramètre critique	Aucun cancer			Cancer	cancer.	Aucun cancer.		
Voie d'exposition préoccupante	Oral		Oral	Oral	Inhalation	Inhalation		
Valeur de toxicité (ug/kg/jour)	0,3		0,4	1,5	8,4	1,05E-02		

Évaluation préalable générique		29	38	6,67E-07	1,19E-07	1	
Ingestion accidentelle							
		Cuivre	Nickel	Phtalate	Sélénium	Argent	Thallium
Csoil	u g/g	1	1	1	1	1	1
Coeff. ingestion	g/d	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Ed	d/y	79	79	79	79	79	79
ED	y	27	27	27	27	27	27
BW	kg	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7
AT	y	27	27	27	27	27	27
jours/année	d/y	365	365	365	365	365	365
EXP. ingestion	u g/kg/d	6,15E-05	6,15E-05	6,15E-05	6,15E-05	6,15E-05	6,15E-05
Inhalation – Poussière ext.							
Csoil	u g/g	1	1	1	1	1	1
Coeff. inhalation	m3/d	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8
MP10	ug/m3	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6
EF	g/d	79	79	79	79	79	79
ED	d/a	27	27	27	27	27	27
BW	Année	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7
AT	Kg	27	27	27	27	27	27
jours/année	Année	365	365	365	365	365	365
Conv. unités	conv. Unités	1 000 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000
EXP. inhal. pouss.	u g/kg/j	1,34E-06	1,34E-06	1,34E-06	1,34E-06	1,34E-06	1,34E-06
Contact cutané							
Csoil	u g/g	1	1	1	1	1	1
Région cutanée	cm2/j	3 390	3 390	3 390	3 390	3 390	3 390
Coeff.adhér.	g/cm2	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
EF	g/j	79	79	79	79	79	79
ED	d/a	27	27	27	27	27	27
BW	Année	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7
AT	Kg	27	27	27	27	27	27
jours/année	Année	365	365	365	365	365	365
EXP. cutanée	u g/kg/j	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Exposition totale	u g/kg/j	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Point terminal		Aucun cancer	cancer	cancer.	Aucun cancer.	Aucun cancer.	Aucun cancer.
Voie d'exposition préoccupante		Oral	Inhalation	Oral	Oral	Oral	Oral
Valeur de toxicité (ug/kg/jour)		5	7	1,40E-02	5	5	0,08
Évaluation		476	1,43E-07	7,14E-05	476	476	8

préalable générique

Remarque : Toutes les expositions ont été comparées à une exposition limite pour le non cancérigène, soit avec une dose de référence ou une concentration de référence.

Pour le Point terminal du cancer, le niveau le plus bas de l'IUR et du CSF oral a été sélectionné en vue d'établir la base de l'évaluation préalable générique.

ANNEXE B

Modèle de simulations d'une exposition au plomb chez les adultes

(Could not compare to English)

Annexe B. Échelle de simulation N° 1. Méthodologie relative à une exposition au plomb chez l’adulte

Indice d'exposition	Équation PbB ¹		Description de l'indice d'exposition	Unités	Scénario des valeurs d'exposition des non résidents			
	1*	2**			Selon l'équation 1		Selon l'équation 2	
Sulfure de plomb (PbS ²)	X	X	Concentration de plomb dans la poussière.	Ug/g ou ppm	1 000	1 000	1 000	1 000
Coefficient fœtal/maternel	X	X	Coefficient PbB fœtal/maternel	--	0,9	0,9	0,9	0,9
BKSF	X	X	Facteur de pente biocinétique	ug/dL par ug/jour	0,4	0,4	0,4	0,4
GSD _I	X	X	Écart type géométrique du PbB	--	2,1	2,3	2,1	2,3
PbB ₀	X	X	Condition de base du PbB	ug/dL	1,5	1,7	1,5	1,7
IRs	X		Taux d'ingestion du sol et de la poussière (y compris la poussière intérieure dérivée du sol)	g/jour	0,050	0,050	--	--
IR _{S+P}		X	Taux total d'ingestion du sol extérieur et de la poussière intérieure	g/jour	--	--	0,050	0,050
W _S		X	Facteur de pesage; fraction de taux d'ingestion sol-poussière (IR s+p) ingéré comme sol extérieur	--	--	--	1,0	1,0
K _{sd}		X	Fraction en masse du sol dans la poussière	--	--	--	0,7	0,7
AF _{s,d}	X	X	Fraction d'absorption (même pour le sol et la poussière)	--	0,12	0,12	0,12	0,12
EF _{s,d}	X	X	Fréquence d'exposition (même pour le sol et la poussière)	Jours/année	219	219	219	219
AT _{s,d}	X	X	Temps en moyenne (même pour le sol et la poussière)	Jours/année	365	365	365	365
PbB _{adulte}	PbB d'un travailleur adulte, moyenne géométrique			ug/dL	2,9	3,1	2,9	3,1

