CIRAIG MC

Centre interuniversitaire de recherche sur le cycle de vie des produits, procédés et services

GROUPE AGÉCO

RAPPORT D'ANALYSE DÉTAILLÉE

ANALYSE DU CYCLE DE VIE ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE DE DEUX OPTIONS DE GESTION DU MATÉRIEL INFORMATIQUE EN FIN DE VIE

06 AVRIL 2011

Préparé pour :

RECYC-QUÉBEC
À l'attention de Mme Dominique Potelle
Agente de développement industriel, programme des TIC
RECYC-QUÉBEC
141 av. du Président-Kennedy, 8è étage
Montréal (Québec), H2X 1Y4

Par :

Shirley Fagnen, M.Sc.
François Charron-Doucet, ing., M.Sc
CIRAIG

Catherine Brodeur, agr. M.Sc.
Jean-Pierre Revéret, Ph.D.
Groupe AGECO

Soumis par :

BUREAU DE LA RECHERCHE ET CENTRE DE DÉVELOPPEMENT TECHNOLOGIQUE (B.R.C.D.T.)
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Campus de l'Université de Montréal
Case Postale 6079, succursale Centre-ville
Montréal (Québec) H3C 3A7

Pr. Réjean Samson, ing., Ph.D
Directeur du projet

Ce rapport d'analyse du cycle de vie (ACV) a été préparé par le Centre interuniversitaire de recherche sur le cycle de vie des produits procédés et services (CIRAIG) et le Groupe **AG**ÉCO.

Fondé initialement par l'École Polytechnique de Montréal, en collaboration avec l'Université de Montréal et l'École des Hautes Études Commerciales de Montréal, le CIRAIG a été mis sur pied afin d'offrir aux entreprises et aux gouvernements une expertise universitaire de pointe sur les outils du développement durable. Le CIRAIG est le seul centre de recherche universitaire sur le cycle de vie au Canada. Il est également un des plus importants sur le plan international.

Le Groupe AGÉCO est actif depuis 10 ans dans les domaines de l'économie agricole et agroalimentaire, du développement durable et de la responsabilité sociale des entreprises. Avec dynamisme et rigueur, le groupe offre des services d'experts-conseils à l'ensemble des entreprises agroalimentaires, tant pour les producteurs et les institutions du secteur que pour les transformateurs et les détaillants. Le Groupe AGÉCO possède une équipe de professionnels polyvalents et expérimentés qui maîtrisent aussi bien la recherche et l'analyse de données primaires (sondage, groupes de discussion, entrevues en face à face) que la recherche de données secondaires (revue des publications et études pertinentes, données statistiques) et peuvent fournir ainsi des résultats uniques, personnalisés et actualisés.

AVERTISSEMENT :

Étant donné que cette étude a été réalisée dans le but de supporter une affirmation comparative destinée à être divulguée au public, une revue critique a été réalisée par un comité de parties intéressées présidé par deux experts ACV (un expert pour le volet environnemental et un expert pour le volet social). Bien qu'elle réponde aux exigences de la norme ISO 14 044 (2006) et qu'aucune non-conformité significative n'y ait été relevée en relation avec les Lignes Directrices pour l'Analyse Sociale du Cycle de Vie des Produits (PNUE, 2009), le comité de revue a souhaité apporter des éléments qui devraient être pris en considération en prévision de cette divulgation, mais qui sortent du cadre de l'étude ACV. Ces commentaires sont présentés dans le rapport final du comité de revue critique disponible à l'Annexe E.

Enfin, toute utilisation du nom du CIRAIG, de l'ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL ou du Groupe **AG**ÉCO lors de communications destinées à une divulgation publique associée à ce projet et à ses résultats, en dehors de la mise à disposition du présent rapport, doit faire l'objet d'un consentement préalable écrit d'un représentant dûment mandaté du CIRAIG, de l'École Polytechnique ou du Groupe **AG**ÉCO.

CIRAIG
Centre interuniversitaire de recherche
sur le cycle de vie des produits, procédés et services
École Polytechnique de Montréal
Département de génie chimique
2900, Édouard-Montpetit
Montréal (Québec) Canada
C.P. 6079, Succ. Centre-ville
H3C 3A7
www.ciraig.org

Groupe AGÉCO
2014, rue Cyrille-Duquet, bureau 307
Québec (Québec)
G1N 4N6
www.groupeageco.ca

Équipe de travail

Réalisé par :

Shirley Fagnen, M.Sc.A
Réalisation de l'ACV environnementale (AeCV)

François Charron-Doucet, ing. M.Sc.A
Support technique et révision de l'AeCV

Catherine Brodeur, agr., M.Sc.
Réalisation de l'ACV sociale (AsCV)

Jean-Pierre Revéret, Ph.D.
Support technique et révision de l'AsCV

Collaborateurs :

Claude Belley, DÉES Éco-conseil
Collecte de données (AeCV)

Renée Michaud, ing., M. Ing.
Coordination du projet

Réjean Samson, ing. Ph.D.
Direction scientifique

Sommaire exécutif

Objectifs et contexte

Cette étude a pour but d'évaluer les impacts environnementaux et sociaux potentiels associés à deux filières de gestion en fin de vie du matériel informatique usagé, le reconditionnement pour fin de réemploi et le recyclage, au moyen de la méthodologie de l'analyse du cycle de vie (ACV). Elle vise à identifier et à comparer les paramètres clés et les points chauds environnementaux et sociaux de ces deux options de traitement du matériel informatique. Elle s'inscrit dans le contexte de la mise en place prochaine d'un règlement sur la récupération et la valorisation des produits informatiques par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). La mise en place d'un tel règlement prévoit que l'approche des 3RV (réduire, réutiliser, recycler et valoriser) soit privilégiée, à moins qu'il ne soit démontré au moyen d'une étude ACV qu'un mode de gestion présente un avantage sur un autre d'un point de vue environnemental. La présente étude vise donc également à valider la hiérarchie des 3RV relativement aux deux options de gestion en fin de vie du matériel informatique usagé (ordinateurs, les écrans TRC et les écrans ACL) que sont le reconditionnement pour fin de réemploi et le recyclage.

Le recyclage du matériel informatique permet de récupérer de nombreux matériaux, car les produits informatiques en sont riches. Pour sa part, le reconditionnement du matériel informatique qui a encore une valeur d'usage permet son réemploi par des utilisateurs ayant de moins grandes exigences en termes de performance, ou encore un budget insuffisant pour se procurer un ordinateur neuf. Ce réemploi permet donc de rallonger la durée de vie du matériel, réduisant ainsi la consommation de matière et d'énergie pour la production d'ordinateurs neufs. Il permet également de donner accès à du matériel informatique à des utilisateurs qui n'en auraient pas les moyens autrement. Comme une part importante des activités de reconditionnement est réalisée par des entreprises d'insertion sociale et de formation en milieu de travail, l'ajout d'un volet social à cette étude ACV apparaissait particulièrement intéressant.

Méthodologie générale

Comme le projet de règlement vise les grands parcs informatiques, la fonction principale des systèmes à l'étude est de « gérer en fin de vie le matériel informatique provenant des ICI (industries, commerces et institutions) ». L'unité fonctionnelle est donc de « gérer 1000 ordinateurs ou 1000 écrans (TRC ou ACL) d'un parc informatique ICI (industrie, commerce et institutions) en fin de vie ». Ces systèmes sont cependant multifonctionnels, c'est-à-dire qu'en plus de gérer le matériel informatique en fin de vie, ils génèrent des produits, soit :

- du matériel informatique réutilisable dans le cas du réemploi;
- de la matière première recyclée dans le cas du recyclage.

Or, la méthodologie ACV exige que les systèmes que l'on compare soient équivalents d'un point de vue fonctionnel. Pour satisfaire à cette exigence, l'hypothèse a été faite que le matériel reconditionné remplaçait du matériel neuf, qui aurait dû être utilisé si du reconditionné n'avait pas été acheté. Les impacts ainsi évités, soit les impacts associés à la production de matériel neuf, sont donc crédités aux scénarios reconditionnement dans l'analyse environnementale. De manière similaire, les impacts associés à la production de matière vierge sont crédités aux processus de recyclage compris dans chacun des deux systèmes comparés. Dans l'analyse sociale toutefois, les impacts associés à la production d'un ordinateur neuf n'ont pas été

mesurés pour des raisons pratiques de collecte de données et parce que les objectifs de l'étude ciblaient prioritairement les impacts sociaux et économiques ayant lieu en territoire québécois.

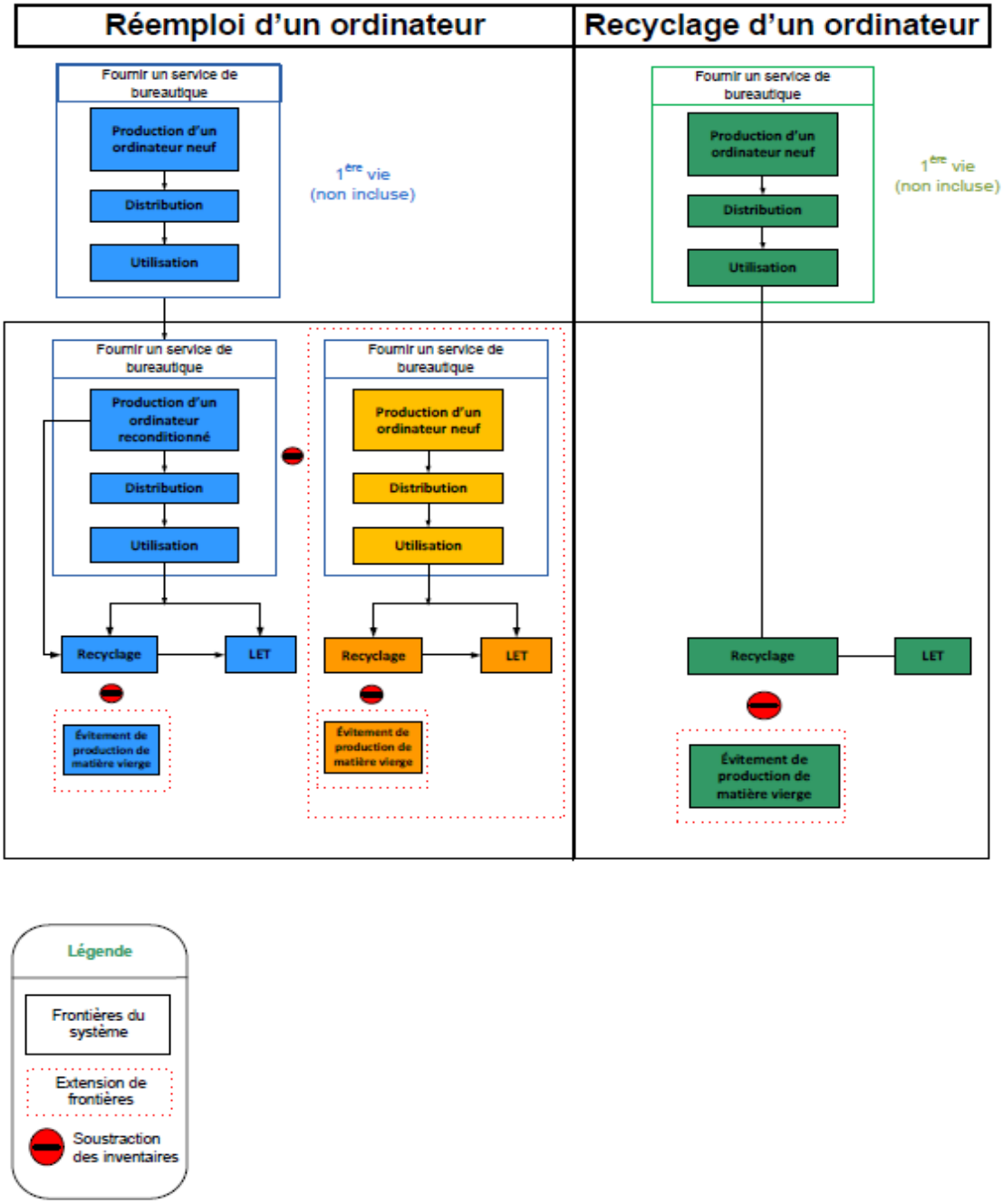


Figure 2-1 : Schéma de l'extension des frontières pour rétablir l'équivalence fonctionnelle pour la comparaison des systèmes.

Bien qu'on ne dispose pas de données fiables pour le confirmer, il y a un risque que le matériel expédié dans la filière reconditionnement soit ainsi détourné de la filière recyclage si les utilisateurs des ordinateurs reconditionnés disposent de leur matériel dans des LET au lieu de les recycler. Ceci aurait pour effet d'engendrer un déplacement d'impacts potentiels en

détournant le matériel informatique de la filière de recyclage. Pour tenir compte de ce risque et évaluer le déplacement d'impacts qu'il engendrerait, les scénarios de reconditionnement prennent en compte différents taux d'envoi au recyclage pour la fin de vie ultime du matériel reconditionné (0, 50 et 100 % pour l'analyse environnementale et 0 et 100% pour l'analyse sociale).

Méthodologie spécifique au volet environnemental

La modélisation des scénarios pour l'analyse environnementale s'oriente autour de 8 principales étapes :

- Collecte du matériel usagé;
- Reconditionnement;
- Distribution;
- Utilisation (consommation de l'énergie);
- Fin de vie en LET;
- Recyclage;
- Recyclage des irrécupérables du reconditionnement;
- Cycle de vie du matériel informatique neuf crédité (lors du réemploi, il est supposé que la production, l'utilisation et la gestion en fin de vie d'équipements informatiques neufs sont ainsi évitées)

Les données employées proviennent de différents acteurs du domaine du reconditionnement ou du recyclage du matériel informatique ou encore de la littérature. Les données manquantes pour l'analyse environnementale ont été complétées à l'aide de la banque de données européenne ecoinvent 2.01. L'évaluation des impacts du cycle de vie (ÉICV) a été réalisée à l'aide de la méthode IMPACT 2002+ (Jolliet et al., 2003; Humbert et al., 2005), reconnue par la communauté scientifique internationale.

Résultats du volet environnemental

La figure 1 ci-dessous illustre les résultats comparatifs des scénarios 1 du volet environnemental correspondant à la gestion des ordinateurs (les scénarios 2 et 3 concernant respectivement les écrans TRC et ACL). Ces résultats sont présentés pour chacune des quatre catégories de dommage de la méthode IMPACT 2002+ (*Santé humaine, Qualité des écosystèmes, Changement climatique et Ressources*) :

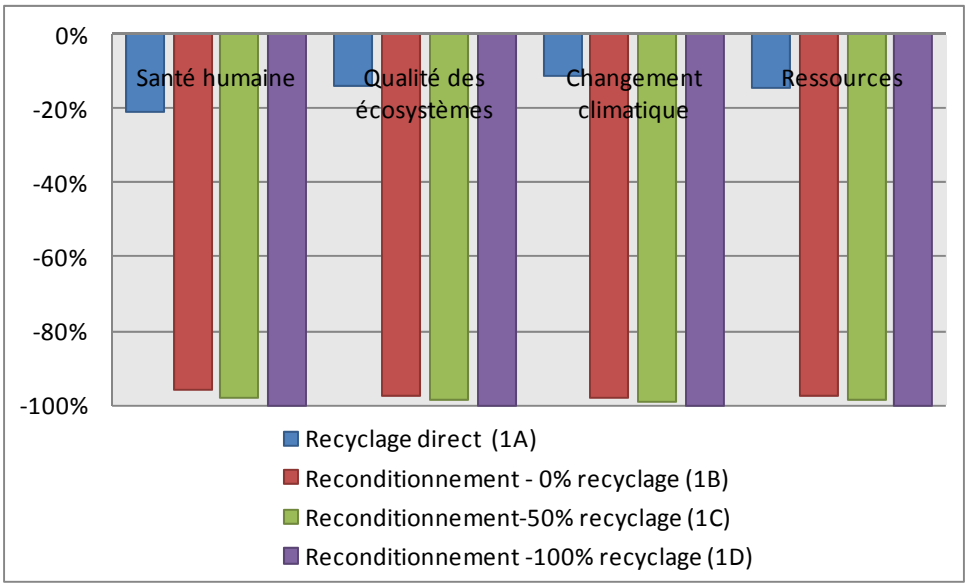


Figure 3-1 : Comparaison des scores des quatre catégories de dommage des scénarios de gestion en fin de vie des ordinateurs (IMPACT 2002+).

Pour chaque catégorie de dommage, le scénario ayant le résultat -100 % est le scénario ayant le bilan (ou impact net) le plus positif d'un point de vue environnemental, parce qu'il génère les crédits (ou bénéfices) les plus importants comparativement aux impacts qu'il occasionne. Le recyclage (1A) ou le reconditionnement (1B à 1D) engendrent tous deux des crédits environnementaux potentiels grâce à l'évitement de matière première vierge dans le cas du recyclage et à l'évitement de la production d'un ordinateur neuf lors du réemploi d'un ordinateur reconditionné. Il apparait ainsi clairement que la filière reconditionnement est la plus avantageuse d'un point de vue environnemental, et ce, pour toutes les catégories de dommage étudiées. L'étude montre également que c'est le gain potentiel engendré par l'évitement d'un ordinateur neuf qui domine tous les résultats.

Ainsi, pour la catégorie de dommage *Changement climatique*, basée sur les émissions de gaz à effet de serre (GES), pour 1000 ordinateurs usagés envoyés à la filière de reconditionnement (ce qui permet de produire 704 ordinateurs reconditionnés), les réductions des émissions de GES varient entre 143 et 146 tonnes de CO2 eq., selon le taux de recyclage en fin de vie ultime. Les mêmes 1000 ordinateurs envoyés à la filière recyclage procurent des réductions de l'ordre de 16,6 tonnes de CO2 eq. Les analyses de sensibilité et d'incertitudes, qui visent à vérifier la fiabilité des conclusions en déterminant si elles sont affectées, non seulement par les hypothèses, mais également par les incertitudes des données d'inventaire, ont montré la robustesse de ces résultats.

Méthodologie spécifique au volet social

La méthodologie de l'ACV sociale est beaucoup plus jeune que son pendant environnemental et se situe encore à un stade de développement théorique, les outils pour sa mise en œuvre étant pratiquement inexistants. Malgré ce caractère embryonnaire, le désir et la nécessité de prendre en compte les trois piliers du développement durable dans l'élaboration des politiques publiques, militait en faveur de la réalisation d'un volet social dans cette ACV. Cette étude constitue donc une des premières tentatives d'opérationnalisation et d'intégration de la dimension sociale à l'ACV et doit être considérée en tenant compte de toutes les limites qu'un tel exercice suppose.

Le volet social de l'étude prend en compte les mêmes étapes que le volet environnemental, à l'exception des étapes de production d'un ordinateur neuf et d'enfouissement en LET des scénarios réemploi. Dans le cas des LET, il a été jugé que la différence d'impact induit par la disposition d'ordinateurs supplémentaires dans les LET pour les parties prenantes concernées par cette étape était négligeable sur le plan social en particulier et ne justifiait pas une collecte de données supplémentaire auprès des LET. Pour des raisons similaires liées à la collecte de données et parce que les objectifs de l'étude privilégiaient la documentation des impacts ayant lieu au Québec, la production d'ordinateurs neufs n'a pas été documentée.

L'essentiel des données utilisées ont été collectées auprès d'un nombre restreint d'entreprises des secteurs du reconditionnement et du recyclage de matériel informatique au moyen de guides d'entrevue et d'un questionnaire. Les entreprises interrogées dans le secteur du réemploi sont des entreprises d'insertion sociale ou de formation en milieu de travail. Les entreprises interrogées dans le secteur du recyclage sont des entreprises privées à but lucratif. Ces entreprises sont représentatives du modèle prédominant dans chacune des filières mais chaque filière comporte des entreprises des deux types (à vocation sociale et à but lucratif).

Résultats de l'ACV sociale

Globalement, les résultats démontrent des bénéfices sociaux et économiques supérieurs pour le réemploi pour l'ensemble des parties prenantes (société, communauté locale, travailleurs, jeunes en insertion ou en formation, consommateurs et acteurs de la chaîne de valeur). Les activités de réemploi permettent d'offrir à des consommateurs à faible revenu un accès à l'informatique contribuant ainsi à la réduction de l'exclusion sociale. Elles génèrent également des retombées économiques supplémentaires au recyclage direct en créant des emplois et en redonnant une valeur à un actif qui n'en avait plus ou peu. Par ailleurs, les activités d'insertion sociale et de formation en milieu de travail associées à la filière réemploi génèrent des bénéfices pour les jeunes en situation d'exclusion ou d'échec scolaire et pour les communautés locales qui bénéficient des services offerts par ces organisations. Enfin, la filière réemploi permet la concrétisation de la hiérarchie des 3RV, contribuant ainsi à la poursuite des valeurs promues par la société québécoise et permettant à des consommateurs d'adopter un comportement d'achat conforme à une éthique personnelle de développement durable, c'est-à-dire la possibilité d'acheter en minimisant son empreinte environnementale et en favorisant le développement social. L'absence de certification permettant de garantir la protection des données confidentielles et la disposition écologique des produits en fin de vie constitue toutefois un enjeu pour la filière réemploi. Le scénario examinant l'hypothèse où le matériel réemployé n'est pas expédié au recyclage au terme de sa seconde utilisation (scénario 2 du volet social) met en évidence le risque de non-respect de la hiérarchie des 3RV puisque les ordinateurs ne sont pas expédiés au recyclage après la seconde utilisation. Sous ce scénario, le réemploi sans recyclage se voit également amputé des retombées économiques associées au recyclage mais cette

réduction n'est pas suffisante pour inverser les conclusions sur les retombées économiques et sociales supérieures du système réemploi.

Conclusions et limites de l'étude

L'étude a eu recours à des données provenant d'un modèle type d'entreprises de recyclage et de reconditionnement appliquant les règles de l'art de leur industrie et correspondant au modèle d'affaire dominant dans leur secteur respectif. Ainsi, les résultats pourraient ne pas être représentatifs de certaines entreprises qui ne correspondent pas au modèle d'affaire dominant ou qui n'opèrent pas selon les règles de l'art (par exemple, des entreprises qui exporteraient une partie des déchets à l'étranger).

L'étude, qui s'insère dans le contexte de la mise en place d'une règlementation sur la responsabilité élargie des producteurs, ne s'est pas intéressée aux autres fins de vie possibles du matériel informatique, notamment l'enfouissement et l'incinération. En effet, l'objectif visé par le mandat était de savoir laquelle des deux alternatives envisagées dans la réglementation, soit le recyclage direct ou le reconditionnement pour fin de réemploi, semblait engendrer le plus d'impacts ou de bénéfices potentiels tant au plan environnemental que social et économique. De la même manière, l'exportation de matériel informatique en fin de vie et les impacts qui en découlent n'ont pas été considérés, puisque l'étude s'inscrit dans le contexte du projet de règlement qui comportera des exigences à cet égard à l'endroit des entreprises visées.

Il est aussi important de garder à l'esprit que le modèle d'étude du volet environnemental de cette étude se fonde sur une hypothèse capitale : le matériel reconditionné évite l'achat par les consommateurs de matériel neuf. L'ACV environnementale, d'un point de vue méthodologique, nécessite une équivalence fonctionnelle. Il faut donc « créditer » les impacts évités du cycle de vie des ordinateurs neufs aux scénarios dans lesquels du matériel reconditionné offre un service de bureautique. Cette démarche s'explique par l'hypothèse que les utilisateurs auraient de toute façon acheté ces équipements neufs si les équipements reconditionnés n'étaient pas disponibles. En l'absence de cette hypothèse, il aurait été très difficile d'établir des systèmes équivalents fonctionnellement. En effet, il est possible que des utilisateurs n'achètent pas des ordinateurs neufs à la place et qu'ils pratiquent d'autres activités qu'utiliser un ordinateur à la maison (regarder la télévision, se rendre à un café internet, etc.). Néanmoins, la très grande diversité des activités de substitution possibles engendre une incertitude tellement grande qu'elle aurait miné la qualité des résultats. Cette hypothèse essentielle est donc une limite importante à l'extrapolation des résultats à tous les contextes des utilisateurs de matériel informatique reconditionné. Cette limite est d'ailleurs mise en évidence par le volet social qui prend en compte les impacts associés au fait de donner accès à l'informatique à des individus qui n'y auraient pas accès autrement.

Malgré ces limites, les résultats de l'étude permettent d'affirmer que le fait de favoriser le réemploi du matériel encore fonctionnel est justifié sur une base environnementale et génère des bénéfices sociaux et économiques potentiellement supérieurs d'un point de vue global.

Table des matières

1 MISE EN CONTEXTE 1

2 MODÈLE D'ÉTUDE 2

2.1 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE ET APPLICATION ENVISAGÉE 2
2.2 DESCRIPTION GÉNÉRALE DES SYSTÈMES À L'ÉTUDE 2
2.3 FONCTIONS ÉTUDIÉES ET UNITÉ FONCTIONNELLE 4
2.4 PROCESSUS MULTIFONCTIONNELS ET RÈGLES D'IMPUTATION 7
2.4.1 La multifonctionnalité dans le volet environnemental 7
2.4.2 La multifonctionnalité et le volet social 9
2.5 FRONTIÈRES DES SYSTÈMES 10
2.5.1 Description générale des systèmes 10
2.5.2 Frontières géographiques et temporelles 13
2.5.3 Volet social 13
2.6 SOURCES, HYPOTHÈSES ET DONNÉES D'INVENTAIRE DU CYCLE DE VIE ENVIRONNEMENTAL (ICVE) 14
2.7 ÉVALUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX 19
2.8 INTERPRÉTATION DU VOLET ENVIRONNEMENTAL 21
2.8.1 Analyse de l'inventaire 21
2.8.2 Évaluation de la qualité des données d'inventaire 22
2.8.3 Analyses de sensibilité 22
2.8.4 Analyse d'incertitude 23
2.9 SOURCES, HYPOTHÈSES ET DONNÉES D'INVENTAIRE DU CYCLE DE VIE SOCIAL (ICVS) 23
2.9.1 Cartographie (inventaire) des parties prenantes et choix des parties prenantes retenues 24
2.9.2 Sous-catégories d'impact 27
2.9.3 Collecte de données et indicateurs 29
2.10 ÉVALUATION DES IMPACTS SOCIAUX 32
2.10.1 Méthode d'évaluation des impacts sociaux 33
2.10.2 Échelles d'évaluation des impacts sociaux 34
2.11 REVUE CRITIQUE 44

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION 45

3.1 RÉSULTATS DU VOLET ENVIRONNEMENTAL 45
3.1.1 Résultats principaux de la comparaison des filières de gestion en fin de vie du matériel informatique 45
3.1.2 Analyse de contribution 47
3.1.3 Analyse de cohérence et de complétude 60
3.1.4 Qualité des données d'inventaire 60
3.1.5 Analyses de sensibilité 61
3.1.6 Analyse d'incertitude 65
3.2 RÉSULTATS DU VOLET SOCIAL 66
3.2.1 Principaux résultats et discussion : scénario 1 67
3.2.2 Principaux résultats et discussion : scénario 2 77
3.2.3 Qualité des données, analyses de sensibilité, analyse d'incertitude 81
3.3 APPLICATIONS ET LIMITES DE L'ACV 82
3.3.1 Volet environnemental 82
3.3.2 Volet social 84

4 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS 86

5 RÉFÉRENCES 89

ANNEXE A : MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DU CYCLE DE VIE (ACV)..... 91

ANNEXE B : DONNÉES ET HYPOTHÈSES DE L'ÉTUDE ENVIRONNEMENTALE 92

ANNEXE C : ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DES DONNÉES DE L'INVENTAIRE ENVIRONNEMENTAL 93

ANNEXE D : RÉSULTATS BRUTS DE L'ÉTUDE ENVIRONNEMENTALE 97

ANNEXE E : REVUE CRITIQUE 98

ANNEXE F : DESCRIPTION SOMMAIRE DES FILIÈRES ÉCONOMIQUES DU RECYCLAGE ET DU RÉEMPLOI.. 99

ANNEXE G : GUIDE D'ENTREVUE ET QUESTIONNAIRE DÉTAILLÉ COLLECTE DE DONNÉES ACV SOCIALE 104

Liste des tableaux

Tableau 2-1 : Présentation des scénarios à l'étude – volet environnemental 6

Tableau 2-2 : Flux de référence pour chaque scénario de l'étude 6

Tableau 2-3 : Processus inclus et exclus des frontières de l'ACV : 12

Tableau 2-4 : Listes des contributeurs à la collecte de données environnementale : 15

Tableau 2-5 : Principales données, sources et hypothèses utilisées dans l'établissement de l'ICV d'avant-plan : 17

Tableau 2-6 : Catégories de parties prenantes et catégories d'impact de l'AsCV 24

Tableau 2-7 : Cartographie des parties prenantes aux différentes étapes du cycle de vie 25

Tableau 2-8 : Sous-catégories d'impacts pertinentes (en gras) pour chaque catégorie de parties prenantes 28

Tableau 2-9 : Listes des contributeurs à la collecte de données du volet social 30

Tableau 2-10 : Indicateurs de sous-catégories d'impacts pour chaque catégorie de parties prenantes et sources de données 31

Tableau 2-11 : Échelles d'évaluation des indicateurs de sous-catégories d'impacts 35

Tableau 2-12 : Membres constituants du comité de revue critique 44

Tableau 3-1 : Analyses de sensibilité effectuées dans cette étude : 62

Tableau 3-2 : Risques sociaux et bénéfices socio-économiques du scénario 1 – catégorie société 68

Tableau 3-3 : Risques sociaux et bénéfices socio-économiques du scénario 1 – catégorie communautés locales 71

Tableau 3-4 : Risques sociaux et bénéfices socio-économiques du scénario 1 – catégorie jeunes en insertion ou en formation 73

Tableau 3-5 : Risques sociaux et bénéfices socio-économiques du scénario 1 – catégorie travailleurs 74

Tableau 3-6 : Risques sociaux et bénéfices socio-économiques du scénario 1 – catégorie consommateurs 76

Tableau 3-7 : Risques sociaux et bénéfices socio-économiques du scénario 1 – catégorie autres acteurs de la chaîne de valeur 77

Tableau 3-8 : Risques sociaux et bénéfices socio-économiques par catégorie de partie prenante – scénario 2 79

Liste des figures

Figure 2-1 : Schéma de l'extension des frontières pour rétablir l'équivalence fonctionnelle pour la comparaison des systèmes. 9

Figure 2-2 : Frontières des systèmes à l'étude. 11

Figure 2-3 : Recyclage d'un ordinateur. 16

Figure 2-4 : Catégories de dommage et catégories d'impacts de la méthode IMPACT 2002+. ... 20

Figure 3-1 : Comparaison des scores des quatre catégories de dommage des scénarios de gestion en fin de vie des ordinateurs (IMPACT 2002+). 46

Figure 3-2 : Comparaison des scores des quatre catégories de dommage des scénarios de gestion en fin de vie des écrans TRC (IMPACT 2002+). 46

Figure 3-3 : Comparaison des scores des quatre catégories de dommage des scénarios de gestion en fin de vie des écrans ACL (IMPACT 2002+). 47

Figure 3-4 : Impact total et contribution des étapes des scénarios de gestion en fin de vie de 1000 ordinateurs pour la catégorie Changement climatique. 48

Figure 3-5 : Impact total et contribution des étapes des scénarios de gestion en fin de vie de 1000 TRC pour la catégorie Changement climatique. 50

Figure 3-6 : Impact total et contribution des étapes des scénarios de gestion en fin de vie de 1000 ACL pour la catégorie Changement climatique. 51

Figure 3-7 : Contribution des sous étapes du recyclage d'un ordinateur. 53

Figure 3-8 : Contribution des sous-étapes du recyclage d'un TRC aux impacts sur le Changement climatique. 55

Figure 3-9 : Contribution relative des sous-étapes et éléments éliminés dans le processus d'enfouissement d'un ordinateur. 56

Figure 3-10 : Comparaison des scénarios ordinateur sans les crédits du matériel neuf pour la catégorie de dommages Changement climatique. 57

Figure 3-11 : Contribution des étapes du cycle de vie d'un ordinateur neuf avec recyclage en fin de vie. 58

Figure 3-12 : Contribution des étapes du cycle de vie d'un ACL neuf avec recyclage en fin de vie. 58

Figure 3-13 : Comparaison entre un ordinateur reconditionné et son équivalent en ordinateur neuf crédité avec recyclage en fin de vie – Changement climatique. 59

Figure 3-14 : Comparaison entre un TRC reconditionné et le demi-ACL neuf crédité – Changement climatique. 59

Figure 3-15 : Comparaison entre un écran ACL reconditionné et son équivalent en écran ACL neuf crédité avec recyclage en fin de vie – Changement climatique. 60

Figure 3-16 : Comparaison des scores des trois catégories de dommage des scénarios de gestion en fin de vie des ordinateurs (Recipe). 65

Liste des abréviations et sigles

ACL	Affichage à cristaux liquides
ACV	Analyse du cycle de vie
AeCV	Analyse environnemental du cycle de vie
AsCV	Analyse sociale du cycle de vie
CC	Changement climatique
CIRAIG	Centre interuniversitaire de recherche sur le cycle de vie des produits, procédés et services
CO_2	Dioxyde de carbone
DALY	*Disabled Adjusted Life Years.*
ÉICV	Évaluation des impacts du cycle de vie (appelé ACVI par ISO)
ICV	Inventaire du cycle de vie
ICI	Industries, Commerces et Institutions
ISO	Organisation internationale de normalisation
LET	Lieu d'enfouissement technique
MJ	Mégajoules
PDF*m²*an	« *Potentially Disapppeared Fraction* » sur une certaine surface et sur une durée donnée.
QE	Qualité des écosystèmes
R	Ressources
SH	Santé humaine
TIC	Technologies de l'information et des communications
TRC	Tube à rayon cathodique

1 Mise en contexte

RECYC-QUÉBEC a mandaté le Centre interuniversitaire de recherche sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG) et le Groupe **AG**ÉCO, afin de comparer et de documenter, au moyen de la méthodologie d'analyse du cycle de vie, deux filières de gestion de la fin de vie du matériel informatique usagé : le reconditionnement et le recyclage.

La filière de reconditionnement couvre les opérations des entreprises comme Insertech Angus et certains Centres de Formation en Entreprise et Récupération (CFER) qui consistent à démonter les ordinateurs usagés provenant des ICI (Industries, Commerces et Institutions) et à les réassembler pour produire des unités en bon état de fonctionnement dans le but de les revendre à des particuliers ou des institutions. Pour sa part, la filière de recyclage englobe les entreprises qui démontent et séparent les composants des ordinateurs usagés dans le but de produire des matières premières recyclées. Un portrait du secteur du réemploi a été réalisé en parallèle à l'analyse du cycle de vie et, bien que les résultats de ce portrait n'aient pu être pleinement utilisés pour structurer la prise de données d'enquête, ils ont pu être utilisés à l'étape de l'analyse des résultats. L'annexe F présente brièvement ce portrait.