¹ Équation 1 ne répartit pas l'exposition entre l'ingestion de sol et de poussière (à l'exclusion du W_s, et K_{sd})
Lorsque le IR_s = IR_{s+s} et W_s = 1,0, les équations produisent le même taux de PbB_{fœtal, 0,95}.
² Supposé être représenté par 5 fois la concentration moyenne tel que décrit dans Brandl (2001).
³ Tous les autres paramètres d'exposition sont maintenus selon les valeurs par défaut de la USEPA (EPA, 1996).

PbB_{fœtal,0,95}	95^e percentile de PbB chez les fœtus des travailleurs adultes	ug/dL	9,0	<u>11,1</u>	9,0	<u>11,1</u>
PbB_t	Niveau cible préoccupant de PbB (p. ex. ug/dL)	ug/dL	10,0	10,0	10,0	10,0
P(PbB_{fœtal} > PbB_t)	Probabilité que le taux de PbB fœtal soit plus grand que le PbB_{t3} en supposant une distribution log-normale	%	3,7 %	<u>6,5 %</u>	3,7 %	<u>6,5 %</u>

* Équation 1 basée sur les équations 1 et 2 selon la USEPA (1996).

PbB_{adulte} = (PbS*BKSF*IR _{s+d} *AF _{s,d} *EFs/AT _{s,d}) +PbB ₀
PbB_{fœtal, 0.95} = PbB _{adulte} * (GSD _i ^{1,645} * Coefficient)

** Équation 2, méthode différente basée sur les équations 1 et 2 et de A-19 selon la USEPA (1996).

PbB_{adulte} = PbS * FGB ([TI _{s+d})*FA _s EF _s *FP _s] + [K _{sd} * (TI _{s+d})*(1-FP _s)*FA _d *EF _d])/365+ PbB ₀
PbB_{fœtal, 0.95} = PbB _{adulte} * (ETG _i ^{1,645} * Coefficient)

ANNEXE C

Analyse qualitative des risques pour une installation de traitement des déchets électroniques

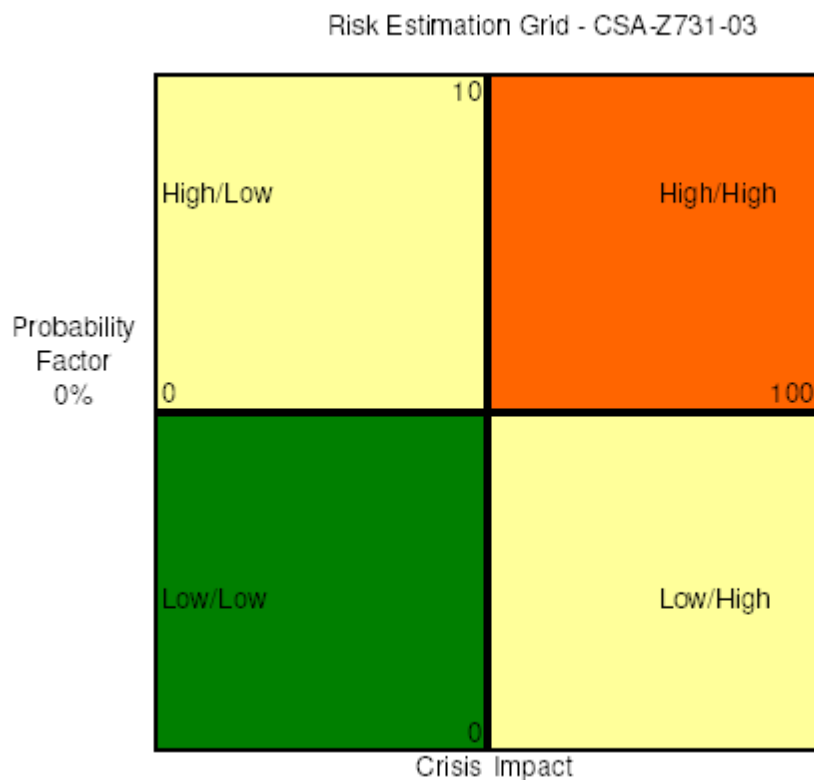
Les sections suivantes décrivent l'évaluation de l'analyse de risque qualitative établie selon la version modifiée de la méthodologie *CAN/CSA-Z731-03* de l'Association canadienne de normalisation (CSA, 2003).

En règle générale, on prévoit inclure les éléments suivants en ce qui a trait aux composantes de l'analyse de risque qualitative d'une installation de traitement des déchets électroniques :

1. identification du danger et des risques;
2. analyse des conséquences;
3. analyse des probabilités;
4. estimation du risque et désignation d'un programme de planification et priorités;
5. réduction du risque (p. ex. déterminer les mesures de réduction à prendre en vue d'atténuer le risque ou le danger).

L'évaluation met l'accent sur l'examen des opérations et des processus associés aux déchets électroniques, à l'infrastructure de l'installation (p. ex. une conception inadéquate qui contribue à la création de problèmes potentiels), ainsi qu'aux considérations socio-économiques (p. ex. moral des employés à la baisse en raison d'un faible salaire), qui, en tout ou en partie peut contribuer au rejet de composés délétères potentiels (p. ex. le plomb et autres métaux) dans l'environnement ou entraîner une exposition à risques ou encore une situation dangereuse qui menacerait l'intégrité de l'être humain ou la santé écologique. Une estimation du risque est menée pour chaque danger et chaque risque (problème potentiel), en vue d'évaluer le degré du risque (p. ex. l'impact du danger ou du risque sur les récepteurs humains ou écologiques combiné à la probabilité que se produise l'événement). On procède à l'intégration des deux composantes au moyen de grilles de méthodologies d'estimation des risques ou autres procédures appropriées (voir l'image 4). Le résultat (c.-à-d. une priorité de rang) permet à l'organisation (gestionnaire des risques, organisme réglementaire) de désigner un programme de planification et priorités pour chaque risque ou événement potentiellement dangereux.

Image 4. Grille d'estimation des risques de la CSA



Grille d'estimation des risques de la CSA Z731-03

Facteur de probabilité 0 %	Élevé/Faible 10	Élevé/Élevé 100
	Faible/Faible 0	Faible/Élevé
	Impact de crise	

- Évaluation du danger

La prise en compte est faite en vue d'identifier les procédés potentiels relatifs aux déchets électroniques, l'infrastructure des déchets électroniques et les considérations socio-économiques qui pourraient contribuer aux dangers associés à une installation de traitement des déchets électroniques. Parmi les éléments de la liste des tâches et des opérations relatives au traitement des déchets électroniques au moyen desquelles les points de danger peuvent se produire au cours du processus, on retrouve :

- la réception des déchets électroniques;
 - la classification de l'équipement;
 - le démontage manuel;
 - les essais;
 - la classification des pièces;
 - la dilacération des composantes;
 - le processus d'extraction électrolytique;
 - l'emmagasiner;
 - l'élimination;
 - le transport.
- Analyse des conséquences

Les valeurs d'impact en vue de classer les conséquences sur la santé humaine associées à chaque danger et à chaque risque sont déterminées par la désignation d'une catégorie après avoir tenu compte de l'intensité et de la sévérité de l'événement (Tableau 18).

Tableau 18. Classification des conséquences environnementales à la suite d'un événement dangereux

		VALEUR DE L'IMPACT (CONSÉQUENCE)
Catégorie	Estimé numérique	Événement environnemental
Très faible	0 à 2	Incident mineur, peu ou pas d'impact sur la santé humaine. Impact à court terme : minime. Impact à long terme : aucun.
Faible	2 à 4	Incident mineur pouvant nécessiter un examen d'ingénierie. Facile à atténuer et à prévoir.
Modéré	4 à 6	Événement modéré pouvant nécessiter une attention immédiate et un examen d'ingénierie. Impact mineur réversible sur la santé humaine.
Élevé	6 à 8	Événement important sur la santé humaine auquel on peut réagir mais au prix d'efforts significatifs. Blessure mineure ou risque de blessure sérieuse.
Extrême	8 à 10	Événement ou échec majeur incontrôlable entraînant possiblement des mesures correctrices à des coûts prohibitifs. Effets sérieux sur la santé humaine.