L'étude se situe dans le contexte du dépôt d'un projet de règlement sur la récupération et la valorisation des produits par les entreprises par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). Ce règlement préconise l'approche des 3RV dans le développement des programmes de gestion en fin de vie des produits électroniques. Cette approche favorise, selon l'ordre suivant : la réduction, le réemploi, le recyclage et la valorisation. Un tel règlement pourrait potentiellement diriger vers les reconditionneurs du matériel qui aurait autrement été traité par des recycleurs. Dans le but de démontrer que le règlement permettra une réduction des impacts de la fin de vie du matériel informatique et génèrera des bénéfices au plan social et économique, il est nécessaire de comparer la performance environnementale et sociale des deux options de traitement que sont le reconditionnement et le recyclage.

La comparaison environnementale est réalisée sur la base de la méthodologie d'analyse du cycle de vie (ACV), telle que régie par l'Organisation internationale de normalisation pour un rapport public incluant une affirmation comparative (ISO 14040 et 14044, 2006). L'analyse du cycle de vie vise à comprendre dans une perspective holistique l'ensemble des impacts environnementaux tout au long de la vie du produit, en s'assurant qu'un impact évité n'en génère pas un autre ailleurs. La comparaison sociale est également réalisée sur la base de la méthodologie ACV, en accord avec les lignes directrices du PNUE (2009).

Ce rapport présente :

- Les objectifs et le champ de l'étude (**Chapitre** 2).
- Les résultats de l'ACV environnementale et de l'ACV sociale, leur interprétation et les recommandations associées (**Chapitre** 3).
- Les conclusions (**Chapitre 4**).

Il est à noter que l'Annexe A présente la méthodologie de l'ACV environnementale en détails, comprenant une section définissant les termes spécifiques au domaine.

2 Modèle d'étude

Ce chapitre présente le modèle d'étude définissant le cadre méthodologique auquel doivent se conformer l'ACV environnementale et l'ACV sociale.

2.1 Objectifs de l'étude et application envisagée

Le **but de cette étude** est d'évaluer les impacts environnementaux et sociaux potentiels associés à deux filières de gestion en fin de vie du matériel informatique usagé : le reconditionnement et le recyclage.

Plus spécifiquement, les **objectifs** de l'étude sont de :

I. Comparer le profil environnemental et socio-économique du cycle de vie complet des deux options de traitement du matériel informatique en fin de vie que sont le recyclage et le reconditionnement.
II. Effectuer une analyse de contribution aux impacts et identifier les paramètres clés et les points chauds environnementaux des options de traitement à l'étude, c'est à dire les étapes ou les processus du cycle de vie qui sont particulièrement contributeurs aux dommages environnementaux mesurés dans cette étude.
III. Identifier et caractériser les différents impacts sociaux et socio-économiques affectant les parties prenantes pour chacune des options à l'étude et en faire ressortir les points chauds.

Les résultats de cette étude sont prévus à des fins de divulgation publique par RECYC-QUÉBEC, notamment pour améliorer la compréhension des impacts environnementaux des options de gestion en fin de vie du matériel informatique et d'évaluer les choix qui ont été faits dans le projet de règlement sur la récupération et la valorisation des produits par les entreprises par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP).

Conformément aux normes ISO, les revues critiques d'ACV sont facultatives lorsque les résultats sont voués à un usage interne par le mandataire. Cependant, une telle revue est une étape importante et obligatoire pour assurer la validité complète des résultats avant certaines communications publiques, telles que les déclarations environnementales de produits, suivant les normes ISO 14 020, ou les affirmations comparatives rendues publiques, suivant les normes ISO 14 040 et tel que stipulé dans les *Lignes directrices pour l'analyse sociale du cycle de vie des produits* (PNUE, p. 38 et 81).

Une revue critique de cette étude a été réalisée par un comité formé d'experts. La section 2.11 présente les détails sur le processus de revue critique.

2.2 Description générale des systèmes à l'étude

Le service à l'étude est la gestion du matériel informatique provenant des ICI à la fin de leur vie utile, que ce soit pour cause de bris ou de désuétude technologique. Le matériel informatique couvert par cette étude est constitué d'ordinateurs de bureau (plus spécifiquement les tours contenant les principaux composants), les écrans TRC (en anglais, *Cathode Ray Tube*) et ACL (en

anglais, *Liquid Crystal Display*). Les périphériques (souris et clavier) peuvent suivre la même voie que les ordinateurs et les écrans en matière de recyclage et de reconditionnement. Cependant, leur pertinence environnementale est beaucoup moindre, ils n'ont donc pas été considérés dans cette étude

L'étude vise à comparer deux options de gestion de fin de vie possibles :

- La réutilisation (ou réemploi)[1] sous la forme de reconditionnement;
- Le recyclage.

Il est à noter que la réutilisation sous la forme de revente du matériel informatique en bon état de fonctionnement de particuliers à particuliers directement n'est pas retenue comme une option de gestion de fin de vie dans cette étude. Dans cette étude, le matériel en bon état qui est revendu comme tel, a tout de même subi des opérations de reconditionnement, ne serait-ce qu'un test de fonctionnement. De plus, les options d'enfouir ou d'incinérer le matériel ne sont pas considérées dans la comparaison. En effet la réduction de l'enfouissement est l'objectif premier du projet de règlement du MDDEP. Ce mode de gestion est à éviter parce qu'il engendre un gaspillage des ressources matérielles précieuses que l'on retrouve dans ces équipements. Pour sa part, l'incinération avec valorisation énergétique est placée au dernier rang de la hiérarchie des 3RV puisqu'elle ne permet pas de récupérer les ressources matérielles. Également, l'enfouissement et l'incinération des déchets électroniques posent des risques environnementaux significatifs par rapport à la contamination de l'air, de l'eau et du sol qui peuvent potentiellement résulter en impacts sur la qualité des écosystèmes et la santé humaine. Même si ces options sont exclues de l'analyse comparative, elles sont quand même modélisées dans cette étude pour tenir compte des différents scénarios de fin de vie ultime du matériel reconditionné.

La logique de la hiérarchie des 3RV repose sur le fait qu'en prolongeant la durée de vie des équipements, la réutilisation permet de réduire davantage les impacts environnementaux que le recyclage. Le recyclage, pour sa part, en prolongeant la durée de vie des matériaux, permet d'éviter plus d'impacts que l'enfouissement et l'incinération.

Cette logique ne tient pas nécessairement compte d'autres aspects comme le fait de prolonger la phase d'utilisation d'équipement potentiellement énergivore et de perdre le contrôle sur la fin de vie de ces équipements qui sont remis en service. Cela pourrait induire des réductions du taux de recyclage qui, éventuellement, engendreraient une augmentation des impacts environnementaux, d'où l'intérêt de comparer les options de reconditionnement et de recyclage avec l'analyse de cycle de vie pour démontrer que la hiérarchie en terme de performance environnementale est bien respectée.

La réutilisation sous la forme du reconditionnement permet de prolonger la vie utile du matériel informatique devenu désuet pour ses utilisateurs précédents. Les opérations de reconditionnement consistent à détruire les renseignements personnels et confidentiels contenus dans le matériel informatique, à tester le bon fonctionnement des différentes composantes, à désassembler et à réassembler au besoin les composants dans le but de lui redonner des performances acceptables pour ses futurs utilisateurs. Le principal avantage du reconditionnement est d'éviter la production de nouveau matériel informatique (incluant la

[1] Les termes réutilisation et réemploi sont utilisés indifféremment dans le texte.

matière vierge entrant dans la fabrication de ce matériel) nécessaire pour remplir les besoins d'une partie des utilisateurs des TIC.

Le recyclage du matériel informatique consiste essentiellement à démonter manuellement ou mécaniquement les appareils pour séparer les principaux composants, à ensuite broyer les composants indémontables et à raffiner les résidus pour extraire les métaux de ces derniers. Selon les technologies utilisées, les processus de recyclage peuvent produire différentes matières premières avec des rendements qui varient. Les avantages du recyclage sont d'éviter l'enfouissement de déchets qui présentent des risques environnementaux et de produire des matières premières qui permettront d'éviter la production de matières vierges. Il permet donc l'utilisation des ressources en boucles fermées ce qui permet de réduire l'épuisement des ressources naturelles non renouvelables et les impacts environnementaux associés à leur exploitation.

Finalement, l'enfouissement consiste à envoyer dans des sites sécurisés ou non les équipements informatiques. La récupération des gaz émis lors de l'enfouissement permet une production d'énergie. L'enfouissement du matériel informatique n'émet cependant aucun gaz récupérable. Il n'y a pas alors de valorisation possible dans cette filière de gestion en fin de vie des déchets électroniques. L'enfouissement répond donc uniquement à la fonction « gérer des déchets en fin de vie ». Pour sa part, l'incinération vise à réduire la quantité de déchets à enfouir en transformant en cendres les déchets. L'incinération permet en plus de produire de l'énergie sous la forme de chaleur ou d'électricité (si la technologie d'incinération utilisée le permet). Il faut par ailleurs mentionner que l'enfouissement et l'incinération du matériel informatique présentent des conséquences néfastes sur la santé et l'environnement dont l'ampleur est encore très mal connue par la communauté scientifique. Ceci est particulièrement important étant donné la présence de métaux dans ces composantes. Ce point est d'ailleurs mentionné dans les limites de l'étude.

2.3 Fonctions étudiées et unité fonctionnelle

Les systèmes étudiés sont évalués sur la base de leur **fonction** :

« Gérer les ordinateurs et écrans d'un parc informatique ICI en fin de vie ».

L'**unité fonctionnelle,** c.-à-d., la référence quantitative à laquelle se rapportent les calculs d'inventaire et d'évaluation des impacts se définit comme suit :

« Gérer 1000 ordinateurs ou 1000 écrans TRC ou 1000 écrans ACL d'un parc informatique ICI en fin de vie ».

La valeur 1000 a été choisie afin d'éviter de modéliser des fractions d'équipements reconditionnés. En effet, si la gestion d'un ordinateur avait été choisie, 0,704 ordinateur reconditionné aurait été considéré dans l'étude. Les résultats en découlant seraient moins faciles à interpréter. Néanmoins, ce choix n'apporte pas de biais dans les conclusions, puisque la modélisation des impacts du cycle de vie des systèmes est parfaitement linéaire.

Ainsi, les systèmes permettant de répondre à cette unité fonctionnelle sont, pour les services étudiés :

- **Reconditionnement :** Reconditionnement de 1000 ordinateurs ou écrans TRC ou écrans ACL moyens provenant des ICI en fin de vie et leur vente subséquente à des particuliers ou des institutions.
- **Recyclage:** Recyclage de 1000 ordinateurs ou écrans TRC ou écrans ACL moyens provenant des ICI en fin de vie.

Comme mentionné auparavant, la fonction principale des systèmes étudiés est de « *gérer les ordinateurs et les écrans d'un parc informatique ICI en fin de vie »*, mais ils remplissent aussi un certain nombre de **fonctions secondaires** qui doivent aussi être prises en compte, de manière à assurer l'équivalence fonctionnelle des différents systèmes comparés.

Dans le cas du recyclage, les systèmes possèdent en outre une deuxième fonction secondaire :

« *Produire de la matière recyclée* »

De plus, dans le cas du reconditionnement, les systèmes remplissent une fonction pour l'utilisateur de la deuxième vie de l'équipement qui est :

« *Offrir un service de bureautique*»

Cette multifonctionnalité est prise en compte dans la modélisation des systèmes et elle est expliquée plus en détail à la section 2.4.

Un paramètre incertain de l'étude est le type de gestion en fin de vie après la deuxième vie du matériel reconditionné. Il est possible que le taux de recyclage du matériel informatique chez les particuliers soit différent de celui des institutions, il n'a pas été possible de déterminer ces taux. Par conséquent, l'hypothèse est faite que le taux de recyclage en fin de deuxième vie est similaire pour les particuliers et les institutions. Les taux 0 %, 50 % et 100 % de recyclage sont ici analysés pour les deux types d'utilisateurs et ils ont été choisis arbitrairement. Ils permettent une représentation des cas limites (0 et 100 %) et du cas moyen entre ces extrêmes (50 %). Ces taux permettent d'analyser l'impact potentiel de l'éventuel détournement du recyclage de certains ordinateurs qui seraient utilisés une deuxième fois et possiblement non recyclés après la deuxième vie. Dans la littérature, un taux de récupération de 18 % du matériel informatique après utilisation chez des particuliers ou dans des institutions a été trouvé (US EPA, 2008). Néanmoins, ce taux s'applique pour les États-Unis et date de quelques années (valeur de 2007). Par crainte d'inconsistance avec la situation québécoise, il a été jugé préférable de ne pas utiliser cette donnée.

Considérant les trois types d'équipements informatiques et les trois taux de recyclage à la fin de leur seconde vie, il est proposé que l'unité fonctionnelle ci-dessus soit opérationnalisée dans les scénarios présentés au Tableau 2-1.

Tableau 2-1 : Présentation des scénarios à l'étude – volet environnemental

Scénario	Recyclage (A)	Reconditionnement (B) 0 % recyclage	Reconditionnement (C) 50 % recyclage	Reconditionnement (D) 100 % recyclage
1.Ordinateurs	Envoi direct de 1000 ordinateurs sans écran à la filière recyclage	Envoi de 1000 ordinateurs sans écran à la filière reconditionnement. Tous les ordinateurs sont envoyés au LET après la seconde utilisation	Envoi de 1000 ordinateurs sans écran à la filière reconditionnement 50% des ordinateurs sont envoyés au recyclage après la seconde utilisation	Envoi de 1000 ordinateurs sans écran à la filière reconditionnement 100 % des ordinateurs sont envoyés au recyclage après la seconde utilisation
2.Écrans TRC	Envoi direct de 1000 écrans TRC à la filière recyclage.	Envoi de 1000 écrans TRC à la filière reconditionnement. Tous les écrans sont envoyés au LET après la seconde utilisation	Envoi de 1000 écrans TRC à la filière reconditionnement. 50 % des écrans sont envoyés au recyclage après la seconde utilisation	Envoi de 1000 écrans TRC à la filière reconditionnement. 100 % des écrans sont envoyés au recyclage après la seconde utilisation
3.Écrans ACL	Envoi direct de 1000 écrans ACL à la filière recyclage.	Envoi de 1000 écrans ACL à la filière reconditionnement. Tous les écrans sont envoyés au LET après la seconde utilisation	Envoi de 1000 écrans ACL à la filière reconditionnement. 50 % des écrans sont envoyés au recyclage après la seconde utilisation	Envoi de 1000 écrans ACL à la filière reconditionnement. 100 % des écrans sont envoyés au recyclage après la seconde utilisation

Les flux de référence, c'est-à-dire, la quantité de produits nécessaire pour répondre aux besoins de l'unité fonctionnelle sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 2-2 : Flux de référence pour chaque scénario de l'étude

Scénarios	Flux de référence	Nombre d'ordinateurs ou d'écrans reconditionnés
1. Ordinateurs Recyclage A	1000 ordinateurs envoyés au recyclage direct	
1. Ordinateurs Reconditionnement (B, C ou D)	1000 ordinateurs envoyés au reconditionnement	704 ordinateurs reconditionnés remis sur le marché (R=1,42)
2. Écrans TRC- Recyclage A	1000 écrans TRC envoyés au recyclage direct	
2. Écrans TRC Reconditionnement (B, C ou D)	1000 écrans TRC envoyés au reconditionnement	535 écrans TRC reconditionnés remis sur le marché (R=1,87)
3. Écrans ACL- Recyclage A	1000 écrans ACL envoyés au	

Scénarios	Flux de référence	Nombre d'ordinateurs ou d'écrans reconditionnés
	recyclage direct	
3. Écrans ACL Reconditionnement (B, C ou D)	1000 écrans ACL envoyés au reconditionnement	935 écrans ACL reconditionnés remis sur le marché (R=1,07)

Les rendements de reconditionnement (R) proviennent de données de la situation en 2009 fournies par Insertech Angus.

Pour plus de détails sur les hypothèses employées pour la quantification des flux de référence, voir les explications présentées au Tableau 2-5 à l'Annexe B.

Pour le volet social de l'étude, seuls deux scénarios sont comparés :

- le scénario reconditionnement/réemploi avec recyclage versus recyclage direct (correspondant à la comparaison des scénarios D et A du volet environnemental, sans égard au type d'équipement)
- le scénario reconditionnement/réemploi sans recyclage versus recyclage direct (correspondant à la comparaison des scénarios B et A du volet environnemental, sans égard au type d'équipement)

Tout d'abord, il n'y a pas de scénario fondé sur le type de composante informatique. Les impacts sociaux des activités de recyclage et de réemploi ne sont pas déterminés par les différentes composantes des ordinateurs (tours et écrans) mais par l'ensemble des activités qui permettent le réemploi. De la même manière, le scénario intermédiaire entre recyclage et enfouissement au terme de la seconde utilisation n'est pas considéré dans le volet social (i.e. 50% du matériel recyclé à la seconde fin de vie). En effet la nature qualitative d'une grande part des impacts documentés ne permet pas de faire une imputation proportionnelle aux différentes composantes comme on le fait, sur une base numérique, pour les impacts environnementaux.

2.4 Processus multifonctionnels et règles d'imputation

2.4.1 La multifonctionnalité dans le volet environnemental

Par définition, le reconditionnement et le recyclage sont des processus multifonctionnels. Le reconditionnement remplit la fonction de gérer les déchets du premier utilisateur du matériel informatique et il fournit un service de bureautique à un second utilisateur. Le recyclage, pour sa part, remplit également la fonction de gestion des déchets et celle de générer des matières premières.

En ACV, il est important de comparer des systèmes qui offrent des fonctions équivalentes pour éviter un biais arbitraire en faveur d'un système. Il existe deux façons d'assurer l'équivalence fonctionnelle des systèmes : réaliser une imputation ou procéder à l'extension des frontières.

L'imputation consiste à imputer selon une logique physique, énergétique ou économique les impacts environnementaux totaux des options de gestion en fin de vie aux différentes fonctions remplies par chaque système. Dans le cadre de cette étude, l'imputation n'est pas adéquate, car il n'existe pas de logique qui décrit correctement les liens entre les fonctions des systèmes à l'étude et leur contribution aux impacts environnementaux. Même d'un point vue économique,

il n'existe pas de lien direct et significatif entre le coût de gérer un ordinateur en fin de vie et le coût de fournir un service de bureautique.

Dans le but d'éviter l'imputation, la technique de l'extension des frontières est donc employée pour rétablir l'équivalence fonctionnelle des systèmes. Le système de produits des ordinateurs reconditionnés offre un service de bureautique supplémentaire qui ne se retrouve pas dans la filière de gestion recyclage direct. De même, le recyclage des matériaux permet de produire des matières premières qui normalement seraient produites à partir de matériaux vierges. La technique consiste à inclure dans les frontières du cycle de vie, des systèmes de produits qui répondent aux mêmes fonctions, à savoir, fournir un service de bureautique et produire des matières premières. Les impacts évités des systèmes inclus par les extensions de frontières sont «crédités» aux systèmes multifonctionnels, ce qui permet de rétablir l'équivalence fonctionnelle lors de la comparaison des méthodes de gestion en fin de vie. La Figure 2-1 présente le schéma de l'extension de frontières utilisées dans cette étude. Ainsi, les étapes de production, d'utilisation et de fin de vie d'une « portion » d'ordinateur neuf qui offre un service de bureautique sont évitées par un équipement informatique reconditionné de même que la production de matières premières vierges est déplacée par la production de matières premières recyclées.

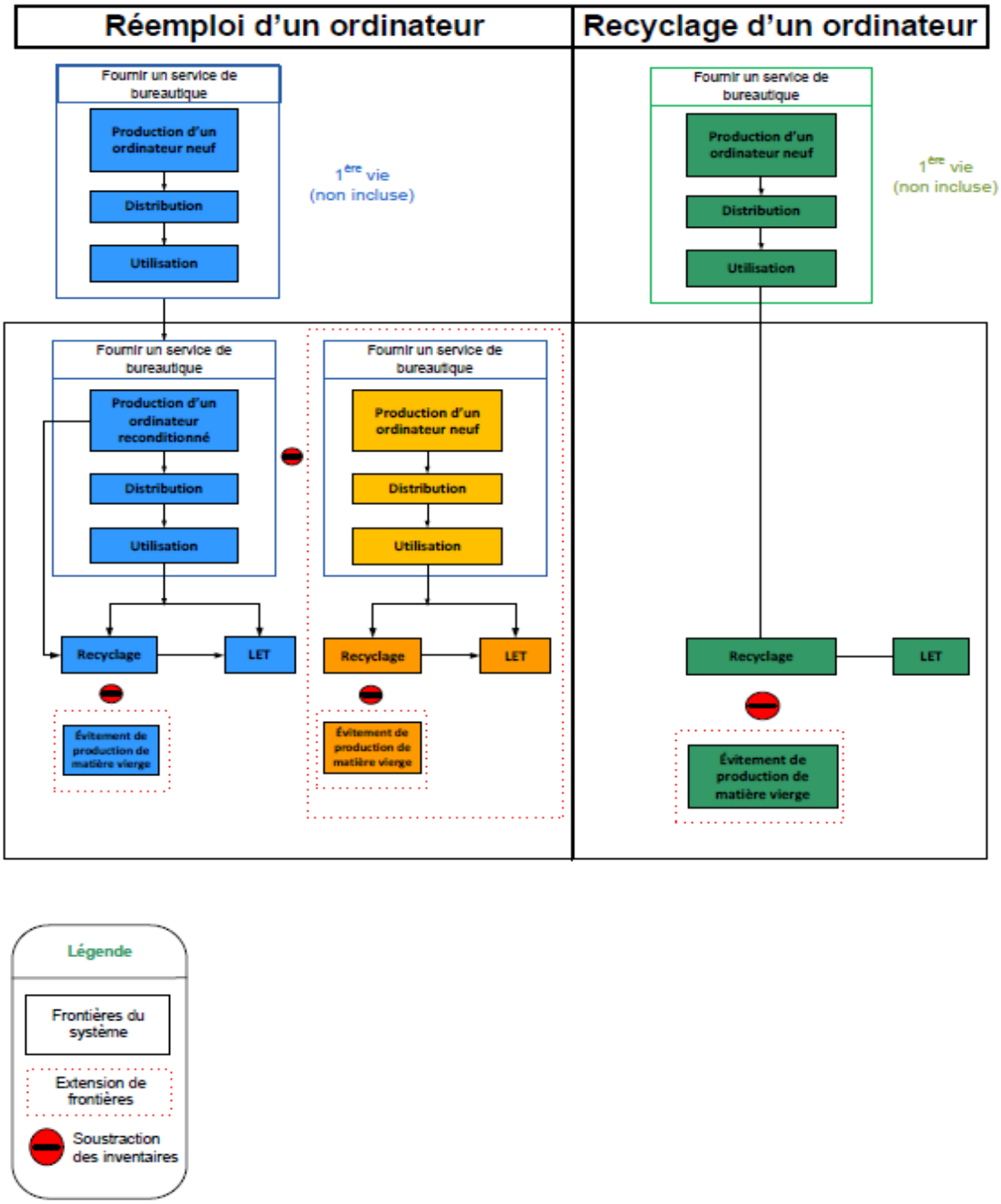


Figure 2-1 : Schéma de l'extension des frontières pour rétablir l'équivalence fonctionnelle pour la comparaison des systèmes.

2.4.2 La multifonctionnalité et le volet social

Pour la réalisation du volet social, la multifonctionnalité est traitée de manière légèrement différente. La fonction secondaire qui consiste à fournir des services de bureautique à un utilisateur grâce à la remise en marché d'un ordinateur reconditionné est également incluse

mais elle est additionnée à la filière réemploi sans qu'une fonction équivalente soit incluse dans la filière recyclage. Pour assurer l'équivalence fonctionnelle de la même façon que pour le volet environnemental, il aurait fallu ajouter à l'option recyclage les impacts sociaux et économiques de la production d'ordinateurs neufs. Or, il a été décidé de ne pas inclure la production d'ordinateur neuf dans le volet social de l'étude et ce, pour deux raisons principales. Premièrement, les objectifs de l'étude visent à mesurer et comparer les impacts et bénéfices sociaux comparés des deux options pour le Québec, en lien avec la réglementation à venir du MDDEP et cela se concrétise dans la définition des frontières du système étudié. De ce point de vue, on peut aisément justifier de ne pas prendre en compte les impacts sociaux associés à la fabrication d'ordinateurs neufs à Taiwan ou dans un autre pays producteur. Ainsi, on se trouve à ne pas prendre en compte 1- les retombées sociales et économiques de la fabrication d'un certain nombre d'ordinateurs neufs dans ce pays et 2- les risques sociaux éventuels associés à cette filière, notamment au plan des conditions de travail, du travail des enfants et du non-respect des droits humains. Deuxièmement, on peut sans difficulté affirmer que l'impact de la variation de la demande d'ordinateur induite par le réemploi d'ordinateur des ICI au Québec n'a pas d'impact significatif sur le niveau d'activité des manufacturiers d'ordinateurs à Taiwan - ou dans un autre pays producteur - et que cet impact peut donc être négligé dans cette analyse. Il n'en demeure pas moins que l'équivalence fonctionnelle n'est pas respectée ici et qu'il faudra en tenir compte dans l'interprétation des résultats. Par ailleurs, on peut avancer qu'en tenant compte des objectifs de cette ACV sociale il est pertinent de ne tenir compte que des impacts entrant dans la sphère d'influence des acteurs ce qui est tout à fait conforme à la littérature de l'ASCV (Méthot 2005 et Dreyer 2006).

De la même manière, la production de matière vierge n'est pas prise en compte dans le volet social de l'étude, essentiellement pour les mêmes raisons que celles évoquées précédemment, soit que les quantités impliquées induiraient des différences d'impacts de nature sociale tout à fait négligeables ce qui est justifié selon Weidema (2005) ou Spillemakers et al (2004).

2.5 Frontières des systèmes

Les frontières des systèmes servent à identifier les étapes, processus et flux qui seront considérés dans l'ACV. Elles incluent toutes les activités pertinentes à l'atteinte des objectifs de l'étude et donc, nécessaires à la réalisation de la fonction étudiée.

Les paragraphes suivants présentent une description générale des frontières des systèmes, ainsi que les considérations géographiques et temporelles associées.

2.5.1 Description générale des systèmes

La Figure 2-2 schématise les frontières générales des systèmes étudiés. Une documentation plus détaillée sur les étapes du cycle de vie évaluées est fournie à l'Annexe B. Le document inclut une liste complète des flux de matières et d'énergie faisant partie de l'avant-plan de chacun des sous-systèmes.

Mentionnons également que les diverses étapes du cycle de vie des produits à l'étude forment le **système d'avant-plan**, tandis que tous les processus d'approvisionnement et de gestion des rejets impliqués à chacune de ces étapes constituent les **systèmes d'arrière-plan**.

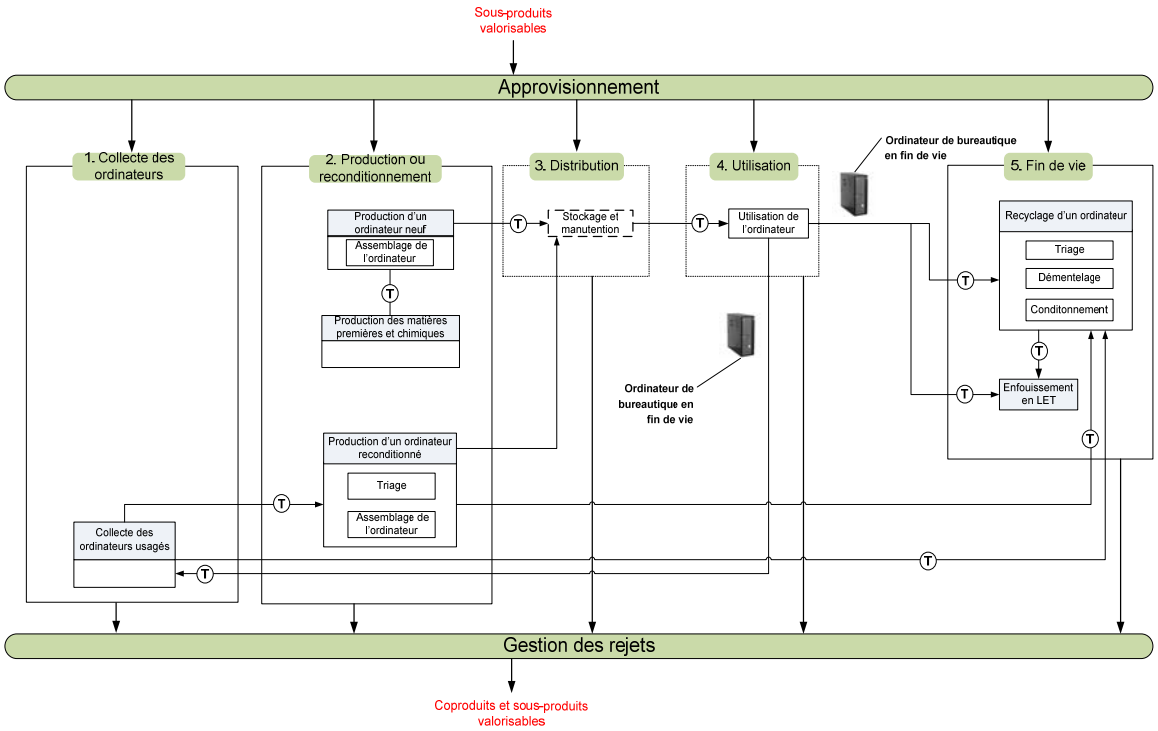


Figure 2-2 : Frontières des systèmes à l'étude.

Dans la description des étapes des cycles de vie, ci-dessous, le terme ordinateur est utilisé afin de désigner le matériel informatique d'une manière plus générale. Ces étapes décrivent donc tout autant les cycles des écrans.

La première étape consiste en la **collecte** des ordinateurs usagés venant du parc des ICI.

L'étape **production** couvre l'assemblage des ordinateurs neufs. Pour les ordinateurs reconditionnés, cette étape inclut le triage des composants ainsi que les opérations de nettoyage (incluant l'effacement sécuritaire des données) et les tests. Les infrastructures et l'opération des équipements sont également considérées.

L'étape « **distribution** » vise le transport des produits finis, de leur lieu de production (ou de reconditionnement) jusqu'au lieu d'utilisation qui peut être chez un particulier ou une institution.

Les étapes « **utilisation** » et « **fin de vie** », quant à elles, concernent respectivement l'utilisation et l'élimination des ordinateurs à la fin de leur vie utile, incluant la consommation d'électricité et tous les transports entre l'utilisateur et le lieu d'élimination ou de gestion finale.

Enfin, les sous-systèmes d'arrière-plan « **approvisionnement** » et « **gestion des rejets** » concernent respectivement, pour chacune des cinq étapes du système d'avant-plan précédent, toutes les activités reliées :

- À l'approvisionnement en ressources (eau, énergie, produits chimiques, matériaux), comprenant l'extraction, le traitement et la transformation des ressources naturelles, de même que les différents transports requis jusqu'à l'arrivée aux sites d'utilisation des

ressources (c.-à-d. les sites de pré-production, production, distribution, utilisation et de gestion en fin de vie).

- Au transport et au traitement des déchets générés à l'une ou l'autre de ces étapes du cycle de vie, en tenant compte des mises en valeur possibles (réutilisation, recyclage, valorisation énergétique ou autres).

Dans toutes les étapes et les sous-systèmes, les processus d'« amont » identifiables sont inclus de manière à fournir la vue la plus complète possible du système. Par exemple, dans le cas de l'énergie utilisée pour un transport, non seulement les émissions liées à la combustion de carburant sont considérées, mais aussi les processus et matières nécessaires à la production de ce carburant. De cette manière, les chaînes de production de tous les entrants sont remontées jusqu'à l'extraction des matières premières.

Les processus et flux inclus et exclus de l'analyse sont résumés au Tableau 2-3. L'approvisionnement et la gestion des rejets ont été répartis entre les étapes du cycle de vie afin de simplifier la lecture du tableau.

Tableau 2-3 : Processus inclus et exclus des frontières de l'ACV :

Étapes du cycle de vie	Processus/Sous-processus	Commentaires
Pré-Production	Production des matériaux	Toutes les fournitures utilisées en production sont incluses
	Production des emballages	*Exclue (manque de données et considérée négligeable pour tous les systèmes)*
	Transport au site de production	Transports de tous les matériaux vers le site de production inclus.
Collecte du matériel informatique	Transport vers le lieu de recyclage ou de reconditionnement	Inclus
Production du matériel neuf	Fabrication/Assemblage	Production et transport des principaux composants/matériaux inclus; Les autres ressources et rejets sont exclus
	Opération de fabrication sur site	Consommation d'électricité et d'eau et émissions directes à l'environnement incluses.
Reconditionnement	Consommation électrique due aux opérations de reconditionnement et éclairage	Incluse
Distribution	Transport vers les usagers	Inclus
	Manutention et entreposage	*Exclus (Manque de données et considérés négligeables)*
Utilisation	*Installation*	*Exclue (Manque de données et considérée négligeable)*
	Opération/Utilisation	Inclus

Étapes du cycle de vie	Processus/Sous-processus	Commentaires
	Maintenance	Incluse
Fin de vie	Transport en fin de vie	Transport de l'utilisateur au lieu d'élimination/gestion finale inclus
	Gestion en fin de vie du produit : étapes de recyclage, enfouissement ou valorisation énergétique	Inclus
	Production évitée	Énergie (électricité chaleur) produite par la valorisation énergétique et les matériaux issus du recyclage inclus.
	Services auxiliaires (publicité et autres services)	*Exclus (considérés négligeables)*

Il est à noter qu'aucun critère d'inclusion n'a été appliqué pour la présente étude : toutes les données disponibles ont été utilisées.

Comme présenté au Tableau 2-3, certains processus ont été exclus à cause d'un manque de données. De plus, comme ces processus (manutention, emballage…) auraient été relativement similaires dans les systèmes comparés, leur omission ne risque pas d'influencer les résultats significativement.

2.5.2 Frontières géographiques et temporelles

Conformément à l'unité fonctionnelle sélectionnée, la présente étude constitue une ACV représentative du contexte québécois en 2010. Ainsi, les activités de reconditionnement et de recyclage sont modélisées de manière à répondre à ce critère.

Il est à noter, cependant, que certains processus compris dans les frontières des systèmes peuvent avoir lieu n'importe où ou à n'importe quel moment s'ils sont nécessaires à la réalisation de l'unité fonctionnelle. Par exemple, les processus associés à l'approvisionnement en matières premières, ainsi qu'à la gestion des rejets générés peuvent avoir lieu au Québec ou ailleurs dans le monde. De plus, certains processus peuvent générer des émissions sur une plus longue période que l'année de référence. C'est le cas de l'enfouissement des déchets, qui engendre des émissions (biogaz et lixiviat) sur une période de temps dont la longueur (de quelques décennies à plus d'un siècle, voir des millénaires) dépend de la conception et des paramètres d'opération des cellules d'enfouissement et de la modélisation de leurs émissions dans l'environnement.

2.5.3 Volet social

Les frontières des systèmes sont les mêmes pour le volet social et le volet environnemental. Toutefois, alors que le volet environnemental s'intéresse aux flux de matière et d'énergie à l'intérieur de processus, le volet social de l'ACV s'intéresse plutôt aux rapports sociaux qui s'établissent entre les acteurs impliqués directement ou indirectement lors des différentes étapes du cycle de vie du produit. Ce sont ces interactions entre les acteurs qui sont susceptibles de créer des impacts, positifs ou négatifs. Ces acteurs sociaux sont considérés à partir de la catégorie de **parties prenantes** à laquelle ils appartiennent et ce sont tous ceux qui sont affectés

directement ou indirectement par l'une ou l'autre des étapes de production ou d'utilisation du produit étudié. Les entreprises ou organisations par lesquelles va transiter le produit constituent les **sphères d'influence** à partir desquelles les rapports sociaux sont induits et les impacts potentiels créés. Ces acteurs et les impacts qui y sont associés sont présentés à la section 2.9.

Il faut noter également que des impacts de nature sociale peuvent aussi découler directement de la réalisation d'un processus, dans sa dimension technique, mais cette catégorie d'impacts non générés par des relations entre parties prenantes n'est pas traitée dans les lignes directrices. Si des impacts de cette nature se manifestaient nous le mentionnerions.

2.6 Sources, hypothèses et données d'inventaire du cycle de vie environnemental (ICVe)

Les données requises à l'ACV concernent les matières premières utilisées, l'énergie consommée ainsi que les rejets générés à chaque étape du cycle de vie étudié.

La collecte de données est une étape importante qui a été réalisée de manière itérative entre le CIRAIG, RECYC QUÉBEC et les entreprises qui ont collaboré à la collecte de données. La qualité des résultats d'une ACV dépend de la qualité des données utilisées pour effectuer l'évaluation. C'est pourquoi tous les efforts ont été faits pour que les informations disponibles les plus crédibles et les plus représentatives soient intégrées à l'étude.

Cette étude a été réalisée de manière à privilégier les **données primaires** disponibles et faciles d'accès, dans un premier temps, suivi d'une collecte de données plus détaillée pour certains processus et paramètres clés spécifiques. La liste des organismes impliqués dans la collecte de données est fournie au Tableau 2-4. Les données ont été collectées à l'aide de questionnaires, de visites d'installations et de discussions avec les organismes contributeurs à la collecte de données.

La collecte visait à fournir une image représentative des pratiques de recyclage et de reconditionnement des ordinateurs provenant des ICI au Québec. L'atteinte de cet objectif est limitée par l'absence de données statistiques fiables sur le devenir des équipements informatiques en fin de vie et sur les entreprises qui opèrent dans le secteur du recyclage et du réemploi. Par conséquent, il est assumé que le recyclage des équipements est effectué par des installations canadiennes qui répondent aux lois environnementales et qui visent à maximiser la récupération des matériaux. Pour sa part, l'élimination se fait dans des sites d'enfouissement réglementaires. Les cas de mises en décharges sauvages ou les exportations d'équipements vers les pays en développement en infraction avec la convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontaliers de déchets dangereux sont exclus de cette étude. Pour ces raisons, la représentation du recyclage dans le cadre de cette étude est possiblement plus optimiste que la réalité.

Tableau 2-4 : Listes des contributeurs à la collecte de données environnementale :

Contributeurs	Secteurs d'activité
RECYC-QUÉBEC	Recyclage et reconditionnement
Insertech Angus	Reconditionnement
Xstrata Corporation-Brunswick	Recycleur

Un autre acteur du domaine du recyclage de matériel informatique a aussi aidé pour la réalisation de l'étude mais a tenu à demeurer confidentiel. Les données manquantes, incomplètes ou non facilement accessibles ont quant à elles été complétées par des **données secondaires,** c.-à-d. issues de la base de données d'inventaire *ecoinvent*, de la base de données interne du CIRAIG, de bases de données publiques disponibles, de la littérature et de jugements d'experts.

La plupart de ces données secondaires proviennent des modules de données d'inventaire du cycle de vie (ICV) disponibles dans la base de données *ecoinvent* version 2.1 (www.ecoinvent.ch/). Cette base de données européenne est particulièrement reconnue par la communauté scientifique internationale car elle surpasse de loin les autres bases de données commerciales tant du point de vue quantitatif (nombre de processus inclus) que qualitatif (qualité des procédés de validation, complétude des données, etc.).

L'utilisation de données européennes pour représenter l'Amérique du Nord peut introduire un biais dans certains cas. Cependant, il est estimé que la cohérence et la complétude de cette base de données en font une option préférable à d'autres données disponibles pour la plupart des processus.

Dans la mesure du possible, les modules de données génériques employés dans le cadre de cette étude ont été adaptés de manière à augmenter leur représentativité des produits et du contexte analysés. Plus particulièrement, pour toutes les activités ayant lieu au Québec, les modules génériques ont été adaptés en remplaçant les mélanges d'approvisionnement énergétique (*grid mix*) européens par le *grid mix* québécois pour les processus d'avant-plan, c.-à-d. la consommation d'électricité durant la phase d'utilisation des ordinateurs et les opérations de reconditionnement et de recyclage qui ont lieu au Québec. Le grid mix canadien a été utilisé pour les opérations ayant lieu à l'extérieur du Québec, mais au Canada. Pour les processus d'arrière-plan ayant lieu en Amérique du Nord le grid mix nord-américain a été utilisé.

Mentionnons aussi que toutes les données utilisées ont été :

1) Évaluées quant à leur représentativité temporelle, géographique et technologique;
2) Collectées de manière à ce qu'elles soient les moins agrégées possible;
3) Documentées conformément aux meilleures pratiques disponibles.

Dans les cas où aucune source n'était disponible, des **hypothèses** ont aussi été posées. Les principales hypothèses relatives aux systèmes sont :

- Le premier tri du matériel dirigé vers la filière recyclage est fait à Montréal et ensuite transporté dans des usines de recyclage ailleurs au Québec et au Canada;
- Lorsque la revente du matériel reconditionné engendre un évitement de production d'un ordinateur ou écran neuf, il est supposé que le produit neuf aurait eu la même gestion en fin de vie (B, C ou D) que les produits reconditionnés;

- Le recyclage des matériaux directement récupérables se fait chez le recycleur primaire à l'exception des composants, câbles et cartes mères qui sont broyés sur place et envoyés pour traitement (et récupération des métaux notamment) à des tierces parties. La Figure 2-3 ci-dessous illustre les principales sous étapes du recyclage d'un ordinateur. Pour le recyclage des écrans, des schémas similaires sont disponibles à l'Annexe D.

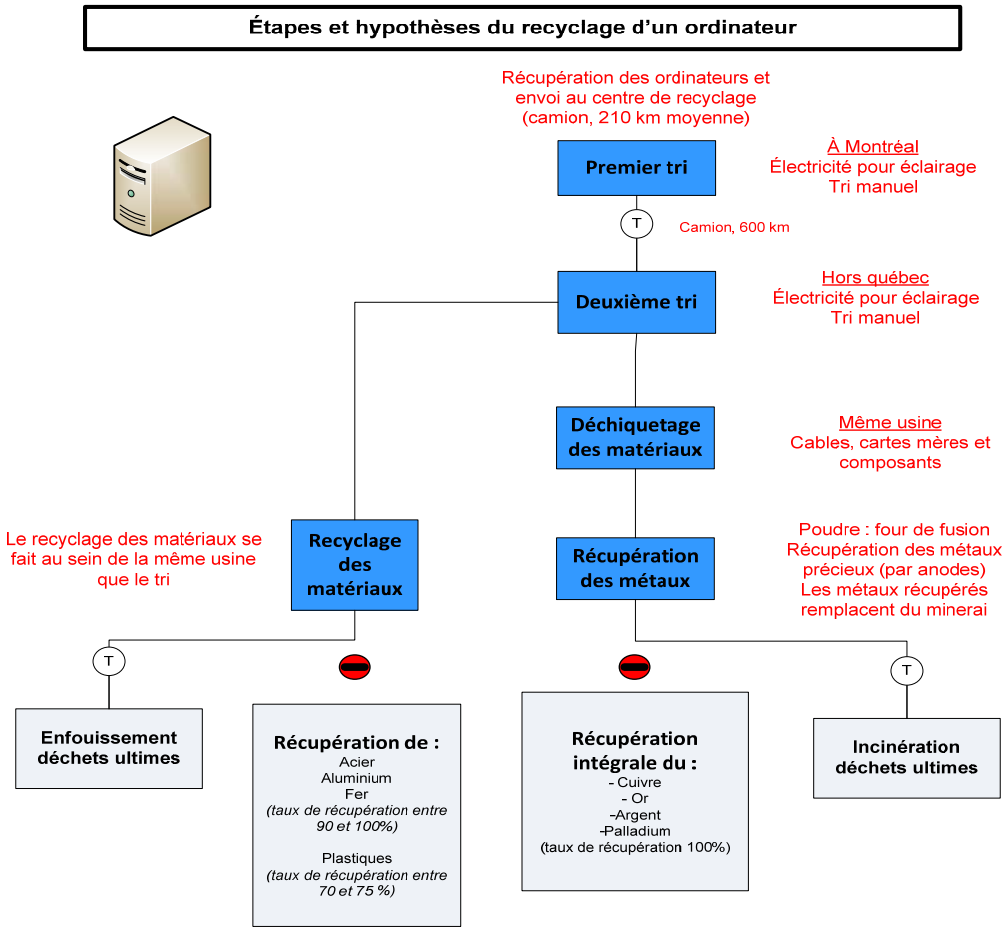


Figure 2-3 : Recyclage d'un ordinateur.

- Le recyclage des plastiques du matériel électronique est complexe. Le tri et la séparation des types de plastiques sont difficiles. Ces plastiques sont mélangés, ce qui n'assure pas une entière recyclabilité des plastiques du matériel informatique (United Nations University, 2008). Le scénario de base suppose qu'entre 70 et 75 % des plastiques sont recyclables et que ces plastiques peuvent être séparés ABS, PP et PS (hypothèse basée sur des estimations de recycleurs). Les 25 à 30 % restants sont mis à disposition, supposément dans un LET comme le reste des matériaux non recyclés (pertes).
- Lors de la deuxième utilisation, l'ordinateur reconditionné est censé avoir une durée de vie de 3 ans (4 ans pour un neuf). Bien que la gestion des écrans ait été séparée dans les scénarios pour avoir une vue plus claire des impacts de la gestion en fin de vie de chaque type de matériel, il est supposé que lors de la seconde utilisation les écrans

reconditionnés ou revendus accompagnent les ordinateurs et vont être utilisés 3 ans, même si leur durée de vie pour une réutilisation pourrait être plus longue;

- Selon le reconditionneur, les écrans TRC sont seulement testés. S'ils sont fonctionnels, ils sont alors mis en vente. Dans le cas contraire, ils sont envoyés directement au recyclage.
- Une partie du cuivre dans les TRC est une bobine fixée sur le tube qui est facilement récupérable. Selon les recycleurs, si son taux de pureté le permet, la bobine est intégrée plus tard dans le processus de recyclage de cuivre, ce qui permet de réduire les impacts des opérations de recyclage du métal. La plupart du temps, cette bobine est broyée pour en séparer les impuretés. Dans cette étude, l'approche conservatrice a été retenue et la bobine, qui représente 50% de la masse totale de cuivre dans un TRC, est broyée, mais demeure impure. Elle est donc mise dans le fondeur dès la première étape du recyclage. Elle bénéficie donc d'un recyclage très similaire à ce qui est fait pour le reste du cuivre : dans un four puis avec une séparation par anode.

Le Tableau 2-5 résume les principales sources de données et hypothèses employées dans cette ACV, alors que l'Annexe B présente le détail des données utilisées.

Tableau 2-5 : Principales données, sources et hypothèses utilisées dans l'établissement de l'ICV d'avant-plan :

Paramètres	Produits à l'étude			Commentaires et sources de données
	Ordinateur	TRC	ACL	
Caractéristiques				
Taille		17 "	17 "	
Masse (kg)	11,8	16,9	5,2	Données moyennes mesures Insertech Angus
Composition	Valeurs utilisées par défaut [1]	Valeurs utilisées par défaut [1]	Valeurs utilisées par défaut [2]	[1] Huisman et al. [2] Huisman et al. Ecoinvent 2.01
Durée de vie	3 ans (reconditionné) 4 ans (neuf)	3 ans reconditionné	3 ans reconditionnés 6 ans (neuf)	Hypothèses basées sur l'estimation d'experts (Insertech, 2009)
Production du neuf				
Emplacement des sites de production	Asie (Taiwan)	N/A	Asie (Taiwan)	La production liée à la première vie n'est pas incluse dans les frontières (la production des appareils neufs sert seulement dans le cas des produits déplacés)
Reconditionnement				
Emplacement des sites de reconditionnement	Montréal	Montréal	Montréal	Insertech Angus

Collecte	Par camion, distance moyenne 210 km (entreprises, distributeurs, particuliers et OPEQ)			Insertech Angus, distance moyenne observée pour la collecte Supposée identique pour les scénarios A car même parc informatique à l'origine
Procédés	Tri manuel, reconditionnement et contrôle qualité	Manutention et contrôle qualité	Tri manuel, reconditionnement et contrôle qualité	Consommation d'énergie Pas de pièce neuve (Insertech Angus)
Nombre d'ordinateurs	Entrants : 7101 Sortants (reconditionnés) : 4977	Entrants : 1674 Bons pour la vente : 897	Entrants : 1035 Sortants (reconditionnés) : 971 (une partie étant fonctionnelle est revendue directement)	Insertech Angus, données de 2009 Les ACL défectueux sont réparés en partie, le reste est démantelé et le plastique et l'acier sont envoyés au recyclage
Consommation d'énergie	Opérations de reconditionnement, chauffage et éclairage du bâtiment			Insertech Angus
Distribution				
Distance et mode de transport	Les transports sont modélisés sur la base d'un camion 28 tonnes			
Utilisation				
Consommation	0,075 kWh/h neuf 0,08 kWh/h reconditionné	0,044 kWh/h	0,034 kWh/h [1]	[1] Supposée identique pour les appareils neufs et reconditionnés ou usagés. Données moyennes de consommation (allumé, en veille ou éteint). Mesures (Insertech Angus)
Heures utilisation 2e vie	2880	2880	2880	4 h par jour à raison de 240 jours par an (3 ans) Hypothèse
Approvision-nement énergétique	Mix énergétique québécois			
Fin de vie				
Étapes de recyclage Cf. Figure 2-3	Premier tri à Montréal Deuxième tri Déchiquetage Recyclage des métaux Déchets ultimes [1]	Premier tri à Montréal Envoi des tubes cathodiques pour traitement Deuxième tri Déchiquetage Recyclage des métaux Déchets ultimes [1]	Premier tri à Montréal Disposition de la dalle ACL Traitement des ampoules Deuxième tri Déchiquetage Recyclage des métaux Déchets ultimes [2]	[1] Hypothèses (Insertech Angus, Recycleurs) [2] Hypothèses recycleurs et adaptation procédés ecoinvent 2.01

Matières triées au premier ou deuxième tri	Acier Plastiques Aluminium PVC des câbles (incinéré)	Acier Cuivre (bobine récupérée directement) Plastiques Aluminium Verre et plomb (tubes)	Verre (broyé) [1] Lampes [2] Aluminium Plastiques	[1] Broyé puis mis au rebut (recycleur) [2] Ecoinvent 2.01
Taux de déchets ultimes issus du processus de recyclage	Entre 0 et 10 % sauf plastiques entre 25 et 30%.			Estimation basée sur un jugement d'experts en recyclage
Métaux récupérés après déchiquetage	Cuivre Or Argent Palladium	Cuivre Or Argent Palladium Plomb (tubes)	Cuivre Or Argent Palladium	Estimation basée sur un jugement d'experts en recyclage
Taux de récupération des métaux	100 % (Remplacement du minerai, ratio de remplacement de 1 pour 1 pour chaque métal)			
Procédés de recyclage	Rebut d'aluminium Acier, arc électrique Plastique, broyage Broyage des tubes cathodiques et utilisation en fonderie primaire Broyage du verre de la dalle ACL mais mis au rebut			Liste des procédés considérés comme les procédés de recyclage de ces matières
Matières évitées	Aluminium, primaire Acier, convertisseur Fer ABS et granules de plastiques Utilisation de chaux primaire évitée et production de plomb supplémentaire			Matières et procédés de production de ces matières évitées
Consommation d'énergie pour tri 1 ou 2	Éclairage du bâtiment			Proxy à partir des données du reconditionnement
Consommation d'énergie (recyclage)	Opérations de recyclage			ecoinvent 2.01
Distance jusqu'au centre LET	50 km			Hypothèses
Enfouissement	Modélisation de l'enfouissement de la partie électronique (plupart des métaux)[1] et enfouissement des plastiques, acier, verre[2].			[1] Modèle Gabor Doka (ecoinvent) [2] ecoinvent 2.01

Le logiciel SimaPro 7.2.4, développé par PRé Consultants (www.pre.nl), a été utilisé pour faire la modélisation des systèmes, relier les flux de référence à la base de données ICV et réaliser le calcul de l'inventaire.

2.7 Évaluation des impacts environnementaux

La méthode européenne IMPACT 2002+ (Jolliet *et al,.* 2003) version 2.05, reconnue internationalement, a été choisie pour effectuer l'évaluation des impacts du cycle de vie des

scénarios comparés. En plus de fournir les résultats pour quinze catégories d'impact, IMPACT 2002+[2] permet une agrégation en quatre catégories de dommage (Figure 2-4).

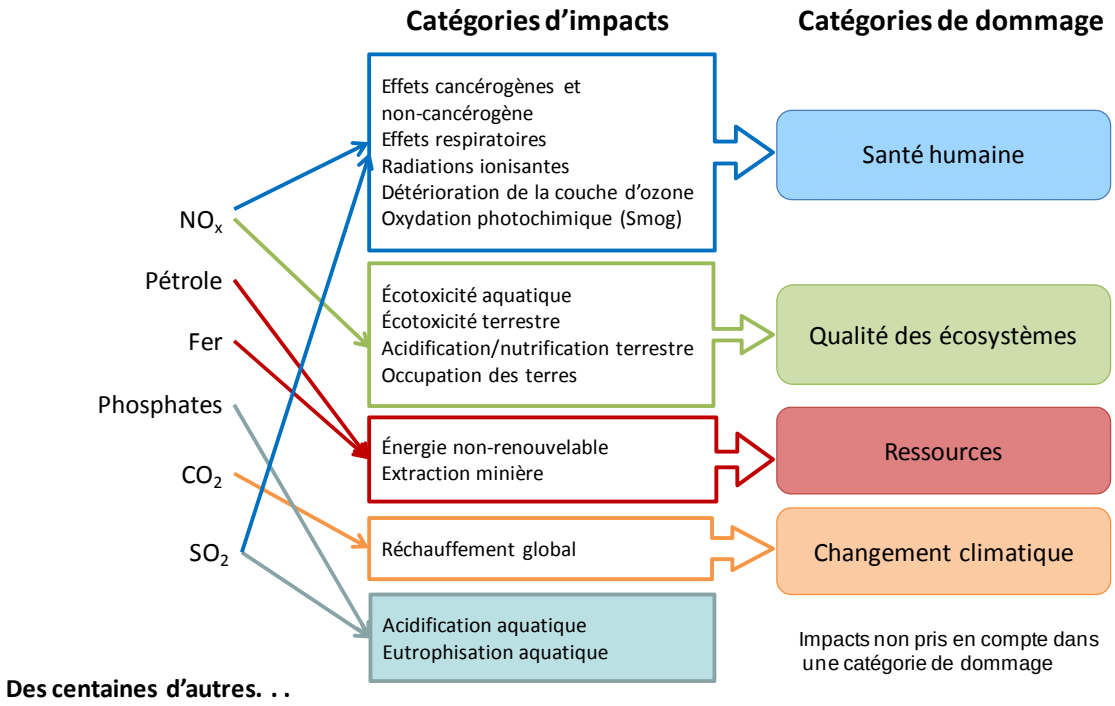


Figure 2-4 : Catégories de dommage et catégories d'impacts de la méthode IMPACT 2002+.

L'agrégation des impacts environnementaux selon ces quatre catégories de dommage fournit des résultats plus simples à comprendre et à interpréter pour les non-initiés à l'ACV, en plus de permettre une évaluation rapide des principaux enjeux environnementaux potentiels associés aux scénarios à l'étude. Les catégories de dommage peuvent se résumer ainsi :

- **Santé humaine** : cette catégorie prend en compte les substances ayant des effets toxiques (cancérogènes et non cancérogènes) et respiratoires, produisant des radiations ionisantes et qui contribuent à la destruction de la couche d'ozone. Afin d'évaluer le facteur de dommage, la gravité de la maladie potentiellement causée par ces substances est exprimée en DALY - *Disabled Ajusted Life Years*, unité reflétant le dommage à la santé humaine.

- **Qualité des écosystèmes** : cette catégorie regroupe les impacts liés à la toxicité aquatique et terrestres, à l'acidification et l'eutrophisation terrestre et à l'occupation des terres. Elle est quantifiée en fraction d'espèces potentiellement disparues, sur une surface donnée et durant une certaine période de temps, par kilogramme de substance émise (PDF*m²*an/kg). C'est donc une mesure relative de la perte potentielle de la biodiversité suite à une émission d'un polluant dans un espace en comparaison avec l'état naturel de cet espace (100% de biodiversité).

[2] Pour plus de détail sur les catégories d'impact de la méthode IMPACT2002+, se référer au site Internet : http://impactmodeling.org/ ou www.sph.umich.edu/riskcenter/jolliet/impact2002+.htm#form2

- **Changement climatique** : le potentiel de chaque gaz à effet de serre (GES) est calculé en kilogrammes de dioxyde de carbone équivalents (kg CO_2 éq.), basé sur les données sur le forçage radiatif infrarouge. La méthode IMPACT 2002+ considère les effets potentiels sur le changement climatique sur 500 ans.
- **Ressources :** cette catégorie prend en compte l'utilisation de ressources énergétiques non renouvelables et l'extraction de minéraux, quantifiés en mégajoules d'énergie (MJ).

Mentionnons que :

- Ces catégories ne couvrent pas tous les impacts environnementaux possibles associés aux activités humaines. Plusieurs types d'impacts, dont le bruit, les odeurs, et les champs électromagnétiques ne font pas partie de la présente analyse. De plus, l'utilisation de l'eau n'est pas considérée par les modèles de caractérisation actuels.
- L'**eutrophisation et l'acidification aquatiques** ne sont pas prises en compte par les indicateurs de dommage de la méthode IMPACT 2002+ (dommages relatifs à la qualité des écosystèmes). Ces indicateurs d'impact sont donc évalués en conjonction avec les indicateurs de dommage pour compléter l'ÉICV. Des graphiques présentant ces résultats sont disponibles à l'Annexe D.
- Aucune normalisation des résultats et aucune pondération des catégories de dommage n'ont été réalisées. Les facteurs de conversion des impacts en dommages incluent toutefois une pondération implicite décrite dans la méthode IMPACT 2002+.
- Les résultats de l'ÉICV présentent des impacts environnementaux potentiels et non réels. Il s'agit d'expressions relatives (à l'unité fonctionnelle notamment) qui ne permettent pas de prédire les impacts finaux ou le risque sur les milieux récepteurs et le dépassement des normes ou marges de sécurité.

Une deuxième évaluation basée sur la méthode ReCiPe a par ailleurs permis de vérifier si la variabilité des modèles de caractérisation avait une influence significative sur les conclusions et donc, de tester la robustesse des résultats obtenus à partir d'IMPACT 2002+.

Tout comme pour l'inventaire, le logiciel SimaPro 7.2.4 a été utilisé pour faire le calcul des impacts potentiels associés aux émissions inventoriées. C'est lui qui procède à la classification des flux élémentaires entre les diverses catégories d'impact et au calcul des résultats d'indicateur de dommage.

2.8 Interprétation du volet environnemental

La méthodologie employée pour l'évaluation de la qualité des données, les analyses de sensibilité et l'analyse d'incertitude sont résumées ici.

2.8.1 Analyse de l'inventaire

Les résultats d'inventaire en termes de quantités de matières et d'énergie associées à chacun des systèmes à l'étude sont présentés brièvement dans le corps de ce rapport. L'analyse exhaustive des entrants et sortants n'améliore généralement pas la compréhension des enjeux. En effet, les résultats d'inventaire (qui sont disponibles à l'annexe D) contiennent trop d'informations et ne permettent pas en soi de conclure. Pour que l'AICV soit pertinente, elle doit être faite en parallèle avec l'évaluation des impacts. Ainsi, en accord avec la norme ISO

14 044, l'ÉICV présentée et discutée au chapitre 3 constitue l'interprétation des résultats d'ICV, en ayant pour but de mieux en comprendre la portée environnementale. Une analyse de contribution permet également d'identifier les flux d'inventaire qui sont à la source des impacts prédominants, un tableau les récapitulant est disponible à l'annexe D-2.

2.8.2 Évaluation de la qualité des données d'inventaire

La fiabilité des résultats et des conclusions de l'ACV dépend de la qualité des données d'inventaire qui sont utilisées. Il est donc important de s'assurer que ces données respectent certaines exigences spécifiées en accord avec l'objectif de l'étude.

Bien qu'aucune méthode particulière ne soit actuellement prescrite par l'ISO, deux critères ayant une influence sur la qualité de l'inventaire ont été choisis pour évaluer les données :

- **Fiabilité** : concerne les sources, les méthodes d'acquisition et les procédures de vérification des données. Une donnée jugée fiable est une donnée vérifiée et mesurée sur le terrain. Ce critère se réfère principalement à la quantification des flux élémentaires.
- **Représentativité** : traite des corrélations géographique et technologique. Est-ce que l'ensemble des données reflète la réalité? Une donnée est jugée représentative lorsque la technologie est en relation directe avec le champ d'étude. Ce critère se rapporte principalement au choix des processus servant à modéliser le système.

Une description plus détaillée des critères et l'évaluation de la qualité des données sont présentées à l'Annexe C.

En parallèle à l'évaluation de la qualité des données utilisées, une estimation de la contribution des étapes principales (c.-à-d. dans quelle mesure les processus modélisés avec ces données contribuent à l'impact global du système à l'étude) a été effectuée. En effet, une donnée de qualité inférieure peut très bien convenir dans le cas d'un processus dont la contribution est minime. Par contre, des données de bonne qualité devront être recherchées pour les processus qui influencent grandement les conclusions de l'étude.

Dans le cadre de cette étude, l'analyse de contribution s'est résumée à observer l'importance relative des différents processus modélisés à l'impact potentiel global évalué pour chacune des quatre catégories de dommage mentionnées à la section 2.7. Les résultats de l'analyse de contribution sont disponibles à l'Annexe C.

2.8.3 Analyses de sensibilité

Plusieurs paramètres utilisés lors de la modélisation des systèmes présentent un certain niveau d'incertitude, plus particulièrement liée aux hypothèses et modules de données génériques employés. Les résultats obtenus sont liés à ces paramètres et leur incertitude est transférée aux conclusions tirées.

À partir des principaux processus/paramètres contributeurs identifiés par l'analyse de qualité des données, des analyses de sensibilité ont été effectuées sur les paramètres suivants :

- Consommations électriques (étape de reconditionnement ou d'utilisation);
- Véhicule pour la distribution;
- Lieu de recyclage;
- Lieu de recyclage des plastiques;

- Distance jusqu'au LET pour les déchets ultimes ou les scénarios avec enfouissement après 2ème vie;
- Distance jusqu'à la fonderie;
- *Grid-mix* énergétique pour l'utilisation (au cas où la deuxième utilisation ne se ferait pas au Québec);
- Taux de récupération des matériaux (analyse avec le taux de perte maximal estimé à 10% pour les matériaux différents des plastiques);
- Taux de récupération des métaux;
- Traitement des plastiques en fin de vie;
- Masse de la bobine de cuivre dans le TRC;
- Durée de vie du matériel neuf;
- Méthode d'évaluation des impacts du cycle de vie.

Pour ce faire, la valeur initiale des paramètres incertains a été changée pour des valeurs différentes quoique vraisemblables. Les conclusions et tendances de l'étude ont ensuite été réévaluées afin de tester leur robustesse vis-à-vis des paramètres sensibles.

Les analyses de sensibilité sont présentées à la section 3.1.5.

2.8.4 Analyse d'incertitude

L'objectif de l'analyse d'incertitude est de vérifier la fiabilité des conclusions en déterminant si elles sont affectées, non seulement par des hypothèses, mais également par les incertitudes des données d'inventaire.

Une analyse de type Monte-Carlo a été effectuée pour les scénarios de base, afin de voir la probabilité que les conclusions soient modifiées suite à la prise en compte de l'incertitude sur les données d'inventaire de la base de données ecoinvent.

Les résultats de l'analyse d'incertitude sont présentés à la section 3.1.6.

2.9 Sources, hypothèses et données d'inventaire du cycle de vie social (ICVs)

Le volet social de l'analyse du cycle de vie est basé sur les mêmes systèmes que le volet environnemental. Les sections 2.3 à 2.5 s'appliquent donc tout autant au volet social qu'au volet environnemental de l'ACV. Toutefois, comme mentionné, l'ACV sociale, plutôt que de s'intéresser aux flux de matières et d'énergie, s'intéresse aux rapports sociaux qui s'établissent entre des acteurs ou parties prenantes dans l'une ou l'autre des étapes du cycle de vie. La collecte de données pour le volet social doit donc permettre dans un premier temps d'identifier les parties prenantes, c'est-à-dire les groupes d'acteurs susceptibles de subir des impacts, positifs ou négatifs, découlant de l'une ou l'autre des étapes du cycle de vie des produits étudiés et d'identifier ces impacts. Dans les *Lignes directrices pour l'analyse sociale du cycle de vie des produits*[3] on identifie cinq catégories de parties prenantes chez qui des impacts peuvent être observés : **les travailleurs, les communautés locales, la société, les consommateurs et les acteurs de la chaîne de valeur**. Les impacts sociaux et socio-économiques sont pour leur part regroupés en six grandes catégories soit **les droits humains, les conditions de travail, la santé et**

[3] Programme des Nations Unies pour l'environnement, *Lignes directrices pour l'analyse sociale du cycle de vie des produits*, 2009

la sécurité, l'héritage culturel, la gouvernance et les répercussions socio-économiques. Ces grandes catégories comportent chacune de nombreuses sous-catégories qui correspondent aux impacts à documenter. Le Tableau 2-6 présente les catégories de parties prenantes et les catégories d'impact proposées dans les lignes directrices.

Tableau 2-6 : Catégories de parties prenantes et catégories d'impact de l'AsCV

Catégories de parties prenantes	Catégories d'impacts
TR – Travailleurs	DH – Droits humains
CS – Consommateurs	CT – Conditions de travail
CL – Communautés locales	SS – Santé et sécurité
SO – Sociétés	HC – Héritage culturel
AC – Acteurs de la chaîne de valeur	GV – Gouvernance
	RS – Répercussions socio-économiques

Dans l'ACV sociale, le point de départ de l'analyse est l'entreprise ou l'organisation par laquelle transite le produit aux différentes étapes du cycle de vie plutôt que le produit lui-même. L'organisation se substitue en quelque sorte au produit. Ceci s'explique par le fait que l'on s'intéresse à des liens sociaux plutôt qu'à des flux physiques et que ces liens sont associés davantage aux actions et aux comportements des organisations plutôt qu'au produit lui-même (Dreyer et al 2006). On s'intéressera alors aux impacts des activités de l'entreprise par laquelle passe le produit étudié sur les groupes d'acteurs avec qui elle est en rapport, qu'il s'agisse de ses travailleurs, de ses partenaires d'affaires (fournisseurs et clients), de la communauté où elle est située ou encore de la société en général.

2.9.1 Cartographie (inventaire) des parties prenantes et choix des parties prenantes retenues

La première étape de la collecte de données consiste à établir la cartographie des parties prenantes, c'est-à-dire à identifier l'ensemble des acteurs sociaux impliqués à chaque étape du cycle de vie et à sélectionner lesquelles sont d'intérêt pour l'analyse. Les catégories sont celles prévues aux lignes directrices, mais si l'ajout d'une catégorie pertinente s'avère nécessaire à l'analyse pour mieux correspondre à la réalité du système observé, il demeure possible de l'ajouter à condition de le justifier.

La cartographie des parties prenantes est dressée à partir du modèle d'étude retenu. Dans le cas présent, on s'intéresse aux organisations qui sont impliquées dans la récupération et le traitement des ordinateurs provenant de grands parcs informatiques arrivés en fin de vie utile. Pour la filière réemploi, il s'agit d'organisations à vocation sociale qui font de l'insertion ou de la formation en milieu de travail, tel qu'Insertech Angus et le CFER de Bellechasse. Pour le secteur du recyclage, il s'agit de recycleurs de grande taille qui respectent les « règles de l'art » comme la filiale montréalaise de l'entreprise GEEP Global et FCM Lavaltrie. Ces organisations constituent les sphères d'influence à partir desquelles les rapports sociaux sont créés et les impacts potentiels sont générés. Nous reviendrons sur les implications de ces choix à la section 3.3 qui traite des limites de l'étude.

Le Tableau 2-7 présente la cartographie des parties prenantes telle qu'établie en collaboration avec le client au début du mandat. Cette cartographie représente donc les parties prenantes susceptibles de subir des impacts à l'une ou l'autre des étapes du cycle de vie du produit pour chacun des deux systèmes. Tel que permis dans les lignes directrices, une catégorie de partie prenante a été ajoutée, soit les jeunes en formation ou en insertion.