En plus de tenir compte de l'intensité et de la sévérité de l'événement environnemental et de son impact connexe sur l'environnement, le Cadre de travail de la CSA tient compte également : (1) du niveau d'examen minutieux de la part des médias et du gouvernement, (2) des impacts relatifs à l'interférence sur le cours normal des opérations, (3) des dommages à l'image publique et (4) des impacts économiques.

- Examen minutieux de la part des médias et du gouvernement

Ce point inclut le niveau d'examen minutieux de la part des médias et des agences gouvernementales relativement à l'urgence ou à l'événement. Le point étudie l'impact sur la santé, sur la sécurité et sur l'environnement. Les valeurs entre 0 (aucun examen) et 10 (examen minutieux) peuvent être utilisées dans l'évaluation.

- Interférence sur le cours normal des opérations

Ce point consiste à examiner le niveau d'interférence de l'événement sur le cours normal des opérations et tient compte, entre-autre, de la capacité de l'entreprise à traiter les déchets électroniques au moment opportun. Les valeurs entre 0 (aucune interférence) et 10 (interférence importante) peuvent être utilisées dans l'évaluation.

- Dommage à l'image publique

Ce point inclut l'étendue du dommage causé à l'image publique de l'entreprise et à sa réputation en raison de l'événement ou de l'urgence. Les valeurs entre 0 (aucun dommage) et 10 (dommage important) peuvent être utilisées dans l'évaluation.

- Dommages envers les intérêts économiques

Ce point inclut l'étendue des dommages envers les intérêts économiques de l'entreprise en raison de l'événement ou de l'urgence. Les valeurs entre 0 (aucun coût) et 10 (coûts écrasants) peuvent être désignées pour chaque événement ou urgence.

- Analyse de probabilité

La probabilité qu'un événement mène ou non à un résultat particulier préoccupant (p. ex. une exposition à une substance dangereuse en soi) est évaluée au moyen d'une échelle de pourcentage, allant de 0 p. 100 (impossibilité absolue) à 100 p. 100 (certitude que l'événement se produira pour une certaine durée). La catégorie et la définition de la probabilité de l'événement sont décrites au Tableau 19.

Tableau 19. Facteur de probabilité

	FACTEUR DE PROBABILITÉ
Catégorie	Définition
N – Négligeable (<1 % de probabilité)	Impossibilité absolue – Improbabilité que l'événement se produise.
TF – Très faible	Improbabilité que l'événement se produise.
F – Faible	Possibilité.
M – Modérée	S'est produit ou se produira probablement.
I – Importante (>99 % de probabilité)	Se produit régulièrement (certitude que l'événement se produira)

- Analyse de l'incertitude

Le degré de certitude qu'un événement préoccupant particulier se produira (p. ex. le rejet d'une substance dangereuse) est estimé qualitativement pour chaque événement. La catégorie et la définition du degré de certitude (incertitude) d'un événement sont décrites au Tableau 20. En règle générale, les estimations sont typiquement établies selon le jugement professionnel.

Tableau 20. Confiance de l'estimation des risques

CERTITUDE / INCERTITUDE	
Catégorie	Définition
F – Faible	Pas de certitude quant à l'estimation qui pourrait varier de façon importante.
M – Modérée	Certaine certitude quant à l'estimation. Variabilité modérée.
E – Élevée	Certitude quant à l'estimation. Faible variabilité.

- Estimation des risques et désignation des priorités

Le point d'intersection des deux descripteurs (p. ex. conséquences et probabilités) sur la grille d'estimation des risques est représenté de manière à être classé dans un des quadrants de la grille d'estimation des risques. La planification et priorités connexe (1 étant la plus élevée, 2 étant la deuxième plus élevée, 3 étant la troisième plus élevée et 4 étant la moins élevée) pour chaque événement dépend du quadrant où se trouve le point d'intersection.

- Résultats des analyses sur les risques

Les résultats des analyses sur les risques sont présentés pour chacune des composantes évaluées (p. ex. processus et opérations des déchets électroniques, infrastructure des déchets électroniques, considération socio-économique).