Tableau 2-7 : Cartographie des parties prenantes aux différentes étapes du cycle de vie

Catégorie de parties prenantes	Étape du cycle de vie				
	Système 1 : réemploi par reconditionnement				
				Système 2 recyclage	
	Réception et reconditionnement	**Distribution ou vente du matériel reconditionné**	**Utilisation**	**Recyclage**	**Élimination**
Compagnie (organisme par lequel transite le matériel)	*Insertech Angus CFER*	*Insertech Angus OPEQ*	-	*Recycleurs*	*LET*
Employés	X	X		X	X
Communauté locale	X	X	X	X	X
Jeunes en insertion ou en formation	X	X			
Société	Société québécoise				
Consommateurs (clients)		Particuliers, OSBL, Écoles, Autres	Particuliers, OSBL, Écoles, Autres	X	
Autres acteurs de la chaîne de valeur	Fournisseurs : grande entreprise, institutions			Fournisseurs : grande entreprise, institutions	X

Parmi l'ensemble des parties prenantes potentiellement affectées par les différentes étapes du cycle de vie du produit, toutes ne présentent pas un intérêt significatif en lien avec l'objectif de l'étude. Rappelons que cet objectif est de faire une comparaison entre les deux systèmes et non d'établir la performance sociale et socio-économique d'un système donné. Ainsi, les étapes qui ne présentent pas de différences dans les deux systèmes n'ont pas à être prises en compte et sont retranchées de l'analyse. De même, étant donné les contraintes temporelles et budgétaires associées au mandat, l'analyse se concentre sur les parties prenantes qui sont le plus directement affectées par les deux systèmes. Certaines parties prenantes sont donc retranchées de l'analyse lorsqu'il peut être démontré que le choix du mode de disposition des ordinateurs n'induit pas de différences d'impacts significatives sur ces parties prenantes.

Les plages en surbrillance dans le Tableau 2-7 correspondent aux parties prenantes qui sont retenues pour l'analyse, en se fondant sur ces deux considérations.

- Au départ, il avait été considéré que les étapes du recyclage et de l'élimination étaient équivalentes dans les deux systèmes comparés, la seule différence tenant au fait que, dans le système réemploi, l'étape de fin de vie se trouvait décalée dans le temps, mais que, ultimement, le matériel informatique connaissait la même fin de vie. En cours de réalisation, il est apparu que le taux de recyclage des ordinateurs en fin de vie était probablement nettement inférieur chez les particuliers que dans les ICI et que, par conséquent, cette hypothèse sur la fin de vie des ordinateurs dans les deux systèmes n'était pas toujours vérifiée. Pour cette raison, un second scénario a été ajouté à l'analyse, soit celui du reconditionnement/réemploi sans recyclage, où le matériel informatique en fin de deuxième utilisation est expédié dans un LET plutôt que chez un recycleur (scénario B de l'ACV environnementale). L'introduction de ce second scénario impliquait donc qu'il fallait également modéliser l'étape de l'enfouissement et du recyclage puisque ces étapes n'étaient plus équivalentes sous ce scénario. Conséquemment, l'étape du recyclage et les parties prenantes associées ont été ajoutées à la cartographie et ont fait l'objet d'une collecte de données. Toutefois, dans le cas des LET, il a été jugé que la différence d'impact induit par la disposition d'ordinateurs supplémentaires dans les LET pour les parties prenantes concernées par cette étape était négligeable sur le plan social en particulier et ne justifiait pas une collecte de données supplémentaire auprès des LET.
- Comme pour le volet environnemental, l'hypothèse est faite que le chemin parcouru par le matériel informatique avant son arrivée chez le recycleur n'induit aucune différence d'impact socio-économique pour le recycleur et les parties prenantes avec lesquelles il est en relation (communautés locales, employés, clients de produits recyclés, autres acteurs de la chaîne de valeur en aval et la société). La seule différence que l'on peut noter du point de vue socio-économique pourrait se situer au niveau de l'organisation qui fournit les ordinateurs (acteur en amont). Pour cette partie prenante, la voie empruntée par l'ordinateur peut potentiellement entraîner des impacts différents selon que l'une ou l'autre voie est retenue. C'est un des éléments qui a été investigué dans la collecte de données. Ces éléments concernent les impacts relatifs à la contribution de l'organisation à la poursuite de valeurs promues par la société (responsabilité sociale, respect de la hiérarchie des 3RV).

Les organismes de collecte, qui jouent un rôle important dans la récupération du matériel informatique auprès des particuliers et des petites et moyennes organisations, ne sont pas représentés dans le tableau et ne sont pas considérés dans la collecte de données. Ceci se justifie par le fait que l'étude s'intéresse aux grands parcs informatiques visés par la réglementation qui ne passent généralement pas par ces organisations. Une exception à ce fait est l'OPEQ, qui a été placé dans la catégorie distribution, mais qui joue également un rôle de collecteur auprès des entreprises. L'OPEQ est d'ailleurs un des fournisseurs d'Insertech Angus, agissant à titre d'intermédiaire entre le fournisseur d'ordinateurs et l'entreprise de réemploi dans le cadre du programme Ordinateurs pour les écoles.

2.9.2 Sous-catégories d'impact

Les six grandes catégories d'impacts présentées au Tableau 2-6 se déclinent en plusieurs sous-catégories d'impact. Dans les Lignes directrices, ces sous-catégories d'impact sont classées par parties prenantes plutôt que ventilées en selon les catégories d'impact auxquelles elles appartiennent. Le Tableau 2-8 présente donc les sous-catégories d'impact prévues aux Lignes directrices pour chaque catégorie de parties prenantes. Pour faciliter la lecture et la compréhension, la catégorie d'impact à laquelle chaque sous-catégorie d'impact se réfère est présentée entre parenthèse, selon notre interprétation, car il faut noter que les Lignes directrices ne présentent nulle part ce lien entre catégories et sous-catégories d'impact.

Tableau 2-8 : Sous-catégories d'impacts pertinentes (en gras) pour chaque catégorie de parties prenantes

Catégories de parties prenantes	Sous-catégories d'impact (catégorie d'impact[1])
Travailleurs	Liberté d'association et de négociation collective (DH) Travail des enfants (DH) **Salaires (CT)** **Heures de travail (CT)** Travail forcé (DH) **Égalité des chances/Discrimination (GV)** **Santé et sécurité (SS)** **Avantages sociaux/Sécurité sociale (CT)**
Consommateurs	Santé et sécurité (SS) **Mécanismes de rétroaction (GV)** Protection de la vie privée (DH) Transparence (GV) **Responsabilité en fin de vie (GV)** ***Achat responsable (GV)***
Communautés locales	**Accès aux ressources matérielles (DH)** **Accès aux ressources immatérielles (DH)** Délocalisation et migration (DH) Héritage culturel (HC) Conditions de vie saines et sûres (SS) Respect des droits autochtones (HC) **Engagement communautaire (RS)** **Emploi local (RS)** Conditions de vies sûres (DH)
Sociétés	**Engagement public sur les enjeux du développement durable (GV)** ***Respect de la hiérarchie des 3RV (GV)*** **Contribution au développement économique (RS)** Prévention et médiation des conflits armés (GV) Développement technologique (RS) Corruption (GV)
Acteurs de la chaîne de valeur	Saine concurrence (GV) **Promouvoir la responsabilité sociale (GV)** **Relations avec les fournisseurs (GV)** Respects des droits de propriété intellectuelle (GV)
Jeunes en insertion ou en formation	**Accès aux ressources matérielles (RS)** **Accès aux ressources immatérielles (RS)**

[1] DH - Droits humains; CT - Conditions de travail; SS - Santé et sécurité; HC - Héritage culturel; GV – Gouvernance; RS - Répercussions socio-économiques.

Source : tiré de PNUE 2009, p.49 et adapté par Groupe AGECO.

Les sous-catégories du Tableau 2-8 constituent les enjeux minimaux à évaluer dans une AsCV (PNUE, p.71). Toutefois, des catégories peuvent être retranchées ou ajoutées à condition de le justifier. Les sous-catégories retenues pour la présente étude sont celles indiquées en caractère gras. Plusieurs des catégories proposées dans les lignes directrices sont le reflet d'enjeux qui sont caractéristiques surtout (mais non exclusivement) des pays et régions en développement. C'est le cas des sous-catégories *liberté d'association et de négociation collective, travail des enfants, travail forcé, délocalisation et migration, héritage culturel, conditions de vie saines et*

sûres, conditions de vie sûres, prévention et médiation des conflits armés et *corruption*. Ces catégories n'ont donc pas été retenues parce qu'elles ne présentaient pas de pertinence dans le contexte du mandat. Les sous-catégories *santé et sécurité, protection de la vie privée et transparence, respect des droits autochtones, saine concurrence et respect des droits de propriété intellectuelle* ne semblaient pas a priori soulever d'enjeux en lien avec la nature du produit à l'étude et la structure de l'industrie.

La catégorie de parties prenantes *jeunes en insertion ou en formation* est ajoutée et les sous-catégories d'impacts retenues pour cette catégorie de parties prenantes sont indiquées. Cette catégorie de parties prenantes aurait pu être incluse dans la catégorie communauté locale, parce qu'il s'agit de jeunes issus de la communauté locale et qu'on peut considérer l'insertion sociale ou la formation en milieu de travail pour personnes en difficulté d'intégration comme un service offert à la communauté. Toutefois, étant donné l'importance de cette activité dans la mission des entreprises à vocation sociale et de l'importance de l'impact sur les jeunes en question, il a été choisi de traiter ces parties prenantes dans une catégorie distincte. Deux sous-catégories d'impact ont également été ajoutées (en italique dans le tableau), soit les sous-catégories *respect de la hiérarchie des 3RV* et *achat responsable* parce qu'elles correspondent à des caractéristiques propres au produit. Ces deux sous-catégories relèvent de la catégorie d'impact « gouvernance ».

2.9.3 Collecte de données et indicateurs

Des entrevues en profondeur ont été réalisées auprès d'un nombre restreint d'entreprises du secteur du réemploi et du secteur du recyclage afin de collecter les informations requises pour documenter les impacts de chaque filière. Les entrevues ont été réalisées par téléphone, à l'exception d'Insertech Angus, où l'entrevue s'est tenue sur les lieux de l'entreprise. Dans chaque cas, les personnes interrogées ont été soit le dirigeant de l'entreprise, soit un membre de la haute direction. Aucun entretien n'a été réalisé auprès des travailleurs, des clients ou des fournisseurs pour confronter l'information fournie par les entreprises. Le Tableau 2-9 présente les sept organisations ayant contribué à cette collecte de données primaires. Le nombre restreint d'entreprises interrogées s'explique par les contraintes de temps et de budget. Elles permettent tout de même une bonne représentativité des entreprises présentant les meilleures pratiques de l'industrie. Par ailleurs, trois des entreprises contactées ont refusé de participer à l'étude ou n'ont pas retourné nos appels et courriels. Aucune entreprise n'a refusé au motif que l'entretien était trop long, les raisons invoquées ayant trait à la confidentialité de leurs activités.

Tableau 2-9 : Listes des contributeurs à la collecte de données du volet social

Contributeurs	Secteurs d'activité
RECYC-QUÉBEC	Recyclage et reconditionnement
Insertech Angus OPEQ Réseau des CFER	Filière du reconditionnement
GEEP Global[4] FCM Lavaltrie PC Recycle	Filière du recyclage

Pour appuyer la collecte de données, des guides d'entrevue et un questionnaire ont été élaborés. Des entretiens d'une durée variant entre une et deux heures ont été réalisés auprès de chacune des organisations figurant au Tableau 2-9. Ces entretiens ont été enregistrés pour pouvoir être réécoutés par la suite. Toutes les entreprises interrogées ont accepté de répondre au questionnaire. Seules les questions portant sur le chiffre d'affaires, le nombre d'employés, la valeur ajoutée et les investissements en recherche et développement (cf. infra) ont suscité un refus de répondre par certaines entreprises. Ces refus sont documentés plus loin dans la section 3.2 portant sur les résultats.

Le Tableau 2-10 présente les indicateurs choisis pour documenter les impacts des différentes sous-catégories d'impact et les sources de données utilisées.

Le choix d'indicateurs et le score qui leur est attribué est le domaine de l'ASCV pour lequel il existe le moins de littérature scientifique empirique, essentiellement du fait de la jeunesse de ce champ d'application de l'ACV et du manque d'études empiriques qui auraient pu être analysées. Nous nous sommes donc inspirés des variables traditionnellement utilisées pour la prise en compte des aspects sociaux et socio-économiques dans d'autres démarches d'évaluation ou de reddition de compte (audit sociaux, GRI, mais aussi études d'impact social). Puisque nous sommes dans une perspective exploratoire, la liste présentée ici est la combinaison de certains indicateurs identifiés a priori avant de collecter les informations avec ceux identifiés comme pertinents à l'issue des entrevues en profondeur. La liste présentée au Tableau 2-10 est donc la résultante de cette démarche itérative.

[4] GEEP Montréal (anciennement Écosys) est une entreprise de gestion d'actifs en fin de vie qui dirige des ordinateurs autant vers le réemploi que vers le recyclage. Elle possède des installations de recyclage (GEEP Barrie) vers lesquelles le matériel qui est trié et démantelé est envoyé. Seules les activités de recyclage de l'entreprise ont été considérées.

Tableau 2-10 : Indicateurs de sous-catégories d'impacts pour chaque catégorie de parties prenantes et sources de données

Société		
Sous-catégorie d'impact	**Indicateur**	**Sources des données et commentaires**
Engagement public sur les enjeux de développement durable	Engagements publics en matière de développement durable	Entrevues et questionnaires; Information corporative (Sites Internet, rapports, documents internes)
Respect de la hiérarchie des 3RV	Comportement des acteurs en regard de la hiérarchie des 3RV pour les ordinateurs	Entrevues et questionnaires
Contribution au développement économique	Création d'emplois Investissements en recherche et développement Valeur ajoutée créée	Entrevues et questionnaires; Données du Profil de l'industrie du réemploi (automne 2010); Institute for Local Self-Reliance

Communautés locales		
Sous-catégorie d'impact	**Indicateur**	**Sources des données et commentaires**
Engagement dans la communauté	Bénévolat, commandites et autres implications dans des organismes de la communauté Processus de dialogue/communication avec la communauté Présence d'enjeux de cohabitation (bruits, odeurs, circulation de véhicules, nuisances visuelles, etc.)	Entrevues et questionnaires;
Emploi local	Préférences d'emploi local, emplois à la production, postes de direction Préférences d'achat local	Entrevues et questionnaires;
Accès aux ressources matérielles	Accès à des ressources informatiques	Entrevues; revue documentaire sur la fracture numérique
Accès aux ressources immatérielles	Accès à des services communautaires Accès à la citoyenneté	Entrevues; revue documentaire sur la fracture numérique

Jeunes en insertion ou en formation		
Sous-catégorie d'impact	**Indicateur**	**Sources des données et commentaires**
Accès aux ressources immatérielles	Accès à de la formation qualifiante Accès au marché du travail	Entrevues; documents internes
Accès aux ressources matérielles	Accès à un salaire	Entrevues

Travailleurs		
Sous-catégorie d'impact	**Indicateur**	**Sources des données et commentaires**
Salaires	Salaire moyen des employés à la production Négociation collective ou transparence des conditions salariales	Entrevues et questionnaires
Heures de travail	Nombre d'heures de la semaine de travail Temps supplémentaire rémunéré	Entrevues et questionnaires
Égalité des chances	Objectifs en matière d'égalité en emploi Politique de lutte à la discrimination	Entrevues et questionnaires
Santé et sécurité	Formation en santé et sécurité Nombre d'accidents rapportés à la CSST	Entrevues et questionnaires
Avantages sociaux et sécurité sociale	Conditions de travail offertes	Entrevues et questionnaires

Consommateurs		
Sous-catégorie d'impact	**Indicateur**	**Sources des données et commentaires**
Mécanismes de rétroaction	Suivi de la satisfaction de la clientèle Garantie sur les produits	Entrevues et questionnaires
Responsabilité en fin de vie	Information et services relatifs à la disposition en fin de vie du produit	Entrevues et questionnaires; documents corporatifs
Achat responsable	Possibilité d'achat conforme à une éthique de développement durable	Entrevues et questionnaires

Acteurs de la chaîne de valeur		
Sous-catégorie d'impact	**Indicateur**	**Sources des données et commentaires**
Relations avec les fournisseurs	Respect des données confidentielles	Entrevues et questionnaires; documents corporatifs
Promotion de la responsabilité sociale	Pratiques d'approvisionnement responsable Responsabilité quant à la fin de vie des produits	Entrevues et questionnaires; documents corporatifs

2.10 Évaluation des impacts sociaux

L'étape d'évaluation des impacts implique de traduire les indicateurs en impacts en les agrégeant et les comparant avec des « points de référence » de performance sociale (PNUE 2009, p.69). Comme mentionné dans les lignes directrices : « les méthodes d'évaluation d'impact sont en cours de développement et l'évaluation des impacts sociaux du cycle de vie est un champ ouvert pour la recherche » (p. 69). Contrairement au volet environnemental, il n'existe pas de modèles de caractérisation qui permettent de traduire en impacts des indicateurs au moyen de modèles quantitatifs. De la même manière, l'agrégation des données d'inventaire social et socio-économique ne peut se faire aisément et surtout risque fort de mener à des scores finaux vides de sens. Pour éviter cette perte de sens et pour articuler l'analyse en fonction des préoccupations spécifiques liées à l'étude (objectif et champ de

l'étude) les résultats sont présentés et commentés pour chaque catégorie ou sous-catégorie d'impact selon le cas et ne sont pas agrégés. Les choix en matière de pondération des différents impacts, le cas échéant, sont laissés à l'utilisateur.

2.10.1 Méthode d'évaluation des impacts sociaux

Les impacts sociaux et socio-économiques incluent des impacts potentiellement négatifs, que l'on qualifie de risques sociaux et des impacts potentiellement bénéfiques, que l'on qualifie de bénéfices socio-économiques. Étant de natures différentes, ces risques et bénéfices ne sont pas mesurés de la même manière. L'AsCV vise donc à mesurer :

1- La présence de **risques sociaux**

Dans ce cas les résultats sont évalués relativement à un point de référence, c'est-à-dire aux conditions minimales considérées acceptables dans la société où l'impact est généré. Par exemple, les conditions salariales sont évaluées non pas en valeur absolue mais par rapport aux conditions minimales ou moyennes prévalant dans le pays (ou la province).

2- La présence de **bénéfices sociaux ou socio-économiques**

Dans ce cas les bénéfices sont documentés, de manière quantitative ou qualitative selon le cas. L'évaluation des bénéfices associés à un système permet d'évaluer dans quelle mesure il apporte une contribution à l'amélioration du bien-être général ou de l'équité des relations. Les *Lignes directrices* ne fournissent pas de commentaires ou suggestions explicites à ce sujet mais il s'agit d'une thématique classique en évaluation d'impact socio-économique et c'est entre autres ce champ qui nous servira ici de référence en complément à notre expertise dans ce domaine (Burdge, 1994, 2002; Chadwick, 2002; Becker and Vanclay, 2002).

Selon qu'ils représentent un impact négatif potentiel ou un bénéfice potentiel, les indicateurs sont évalués selon une échelle semi-quantitative de risques à trois niveaux (risque faible, moyen ou élevé) ou selon une échelle semi-quantitative de bénéfices à quatre niveaux (bénéfice faible, moyen ou élevé), incluant un niveau « 0 » correspondant à l'absence de bénéfice. Dans le cas des impacts négatifs, l'approche consiste à évaluer la probabilité qu'un risque soit présent et non à affirmer que l'impact est réellement avéré. Comme il s'agit d'une approche probabiliste, l'échelle d'évaluation ne comporte pas de 0 puisqu'on ne peut affirmer qu'il y a absence totale de risque. Une approche d'évaluation avec des « – » aurait pu être retenue. Toutefois, comme il s'agit d'une ACV de type sectorielle et que la collecte de données portait sur un petit nombre d'organisations, il semblait plus pertinent de garder une approche en termes de risques.

Certains indicateurs d'impact peuvent potentiellement prendre des valeurs négatives (impact négatif) ou positives (un bénéfice) selon le contexte. C'est le cas, par exemple, de l'indicateur *création d'emplois*. Selon le contexte, cet indicateur peut permettre d'évaluer le risque de délocalisation (pertes d'emplois) ou les bénéfices associés à la création d'emplois locaux. La décision d'attribuer une échelle d'impact ou de bénéfice pour ce type d'indicateur a été prise en fonction du contexte et est reflétée dans les énoncés des échelles d'évaluation.

Certains indicateurs de nature qualitative ne peuvent pas aisément se traduire dans une échelle de type semi quantitative. Ces indicateurs sont alors présentés sous forme qualitative uniquement, c'est-à-dire qu'ils sont commentés sans être formellement cotés. De même, étant donné la nature différente des indicateurs de sous-catégories, les résultats ne sont pas agrégés dans un score unique et ne sont donc pas directement comparables entre les catégories d'impacts ou encore entre les catégories de parties prenantes.

2.10.1.1 Évaluation des risques sociaux

Pour documenter la présence de risques sociaux potentiels, une échelle d'évaluation comportant trois niveaux est utilisée : présence d'un risque élevé, présence d'un risque moyen, présence d'un risque faible. Pour les fins de présentation des résultats, cette échelle est représentée visuellement par un code de couleurs :

Échelle semi-quantitative d'évaluation des risques d'impacts négatifs		
Risque élevé	Risque modéré	Risque faible

L'évaluation du niveau de risque dépend de la nature, qualitative ou quantitative, de l'indicateur employé pour le mesurer. La traduction du résultat de l'indicateur en niveau de risque est fondée sur un jugement d'experts. Les échelles d'évaluation du risque pour chaque indicateur sont présentées à la section suivante. Toutefois, étant donné le petit nombre de parties prenantes interrogées et la nature confidentielle des données collectées, les résultats des indicateurs sont présentés directement selon le niveau de risque et les données en valeur absolue ne sont pas dévoilées.

2.10.1.2 Évaluation des bénéfices sociaux

Lorsque possible, les bénéfices sociaux sont évalués selon une échelle comportant quatre niveaux : Pas de bénéfices, bénéfices faibles, bénéfices moyens et bénéfices élevés. Comme pour les risques sociaux, la nature qualitative ou quantitative des indicateurs utilisés pour mesurer les bénéfices déterminent la méthode d'évaluation. Un code est également utilisé pour représenter visuellement le niveau de bénéfices estimé, illustrés par des signes « plus ».

Échelle semi quantitative d'évaluation des bénéfices			
0 absence de bénéfice	+ Bénéfice faible	++ Bénéfice moyen	+++ Bénéfice élevé

Certains indicateurs ne peuvent être traduits dans une échelle semi quantitative. Dans ce cas, une mention Oui/Non indique la présence ou l'absence de bénéfice. La méthode d'évaluation des bénéfices pour chaque indicateur est également présentée à la section suivante.

L'annexe G présente les outils de collecte de données employés pour la réalisation des entretiens avec les parties prenantes pour documenter une partie des indicateurs.

2.10.2 Échelles d'évaluation des impacts sociaux

Les indicateurs retenus pour documenter les différentes sous-catégories d'impacts sociaux sont, selon le cas, de nature quantitative, semi quantitative ou qualitative. Cette section présente les indicateurs associés à chaque sous-catégorie d'impact et les échelles de mesure et d'évaluation qui ont été développées pour leur attribuer un score d'impact. Les choix d'échelles de mesure ont été effectués en fonction des objectifs poursuivis par l'étude et en tenant compte des données qu'il a été possible d'obtenir auprès des parties prenantes interrogées et de la documentation consultée.

Les échelles d'évaluation semi quantitatives pour les risques et les bénéfices sont les suivantes :

Tableau 2-11 : Échelles d'évaluation des indicateurs de sous-catégories d'impacts

Société	
Engagement public sur les enjeux de développement durable	
Engagements publics en matière de développement durable	
0	L'organisation n'affiche aucun engagement en matière de développement durable
+	L'organisation affiche publiquement des engagements en matière de développement durable
++	L'organisation affiche publiquement des engagements en matière de développement durable et possède des certifications à l'appui de ses affirmations (p.ex. ISO 14001)
+++	L'organisation affiche publiquement des engagements en matière de développement durable, détient des certifications à l'appui de ses affirmations (p.ex. ISO 14001) et rend compte de ses engagements par la publication d'un rapport de responsabilité sociale ou de développement durable
Respect de la hiérarchie des 3RV	
Comportement des acteurs en regard de la hiérarchie des 3RV pour les ordinateurs	
●	Le comportement des acteurs respecte la hiérarchie des 3RV pour les ordinateurs
◆	Le comportement des acteurs comporte un risque de non-respect de la hiérarchie des 3RV pour les ordinateurs
■	Le comportement des acteurs va à l'encontre de la hiérarchie des 3RV pour les ordinateurs

Contribution au développement économique	
Création d'emplois	
0	L'activité ne donne lieu à aucune création d'emploi
+	L'activité donne lieu à une faible création d'emploi en proportion de la valeur créée (activité intensive en capital)
++	L'activité donne lieu à une création d'emploi significative en proportion de la valeur créée
+++	L'activité donne lieu à une création d'emploi importante en proportion de la valeur créée (activité intensive en travail)
Investissements en recherche et développement	
0	L'organisation ne fait pas d'investissement en recherche et développement
+	L'organisation réalise des investissements en recherche et développement mais à un niveau inférieur à la moyenne des industries
++	L'organisation réalise des investissements en recherche et développement à un niveau correspondant à la moyenne des industries
+++	L'organisation réalise des investissements en recherche et développement à un niveau supérieur à la moyenne des industries
*Valeur ajoutée créée**	
0	L'activité ne créée aucune valeur ajoutée
+	L'activité est faiblement créatrice de valeur ajoutée en comparaison de la moyenne des industries
++	L'activité est moyennement créatrice de valeur ajoutée en comparaison de moyenne des industries
+++	L'activité est hautement créatrice de valeur ajoutée comparaison de la moyenne des industries

* La valeur ajoutée est mesurée par la différence entre la valeur des ventes (le chiffre d'affaires) et le coût des intrants ou consommations intermédiaires, c'est-à-dire des biens et services consommés par l'entreprise pour réaliser le processus de production (à l'exception des salaires et des investissements en capital productif). Pour mesurer la valeur ajoutée, il faut donc disposer d'informations sur le chiffre d'affaires et sur le coût des intrants intermédiaires des entreprises. Or, il a été impossible d'obtenir des données permettant le calcul de la valeur ajoutée dans les deux filières. En l'absence de ces informations, les prix moyens de vente des ordinateurs reconditionnés et les revenus estimatifs de la vente des constituants de l'ordinateur à la sortie du processus de recyclage ont été utilisés comme approximations. Ces données sont comparées afin d'évaluer si un des systèmes donne lieu à une plus grande création de valeur ajoutée. Ces données constituent des ordres de grandeur et ne constituent en aucun cas des mesures précises de la valeur des ordinateurs ou de leurs composants.

Communautés locales	
Engagement dans la communauté	
Bénévolat, commandites et autres implications dans des organismes de la communauté	
0	L'organisation ne s'implique dans aucune activité dans la communauté locale
+	L'organisation s'implique à titre de participant minimalement (1 à 2 activités) dans la communauté locale
++	L'organisation s'implique de manière significative à titre de participant (3 à 5 activités) et/ou organise au moins une activité dans la communauté locale
+++	L'organisation s'implique de manière importante à titre de participant (plus de 5 activités) et/ou organise plus d'une activité dans la communauté locale
Processus de dialogue/communication avec la communauté	
●	L'organisation maintient un dialogue constant avec la communauté locale en étant présents sur différents forums d'échange (organismes de concertation, outils web, bulletin d'information, etc.)
◆	L'organisation ne maintient pas de dialogue constant avec la communauté locale mais communique de l'information à la communauté
■	L'organisation n'accorde pas d'importance au dialogue avec la communauté
Présence d'enjeux de cohabitation (bruits, odeurs, circulation de véhicules, nuisances visuelles, etc.)	
●	Les activités de l'organisation ont peu de probabilité de présenter des enjeux en matière de cohabitation
◆	Les activités de l'organisation pourraient présenter des enjeux en matière de cohabitation
■	Les activités de l'organisation ont une probabilité importante de présenter des enjeux en matière de cohabitation

Emploi local	
Préférences d'emploi local, emplois à la production, postes de direction	
0	L'organisation embauche des travailleurs de l'extérieur de la communauté locale tant pour les emplois à la production que pour les emplois de direction (prise de décision et retombées non locales)
+	L'organisation embauche des travailleurs localement pour les emplois à la production et les postes de direction sont principalement occupés par des employés extérieurs à la communauté locale (prise de décision non locale)
++	L'organisation embauche des travailleurs localement tant pour les postes d'emploi à la production que pour les postes de direction (prise de décision locale)
Préférences d'achat local	
Oui	L'organisation possède une politique d'achat local formelle
Non	L'organisation ne possède pas de politique d'achat local
Accès aux ressources matérielles	
Accès à des ressources informatiques	
Oui	Les activités de l'organisation fournissent directement accès à des ressources informatiques à des individus ou des organisations qui autrement n'y auraient pas accès
Non	Les activités de l'organisation n'ont pas pour objet de favoriser l'accès à des ressources informatiques à des individus ou organisations
Accès aux ressources immatérielles	
Accès à des services communautaires	
0	L'organisation ne comporte aucune activité en lien avec les services à la communauté
+	L'organisation offre de l'information à la communauté à travers son site internet ou par d'autres moyens (transmission d'information).
++	L'organisation offre ou participe à l'offre d'activités de formation ou d'éducation à la communauté (activités de formation)
+++	L'organisation participe à l'organisation ou organise des services de formation ou d'éducation à la communauté (mise en place de service)
Accès à la citoyenneté	
Oui	Les activités de l'organisation contribuent à l'intégration d'individus en difficulté d'intégration à la vie citoyenne pleine et entière (accès à l'information et aux services aux citoyens, intégration à la vie active, intégration sociale)
Non	Les activités de l'organisation ne contribuent pas de manière particulière à l'intégration d'individus en difficulté d'intégration à la vie citoyenne pleine et entière

Jeunes en insertion ou en formation	
Accès aux ressources immatérielles	
Accès à de la formation qualifiante	
Oui	L'organisation fournit un accès à de la formation qualifiante à des jeunes qui autrement n'y auraient pas accès
Non	L'organisation ne fournit pas un accès à de la formation qualifiante à des jeunes qui autrement n'y auraient pas accès
Accès au marché du travail	
Oui	L'organisation fournit un accès au marché du travail à des jeunes qui autrement n'y auraient pas accès
Non	L'organisation ne fournit pas un accès au marché du travail à des jeunes qui autrement n'y auraient pas accès
Accès aux ressources matérielles	
Accès à un salaire	
Oui	L'organisation fournit l'accès à un salaire à des jeunes qui autrement n'y auraient pas accès
Non	L'organisation ne fournit pas l'accès à un salaire à des jeunes qui autrement n'y auraient pas accès

La représentativité des données de cette sous-catégorie est assez incertaine puisque la collecte de données a été effectuée auprès d'un nombre très restreint d'entreprises. Les conclusions sur les différences d'impact en matière de conditions de travail ne peuvent donc être tirées qu'avec prudence.

Travailleurs	
Salaires	
Salaire moyen des employés à la production	
●	Le salaire moyen des employés à la production respecte ou dépasse les conditions minimales prévues dans la législation en vigueur
◆	Il y a un certain risque de non-respect la législation en vigueur en matière de salaire minimum
■	Il y a un risque élevé de non-respect de la législation en vigueur en matière de salaire minimum
Négociation collective ou transparence des conditions salariales	
●	L'organisation ne met aucune entrave à la liberté d'association des travailleurs et fait preuve de transparence dans les conditions salariales (les conditions sont connues des travailleurs)
◆	L'organisation est défavorable à l'organisation collective des travailleurs et les conditions salariales ne sont pas transparentes
■	L'organisation a fait l'objet de plaintes pour entraves à la liberté d'association
Heures de travail	
Nombre d'heures de la semaine de travail	
●	Le nombre d'heures travaillées par semaine par les employés respecte en tout temps la législation en vigueur
◆	Le nombre d'heures travaillées par semaine par les employés peut dépasser occasionnellement la limite prévue dans la législation en vigueur
■	Le nombre d'heures travaillées par semaine par les employés dépasse fréquemment la limite prévue dans la législation en vigueur
Temps supplémentaire rémunéré	
●	Le temps supplémentaire effectué, s'il y a lieu, est rémunéré à un taux horaire qui respecte la législation en vigueur
◆	Le temps supplémentaire effectué est rémunéré au taux du temps régulier ou repris ultérieurement sous forme de congé.
■	Le temps supplémentaire effectué n'est pas rémunéré en totalité.

Égalité des chances/Discrimination	
Objectifs en matière d'égalité en emploi	
0	L'organisation ne possède pas d'objectifs en matière d'égalité en emploi
+	L'organisation favorise de manière informelle l'égalité en emploi
++	L'organisation dispose d'un énoncé formel en matière d'égalité en emploi
+++	L'organisation dispose d'un énoncé formel en matière d'égalité en emploi accompagné d'objectifs précis
Politique de lutte à la discrimination	
0	L'organisation ne dispose d'aucun objectif en matière de lutte à la discrimination
+	L'organisation favorise de manière informelle l'égalité en emploi
++	L'organisation dispose d'un énoncé formel en matière de lutte à la discrimination
+++	L'organisation dispose d'un énoncé formel de lutte à la discrimination et embauche des personnes visées par cet énoncé
Santé et sécurité	
Formation en santé et sécurité	
●	L'organisation offre une formation en santé et sécurité à l'accueil et possède des règles de santé et sécurité connues de tous les employés
◆	L'organisation offre une formation en santé et sécurité à ses employés mais ne peut garantir que les règles sont connues de tous les employés
■	L'organisation n'offre aucune formation en santé et sécurité à ses employés et ne communique pas de règles de santé et sécurité à ses employés
Nombre d'accidents rapportés à la commission de la santé et de la sécurité au travail (CSST)	
●	Le nombre d'accidents rapportés à la CSST annuellement est inférieur ou comparable à la moyenne du secteur
◆	Le nombre d'accidents rapportés à la CSST annuellement est légèrement supérieur à la moyenne du secteur
■	Le nombre d'accidents rapportés à la CSST annuellement est nettement supérieur à la moyenne du secteur

Avantages sociaux et sécurité sociale	
Conditions de travail offertes	
0	L'organisation offre à ses employés des conditions équivalentes aux conditions minimales pour l'ensemble des catégories
+	L'organisation offre à ses employés des conditions supérieures aux conditions minimales pour au moins une des catégories d'avantages sociaux. Les catégories sont les suivantes : programme d'assurances-collectives, congés ou vacances supplémentaires, régime de retraite, mesures de conciliation travail-famille
++	L'organisation offre à ses employés des conditions supérieures aux conditions minimales pour au moins deux catégories d'avantages sociaux
+++	L'organisation offre à ses employés des conditions supérieures aux conditions minimales pour trois catégories d'avantages ou plus

Consommateurs	
Mécanismes de rétroaction	
Suivi de la satisfaction de la clientèle	
●	L'organisation effectue un suivi systématique de la satisfaction de la clientèle et possède une procédure de réception et suivi des plaintes
◆	L'organisation n'effectue pas de suivi de la satisfaction de la clientèle et ne possède pas de procédure de réception et suivi des plaintes
■	L'organisation fait l'objet ou a déjà fait l'objet de plaintes à l'Office de protection du consommateur
Garantie sur les produits	
●	L'organisation offre des garanties pour les produits qu'elle met en marché ou détient des certifications de qualité de type ISO ou autre
◆	L'organisation n'offre pas de garanties pour les produits qu'elle met en marché et ne détient pas de certifications de qualité de type ISO ou autre
■	L'organisation ne respecte pas les lois en matière de garanties minimales pour les produits qu'elle met en marché
Responsabilité en fin de vie	
Information et services relatifs à la disposition en fin de vie du produit	
●	L'organisation transmet à ses clients de l'information claire et pertinente sur les options de disposition écologique de ses produits en fin de vie et offre un service de rachat, récupération, recyclage ou disposition sécuritaire de ses produits
◆	L'organisation transmet à ses clients de l'information claire et pertinente sur les options de disposition écologique de ses produits en fin de vie mais n'offre pas de service de rachat, récupération, recyclage ou disposition sécuritaire de ses produits
■	L'organisation ne transmet pas d'information à ses clients sur les options de disposition écologique de ses produits en fin de vie et n'offre pas de services de rachat, récupération, recyclage ou disposition sécuritaire de ses produits

Achat responsable	
Possibilité d'achat conforme à une éthique de développement durable	
Oui	Les caractéristiques propres au produit permettent au consommateur d'adopter un comportement d'achat conforme à une éthique de développement durable
Non	Les caractéristiques propres au produit ne permettent pas au consommateur d'adopter un comportement d'achat conforme à une éthique de développement durable

Autres acteurs de la chaîne de valeur	
Relations avec les fournisseurs	
Respect des données confidentielles	
●	L'organisation dispose des infrastructures matérielles et logicielles certifiées permettant de garantir la protection des données confidentielles qui lui sont transmises par ses fournisseurs ou ses clients (RPE Canada, E-Steward)
◆	L'organisation dispose d'infrastructure matérielles et logicielles permettant de protéger les données confidentielles qui lui sont transmises par ses fournisseurs ou ses clients mais ne dispose pas de certifications le démontrant
■	L'organisation ne dispose pas des infrastructures matérielles et/ou logicielles permettant de protéger les données confidentielles qui lui sont transmises par ses fournisseurs ou ses clients
Promotion de la responsabilité sociale	
Pratiques d'approvisionnement responsable	
0	L'organisation n'a pas de pratiques d'approvisionnement responsable
+	L'organisation ne possède pas de politique formelle d'approvisionnement responsable mais est en mesure de démontrer ses pratiques d'approvisionnement responsable
++	L'organisation possède une politique formelle d'approvisionnement responsable
Responsabilité quant à la fin de vie des produits	
0	L'organisation ne prend aucun engagement relatif à la fin de vie de ses produits
+	L'organisation s'engage à disposer de ses produits manière socialement responsable et écologique mais ne produit pas de rapport ni ne dispose de certification à l'appui de ses allégations (RPE Canada, E-Steward)
++	L'organisation s'engage à disposer de ses produits manière socialement responsable et écologique, fournit des rapports de traçabilité à ses fournisseurs, mais ne dispose de certification à l'appui de ses allégations
+++	L'organisation s'engage à disposer de ses produits manière socialement responsable et écologique, fournit des rapports de traçabilité à ses fournisseurs et dispose de certifications à l'appui de ses allégations

2.11 Revue critique

Parce que les résultats de cette étude doivent être divulgués publiquement et sont destinés à supporter une affirmation comparative, une revue critique a été réalisée par un comité de parties intéressées, c'est-à-dire composé d'un expert ACV et d'autres spécialistes des domaines impliqués dans l'étude.

Le comité de revue critique ayant été formé est composé de trois membres tant pour le volet environnemental que pour le volet social (Tableau 2-12).

Tableau 2-12 : Membres constituants du comité de revue critique

Nom	Organisme d'attache	Implication/Champ d'expertise
Gontran Bage	LVM	Président du comité de revue critique pour le volet environnemental
Christen Audet	AECOM-Tecsult	Président du comité de revue critique pour le volet social
Xavier Guillaud	PPM métrologie	Réviseur
Michel Séguin	Coordonnateur du projet C-Vert	Réviseur

Conformément aux normes ISO 14 040 et 14 044 (2006a, b), les objectifs de la revue critique sont d'assurer que :

- Les méthodes utilisées par le CIRAIG pour le volet environnemental et Groupe AGÉCO pour le volet social, pour réaliser l'analyse du cycle de vie sont :
    - cohérentes avec la norme internationale ISO 14040;
    - valables d'un point de vue technique et scientifique;
    - appropriées et raisonnables par rapport à l'objectif de l'étude;
- Les interprétations du CIRAIG pour le volet environnemental et Groupe AGÉCO pour le volet social reflètent les limitations identifiées et l'objectif de l'étude;
- Le rapport détaillé est transparent et cohérent.

Les commentaires des réviseurs suite à la révision de l'étude ont été fournis au CIRAIG et au Groupe AGÉCO sous la forme d'un rapport. Ce document et les réponses aux éléments soulevés ont été présentés à l'Annexe E. Les éléments pertinents ont été pris en compte et intégrés au rapport final.

3 Résultats et discussion

3.1 Résultats du volet environnemental

Ce chapitre couvre les deux dernières phases de l'ACV : l'évaluation des impacts du cycle de vie (ÉICV) et l'interprétation des résultats. Il présente une analyse comparative des scénarios à l'étude, les analyses de contribution pour chaque scénario, différentes études de sensibilité effectuées ainsi qu'une analyse d'incertitude. Les résultats sont présentés pour les quatre catégories de dommages de la méthode IMPACT 2002+, à savoir les impacts sur la santé humaine, sur la qualité des écosystèmes, sur le changement climatique et sur l'utilisation des ressources.

Les résultats bruts de l'ÉICV, comprenant aussi les résultats pour les catégories de problèmes de la méthode IMPACT 2002+, sont disponibles à l'Annexe D.

3.1.1 Résultats principaux de la comparaison des filières de gestion en fin de vie du matériel informatique

Dans cette section sont présentées les comparaisons relatives des résultats des douze scénarios à l'étude (voir Tableau 2-1). Dans tous les cas, les scores des scénarios sont négatifs, c'est-à-dire que les crédits environnementaux (évitement de la production d'équipements neufs et de matière vierge) sont supérieurs aux charges environnementales (score d'impact positif) du cycle de vie des ordinateurs reconditionnés et des opérations de recyclage.

Les résultats sont normalisés par rapport au scénario ayant le plus grand score négatif, c'est-à-dire que le -100 % correspond au scénario offrant le crédit environnemental le plus avantageux. Ainsi, plus un scénario a un score d'impact proche de zéro, plus il est dommageable comparativement aux autres.

Les résultats sont tout d'abord présentés pour les ordinateurs, puis pour les écrans TRC et enfin pour les écrans ACL.

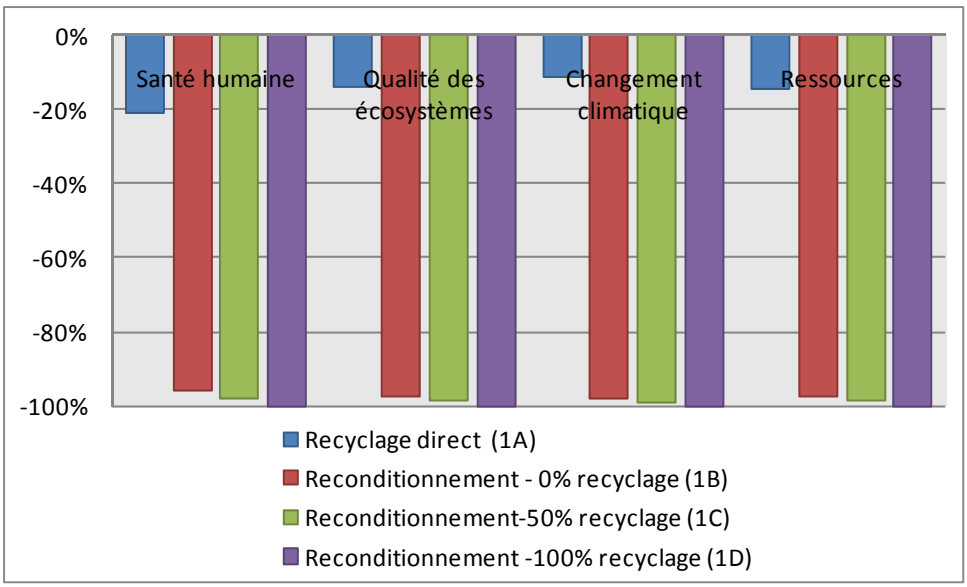


Figure 3-1 : Comparaison des scores des quatre catégories de dommage des scénarios de gestion en fin de vie des ordinateurs (IMPACT 2002+).

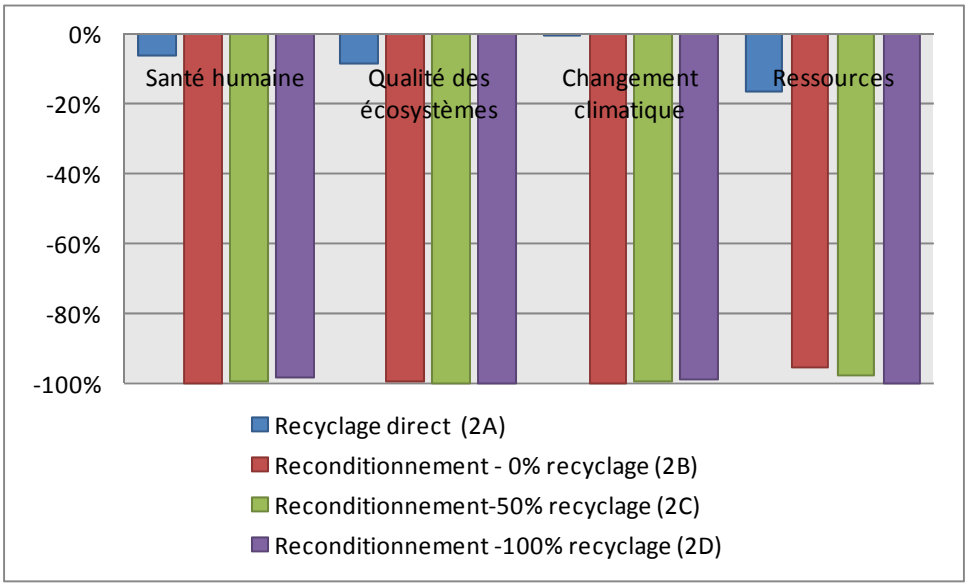


Figure 3-2 : Comparaison des scores des quatre catégories de dommage des scénarios de gestion en fin de vie des écrans TRC (IMPACT 2002+).

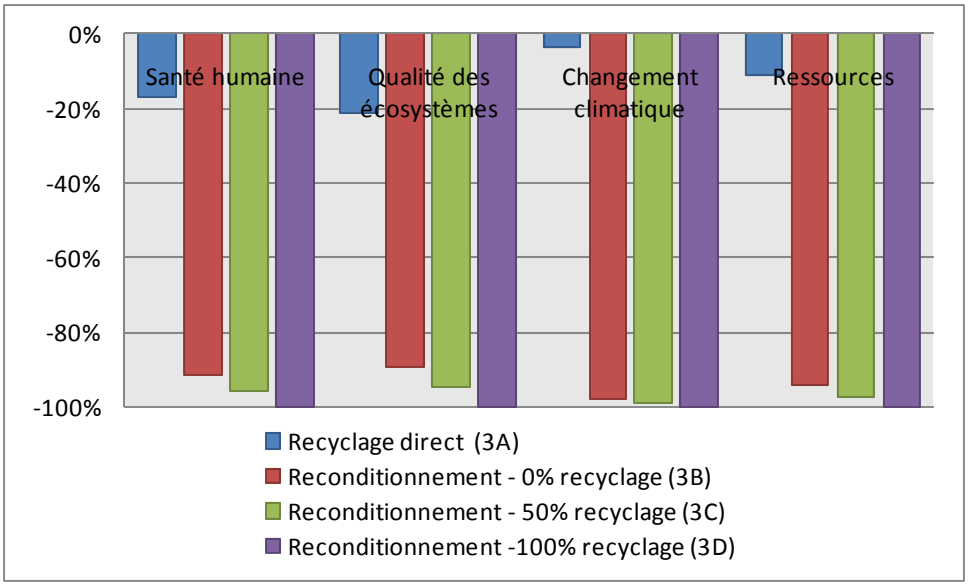


Figure 3-3 : Comparaison des scores des quatre catégories de dommage des scénarios de gestion en fin de vie des écrans ACL (IMPACT 2002+).

Il apparait ici que les scénarios de reconditionnement (B, C et D) sont plus avantageux que celui du recyclage direct (A), et ce, pour tous les trois types d'équipements informatiques. Il est important de constater que la variation du taux de récupération du matériel usagé pour la gestion en fin de deuxième vie, ne change que très peu les résultats et en aucun cas n'inverse la tendance vis-à-vis de l'option du recyclage direct.

Pour les ordinateurs, les résultats montrent que même dans la pire situation de reconditionnement, à savoir 0 % de recyclage en vie ultime, le reconditionnement est tout de même toujours au moins quatre fois plus avantageux, toutes les catégories de dommage confondues, que le recyclage direct. Dans la même optique de comparaison, le reconditionnement est environ six fois plus avantageux dans le cas des TRC et au minimum quatre fois plus pour les ACL. Néanmoins, l'écart entre les résultats des scénarios étudiés est très nettement creusé pour la catégorie Changement climatique. Le reconditionnement apporte un avantage environnemental encore plus grand dans cette catégorie : il est neuf fois plus avantageux que le recyclage direct pour les ordinateurs, presque 500 fois plus pour les TRC et 28 fois plus pour les ACL. L'étape de recyclage en elle-même contribue faiblement aux impacts sur le changement climatique (faible crédit) et les résultats de cette catégorie de dommages se retrouvent dominés par le crédit obtenu par l'évitement de production d'un ordinateur ou d'un écran neuf pour la deuxième utilisation. Néanmoins, il est possible de voir à la figure 3-2 que pour les TRC, le scénario générant le moins d'impacts dans les catégories Santé humaine et Changement climatique est le scénario 2B où le matériel n'est pas recyclé suite à la deuxième utilisation. Ce résultat contre-intuitif est expliqué à la section 3.1.2.2.

Les sections suivantes du rapport vont détailler les contributions des différentes étapes du cycle de vie des scénarios à leurs scores environnementaux.

3.1.2 Analyse de contribution

Les résultats de la section précédente sont désagrégés pour discuter de la contribution des étapes du cycle de vie au score environnemental total de chaque scénario. Les scores sont ici

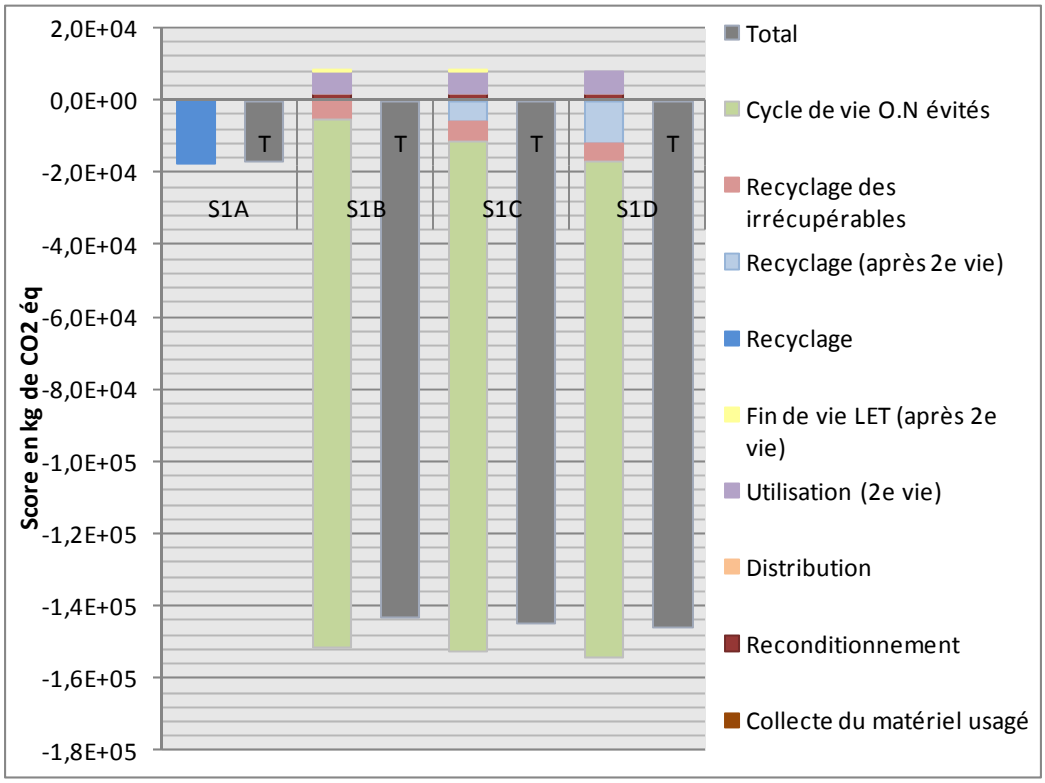
présentés pour la catégorie Changement climatique, qui reflète les mêmes tendances que les trois autres catégories de dommage à l'exception du système de produits TRC (point qui sera détaillé à la section 3.1.2.2). Les graphiques pour les autres catégories sont disponibles à l'Annexe D-2. Les résultats sont d'abord présentés pour les ordinateurs, puis pour les deux types d'écrans. L'étape correspondante au recyclage du matériel étant assez complexe, les contributions détaillées des sous-étapes et l'interprétation des résultats du recyclage sont fournies à la section 3.1.2.4.

Les résultats de cette section sont présentés en valeurs absolues. Les scénarios sont découpés selon les sous-étapes jugées importantes dans chaque scénario de gestion de fin de vie des équipements informatiques. Les étapes du cycle de vie du matériel neuf crédité ne sont pas détaillées ici. La contribution des étapes du cycle de vie du matériel neuf est présentée à la section 3.1.2.7.

La barre grise représente le score total résultant du scénario. Pour rappel, les scénarios A sont l'envoi au recyclage direct, les scénarios B, C et D sont les filières de reconditionnement, mais avec un taux de recyclage ultime différent (respectivement 0, 50 et 100 %).

3.1.2.1 Gestion en fin de vie des ordinateurs

L'analyse de contribution des étapes du cycle de vie pour la gestion des ordinateurs en fin de vie (scénarios 1A, 1B, 1C et 1D) est présentée à la figure suivante :



O.N. : Ordinateur neuf

Figure 3-4 : Impact total et contribution des étapes des scénarios de gestion en fin de vie de 1000 ordinateurs pour la catégorie Changement climatique.

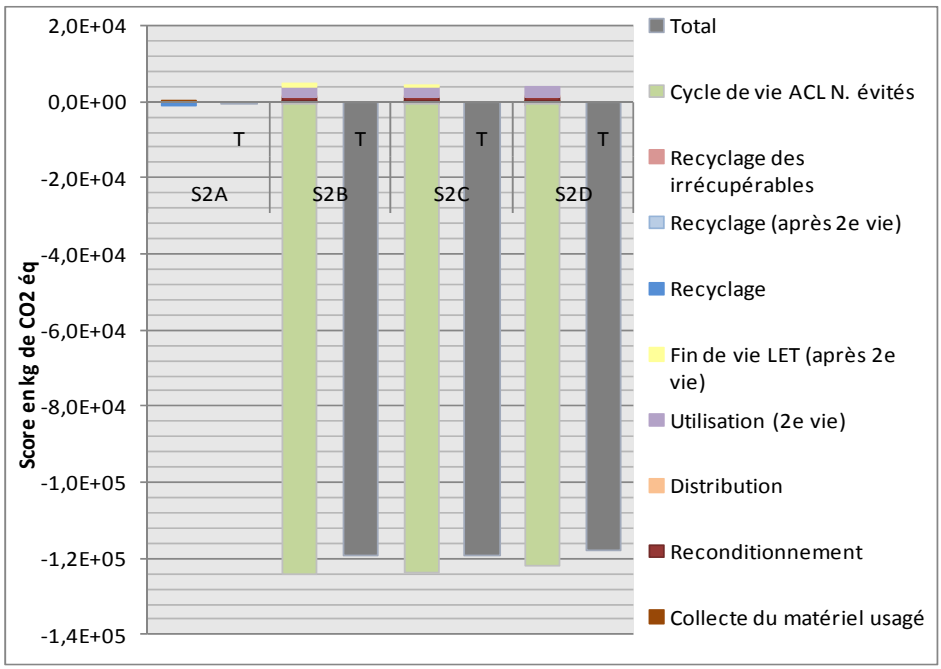
Le profil qui apparait ici, et qui est similaire pour les autres catégories de dommage, montre que l'évitement de la production de l'ordinateur neuf domine largement les résultats des scénarios avec des crédits allant jusqu'à 140 286 kg CO_2 éq. évités par la production des ordinateurs neufs crédités dans le scénario D. De plus, le recyclage des ordinateurs irrécupérables chez les reconditionneurs et le recyclage des ordinateurs reconditionnés après leur seconde vie sont également des sources de crédits pour les scénarios de reconditionnement. En effet, le recyclage des ordinateurs après la deuxième vie apporte un crédit allant jusque 11 952 kg CO_2 eq. évités dans le scénario 100 % recyclage. Néanmoins, ce crédit est faible vis-à-vis du crédit obtenu par l'évitement de la production du matériel neuf. Pour sa part, le crédit pour l'utilisation évitée d'un ordinateur neuf (un total de 216 kWh sur trois ans offrant un crédit de 5 543 kg de CO_2 eq.) est entièrement compensé par la charge associée à l'utilisation d'un ordinateur reconditionné (230 kWh qui génère un impact de 5 915 kg CO_2 eq.).

Une autre contribution importante aux charges environnementales des scénarios est le recyclage des ordinateurs neufs évités (dans les scénarios où ils sont recyclés, avec un ratio de trois quarts d'ordinateur neuf pour un reconditionné) générant des impacts allant jusqu'à 8 962 kg CO_2 eq. émis. Ce résultat contre-intuitif s'explique par le fait que la fin de vie des ordinateurs neufs a été modélisée selon le même principe d'extension des frontières utilisé pour les scénarios avec les ordinateurs recyclés et reconditionnés : on évite de produire de la matière vierge, ce qui procure un crédit. Par conséquent, en ne recyclant plus ces ordinateurs, les crédits pour leur recyclage apparaissent comme une charge environnementale (c.-à-d. un crédit évité).

En somme, recycler 1000 ordinateurs engendre un crédit de l'ordre de 16,6 tonnes de CO_2 eq. Pour sa part, les 1000 mêmes ordinateurs envoyés vers le reconditionnement procurent des crédits entre 142,8 et 146 tonnes de CO_2 eq. pour des taux de recyclage à la fin de la seconde vie de 0 et 100 % respectivement. Conséquemment, le reconditionnement, par rapport à l'envoi au recyclage procure des réductions d'émissions de 126,2 et 129,4 tonnes de CO_2 eq. pour 1000 unités gérées en fin de vie, ce qui revient à une moyenne de 0,18 t CO_2 eq. évitées par ordinateur reconditionné (704 ordinateurs reconditionnés et mis en vente pour 1000 récupérés).

3.1.2.2 Gestion en fin de vie des écrans TRC

L'analyse de contribution des étapes du cycle de vie pour la gestion des écrans TRC en fin de vie (scénarios 2A, 2B, 2C et 2D) est présentée à la figure suivante :



ACL N. : Écran ACL neuf

Figure 3-5 : Impact total et contribution des étapes des scénarios de gestion en fin de vie de 1000 TRC pour la catégorie Changement climatique.

La tendance observée dans les résultats de la gestion des TRC est légèrement différente de celle observée pour les ordinateurs pour les catégories de dommages Santé humaine et Changement climatique. Il est important de souligner ce résultat contre-intuitif à la Figure 3-5 qui est que plus le taux de recyclage des écrans TRC reconditionnés augmente, moins les impacts évités sont importants. En effet, dans le cas du scénario 2B, où tout le matériel reconditionné est envoyé au LET pour sa fin de vie ultime, le score de ce scénario est une réduction de 119 121 kg CO_2 eq. Dans le cas du scénario 2D où 100 % des TRC sont ultimement recyclés, le score n'est plus qu'une réduction de 117 754 kg CO_2 eq.. Pour expliquer ce résultat contre-intuitif, il faut revenir sur la modélisation des systèmes de produit, en particulier sur le principe d'extension des frontières qui a été appliqué pour rétablir l'équivalence fonctionnelle des systèmes. Pour chaque écran TRC reconditionné, la moitié des impacts du cycle de vie complet d'un écran ACL sont évités (la durée de vie du TRC reconditionné est de trois ans et celle d'un ACL est de 6 ans). Puisque c'est le cycle de vie complet de l'écran ACL qui est crédité, les crédits pour son recyclage en fin de vie (4,1 kg CO_2 eq./écran) deviennent en réalité des charges environnementales. Étant donné que les crédits associés au recyclage d'un écran TRC (0,48 kg CO_2 eq./écran) sont inférieurs à ceux pour le recyclage d'un ACL, plus le taux de recyclage en fin de vie ultime des équipements de ce système augmente, plus la somme des impacts de l'ensemble du système augmente, comme cela est illustré à la Figure 3-5. Cette même situation est aussi rencontrée pour la catégorie Santé humaine dont les résultats sont présentés à l'Annexe D-2. On n'observe pas cette problématique pour les cas du reconditionnement des ordinateurs et des écrans ACL puisque les équipements neufs crédités sont de même nature que ceux reconditionnés.

La Figure 3-5 montre que le score total du scénario recyclage direct des écrans TRC est très légèrement négatif (crédits), il est de l'ordre de 0,232 tonne de CO_2 eq. pour 1000 écrans TRC recyclés. La section 3.1.2.4 présente les explications de ce résultat.

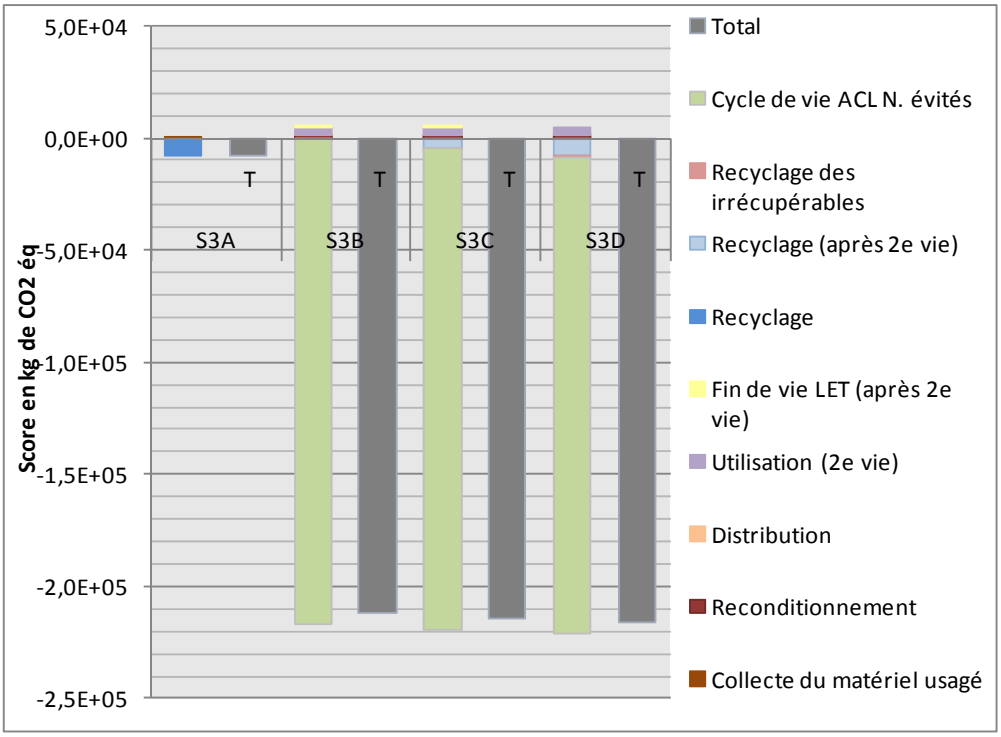
Pour tous les scénarios de reconditionnement, il apparait ici que pour la catégorie Changement climatique, ainsi que pour toutes les autres catégories de dommages, que c'est l'évitement de production de l'écran ACL neuf qui domine largement les résultats en offrant un crédit de 122 152 kg CO_2 eq.

Les autres étapes du cycle de vie procurent des crédits ou engendrent des charges qui sont négligeables par rapport à la production de l'écran ACL neuf. Comme dans le cas des ordinateurs, le crédit pour l'utilisation évitée des écrans ACL neufs (un total de 98 kWh sur trois ans offrant un crédit de 1 913 kg CO_2e) est amplement compensé par la charge associée à l'utilisation des écrans TRC reconditionnés (127 kWh émettant 2 470 kg CO_2 eq.).

En somme, recycler 1000 TRC engendre un crédit total de l'ordre de 0,232 tonne de CO_2 eq. Pour leurs parts, les mêmes 1000 écrans TRC envoyés vers le reconditionnement procurent des crédits entre 117,9 et 119,3 tonnes de CO_2 eq. pour des taux de recyclage à la fin de la seconde vie de 100 % et 0 % respectivement. Conséquemment, le reconditionnement, par rapport à l'envoi au recyclage procure des réductions d'émissions de 117,7 et 119,1 tonnes de CO_2 eq. pour 1000 unités gérées en fin de vie ce qui revient à une moyenne de 0,22 tonne CO_2 eq. évitée par écran TRC reconditionné (535 écrans TRC reconditionnés et mis en vente pour 1000 écrans récupérés).

3.1.2.3 Gestion en fin de vie des écrans ACL

L'analyse de contribution des étapes du cycle de vie pour la gestion des écrans ACL en fin de vie (scénarios 3A, 3B, 3C et 3D) est présentée à la figure suivante:



ACL N. : Écran ACL neuf

Figure 3-6 : Impact total et contribution des étapes des scénarios de gestion en fin de vie de 1000 ACL pour la catégorie Changement climatique.

Les résultats sont très similaires aux tendances observées pour les scénarios ordinateurs.

La Figure 3-6 montre que le score total du scénario recyclage direct des écrans ACL est légèrement négatif (crédits), il est de l'ordre de 7,6 tonnes de CO_2 eq. pour 1000 écrans ACL recyclés. La section 3.1.2.4 présente les explications de ce résultat.

Pour tous les scénarios de reconditionnement, il apparait ici que pour la catégorie Changement climatique, ainsi que pour toutes les autres catégories de dommages, c'est l'évitement de production de l'écran ACL neuf qui domine largement les résultats en offrant un crédit de 212 855 kg CO_2 eq.

Les autres étapes du cycle de vie procurent des crédits ou engendrent des charges qui sont négligeables par rapport à la production de l'ACL neuf. Comme dans le cas des ordinateurs, le crédit pour l'utilisation évitée des écrans ACL neufs (un total de 98 kWh sur trois ans offrant un crédit de 3 341 kg CO_2 eq.) est entièrement compensé par la charge associée à l'utilisation des ACL reconditionnés qui ont la même consommation sur ces 3 ans.

En somme, recycler 1000 écrans ACL engendre un crédit de l'ordre de 7,6 tonnes de CO_2 eq. Pour leurs parts, les mêmes 1000 écrans ACL envoyés vers le reconditionnement procurent des crédits entre 211,1 et 215,3 tonnes de CO_2 eq. pour des taux de recyclage à la fin de la seconde vie de 0 % et 100 % respectivement. Conséquemment, le reconditionnement, par rapport à l'envoi au recyclage procure des réductions d'émissions de 203,5 et 207,7 tonnes de CO_2 eq. pour 1000 unités gérées en fin de vie ce qui revient à une moyenne de 0,22 t CO_2 eq. évitées par ACL reconditionné (935 ACL reconditionnés et mis en vente pour 1000 récupérés).

3.1.2.4 Le recyclage

L'étape de recyclage du matériel informatique est particulièrement complexe à modéliser. La modélisation est cependant semblable pour le scénario avec recyclage direct, pour le recyclage des équipements reconditionnés (et de leur équipement évité) en fin de vie ultime et pour le traitement des irrécupérables des opérations de reconditionnement. Elle dépend essentiellement de la nature de l'équipement recyclé et de sa composition. La Figure 3-7 présente la contribution environnementale des nombreuses sous étapes du recyclage d'un ordinateur aux quatre catégories de dommage.

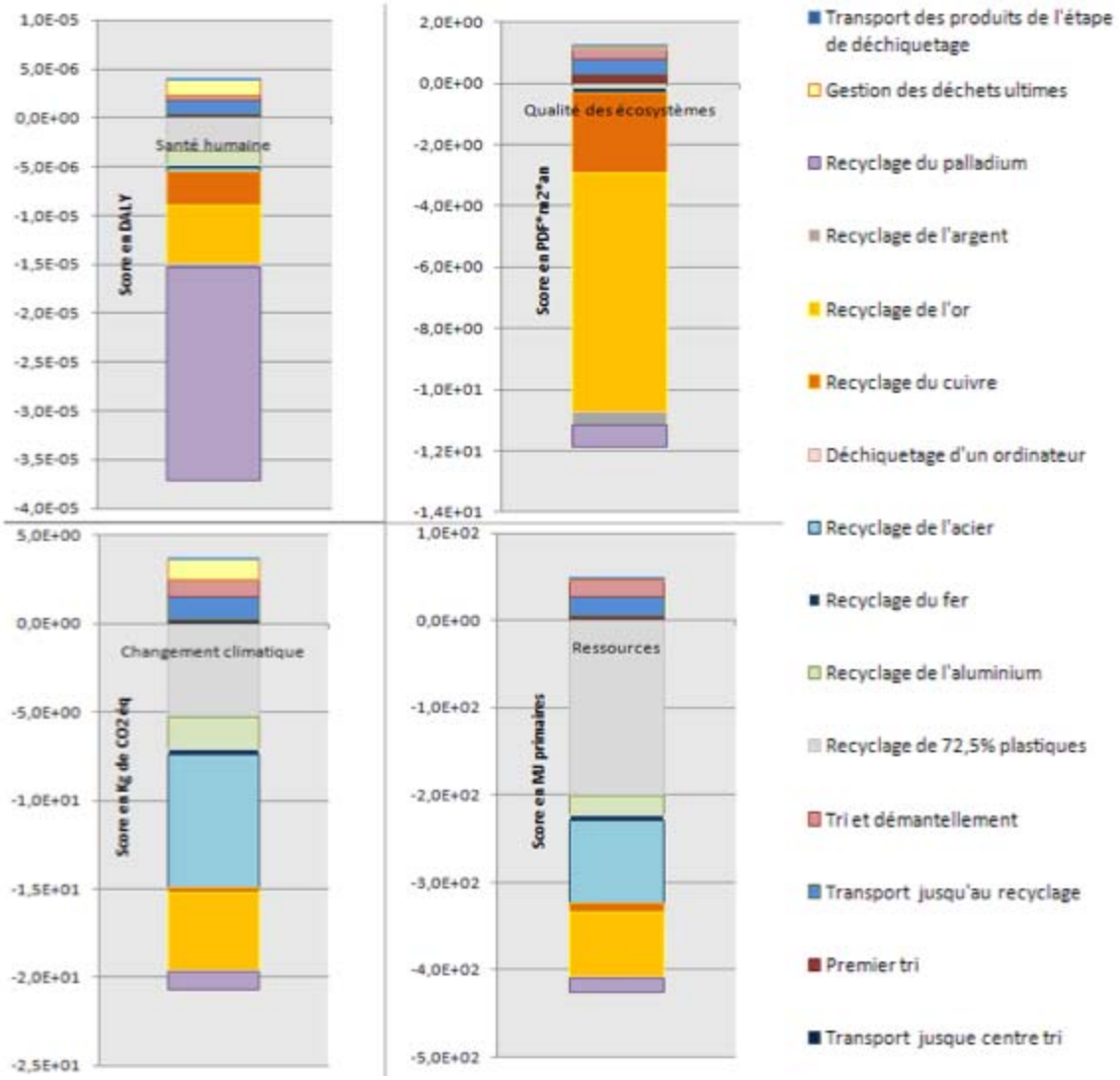


Figure 3-7 : Contribution des sous étapes du recyclage d'un ordinateur.

Les résultats présentés à la Figure 3-7 sont des valeurs absolues correspondant au score d'impact du recyclage d'un seul ordinateur et ne sont pas pour la gestion de 1000 ordinateurs.

La plupart des sous-étapes du recyclage ont un score négatif, c'est-à-dire, qu'ils procurent des crédits en substituant la production de matière vierge. Seules les étapes de transport, de déchiquetage et de gestion des déchets ultimes ont un score positif, elles engendrent des charges environnementales nettes.

Grâce au principe d'extension des frontières, le recyclage procure des crédits environnementaux dans les cas où les impacts de la production de la matière vierge évitée sont supérieurs à ceux de cette production (processus de recyclage) de matière vierge équivalente.

Il apparait dans la Figure 3-7 que dû à la production de minerai de palladium évité, le recyclage du palladium est le principal contributeur aux crédits potentiels pour la catégorie Santé humaine dans le processus de recyclage de l'ordinateur en lui-même. La production du minerai de

palladium en Russie (plus de 50 % de la production mondiale) est un émetteur massif de dioxyde de soufre dans l'air qui détériore la qualité de l'air.

Le recyclage de l'or est la sous étape qui contribue le plus aux dommages sur la Qualité des écosystèmes. L'évitement de production de matériel vierge apporte un crédit environnemental non négligeable. L'or primaire nécessite normalement des travaux utilisant des explosifs qui émettent beaucoup d'aluminium dans l'air. Cette émission est une forte contributrice aux impacts sur la Qualité des écosystèmes.

La production de cuivre vierge est très dommageable pour l'écotoxicité terrestre, ainsi le recyclage du cuivre, grâce au crédit obtenu en évitant cette production contribue nettement au score d'impact de la catégorie Qualité des écosystèmes.

La gestion en fin de vie des plastiques, a principalement un rôle important dans les impacts sur le changement climatique et la consommation de ressources. Le plastique étant un produit pétrolier, éviter de produire des granules de plastique vierge permet d'éviter la consommation de ressources non renouvelables, d'où l'importance du crédit obtenu dans cette catégorie.

Le recyclage de l'acier quant à lui contribue fortement aux crédits de la catégorie Changement climatique, grâce à l'acier primaire qui est évité. Or la production d'acier primaire requiert une consommation importante d'électricité. Ne sachant pas l'origine de l'acier évité, de l'acier « global » (moyenne mondiale) est considéré. Cette production utilise un mix d'électricité dont l'origine est dominée par le charbon, d'où la contribution aux impacts sur le changement climatique.

Les mêmes tendances sont observables pour le recyclage d'un ACL, à l'exception du recyclage de l'aluminium qui a une plus forte contribution sur les impacts sur le changement climatique et aussi la fin de vie du verre de l'ACL, dont la mise au rebut génère des impacts importants sur le changement climatique, principalement à cause du transport. Les graphiques concernant l'ACL sont disponibles à l'Annexe D.

Les observations diffèrent un peu pour le recyclage de l'écran TRC. La gestion des déchets ultimes, qui comprend l'enfouissement du matériel non recyclé (pertes) ou l'incinération des restes de la poudre issue du broyeur dans le processus de récupération des métaux précieux (incinération dans le four) est beaucoup plus contributrice pour l'écran TRC que pour les autres types de matériel informatique. En effet, il y a une plus grande quantité de résidus de broyage résultant des processus de recyclage des écrans TRC que pour les autres appareils. La contribution de ce processus est donc nettement plus importante. Cette étape, basée sur un processus ecoinvent pour pallier un manque de données, utilise de l'hydroxyde de sodium qui génère des impacts élevés dans la plupart des catégories de dommages. La Figure 3-8 ci-dessous illustre la contribution des sous étapes du recyclage de l'écran TRC aux impacts sur le changement climatique. Afin de ne pas alourdir le texte, les autres graphiques sont présentés à l'Annexe D. Il est cependant important de noter que les sous étapes qui contribuent le plus dans le recyclage de l'écran TRC sont :

- Le recyclage des plastiques et la gestion des déchets ultimes pour la catégorie Santé humaine
- Le recyclage du cuivre (bobine et autre cuivre) pour la catégorie Qualité des écosystèmes
- Le recyclage des plastiques et la gestion des déchets ultimes pour le changement climatique. Dans cette catégorie le recyclage du TRC offre un crédit très faible (0,478 kg

CO_2 eq. évité par TRC recyclé contre 8,33 kg CO_2e pour le recyclage d'un ACL ou encore 1,71 kg de CO_2 eq. évité pour l'ordinateur recyclé). La figure ci-dessous montre les contributions des différentes étapes (en kg de CO_2e) afin d'illustrer la domination de ces étapes.

- Le recyclage des plastiques pour la catégorie Ressources

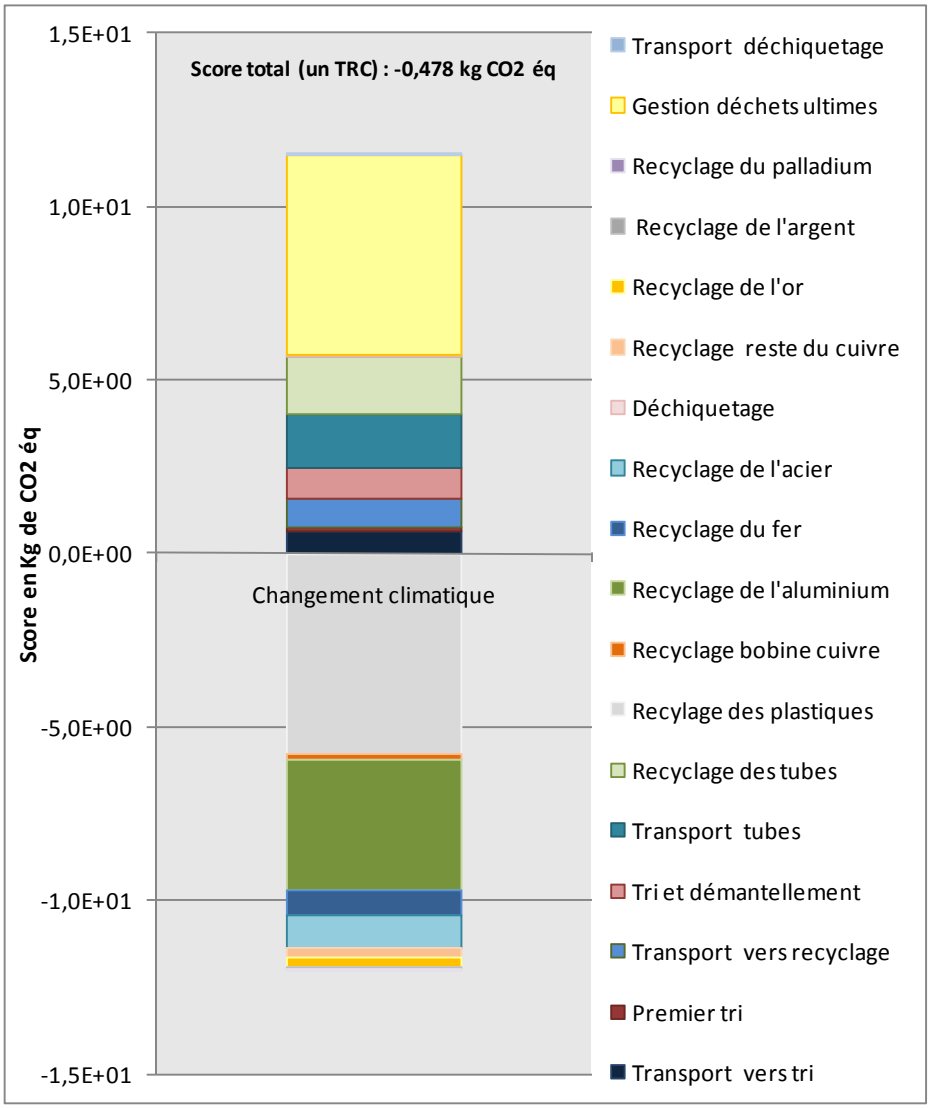


Figure 3-8 : Contribution des sous-étapes du recyclage d'un TRC aux impacts sur le Changement climatique.

Ces recyclages ont été modélisés en considérant de nombreuses hypothèses (taux de pertes, lieu, etc.). C'est pourquoi les hypothèses jugées les plus importantes sont étudiées dans les analyses de sensibilité qui sont présentées à la section 3.1.5.

3.1.2.5 L'enfouissement

Bien que l'enfouissement direct du parc informatique n'ait pas été considéré dans l'étude, il a été nécessaire de modéliser l'enfouissement de l'ordinateur entier ou des écrans TRC et ACL

dans le cas où la gestion en fin de vie ultime, après la deuxième utilisation, ne serait pas du recyclage.

Les fichiers «Calculation Tool for waste disposal in Municipal Sanitary Waste Landfill MSWLF» programmés par Gabor Doka et disponibles chez ecoinvent, ont permis de modéliser l'enfouissement de matériel informatique (partie électronique et métaux précieux surtout, à savoir l'enfouissement de l'argent, du cuivre, du nickel, du plomb, du zinc, du fer et de l'aluminium). Ce matériel enfoui a été considéré non dégradable et a donc été traité comme un déchet inerte. Les émissions résultantes ont lieu dans le compartiment eaux souterraines long terme et elles ne sont pas caractérisées par les méthodes d'évaluation des impacts actuelles. Cet outil de calcul demeure néanmoins le meilleur modèle disponible actuellement en ACV.

Bien que la fin de vie en LET contribue très faiblement dans les résultats de l'étude, il est intéressant d'étudier la contribution relative des différents éléments enfouis. La Figure 3-9 présente les contributions des différents éléments éliminés dans le processus d'enfouissement.

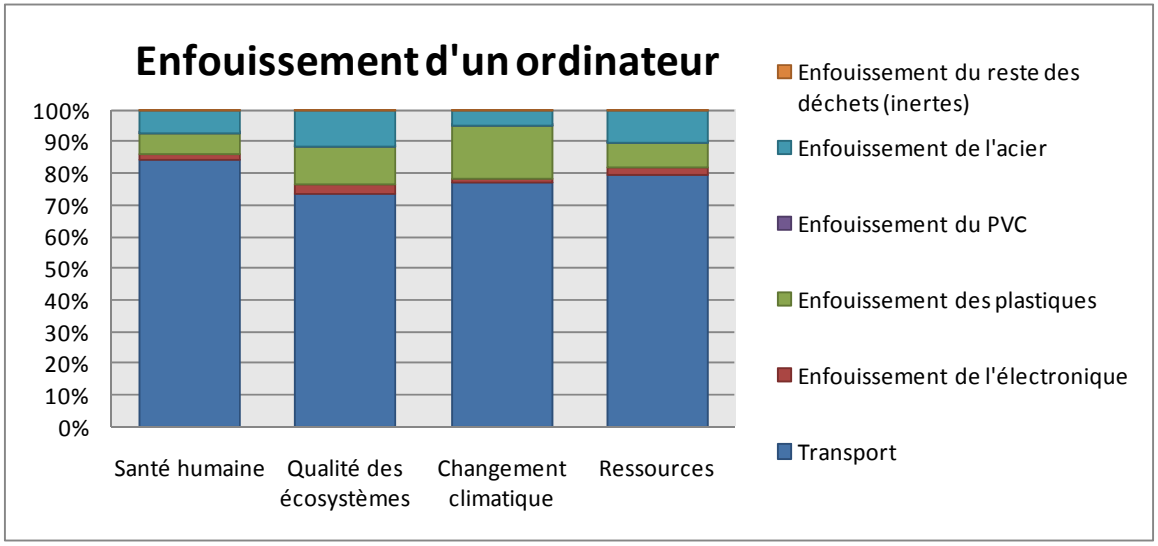


Figure 3-9 : Contribution relative des sous-étapes et éléments éliminés dans le processus d'enfouissement d'un ordinateur.

Il apparait ici que c'est le transport jusqu'au LET qui génère la plus grande partie des dommages et ceci pour toutes les catégories. Les résultats sont similaires pour les ACL et TRC avec néanmoins une contribution plus importante de l'enfouissement du reste des déchets pour le TRC (qui possède, en proportion, plus de déchets «divers» que les ordinateurs ou ACL).

L'étape d'enfouissement des déchets comprend les infrastructures et les entrants (énergie et matériaux) nécessaires à l'opération d'un site d'enfouissement. Néanmoins, ces résultats sont à nuancer. Pour cette modélisation, il a été posé l'hypothèse que les déchets informatiques enfouis sont inertes et donc qu'il n'y a pas d'émissions de GES. Ce caractère inerte ne s'applique cependant pas à d'autres types d'impacts en raison notamment de la présence de métaux dans ces composantes. Ceci est une hypothèse simplificatrice. Comme il a été mentionné à plusieurs reprises dans ce rapport, la modélisation de l'enfouissement souffre encore de lacunes et ses impacts sont mal caractérisés. Cependant, il est possible de faire la supposition que les impacts de l'enfouissement en lui-même seraient plus importants que ce qu'ils sont à l'heure actuelle et que la contribution du transport serait en fait moindre.

3.1.2.6 Comparaison des scénarios sans les crédits du matériel neuf évité

La Figure 3-10 présente la comparaison des scores de la catégorie Changement climatique entre le recyclage et les trois scénarios reconditionnement en excluant les cas où l'ordinateur reconditionné remplace un équipement neuf. Il est important de noter que l'équivalence fonctionnelle n'est alors pas respectée et que la comparaison des résultats n'est pas conforme à la méthodologie ACV, c'est pourquoi le scénario A, considérant l'envoi au recyclage direct, est enlevé de la comparaison. La présentation de ces résultats permet cependant de souligner encore une fois que le principal avantage du reconditionnement est d'allonger la durée de vie des équipements existants et donc de réduire le besoin en équipements neufs. Selon le pourcentage de recyclage en fin de vie ultime qui varie ici de 0, 50 et 100 %, le bilan GES de la gestion en fin de vie de 1000 ordinateurs reconditionnés est respectivement de 3 543, de -2 785 et de -9 114 kg CO_2 éq. contre un bilan de -16 617 kg CO_2 éq. pour le scénario avec envoi au recyclage direct. Les mêmes figures pour les écrans TRC et ACL se trouvent en Annexe D. La figure illustre bien le fait, qu'en excluant le cycle de vie du matériel neuf, le déplacement d'impacts du système reconditionnement engendré par la deuxième vie (utilisation, transport, gestion en fin de vie) est une charge non négligeable, rendant ces scénarios plus dommageables que le scénario d'envoi au recyclage direct. Néanmoins, cette charge est normalement largement compensée par le crédit du matériel neuf.

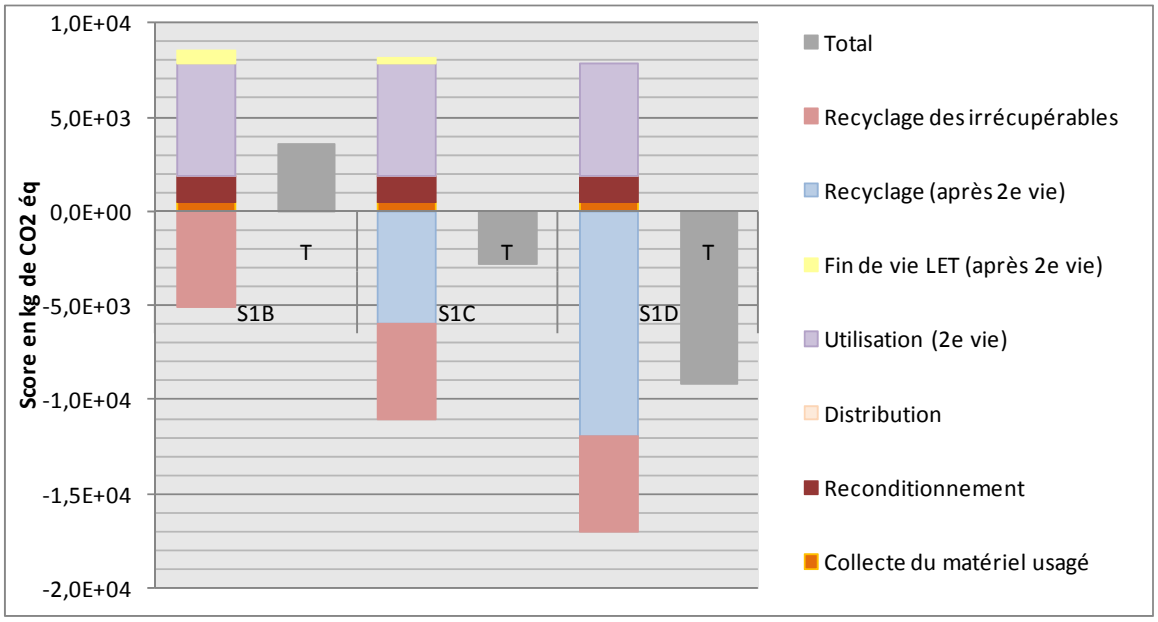


Figure 3-10 : Comparaison des scénarios ordinateur sans les crédits du matériel neuf pour la catégorie de dommages Changement climatique.

3.1.2.7 Le cycle de vie des produits neufs

Les produits neufs, ordinateurs ou ACL, qui sont évités lors de la réutilisation du matériel reconditionné ont une grande importance dans les résultats. Afin de mieux comprendre ces systèmes, les figures ci-dessous présentent la contribution des principales étapes de leurs cycles de vie.

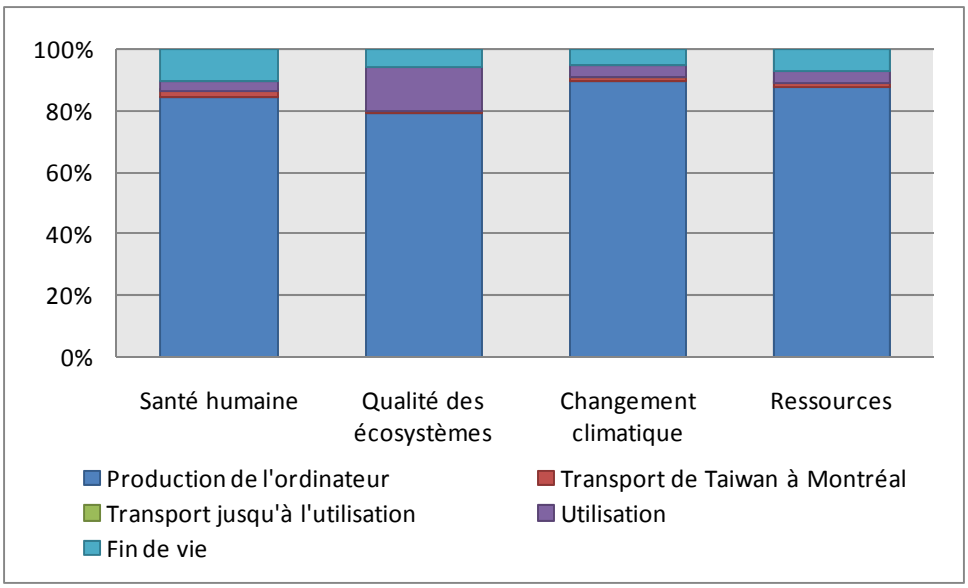


Figure 3-11 : Contribution des étapes du cycle de vie d'un ordinateur neuf avec recyclage en fin de vie.

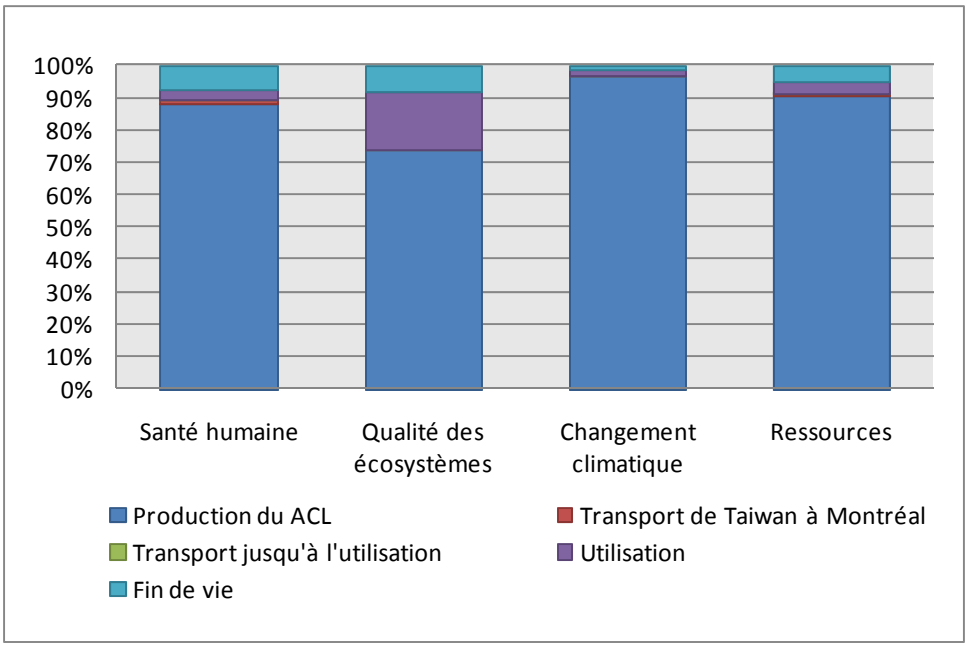


Figure 3-12 : Contribution des étapes du cycle de vie d'un ACL neuf avec recyclage en fin de vie.

Les résultats de contributions sont calculés en considérant la valeur absolue totale des impacts afin de bien estimer la contribution de chaque étape au total des impacts générés.

Il apparait ici que l'étape de production de l'ordinateur a le plus d'impacts dans le cycle de vie du matériel neuf. Cette étape prend en compte la production des composants individuels et leur assemblage en un produit fini. L'étape d'utilisation est relativement peu importante vis-à-vis du cycle de vie total. Ce résultat est spécifique au Québec où la production d'électricité engendre peu d'impacts environnementaux grâce à l'hydroélectricité.

Ces produits et leurs impacts associés sont donc crédités dans les systèmes modélisés lorsqu'il y a utilisation d'un ordinateur ou d'un écran reconditionné. Il est intéressant d'observer alors la comparaison des impacts des deux produits (mis à l'échelle du nombre d'ordinateurs ou d'écrans neufs crédités pour un reconditionné). Les figures présentent les scores absolus de dommages pour la catégorie Changement climatique pour un appareil reconditionné (ordinateur ou écran) et son «équivalente» neuve créditée dans l'analyse et ne sont pas mises à l'échelle de l'unité fonctionnelle (cf. nombre d'unités reconditionnées sur 1000 gérées en fin de vie). Les résultats pour les autres catégories sont disponibles à l'Annexe D-2.

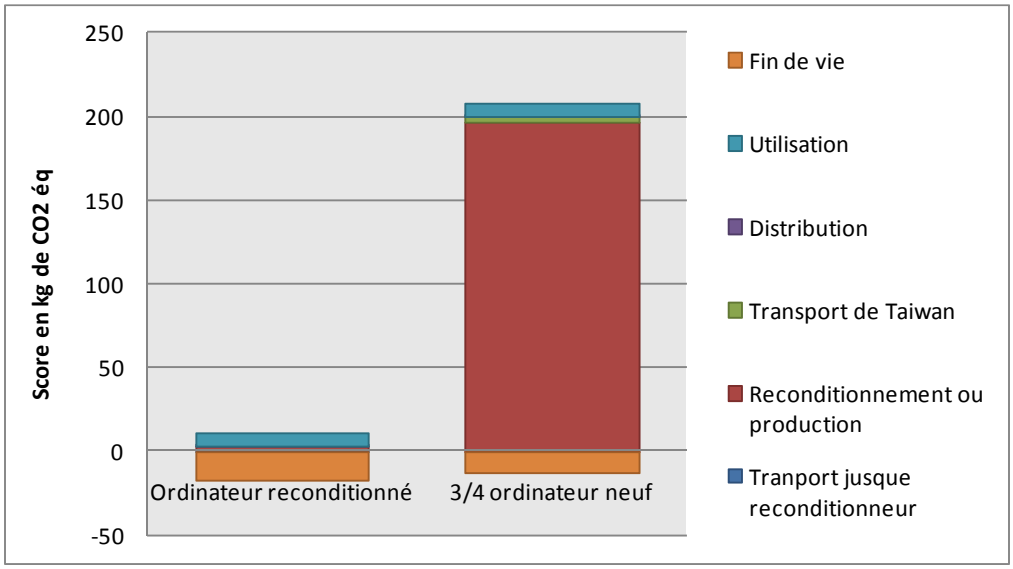


Figure 3-13 : Comparaison entre un ordinateur reconditionné et son équivalent en ordinateur neuf crédité avec recyclage en fin de vie – Changement climatique.

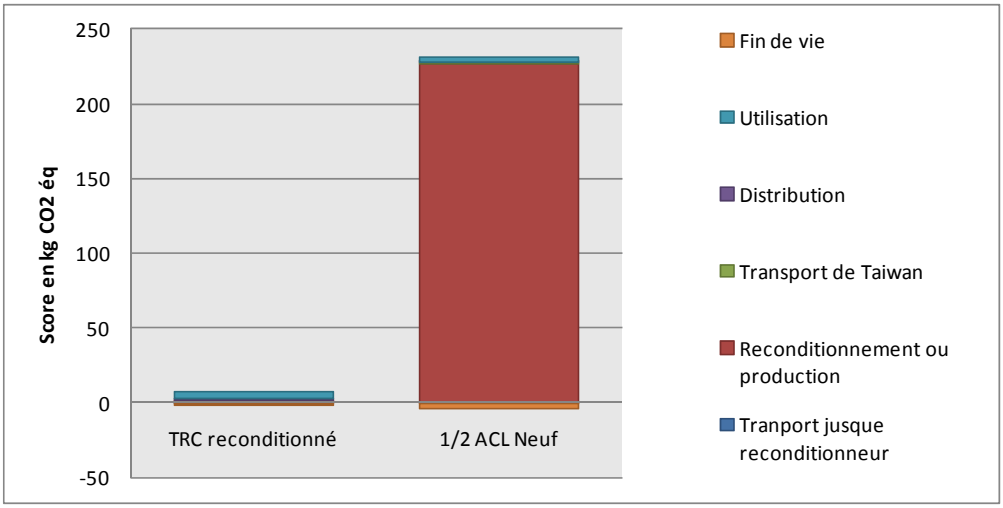


Figure 3-14 : Comparaison entre un TRC reconditionné et le demi-ACL neuf crédité – Changement climatique.

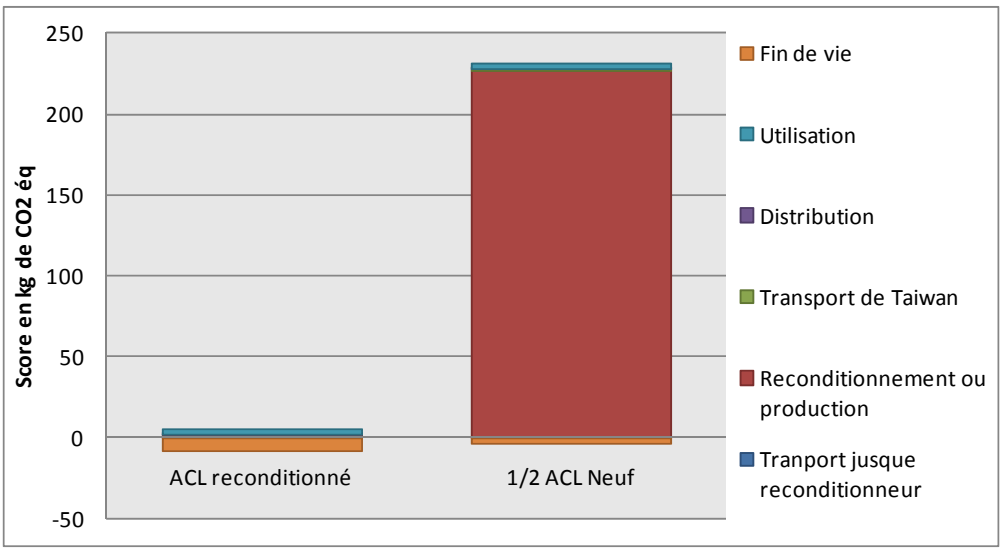


Figure 3-15 : Comparaison entre un écran ACL reconditionné et son équivalent en écran ACL neuf crédité avec recyclage en fin de vie – Changement climatique.

Il est très clair que le matériel reconditionné génère nettement moins d'impacts que le neuf (similaire dans toutes les catégories d'impacts) ce qui explique la domination de la contribution du matériel neuf évité dans les impacts des scénarios à l'étude.

3.1.3 Analyse de cohérence et de complétude

L'extension des frontières réalisée rend les systèmes fonctionnellement équivalents. Ceci étant fait, ils peuvent, selon la norme ISO 14044, être comparés. De plus, au meilleur des connaissances des réalisateurs de l'étude, aucune donnée manquante significative n'a été identifiée. Par conséquent, la complétude de l'étude est jugée bonne.

3.1.4 Qualité des données d'inventaire

Les résultats de l'analyse de la qualité des données d'inventaire sont résumés à l'Annexe C du présent rapport.

À partir de ces analyses, il a été possible de constater

- que dans l'ensemble, les données employées pour l'analyse sont jugées acceptables.
- que certains processus présentent cependant une forte ou une très forte contribution potentielle aux systèmes et ont été modélisés à l'aide de données dont la qualité pourrait ou devrait être améliorée. Ces processus représentent par le fait même une limite et diminuent la certitude avec laquelle les conclusions peuvent être tirées. C'est le cas principalement des «cycles de vie» des produits neufs, ordinateur ou écran ACL, qui sont crédités dans les scénarios de reconditionnement. Ces produits ont une très forte influence dans l'étude, mais leur modélisation n'a pas bénéficié de données primaires qui proviennent donc de la banque de données ecoinvent. Néanmoins, vu la complexité de ces systèmes de produits et la disponibilité des données, il est jugé que les données génériques utilisées sont les meilleures disponibles au moment de l'étude et qu'il faudrait sinon faire une collecte de données primaires auprès de producteur de matériel informatique neuf.

Les principales données à améliorer pour augmenter la robustesse des résultats sont liées aux processus et paramètres suivants :

- la liste des matériaux composant le matériel et déterminant donc les quantités envoyées au recyclage;
- les taux de récupération;
- la gestion en fin de vie de certains matériaux.

Certains de ces processus, jugés particulièrement influents sur les résultats, ont été testés en analyse de sensibilité.

3.1.5 Analyses de sensibilité

Bien que l'étude ait utilisé un maximum de données primaires, une partie de la modélisation fait l'objet d'hypothèses basées sur des estimations. Il est donc important d'évaluer dans quelle mesure ces hypothèses pourraient inverser les conclusions obtenues, en particulier si les processus estimés sont différents pour les alternatives comparées ou concernent des éléments qui semblent avoir le plus d'influence sur les résultats.

Douze analyses de sensibilité ont été effectuées pour vérifier l'influence des hypothèses de la modélisation sur les conclusions de l'étude. Le tableau ci-dessous présente les paramètres qui ont été testés et les résultats obtenus. Un paramètre est jugé sensible (S) si la variation appliquée sur sa valeur engendre un changement d'au moins 10 % dans une des catégories d'impact pour un scénario, dans le cas contraire, le résultat est alors noté non sensible (NS) dans le tableau. Il est aussi précisé dans le tableau que les conclusions générales, à savoir que la filière reconditionnement est plus avantageuse d'un point de vue environnemental que le recyclage direct, sont inversées. Certaines analyses sont aussi détaillées dans les paragraphes suivants.

Les analyses de la consommation énergétique du reconditionnement, du lieu du recyclage et de la gestion en fin de vie des plastiques n'ont été effectuées que pour les scénarios ordinateurs, puisque les mêmes résultats sont attendus pour les scénarios concernant les écrans. En revanche, les autres analyses ont été effectuées pour chaque type de matériel informatique. Les tableaux détaillés des résultats de toutes les analyses de sensibilité sont présentés à l'Annexe D.

Il est important de noter qu'à l'exception de l'étude sur la consommation où la conclusion est inversée entre le recyclage direct et le reconditionnement/réemploi B, les conclusions demeurent inchangées. Les résultats d'impacts (chiffrés) des scénarios sont bien sûr plus ou moins modifiés en fonction du paramètre changé.

Concernant les ratios de reconditionnement, un calcul rapide montre qu'il faudrait un ratio de reconditionnement supérieur à 121 pour les ordinateurs pour que les résultats s'inversent dans le cas, en plus, où il n'y aurait pas de recyclage après la deuxième vie. Ceci signifie que le recyclage direct serait à privilégier si les reconditionneurs devaient collecter 121 ordinateurs usagés pour produire un seul ordinateur reconditionné. Les chances que ce facteur vienne inverser les conclusions de l'étude sont jugées nulles, car cette situation où le ratio serait aussi élevé semble improbable.

Tableau 3-1 : Analyses de sensibilité effectuées dans cette étude :

Élément	Valeur initiale	Variation	Sensibilité	Inversion des conclusions
Paramètres clefs				
Reconditionnement				
Consommation d'électricité	2,9kWh/ordinateur	+/- 10 %	NS	Non
Transport				
Distribution	Camion	Voiture (cas d'un particulier)	NS	Non
Lieu de recyclage général	Extérieur Québec	Montréal	NS	Non
Lieu de recyclage des plastiques	Extérieur Québec	Chine (Shanghai)	NS	Non
Distance jusqu'au LET	50 km	1000 km 5000 km	S	Non
Distance jusque la fonderie	Environ 150 km	1000 km 5000 km	NS	Non
Utilisation				
Mix énergétique	Québécois	Nord-Américain et Canadien	S	Non
Consommation	Ordinateur reconditionné : 0,08 kWh/h Ordinateur neuf : 0,075 kWh/h	Multipliée par 10	S	Oui
Recyclage				
Taux de récupération des matériaux	Entre 0 et 10 %	90 %	S Pour le scénario A du TRC sinon NS	Non
		50 %	S (pour les scénarios A)	Non
Récupération des métaux (remplacement du minerai)	100 %	90 %	S (pour les scénarios A)	Non
Traitement des plastiques	72,5 % recyclés le reste LET	100 % Valorisés	S	Non
Bobine de cuivre	50 % cuivre du TRC	90 %	NS	Non
Matériel neuf évité				
Durée de vie	Ordinateur neuf 4 ans (3/4 ordinateur neuf évité)	6 ans (1/2 ordinateur neuf évité)	S	Non
	ACL neuf 6 ans (1/2 ACL neuf évité)	9 ans (1/3 ACL neuf évité)	S	Non

Élément	Valeur initiale	Variation	Sensibilité	Inversion des conclusions
Méthode d'Évaluation des Impacts du Cycle de Vie				
	IMPACT 2002+ 2.05	Recipe 1.03		Non

3.1.5.1 Analyse de sensibilité 1 – Les transports

Beaucoup d'hypothèses sont posées pour les transports. Une des hypothèses, la distance jusqu'au LET pour l'enfouissement du matériel non recyclé ou bien des déchets ultimes des processus de recyclages, est d'uniquement 50 km dans le scénario de base. Afin d'évaluer la sensibilité de ce paramètre les impacts sont recalculés avec une distance de 1000 km puis de 5000km. Les analyses ont montré que bien que le paramètre soit sensible (les résultats ont été modifiés de plus de 10% pour certaines catégories de dommages) les conclusions n'ont pas été inversées puisque ce processus de transport est présent dans le scénario reconditionnement (pour le transport du matériel qui est envoyé au LET en fin de 2ème vie) et le scénario recyclage (pour le transport vers le LET des déchets restants du recyclage).

Les autres analyses de sensibilité effectuées sur les hypothèses de transport ont montré que les paramètres ne sont pas sensibles.

3.1.5.2 Analyse de sensibilité 2 – Consommation lors de l'utilisation

L'utilisation lors de la deuxième vie est une source potentielle de déplacement d'impact pour l'option de reconditionnement qui a été jugée plutôt faible dans les résultats précédents. Afin d'évaluer la sensibilité de ce paramètre, il est supposé que l'ordinateur reconditionné consomme finalement 10 fois plus que les mesures prises par Insertech Angus. Il apparait alors que les conclusions s'inversent. Il semble cependant peu réaliste de supposer un ordinateur reconditionné si énergivore, alors que le neuf garderait la même consommation que celle mesurée. Si la consommation de l'ordinateur neuf est elle aussi multipliée par 10, il est possible de remarquer que grâce au crédit obtenu, les conclusions ne s'inversent plus.

En supposant une consommation du matériel neuf identique à la supposition de base qui est de 0,075 kWh/h, il faudrait une consommation énergétique du matériel reconditionné supérieur à 0,45 kWh/h au lieu de 0,08 kWh/h pour que les conclusions de l'étude avec les scénarios de base s'inversent.

Une autre hypothèse concerne la phase d'utilisation : celle du nombre d'heures d'utilisation choisi comme référence. L'étude considère 2880 h (moyenne hypothétique cf. justification en Annexe B) comme profil de base, identique pour le matériel neuf ou reconditionné. Ce n'est pas tant le nombre d'heures considéré qui est important en lui-même, puisqu'il est identique, c'est bien la différence de consommation qui peut avoir une influence sur les résultats. C'est pourquoi l'analyse de sensibilité porte sur la consommation du matériel et non le nombre d'heures.

3.1.5.3 Analyse sensibilité 3 –Traitement des plastiques

Le recyclage des plastiques a une forte contribution aux résultats des impacts du recyclage du matériel informatique. L'hypothèse de base qui est que 72,5 % des plastiques sont recyclés provient d'estimations d'experts en recyclage. Une analyse de sensibilité est effectuée pour tester un autre mode de gestion des plastiques en fin de vie : l'incinération avec valorisation

énergétique (récupération de chaleur et d'électricité). Encore une fois afin de conserver l'équivalence fonctionnelle, une extension des frontières est réalisée. Les impacts des productions de chaleur et d'électricité évitées sont donc «crédités» au système de produits.

Avec une valorisation énergétique des plastiques, le scénario recyclage direct ne génère plus qu'un crédit de 1,18 tonne de CO_2 eq. contre 16,6 tonnes lorsque les plastiques sont à 72,5 % recyclés. Néanmoins, cette analyse montre que le recyclage des plastiques est sensible, mais que le changement n'influence pas la conclusion générale : le reconditionnement demeure plus avantageux environnementalement parlant que le recyclage direct.

3.1.5.4 Analyse sensibilité 4 – Bobine de cuivre

Le recyclage de la bobine de cuivre et du reste du cuivre présent dans les cartes mères, câbles et autres composants est assez similaire (outre une différence dans la consommation d'énergie pour le broyage). Le paramètre « masse de la bobine » qui avait été estimé arbitrairement à 50 % de la masse totale du cuivre du TRC et qui a été revu à la hausse (90 % de la masse totale du cuivre du TRC) aux fins de l'analyse de sensibilité n'a finalement pas d'influence significative sur les résultats.

3.1.5.5 Analyse sensibilité 5 – Durée de vie du matériel neuf

Il est apparu clairement dans cette étude que l'étape qui contribue le plus aux scores d'impacts, en l'occurrence aux crédits environnementaux des filières de reconditionnement, est la production du matériel neuf évité grâce au réemploi d'un matériel reconditionné.

Le paramètre clef dans cette partie de l'étude est la durée d'utilisation du matériel reconditionné (supposée ici à trois ans), mais surtout la durée du matériel neuf, qui permet de calculer la portion équivalente d'équipement qui est potentiellement évitée. Ainsi, dans le cas de l'ordinateur, il est supposé que l'ordinateur reconditionné va resservir trois ans alors qu'un ordinateur neuf aurait servi quatre ans (estimations basées sur un jugement d'expert). Ainsi, les trois quarts des impacts d'un ordinateur neuf sont attribués à ces trois ans et sont donc crédités aux systèmes de produits à l'étude.

Cette durée de vie est donc testée dans une analyse de sensibilité. Il est supposé que la durée de vie de l'ordinateur reconditionné est toujours de trois ans, mais que l'ordinateur neuf aurait pu être utilisé six ans. Ainsi, c'est uniquement la moitié d'un ordinateur neuf qui est crédité pour chaque ordinateur reconditionné.

La même analyse de sensibilité est appliquée à l'étude des écrans reconditionnés. Toujours selon le jugement d'experts, il avait été supposé que la durée de vie d'un écran ACL neuf était de six ans. Ainsi, la moitié d'un écran ACL neuf était crédité pour chaque écran reconditionné. Cette durée de vie est allongée à neuf ans, et donc, le tiers d'un écran ACL neuf est alors crédité.

Suite à ces changements, il apparait que les bénéfices environnementaux sur l'ensemble des catégories de dommage de la filière reconditionnement diminuent d'environ 30 %. Néanmoins, ce changement n'est pas suffisant pour modifier la conclusion générale de l'étude.

Un calcul rapide, en considérant les impacts de la production d'un ordinateur neuf et la différence de consommation entre matériel neuf et reconditionné, montre qu'il faudrait conserver au minimum 17 ans l'ordinateur neuf pour que les conclusions observées s'inversent.

3.1.5.6 Analyse sensibilité 6 – Méthode d'Évaluation des Impacts du Cycle de Vie

Une autre méthode d'évaluation des impacts du cycle de vie, Recipe 1.03, a été utilisée sur les 12 scénarios de base afin d'évaluer l'influence de la méthode de calculs des impacts.

Les conclusions restent inchangées : la filière avec reconditionnement et réemploi demeure l'option la plus favorable et ce qu'importe le taux de recyclage ultime. À titre d'illustration, la figure ci-dessous présente les nouveaux résultats comparatifs obtenus pour les scénarios ordinateurs avec la méthode Recipe.

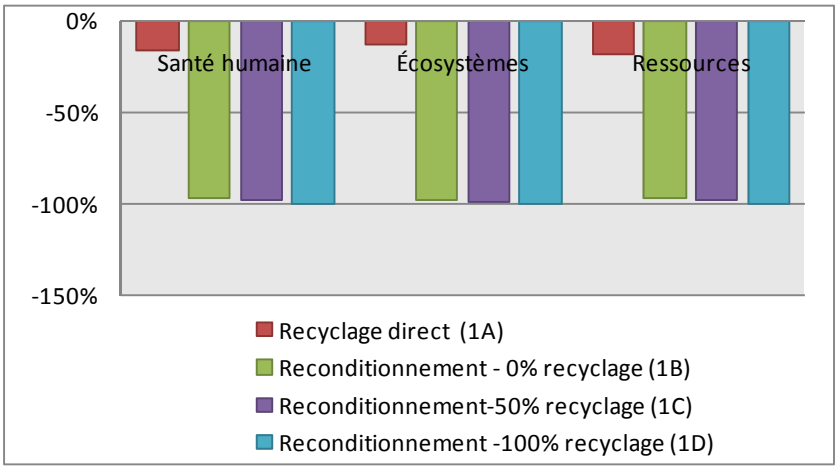


Figure 3-16 : Comparaison des scores des trois catégories de dommage des scénarios de gestion en fin de vie des ordinateurs (Recipe).

3.1.6 Analyse d'incertitude

Une analyse d'incertitude de type Monte-Carlo a été réalisée à l'aide du logiciel SimaPro 7.2.4 afin de tester la robustesse des résultats. Elle constitue une étude de propagation de la variabilité des données d'inventaire lors des calculs, avec un nombre d'itérations fixé à 1000.

Sur les milliers de flux élémentaires individuels inventoriés dans les processus élémentaires des scénarios étudiés, la très grande majorité provient de la banque de données *ecoinvent*. Ceux-ci présentent pour la plupart une variabilité qui prend la forme d'une distribution *lognormale* autour de la valeur centrale spécifiée (et utilisée dans les calculs déterministes), caractérisée par son écart-type. Ces variabilités ne sont toutefois pas déterminées statistiquement à l'aide de mesures concrètes, mais estimées par l'application d'une *matrice pedigree* décrivant la qualité d'une donnée selon son origine, son mode de collecte et sa représentativité géographique, temporelle et technologique (Weidema et Suhr Wesnæs, 1996).

De la même manière, la variabilité de la plupart des données collectées a été représentée par une distribution lognormale, dont l'écart-type a été estimé à l'aide de cette même *matrice pedigree*. Au total, 70 % des données du modèle possèdent une distribution relative à leur variabilité. Les 30 % des données restantes n'ont pas d'incertitude associée et ont donc été considérées comme étant des données fixes.

La simulation procède à la soustraction de deux systèmes que l'on souhaite comparer (scénario envoi direct du matériel informatique au recyclage et scénario avec reconditionnement puis enfouissement en fin de vie ultime). Ainsi, les résultats indiquent la probabilité qu'une option génère plus d'impacts (ou de dommages) que l'autre.

L'analyse d'incertitude a été réalisée sur les scénarios A (envoi direct au recyclage) et B (reconditionnement puis aucun envoi au recyclage). Ces scénarios sont ceux dont la différence entre les scores environnementaux est la moins élevée (à l'exception des résultats de deux catégories de dommages pour les scénarios du TRC. Dans ce cas, la différence étant faible; ces mêmes scénarios sont conservés pour l'analyse d'incertitude).

Les résultats montrent que la probabilité que le reconditionnement (avec fin de vie ultime en enfouissement) génère plus de dommages que l'envoi au recyclage direct est :

- **nulle** pour les TRC (toutes catégories de dommages confondus), pour les ACL (sauf pour la Qualité des écosystèmes où cette probabilité est de **1 %**) et pour les ordinateurs (sauf pour les Ressources où cette probabilité est de **0,1 %**);

L'analyse d'incertitude sur les données d'inventaire conforte donc les conclusions qui ressortent de l'étude, c'est-à-dire, que le reconditionnement est plus bénéfique du point de vue environnemental que le recyclage direct sur toutes les catégories de dommage.

L'ensemble des résultats de l'analyse d'incertitude est présenté à l'Annexe D.

3.2 Résultats du volet social

Cette section couvre les deux dernières phases de l'ACV soit l'évaluation des impacts sociaux du cycle de vie (ÉIsCV) et l'interprétation des résultats. Premièrement, la méthode d'évaluation des impacts et des bénéfices est présentée. Ensuite, les principaux résultats de chaque scénario pour chaque sous-catégorie d'impact sont présentés et discutés.

Rappelons les différentes étapes du cycle de vie de chaque système de produit et les scénarios évalués. Les étapes du système recyclage sont :

Collecte ou récupération – tri/démontage – recyclage

Les étapes du système réemploi sont :

Collecte ou récupération – reconditionnement – utilisation (2ème vie)- collecte et récupération (2ème vie) – tri/démontage (2ème vie) – recyclage (2ème vie)

Comme il s'agit d'une ACV comparative, l'analyse consiste à documenter les différences entre les deux systèmes. Si une étape du cycle de vie est commune aux deux systèmes et ne comporte aucune différence, elle peut être retranchée de l'analyse. L'étape *collecte ou récupération* est commune aux deux filières et ne présente pas de différences du point de vue socio-économique. Cette étape n'était donc pas prise en compte dans la collecte de données. De la même manière, sous l'hypothèse que la fin de vie des ordinateurs est la même dans le système réemploi, c'est-à-dire que les ordinateurs sont recyclés après la deuxième utilisation, l'analyse se résume à évaluer les impacts des étapes du réemploi et de la seconde utilisation, qui constituent les seules différences entre les deux systèmes. En effet, le réemploi a pour effet de retarder la fin de vie du produit et non d'éliminer l'étape du recyclage. L'étape du recyclage fait donc partie intégrante du système réemploi et n'a pas besoin d'être modélisée. Cette situation correspond au **scénario 1**.

Toutefois, comme mentionné à la section 2.3, l'incertitude qui s'est révélée en cours de mandat quant à la fin de vie des ordinateurs empruntant la filière du réemploi militait en faveur de la réalisation d'un **scénario 2** où les ordinateurs ne sont pas envoyés dans la filière recyclage au

terme de leur deuxième utilisation mais plutôt envoyés à l'enfouissement, impliquant de ce fait la nécessité de documenter les impacts de la filière recyclage et de l'étape de l'enfouissement.

Dans ce **scénario 2**, les étapes de chaque système sont les suivantes :

Système recyclage :

Collecte ou récupération – tri/démontage – recyclage

Système réemploi :

Collecte ou récupération – reconditionnement – utilisation (2ème vie) – enfouissement

Les résultats du **scénario 1** sont présentés et discutés à la section 3.2.1 et ceux du **scénario 2** à la section 3.2.2.

3.2.1 Principaux résultats et discussion : scénario 1

Cette section présente les principaux résultats par catégorie de parties prenantes pour chaque sous-catégorie d'impact pour le scénario 1, soit la comparaison entre le système réemploi avec recyclage en fin de vie et système recyclage direct.

Contrairement à la méthode employée pour l'analyse environnementale, les bénéfices et les impacts générés par le réemploi ne sont pas pondérés par le taux de réemploi. En effet, comme une partie importante des indicateurs d'impacts sont de nature qualitative ou semi-quantitative et sont davantage attribuables aux comportements des entreprises qu'à la nature intrinsèque du produit, on ne peut réaliser une comptabilité des impacts au même titre que ce qui est fait au plan des impacts environnementaux. Ainsi, il est considéré que les impacts du système réemploi sont générés par le fait qu'il y a des activités de réemploi qui produisent des ordinateurs réemployables, peu importe le taux de réemploi. Ceci demeure cohérent avec l'affirmation voulant que le réemploi ne fait que retarder l'étape du recyclage. Les ordinateurs qui n'ont pas de potentiel de réemploi et qui sont expédiés au recyclage par les entreprises de réemploi sont simplement recyclés plus rapidement que les ordinateurs réemployés, qui passeront par une seconde vie avant d'être dirigés au recyclage. À terme, le nombre d'ordinateurs recyclés sera le même et les impacts associés à cette étape également. Dans cette première comparaison, l'accent est donc mis principalement sur les impacts et bénéfices générés par le système réemploi. Rappelons enfin que, pour les mêmes raisons liées à la nature des indicateurs, les résultats ne sont pas agrégés par catégorie d'impact.

3.2.1.1 Société

Le Tableau 3-2 présente les résultats du scénario 1 sur la catégorie société.

Tableau 3-2 : Risques sociaux et bénéfices socio-économiques du scénario 1 – catégorie société

Sous-catégorie d'impact	Indicateur	Scénario 1	
		Réemploi avec recyclage	Recyclage direct
Société			
Engagement public sur les enjeux de développement durable	Engagements publics en matière de développement durable	++	++
Respect de la hiérarchie des 3RV	Comportement des acteurs en regard de la hiérarchie des 3RV pour les ordinateurs	●	◆
Contribution au développement économique	Création d'emplois	+++	+
	Investissements en recherche et développement	oui	oui
	Valeur ajoutée créée	+++	+

Engagements publics sur les enjeux de développement durable

Cette sous-catégorie d'impact vise à mesurer les engagements publics des entreprises impliquées dans le cycle de vie du produit relativement à tous les aspects du développement durable (environnemental, social et économique). Ces engagements sont évalués en tant que bénéfices, puisqu'ils traduisent des apports positifs supplémentaires contribuant de façon très forte à l'atteinte des objectifs de la société. Conformément aux Lignes directrices (PNUE, Méthodological Sheet – Society, 2010), cet indicateur s'intéresse aux engagements écrits des organisations plutôt qu'aux actions réellement prises par elles en lien avec ces engagements. De même, l'indicateur ne prend pas en compte l'étendue de l'engagement, c'est-à-dire si cet engagement s'adresse à un seul ou plusieurs des piliers du développement durable (développement économique, développement social ou protection de l'environnement). Les organisations des deux systèmes font preuve d'engagements en matière de développement durable et détiennent des certifications confirmant ces engagements (ISO 14001). Aucune toutefois ne publie formellement de rapport de responsabilité sociale, ce qui explique le score attribué. Il faut toutefois mentionner que le système réemploi comporte des engagements plus étendus en matière de développement durable étant donné son engagement très important dans le développement social et économique. De plus, bien qu'il n'y ait pas de rapport de responsabilité sociale publié, beaucoup d'information est produite et diffusée pour rendre compte des actions prises relatives aux différents engagements. Ceci aurait pu justifier un score supérieur pour la filière du réemploi mais ces éléments sont plutôt pris en compte dans les sous-catégories d'impacts associées à la communauté locale et aux jeunes en insertion ou en formation. Le comptabiliser ici constituerait donc un double comptage.

Respect de la hiérarchie des 3RV

Le score du système réemploi est supérieur à celui du recyclage direct relativement au respect de la hiérarchie des 3RV, soit la réduction, le réemploi, le recyclage et la valorisation. Ceci se

comprend de manière intuitive dès lors que l'on accepte que cette hiérarchie traduit les valeurs de la société dans laquelle l'activité de production prend place. La collecte de données a permis de faire ressortir un risque en matière de transparence et de communication à l'égard du respect de ce principe dans le système recyclage. Il y a un risque qu'une entreprise qui réalise uniquement des activités de recyclage, parce qu'elle n'a pas d'intérêt économique à le faire, n'incite pas ses clients à diriger le matériel réemployable vers la filière du reconditionnement. Ce risque semble renforcé par le fait que la position adoptée par certains recycleurs est à l'effet qu'ils ont pour mission de répondre à la demande de leur client et que si ce client exige la destruction de matériel encore bon, ils répondront à cette demande. Le système recyclage direct se voit donc attribuer la cote *risque moyen*. Ce constat milite d'ailleurs en faveur de l'adoption d'une réglementation forçant le réemploi du matériel puisque ce réemploi n'est pas fait de manière systématique, soit par les utilisateurs, soit par les entreprises de recyclage.

Les risques de non-respect de la hiérarchie des 3RV ne sont pas évalués relativement à la réduction puisque les entreprises impliquées dans la fin de vie du matériel n'ont pas de pouvoir d'action sur la réduction (d'où la cote *risque faible* attribuée au système réemploi). Cela étant dit, certaines entreprises de réemploi posent tout de même des actions en matière de réduction en procédant d'abord à l'évaluation des besoins du client avant de proposer l'acquisition de matériel usagé. La démarche consiste à valider d'abord si le client a réellement besoin d'un nouvel ordinateur ou s'il possède du matériel qui pourrait être réparé ou mis à niveau. Le cas échéant, le client est invité à revenir avec son ordinateur pour une réparation ou une mise à niveau. Si au contraire le besoin d'acquisition d'un nouvel ordinateur est confirmé, un ordinateur est vendu au client.

Contribution au développement économique

La collecte de données n'a pas permis d'obtenir des données suffisamment précises et détaillées pour mesurer avec précision les différents indicateurs de contribution au développement économique, soit les emplois créés, la valeur ajoutée et les investissements en recherche et développement. Il s'agit de données confidentielles que les entreprises ne sont pas disposées à partager puisqu'elles constituent des informations stratégiques. Cet enjeu a d'ailleurs été soulevé comme très important par Jorgensen (2010) qui voit là une des limites à l'opérationnalisation de l'ASCV. Malgré le fait qu'il soit impossible de présenter des résultats quantitatifs pour ces indicateurs, de l'information pertinente a néanmoins été collectée et permet des comparaisons des systèmes sur la base d'ordre de grandeur.

Création d'emplois : le réemploi donne lieu à une création d'emploi supplémentaire au recyclage direct. Les activités de réemploi sont « intensive en travail » c'est-à-dire que les méthodes de production font surtout appel à de la main d'œuvre par opposition à une activité intensive en capital qui fait surtout appel à des équipements et de la technologie. La collecte de données n'a pas permis d'obtenir des données fiables sur le nombre d'heures de travail nécessaire pour traiter 1000 ordinateurs dans la filière du réemploi et dans la filière du recyclage. Toutefois, dans ce premier scénario où les ordinateurs sont dirigés vers le recyclage au terme de leur seconde utilisation, les heures travaillées dans la filière réemploi constituent un bénéfice net en termes de création d'emploi par rapport au scénario recyclage direct. Le score attribué (+++)

traduit cette création d'emploi supplémentaire dans le système réemploi, une activité intensive en travail[5].

Investissement en recherche et développement : les entreprises de recyclage effectuent des investissements en recherche et développement dans l'objectif d'améliorer le rendement de leurs activités, de réduire leurs coûts et de développer de nouveaux débouchés pour les matières recyclées. Ces investissements produisent des bénéfices pour la société car ils permettent de remettre en circulation une plus grande proportion des matières premières récupérées, de mieux valoriser les matières premières et de réduire la consommation d'énergie. Les bénéfices associés à ces activités sont attribués aux deux systèmes puisque, dans le présent scénario, les ordinateurs réemployés aboutissent ultimement au recyclage et que le secteur du réemploi n'effectue pas d'investissements en recherche et développement qui viendraient justifier un score supérieur pour le système réemploi. Par ailleurs, les données collectées auprès des entreprises de recyclage ou des sources de données secondaires (Institut de la statistique du Québec) n'ont pas permis de comparer les investissements en recherche et développement avec la moyenne des autres industries (c.f. Tableau 2-11). C'est pourquoi les investissements en recherche et développement ne sont pas quantifiés mais uniquement qualifiés et qu'un score Oui/Non est attribué au lieu des « + » correspondant à l'échelle semi-quantitative développée initialement.

Création de valeur ajoutée : la valeur ajoutée est mesurée par la différence entre la valeur des ventes (le chiffre d'affaires) et le coût des intrants ou consommations intermédiaires, c'est-à-dire des biens et services consommés par l'entreprise pour réaliser le processus de production (à l'exception des salaires et des investissements en capital productif). Pour mesurer la valeur ajoutée, il faut donc disposer d'informations sur le chiffre d'affaires et sur le coût des intrants intermédiaires des entreprises. Or, il a été impossible d'obtenir des données permettant le calcul de la valeur ajoutée dans les deux filières, essentiellement pour des raisons de confidentialité. En l'absence de ces informations, les prix moyens de vente des ordinateurs reconditionnés et les revenus estimatifs de la vente des constituants de l'ordinateur à la sortie du processus de recyclage ont été utilisés comme approximation, sous l'hypothèse que le coût d'acquisition des ordinateurs dans les deux filières sont équivalents (c'est-à-dire que les coûts de récupération sont équivalents, que les ordinateurs sont donnés par les fournisseurs et qu'un coût de 10 $ par écran est chargé au fournisseur des ordinateurs pour les écrans cathodiques). Comme pour la création d'emploi, le système réemploi donne lieu à une création nette de valeur ajoutée lorsque comparée au recyclage direct.

3.2.1.2 Communautés locales

Le Tableau 3-2 présente les résultats des impacts du scénario 1 sur la catégorie communautés locales. Rappelons qu'une catégorie *jeunes en insertion ou en formation* a été créée et que les impacts sur cette catégorie de parties prenantes (qui constitue en quelque sorte une sous-catégorie de la catégorie communauté locale) sont traités plus loin.

[5] Mentionnons par ailleurs que, d'après l'Institute for Local Self-Reliance, les activités de réemploi génèreraient, pour un même tonnage, 35 fois plus d'emploi que l'enfouissement alors que le recyclage en génèrerait seulement 8 fois plus (http://www.ilsr.org).

Tableau 3-3 : Risques sociaux et bénéfices socio-économiques du scénario 1 – catégorie communautés locales

Sous-catégorie d'impact	Indicateur	Scénario 1	
		Réemploi avec recyclage	Recyclage direct*
Communautés locales			
Engagement dans la communauté	Bénévolat, commandites et autres implications dans des organismes de la communauté	+++	+
	Processus de dialogue/communication avec la communauté	●	●
	Présence d'enjeux de cohabitation (bruits, odeurs, circulation de véhicules, nuisances visuelles, etc.)	●	●
Emploi local	Préférences d'emploi local, emplois à la production, postes de direction	+++	+++
	Préférences d'achat local	Oui	Non
Accès aux ressources matérielles	Accès à des ressources informatiques	Oui	s.o.
Accès aux ressources immatérielles	Accès à des services communautaires	+++	0
	Accès à la citoyenneté	Oui	Non

*S.O. : sans objet. Signifie que l'indicateur ne s'applique pas pour le système.

Le système réemploi génère globalement des impacts bénéfiques supérieurs au système recyclage direct sur la communauté locale pour les sous-catégories engagement dans la communauté, accès aux ressources matérielles et accès aux ressources immatérielles. Aucun des deux systèmes ne semble présenter de risques d'enjeux en matière d'emploi local, de cohabitation ou de dialogue avec la communauté. Rappelons ici que ce résultat est sensible au modèle d'étude retenu qui considère des entreprises qui opèrent selon les « règles de l'art » et dans le respect des normes et réglementations en vigueur. Or, comme mentionné, ce n'est pas nécessairement le cas de toutes les organisations impliquées dans les filières du recyclage et du réemploi au Québec.

Engagement dans la communauté

Le système réemploi génère des impacts positifs en matière d'engagement dans la communauté via son implication dans l'organisation d'activités pour la communauté, dans des organismes communautaires et dans des associations dédiées au développement communautaire (ex. : collectif des entreprises d'insertion du Québec). Le système recyclage participe aussi à certaines activités de nature communautaire, essentiellement à des évènements de collecte de matériel informatique désuet (semaine de l'environnement, collectes gratuites).

Emploi local

Les deux systèmes privilégient l'emploi local tant pour les postes de directions que de production. Les entreprises du système réemploi privilégient en général l'approvisionnement local bien que cette pratique ne soit pas appuyée par une politique formelle d'achat local. De telles pratiques ne sont pas en vigueur dans le système recyclage.

Accès aux ressources matérielles

Un des impacts importants générés par le système réemploi est de fournir des ordinateurs à des personnes ou des organisations qui autrement n'y auraient pas accès ou qui auraient accès à un moins grand nombre d'unités pour un même budget. Les données disponibles ne permettent pas de quantifier cet impact avec précision. Pour ce faire, il faudrait connaître le nombre d'individus ou d'organisations ayant acquis un ordinateur reconditionné qui n'aurait pas acquis d'ordinateur neuf autrement. Cette information n'était pas disponible auprès des intervenants interrogés ni dans la littérature consultée. Toutefois, les intervenants consultés affirment que le réemploi fournit un accès à des ressources informatiques à un certain nombre d'individus et d'organisations qui n'y auraient pas accès autrement.

Accès aux ressources immatérielles

Selon les *lignes directrices*, la sous-catégorie accès aux ressources immatérielles « évalue dans quelle mesure les organisations respectent et travaillent à protéger, à offrir ou à améliorer l'accès aux ressources immatérielles pour les communautés locales. Par ressources immatérielles on entend les services à la communauté, les droits de propriété intellectuelle, la liberté d'expression et l'accès à l'information.

« Les organisations peuvent bâtir des relations avec la communauté et améliorer l'accès aux ressources immatérielles en effectuant la promotion des services communautaires tels que les services de santé, d'éducation et de crédit. Les organisations peuvent également contribuer à l'accès aux ressources immatérielles en partageant de l'information et des connaissances et en favorisant le transfert technologique et de compétences à la communauté. » (…) » (Methodological sheet – Local Community, PNUE 2010, traduction libre).

Le système réemploi a une contribution nette positive en termes d'accès aux ressources immatérielles pour la communauté locale. Le système réemploi favorise l'accès à des ressources informatiques à des personnes en situation de pauvreté ou d'exclusion sociale et offre à la communauté de la formation en informatique (formation sur l'utilisation d'un ordinateur, sur les services en ligne du gouvernement, etc.). L'accès à l'informatique pour ces groupes d'individus favorise l'égalité des chances par la démocratisation de la connaissance et l'accès à la citoyenneté. Il s'agit d'impacts qui s'apprécient de manière qualitative plus que quantitative. De manière plus détaillée l'accès à l'informatique permet de :

- contribuer à la réintégration à la vie active d'individus sans emplois en leur fournissant un outil pour la recherche d'emploi (préparation d'un curriculum vitae, consultation des emplois disponibles, complétion ou expédition de demandes d'emplois par voie électronique).
- contribuer à la participation à la citoyenneté d'individus en situation de pauvreté ou d'exclusion sociale puisque de plus en plus d'information et de services gouvernementaux sont accessibles via Internet et de moins en moins par l'entremise des voies traditionnelles (centres de service, téléphone). Le non-accès à un ordinateur compromet en effet la participation des individus à la vie citoyenne puisque ces

individus ont un moins grand accès à l'information, aux services gouvernementaux et à l'information générale (actualité, connaissances, etc.) et sont moins bien adaptés à l'environnement technologique et culturel de la société dans laquelle ils vivent.

L'activité de réemploi, en donnant accès à des ordinateurs et à de la formation à des individus de la communauté locale, permet l'amélioration de l'accès aux ressources immatérielles pour ces individus.

3.2.1.3 Jeunes en insertion ou en formation

Le modèle d'étude retenu pour la filière réemploi est basé sur un modèle d'entreprise d'insertion sociale en milieu de travail. Par sa nature, ce type d'organisation intervient auprès de jeunes en difficulté d'intégration sociale, scolaire et/ou professionnelle. Étant donné le caractère central de cette catégorie de parties prenantes dans l'activité de réemploi, elle fait l'objet d'une catégorie à part entière, comme prévu aux Lignes directrices. Le Tableau 3-4 présente les résultats pour cette catégorie de parties prenantes.

Tableau 3-4 : Risques sociaux et bénéfices socio-économiques du scénario 1 – catégorie jeunes en insertion ou en formation

Sous-catégorie d'impact	Indicateur	Scénario 1	
		Réemploi avec recyclage	Recyclage Direct*
Jeunes en insertion ou en formation			
Accès aux ressources immatérielles	Accès à de la formation qualifiante	Oui	s.o.
	Accès au marché du travail	Oui	s.o.
Accès aux ressources matérielles	Accès à un salaire	Oui	s.o.

*S.O. : sans objet. Signifie que l'indicateur ne s'applique pas pour le système.

Accès aux ressources immatérielles

Le système réemploi permet l'accès à de la formation qualifiante et à une première expérience de travail rémunéré à des jeunes en difficulté d'intégration au marché du travail, au système d'éducation et/ou à la société. Les jeunes en insertion ou en formation reçoivent une formation reconnue par le ministère de l'Éducation qui vise :

- l'acquisition de compétences techniques et professionnelles
- le développement de compétences personnelles et de la citoyenneté

Ces compétences permettent à ces jeunes d'intégrer ou de réintégrer le marché du travail ou le système scolaire et, pour certains, de s'émanciper d'une situation de dépendance économique. À l'instar des autres indicateurs d'impact visant à évaluer l'accès aux ressources matérielles cet indicateur est de type *mid point* c'est-à-dire qu'il ne représente pas l'impact final sur les parties prenantes mais la voie d'impact, c'est-à-dire le moyen de contribuer à l'amélioration des conditions de vie des parties prenantes.

Accès aux ressources matérielles

Le système réemploi permet à des jeunes d'intégrer ou réintégrer la vie active et de toucher un salaire en échange de leur travail. Les jeunes en insertion sont rémunérés, généralement au salaire minimum, aussi bien pour les heures travaillées que pour les heures en formation.

3.2.1.4 Travailleurs

Le Tableau 3-5 présente les résultats des impacts du scénario 1 sur la catégorie de partie prenante travailleurs.

Tableau 3-5 : Risques sociaux et bénéfices socio-économiques du scénario 1 – catégorie travailleurs

Sous-catégorie d'impact	Indicateur	Scénario 1	
		Réemploi avec recyclage	Recyclage direct
Travailleurs			
Salaires	Salaire moyen des employés à la production	●	●
	Négociation collective ou transparence des conditions salariales	●	●
Heures de travail	Nombre d'heures de la semaine de travail	●	●
	Temps supplémentaire rémunéré	●	●
Égalité des chances	Objectifs en matière d'égalité en emploi	●	●
	Politique de lutte à la discrimination	●	●
Santé et sécurité	Formation en santé et sécurité	●	●
	Nombre d'accidents rapportés à la CSST	●	●
Avantages sociaux et sécurité sociale	Conditions de travail offertes	++	+

Cette catégorie de parties prenantes ne présente pas de risques spécifiques, c'est-à-dire d'enjeu relativement à une des sous-catégories d'impact considérées (*salaires, heures de travail, égalité des chances, santé et sécurité*). Pour l'ensemble des indicateurs de ces sous-catégories, les deux systèmes ne présentent pas de risque significatif, c'est-à-dire que les conditions de travail respectent ou surpassent les normes minimales en vigueur au Québec (salaires, heures de travail, formation en santé et sécurité), que des mesures sont prises au sein des entreprises pour éviter des impacts négatifs potentiels (politique de lutte à la discrimination, objectifs en matière d'égalité en emploi) ou que les résultats témoignent d'une absence ou bonne gestion

des risques (pour l'ensemble des entreprises interrogées, aucun accident de travail devant être rapporté à la CSST n'est survenu au cours de la dernière année).

D'après les informations collectées tant auprès des intervenants que dans la documentation disponible, les entreprises ont des pratiques exemplaires, c'est-à-dire respectueuses des lois et règlements en vigueur.

Avantages sociaux et sécurité sociale

Cette sous-catégorie d'impact évalue les bénéfices générés par chaque système sur la catégorie travailleurs par l'offre de conditions de travail dépassant les conditions minimales auxquelles les entreprises sont tenues par la loi. Les conditions évaluées sont relatives aux jours de congé et de vacances supplémentaires, aux programmes d'assurances-collectives, aux régimes de retraite et aux mesures de conciliation travail-famille.

D'après les données collectées, le système réemploi offrirait des conditions de travail légèrement supérieures au système recyclage. Cet indicateur est toutefois à interpréter avec précaution parce que la nature des emplois dans les deux systèmes est différente (emplois spécialisés de techniciens et de formateurs vs emplois non spécialisés de manœuvres) et que les taux de roulement des employés sont très différents, les emplois peu spécialisés et les conditions de travail parfois pénibles du système recyclage donnant lieu à des taux de roulement de personnel plus élevés.

3.2.1.5 Consommateurs

La catégorie de parties prenantes consommateurs fait ressortir une différence entre les deux scénarios. Le scénario réemploi avec recyclage permet de mettre sur le marché un ordinateur reconditionné, ce qui n'est bien sûr pas le cas de la filière recyclage direct. Cela offre donc au consommateur la possibilité d'un choix pour satisfaire ses besoins en matière d'informatique, le choix entre un appareil neuf et un reconditionné. Cette possibilité de choix même a une valeur en termes de satisfaction du consommateur puisqu'il permet à une catégorie de consommateurs d'effectuer un achat conforme à une éthique personnelle de développement durable du fait de la durée de vie allongée du produit.

Concernant la responsabilité en fin de vie, le système réemploi fournit à ses consommateurs (i.e. les acheteurs d'ordinateurs reconditionnés) de l'information sur la disposition « écologique » en fin de vie des ordinateurs qu'elle leur vend et offre aussi le service de récupération de ce matériel (qui sera alors du matériel non réemployable). À ce titre, il remplit ses obligations en matière de responsabilité en fin de vie dans une perspective de responsabilité élargie des producteurs. Cet indicateur ne s'applique pas au système recyclage qui ne vend pas de produit à un consommateur final, d'où la mention « s.o. ». Les produits issus du recyclage sont exclus des frontières du système (cf. section 2.5).

Le Tableau 3-6 présente les résultats des sous-catégories d'impacts analysées.

Tableau 3-6 : Risques sociaux et bénéfices socio-économiques du scénario 1 – catégorie consommateurs

Sous-catégorie d'impact	Indicateur	Scénario 1	
		Réemploi avec recyclage	Recyclage direct*
Consommateurs			
Mécanismes de rétroaction	Suivi de la satisfaction de la clientèle	●	●
	Garanties sur les produits	●	●
Responsabilité en fin de vie	Information et services relatifs à la disposition en fin de vie du produit	●	s.o.
Achat responsable	Possibilité d'achat conforme à une éthique de développement durable	Oui	s.o.

*S.O. : sans objet. Signifie que l'indicateur ne s'applique pas pour le système.

3.2.1.6 Autres acteurs de la chaîne de valeur

Deux sous-catégories d'impacts étaient considérées pour la partie prenante « autres acteurs de la chaîne de valeur » soit les relations avec les fournisseurs et la promotion de la responsabilité sociale. Pour la première sous-catégorie, aucun des deux systèmes ne semble présenter d'enjeu particulier. Chacun des deux systèmes possède des processus sécuritaires et reconnus permettant d'assurer le respect des données confidentielles et communique avec clarté et transparence avec ses fournisseurs en fournissant des rapports détaillés sur les produits. Toutefois, le système réemploi, ne peut appuyer ses allégations par une certification alors que le système recyclage détient une telle certification (RPE Canada), d'où le score plus élevé pour le système recyclage.

La sous-catégorie promotion de la responsabilité sociale comporte deux indicateurs soit l'existence d'une politique d'approvisionnement responsable et la responsabilité quant à la fin de vie des produits. Dans le premier cas, le système recyclage ne comporte pas de politiques d'approvisionnement responsable à l'égard des autres fournisseurs (i.e. autre que les fournisseurs d'ordinateurs), d'où le score de « 0 ». Le système réemploi adopte des pratiques d'approvisionnement responsable et dispose d'une politique formelle d'approvisionnement responsable. La responsabilité quant à la fin de vie des produits se mesure par le niveau d'engagement d'une organisation à cet égard. Dans ce cas-ci, il s'agit de s'engager à disposer des produits recyclés de manière écologique et socialement responsable, notamment à ne pas exporter à l'étranger ni enfouir de matières dangereuses. Les deux systèmes sont très engagés à cet égard mais le système recyclage obtient un score plus élevé parce qu'il peut appuyer ses allégations par une certification, soit les certifications RPE Canada et E-Steward, certifications qui impliquent que les partenaires en aval sont également certifiés (ou audités).

Tableau 3-7 : Risques sociaux et bénéfices socio-économiques du scénario 1 – catégorie autres acteurs de la chaîne de valeur

Sous-catégorie d'impact	Indicateur	Scénario 1	
		Réemploi avec recyclage	Recyclage direct
Autres acteurs de la chaîne de valeur			
Relations avec les fournisseurs	Respect des données confidentielles	◆	●
Promotion de la responsabilité sociale	Politique d'approvisionnement responsable	++	0
	Responsabilité quant à la fin de vie des produits	++	+++

3.2.1.7 Synthèse

Globalement, les résultats du scénario 1 démontrent des impacts sociaux et économiques supérieurs pour le réemploi pour l'ensemble des parties prenantes. Lorsque comparé au recyclage direct, le réemploi permet un meilleur respect de la hiérarchie des 3RV et génère des bénéfices supplémentaires en termes de retombées économiques, ce qui se traduit par des bénéfices nets pour la société québécoise. De par la nature des entreprises qui la compose, la filière réemploi génère également des retombées positives supérieures sur la communauté locale. Des retombées sur la communauté locale sont aussi associées à la nature du produit, soit les ordinateurs reconditionnés vendus à un prix inférieur aux ordinateurs neufs, qui permettent une amélioration de l'accès à l'informatique à des individus, générant de ce fait des impacts en termes d'accès aux ressources matérielles et immatérielles pour ces derniers. La nature des entreprises de réemploi entraîne des bénéfices pour les jeunes en insertion ou en formation en favorisant l'accès au marché du travail ou la réintégration au système scolaire, en donnant accès à un salaire pendant le parcours d'insertion et, ultimement en favorisant l'intégration à une vie de citoyen pleine et entière. Le réemploi permet également à des consommateurs d'adopter un comportement d'achat conforme à une éthique personnelle de développement durable, c'est-à-dire la possibilité d'acheter en minimisant son empreinte environnementale et en favorisant le développement social. Le seul enjeu associé à la filière réemploi dans ce scénario est relatif à l'absence de certification permettant de garantir la protection des données confidentielles et la disposition écologique des produits en fin de vie. Toutefois, il s'agit là d'un risque et l'absence de certification n'implique pas que des données confidentielles ne sont dans les fait pas adéquatement protégées ni que la disposition des produits est faite de manière non responsable.

3.2.2 Principaux résultats et discussion : scénario 2

Le second scénario consiste à comparer les impacts du système réemploi sans recyclage avec le système de recyclage direct. Dans ce scénario, le matériel réemployé est détourné du recyclage et plutôt envoyé à l'enfouissement.

Comme mentionné, étant donné la nature qualitative ou semi-quantitative des indicateurs, les résultats ne peuvent être comparés d'une sous-catégorie à l'autre et ne peuvent être additionnés, soustraits ou agrégés les uns avec les autres. En conséquence, on ne peut simplement soustraire les impacts sociaux de l'étape du recyclage du système réemploi et additionner les impacts de l'enfouissement pour obtenir un résultat pour le réemploi sans recyclage comme il a été possible de faire dans l'ACV environnementale. En conséquence, l'analyse des résultats fait encore une fois intervenir le jugement d'expert et relève d'une plus grande subjectivité. Par ailleurs, comme mentionné à la section 2.9.1, aucune collecte de données primaire n'a été effectuée pour l'étape de l'enfouissement puisque les différences d'impacts sociaux induits par l'ajout d'ordinateurs supplémentaires dans les LET est supposé négligeable étant donné le faible pourcentage que représentent ces ordinateurs supplémentaires dans le volume total de matière pris en charge par les LET.

3.2.2.1 Résultats par catégorie de parties prenantes

Le Tableau 3-8 présente les résultats du scénario 2 par catégorie de partie prenante. Seuls les catégories de parties prenantes et les sous-catégories d'impacts pour lesquelles les résultats sont modifiés par rapport au scénario 1 sont présentées et commentées. Ainsi, les catégories communautés locales, jeunes en insertion ou en formation, consommateurs et travailleurs ne subissent aucune différence d'impact dans les deux systèmes et n'apparaissent donc pas au tableau. Seules les catégories société et autres acteurs de la chaîne de valeur comportent des sous-catégories d'impacts dont le score est modifié par rapport au premier scénario. Pour faciliter la lecture, les scores ayant subi un changement sont mis en surbrillance dans le tableau.

Tableau 3-8 : Risques sociaux et bénéfices socio-économiques par catégorie de partie prenante – scénario 2

Sous-catégorie d'impact	Indicateur	Scénario 2	
		Réemploi sans recyclage	Recyclage direct
Société			
Respect de la hiérarchie des 3RV	Comportement des acteurs en regard de la hiérarchie des 3RV pour les ordinateurs	◆	◆
Contribution au développement économique	Création d'emplois	++	+
	Investissements en recherche et développement	0	++
	Valeur ajoutée créée	++	+
Autres acteurs de la chaîne de valeur			
Promotion de la responsabilité sociale	Responsabilité quant à la fin de vie des produits	+	+++

La société est la catégorie de parties prenantes pour laquelle les risques et les bénéfices sont le plus modifiés par le détournement du matériel réemployé de la filière recyclage.

Le faible taux de recyclage des ordinateurs par les particuliers et les petites organisations entraîne le **non-respect de la hiérarchie des 3RV** après la seconde utilisation puisqu'une partie du matériel réemployé est expédié à l'enfouissement plutôt qu'au recyclage à la fin de sa deuxième vie. Ceci explique le score de risque moyen attribué au système réemploi dans ce second scénario. Comme on sait, l'enfouissement correspond au dernier échelon de la hiérarchie, soit l'élimination. À ce titre l'enfouissement devrait se voir attribuer un score de risque élevé. Toutefois, étant donné que l'enfouissement succède à une étape de réemploi on ne peut attribuer un score correspondant au dernier niveau de l'échelle d'évaluation. En effet, ce scénario nous oblige à mettre en perspective le cas réemploi/élimination avec le cas recyclage et à établir une hiérarchie entre ces deux cas de figure. La réponse à ce dilemme doit donc venir de la comparaison des impacts environnementaux des deux cas de figure puisque la hiérarchie des 3RV est fondée sur une analyse environnementale. Or, la réalisation de l'ACV environnementale a démontré la supériorité du réemploi sur le recyclage même lorsque le matériel est enfoui à la fin de sa seconde vie utile. Toutefois, ce résultat est uniquement valable sous l'hypothèse que les ordinateurs réemployés remplacent des ordinateurs neufs. Or, cette hypothèse est discutable et nous ne disposons pas de données permettant de connaître la proportion des clients du réemploi qui auraient acheté un ordinateur neuf si des ordinateurs reconditionnés n'avaient pas été disponibles.

Étant donné cette incertitude sur les impacts environnementaux, il devient intéressant de regarder le bilan en termes d'impacts sociaux. Il s'agit ni plus ni moins de mettre en perspective les bénéfices sociaux du réemploi avec les impacts environnementaux de l'enfouissement. Le fait que le matériel soit dirigé à l'enfouissement après la seconde utilisation ne réduit en rien les bénéfices sociaux et économiques des activités de réemploi (création d'emploi et de valeur ajoutée) mais prive la société des impacts sociaux et économiques du recyclage (investissements en recherche et développement, création d'emploi et valeur ajoutée), d'où la modification au score de ces trois sous-catégories pour le système réemploi. L'effet net de ce changement est impossible à calculer à partir des données qu'il a été possible de collecter. On ne peut estimer de combien sont réduits les investissements des recycleurs en recherche et développement du fait de la réduction du volume d'ordinateurs recyclés et il est impossible de faire une comptabilité en valeur absolue des changements dans les impacts en matière de création d'emplois et de valeur ajoutée.

Néanmoins, les impacts sur la communauté locale et sur les jeunes en insertion ou en formation associés au système réemploi demeurent inchangés sous ce scénario et sont clairement supérieurs au système recyclage du fait des stratégies d'entreprises se situant dans la perspective de l'économie sociale. Concernant les travailleurs, les résultats ne sont pas modifiés pour cette catégorie de parties prenantes, c'est-à-dire que le fait d'expédier le matériel informatique à l'enfouissement après la seconde utilisation ne soulève pas d'enjeux particuliers pour les travailleurs des deux systèmes. La catégorie consommateurs n'est pas non plus affectée par ce scénario.

Pour la catégorie de parties prenantes autres acteurs de la chaîne de valeur, le score est modifié pour la sous-catégorie d'impact « promotion de la responsabilité sociale » pour l'indicateur « responsabilité quant à la fin de vie des produits ». Bien que le système réemploi dispose d'engagements en matière de responsabilité en fin de vie face à ses fournisseurs d'ordinateurs, ils ne peuvent garantir à ces fournisseurs que le matériel réemployé aboutira au recyclage et ne peuvent leur fournir de rapport pour ce matériel. Pour cette raison, le score de cette catégorie passe de bénéfice moyen à bénéfice faible. De la même manière, la sous-catégorie promotion de la responsabilité sociale (parties prenantes consommateurs) aurait pu être affectée par ce scénario en comparaison du scénario 1. Toutefois, étant donné que les entreprises de réemploi sont fortement impliquées dans la promotion et l'information sur la fin de vie écologique des ordinateurs et que plusieurs d'entre elles offrent gratuitement de récupérer les ordinateurs en fin de vie même si ces derniers ne sont plus réemployables, le score de cet indicateur demeure inchangé (ce qui explique que cet indicateur ne figure pas au Tableau 3-8). Cette promotion active de la responsabilité sociale vient d'ailleurs relativiser le score attribué à l'indicateur responsabilité quant à la fin de vie du produit car on pourrait défendre le fait que l'acteur (i.e. l'entreprise de réemploi) fait tout en son pouvoir pour favoriser la fin de vie responsable et que la décision ultime du consommateur est hors de son contrôle et que, de ce fait, il ne peut lui être attribué. Enfin, rappelons que sous l'hypothèse qu'un ordinateur réemployé remplace l'achat d'un ordinateur neuf, l'ordinateur neuf ajouté au système recyclage direct connaîtrait la même fin de vie que l'ordinateur réemployé (i.e l'enfouissement) et, à ce titre, les deux systèmes seraient équivalents.

3.2.2.2 Synthèse

Sous le scénario deux, le système réemploi comporte un risque de non-respect de la hiérarchie des 3RV puisque les ordinateurs ne sont pas expédiés au recyclage après la seconde utilisation. Du point de vue de la gouvernance, du fait que le taux de recyclage des ordinateurs des clients

du réemploi est possiblement faible et que leur matériel informatique pourrait, ultimement, se retrouver à l'enfouissement les entreprises de réemploi ne peuvent pas fournir de garanties à leurs fournisseurs d'ordinateurs que le matériel qui leur est confié connaîtra une fin de vie écologique. Toutefois, ce risque est nuancé par le fait que les entreprises de réemploi font une promotion active de la disposition écologique du matériel informatique auprès de leurs clients. En ce qui à trait aux retombées économiques, le réemploi sans recyclage se voit amputé des retombées économiques associées au recyclage mais cette réduction n'est pas suffisante pour inverser les conclusions sur les retombées économiques et sociales supérieures du système réemploi.

3.2.3 Qualité des données, analyses de sensibilité, analyse d'incertitude

Les principaux éléments relatifs à la qualité des données, à leur sensibilité aux frontières du système et à leur incertitude ont été énoncés lorsque pertinent dans les sections précédentes. Nous rappelons ici les principaux éléments.

3.2.3.1 Qualité des données

L'essentiel des données collectées pour documenter et comparer les impacts sociaux des filières du réemploi et du recyclage sont des données primaires, c'est-à-dire obtenues au moyen d'entrevues avec les entreprises actives dans chacune des filières. Cette collecte de données n'est pas exhaustive puisqu'elle a été réalisée auprès d'un échantillon d'entreprises et non de la totalité des entreprises de chaque secteur. La possibilité de généraliser les résultats à l'ensemble des entreprises dépend de la mesure dans laquelle les entreprises interrogées sont représentatives des entreprises de leurs secteurs respectifs. Bien que l'information statistique disponible sur chaque secteur ne permette pas de documenter cette représentativité de manière précise, il semble y avoir un consensus parmi les intervenants qu'il s'agit d'entreprises représentatives.

Mentionnons toutefois que certaines données sont plus sensibles que d'autres à l'entreprise interrogée. C'est le cas d'une majorité d'indicateurs qui ciblent des actions mises en place par l'organisation comme, par exemple, l'engagement dans la communauté, les politiques d'approvisionnement responsable et plusieurs autres. D'autres données sont liées plus directement à la nature du produit et sont donc moins sensibles à l'entreprise interrogée. C'est le cas par exemple des données relatives à la valeur ajoutée créée, aux emplois et à l'accès à des ressources informatiques.

3.2.3.2 Analyse de sensibilité et analyses d'incertitudes

À la différence du volet environnemental, il n'y a pas dans le volet social de modélisation formelle qui permette de calculer un indicateur dont la valeur provient de multiples contributions (comme, par exemple, les gaz à effet de serre provenant de la sommation d'une activité de transport, de plusieurs processus de fabrication, etc.). Il n'est donc pas pertinent, ni possible, d'effectuer une analyse de sensibilité à la variation d'un facteur causal. C'est pourquoi aucune analyse de ce type n'est présentée ici. Il en va de même de l'incertitude des données et de l'utilisation d'une simulation de type Monte Carlo. Pour les mêmes raisons d'absence de modélisation formelle cette approche ne peut s'appliquer pour le volet social de cette étude. La considération de l'incertitude se fait par l'analyse qui est présentée des limites des données du fait du nombre restreint des organismes échantillonnés. Par ailleurs nous voulons préciser qu'il n'a pas été possible d'utiliser une approche méthodologique en terme de triangulation pour la

collecte de données. La nature même des données collectées au sein des organisations faisait que les sources étaient uniques dans chaque institution et qu'il n'était pas envisageable de trouver deux autres sources de natures différentes pour valider l'information par ce moyen.

3.3 Applications et limites de l'ACV

3.3.1 Volet environnemental

Cette ACV vise à comparer les filières de gestion en fin de vie du matériel en vue de démontrer que la mise en application du règlement qui préconise l'approche 3RV permettra une réduction des impacts environnementaux de la fin de vie du matériel. Toutes les conclusions tirées de cette étude hors de son contexte original doivent être évitées.

Ces résultats pourront être utilisés pour :

- Caractériser le profil environnemental et économique des différents produits étudiés, en identifier et en comparer les « points chauds » et les paramètres clés;
- Cibler les forces et les faiblesses de chacune des alternatives et identifier les conditions pour lesquelles une alternative semble préférable à l'autre.

D'un point de vue de la mise en perspective :

- Il n'a pas été possible de comparer les résultats de cette étude avec celle de la littérature puisqu'il n'existe pas d'étude comparable actuellement tant par rapport aux types de systèmes étudiés qu'au contexte géographique.

Les principales limites pouvant cependant être soulevées concernent :

- La validité des hypothèses relatives à la substituabilité des produits neufs. Pour des raisons inhérentes à la méthodologie ACV, il était nécessaire que les systèmes de produits comparés dans cette étude soient fonctionnellement équivalents. C'est-à-dire, que l'équipement reconditionné doit se substituer à un appareil qui procure le même service. En d'autres mots, les acheteurs d'équipements reconditionnés auraient dû se procurer des équipements neufs si le service de reconditionnement n'était pas offert. Cette hypothèse n'est pas nécessairement vraie pour tous les utilisateurs d'équipement reconditionné (par exemple ceux qui n'auraient pas les moyens financiers de se procurer des équipements neufs) et limite donc l'applicabilité des présents résultats à l'ensemble des matériels reconditionnés au Québec. Dans ce contexte, il est préférable de ne pas extrapoler les résultats de cette étude en multipliant les bénéfices environnementaux calculés par ordinateur (ou écran) reconditionné par le nombre total d'ordinateurs (ou d'écrans) reconditionnés au Québec.
- La représentativité du modèle. L'étude a eu recours à des données provenant d'un modèle type d'entreprises de recyclage et de reconditionnement appliquant les règles de l'art de leur industrie et correspondant au modèle d'affaire dominant dans leur secteur respectif. Ainsi, les résultats pourraient ne pas être représentatifs de certaines entreprises qui ne correspondent pas au modèle d'affaire dominant ou qui n'opèrent pas selon les règles de l'art. Aussi, il est important de nuancer les conclusions en disant qu'il serait possible que le recyclage du matériel informatique puisse différer pour certains acteurs du recyclage avec des taux de récupération différents ou certains acteurs du reconditionnement avec des méthodes et des rendements différents. Parce que les pratiques illégales comme

l'enfouissement sauvage et l'exportation des déchets électroniques dans les pays en voie de développement ont été exclues et que les taux de récupération pourraient être plus élevés que la réalité, la représentation des opérations de recyclage est probablement plus optimiste que la réalité. Ce problème de représentativité et de non-prise en considération de certaines pratiques est responsable d'une probable sous-estimation des impacts présentés dans cette étude.

- La complétude et la validité des données d'inventaire. En particulier concernant :
    - l'utilisation de données secondaires provenant de bases de données ACV européennes peut influencer la validité des résultats dans ce contexte nord-américain et québécois;
    - le nombre important d'estimations et d'hypothèses quant à la modélisation de l'enfouissement du matériel informatique et du traitement des déchets ultimes, ou encore certaines sous étapes du recyclage.
- La complétude et la validité de la méthode d'évaluation des impacts utilisée, entre autres parce qu'elle ne couvre pas toutes les substances inventoriées, ni tous les impacts environnementaux associés aux activités humaines. Notamment :
    - Il n'existe pas de modèle d'impact qui prend en compte les impacts à long terme dans les sites d'enfouissement du matériel informatique, en particulier les fuites potentielles dans les eaux souterraines des contaminants comme le plomb, le cadmium, le béryllium, le mercure, etc. La non-prise en compte de ces impacts potentiels peut être interprétée comme une limitation importante à la robustesse des résultats, en particulier pour les scénarios où l'enfouissement est utilisé comme gestion de fin de vie ultime. Il est alors possible de supposer, qu'avec la prise en compte de ces émissions, les impacts du processus d'enfouissement seraient plus élevés. Il est cependant impossible avec les connaissances actuelles d'estimer jusqu'à quel point l'enfouissement deviendrait plus dommageable.
    - Les catégories d'impact « cancer », « non-cancer » et « écotoxicité » ne sont pas des mesures du risque associé aux systèmes évalués. En effet, les différentes émissions sont agrégées dans le temps et l'espace afin de constituer un inventaire dans lequel un seul flux est associé à chacune des substances répertoriées (c.-à-d. la masse totale émise par l'ensemble des processus qui la produisent). Il n'est donc pas possible de connaître le lieu, ni le moment où ont lieu les émissions et donc, d'identifier la quantité à laquelle est exposée une région donnée, l'information sur laquelle repose l'appréciation du risque pour une population donnée.
    - Les modèles d'évaluation des émissions toxiques employés pour caractériser les métaux ont été « adaptés » de modèles développés pour la caractérisation des composés organiques. Ils ne tiennent pas compte de la spéciation des composés, fonction des conditions environnementales spécifiques du lieu d'émission (tous les métaux sont considérés comme 100 % biodisponibles). De ce fait, l'impact potentiel des métaux émis au sol est actuellement surestimé pour les catégories « écotoxicité terrestre/aquatique » et « toxicité humaine cancer/non cancer ».
    - L'interprétation des résultats de la caractérisation ne peut se baser que sur les résultats obtenus, c'est-à-dire sur les substances pour lesquelles il existe, dans la base de données des méthodes, des facteurs de caractérisation qui

convertissent les flux élémentaires inventoriés en unités d'indicateurs d'impact et de dommage. Or plusieurs flux élémentaires n'ont pu être convertis en scores d'impact puisqu'aucun facteur de caractérisation n'était disponible. Ils n'ont donc pas été considérés lors de la phase d'évaluation des impacts potentiels.

- Contrairement à l'analyse de risque environnemental conduite dans un contexte réglementaire et qui utilise une approche conservatrice, l'ACV tente de fournir la meilleure estimation possible (Udo-de-Hae*s et al.*, 2002). En effet, l'ÉICV tente de représenter le cas le plus probable, c.-à-d. que les modèles utilisés, soit les modèles de transport et de devenir des contaminants dans l'environnement et d'effet toxique sur les récepteurs biologiques, ne tentent pas de maximiser l'exposition et le dommage environnemental (approche du pire scénario), mais bien d'en représenter un cas moyen. Ainsi l'ACV ne prend pas en compte les impacts déjà existants, le «bruit de fond» sur lequel viennent s'ajouter ces impacts supplémentaires, et ne fournit pas des résultats de calculs cumulatifs d'impacts mais bien des calculs d'impacts potentiels supplémentaires dus au «produit» étudié. C'est pourquoi les impacts sur la santé présentés ici sont potentiellement une sous-estimation des impacts réels.

Il convient enfin de rappeler que les résultats de l'ACV présentent des impacts environnementaux potentiels et non réels.

3.3.2 Volet social

Les résultats du volet social se prêtent aux mêmes limites que celles mentionnées dans la section précédente sur le volet environnemental auxquelles s'ajoutent celles qui sont spécifiques à la dimension sociale :

- **La représentativité du modèle** : comme mentionné, le modèle n'a pas été basé sur l'ensemble des recycleurs et des reconditionneurs du Québec. Cette limite est particulièrement importante à souligner pour le volet social. En effet, la performance sociale d'un produit est intimement liée au comportement des entreprises qui sont impliquées dans son cycle de vie et il est très délicat de généraliser à un secteur d'activité les résultats obtenus à partir de cas particuliers. Dans la filière du réemploi, il existe une proportion importante d'entreprises à vocation sociale (environ 40 % des entreprises, qui traitent les deux tiers des volumes expédiés au réemploi) qui génèrent des impacts positifs importants pour les communautés locales et la société. Cependant, une partie des activités de réemploi au Québec est réalisée par des entreprises à but lucratif, qui n'ont pas de mission sociale particulière. Toutefois, cette limite s'applique uniquement aux bénéfices associés à l'étape du reconditionnement et spécifiquement liés à la vocation sociale particulière des entreprises et non à ceux de l'étape de l'utilisation. La même limite quant à la représentativité du modèle s'applique à la filière du recyclage. Le modèle prend en compte le recyclage réalisé dans les règles de l'art, conformément aux certifications les plus exigeantes du secteur (RPE Canada, E-Steward, ISO 140XX). Or, comme mentionné précédemment, on sait que la filière comporte également des entreprises qui usent de pratiques susceptibles d'impacts sociaux potentiellement importants : enfouissement de matières dangereuses, exportation vers les pays en voie de développement, manque de

transparence envers les fournisseurs sur la fin de vie des produits, etc[6]. Certaines entreprises actives dans la filière du réemploi sont également susceptibles de telles pratiques. D'autre part, plusieurs entreprises impliquées dans la filière du recyclage (aux étapes de collecte ou de démantèlement) ont une vocation d'insertion sociale ou de formation en milieu de travail comme les CFER par exemple. Ces entreprises n'ont pas été prises en compte dans cette étude parce que le modèle d'étude se trouvait à les exclure. Rappelons que le modèle d'étude retenu pour comparer les deux systèmes a été établi à partir d'un modèle d'entreprise d'insertion sociale en milieu de travail dans la filière réemploi et d'un modèle d'entreprise à but lucratif dans la filière recyclage. Toutefois, cette limite a des implications uniquement pour le scénario 2 et non pour le scénario 1 où l'étape du recyclage est simplement différée dans le temps.

- **La substituabilité des produits neufs** : comme mentionné dans le volet environnemental, l'hypothèse devait être faite qu'un ordinateur réemployé évite la consommation d'un ordinateur neuf pour respecter l'équivalence fonctionnelle. Or, cette hypothèse n'est pas vérifiée dans tous les cas. En effet, le reconditionnement de matériel informatique permet justement de donner l'accès à un ordinateur à des individus ou des organisations qui n'y auraient pas accès autrement. Il s'agit d'un des impacts sociaux majeurs généré par l'activité de réemploi. Cela dit, pour certaines catégories d'utilisateurs, l'achat d'un ordinateur reconditionné remplace sans aucun doute l'achat d'un ordinateur neuf, que ce soit pour des raisons économiques ou pour des motifs éthiques. Comme il n'est pas possible de connaître dans quelle proportion les ordinateurs reconditionnés se substituent à des ordinateurs neufs, aucune extrapolation ou pondération des résultats d'impact ne peut être faite.

- **La nature plus subjective des variables** : les autres limites plus spécifiquement liées au volet social sont reliées à la nature plus subjective de plusieurs variables et à la nécessité de leur donner un score sur la base d'un jugement d'expert plutôt qu'à l'issue d'une mesure à l'aide d'un instrument plus objectif. Ceci est une limite générale de l'outil qui s'ajoute au fait qu'il n'existe pas un grand nombre de références sur lesquelles caler la démarche d'évaluation. Il est important de considérer que l'outil est en phase de développement et de fournir ainsi du matériel avec toute la transparence possible sur les conditions de réalisation afin de contribuer à l'avancement de ce champ.

[6] Les organisations Basel Action Network (www.ban.com) et Institute for Local Self Reliance (www.ilrs.com) diffusent une importante quantité d'information sur le sujet. Voir aussi les articles de Québec Science, de septembre et d'octobre 2007.

4 Conclusions et recommandations

Cette Analyse du Cycle de Vie environnementale et sociale a été réalisée en conformité avec les lignes directrices des normes internationales ISO 14 040 et 14 044 et du PNUE, garantissant que les résultats obtenus sont conformes aux meilleures pratiques disponibles et se basent sur les connaissances scientifiques les plus récentes.

Cette étude montre clairement le net avantage environnemental de la filière reconditionnement par rapport à l'envoi au recyclage direct du matériel usagé d'un parc informatique. Le recyclage permet de récupérer des matériaux qui vont déplacer la production de matériaux vierges. Pour sa part, le reconditionnement permet de prolonger la vie utile des équipements informatiques qui vont décaler dans le temps la production d'équipements informatiques neufs. Puisque les impacts totaux de la production d'équipements neufs sont beaucoup plus élevés que la somme des impacts de la production des ressources vierges qui entrent dans leur fabrication, le gain environnemental du reconditionnement est du même coup beaucoup plus élevé que celui du recyclage, et ce, pour toutes les catégories de dommage. Le point chaud qui ressort de cette étude est donc lié aux crédits associés à l'évitement de la production d'équipements neufs.

Il est à noter qu'aucune source de déplacement d'impact potentiel associée au fait que les équipements aient été reconditionnés ne représente un risque d'inverser les conclusions de cette étude, comme la consommation d'électricité engendrée par la seconde vie du matériel. Même si les équipements reconditionnés sont plus énergivores que du matériel neuf (c'est le cas des ordinateurs et des écrans TRC), l'augmentation des impacts durant l'étape d'utilisation des équipements reconditionnés est négligeable par rapport aux impacts évités de la production des équipements neufs.

En ce qui concerne la fin de vie ultime des équipements reconditionnés, en supposant qu'ils soient tous envoyés à l'enfouissement, les impacts de l'enfouissement (et surtout la perte des crédits pour le recyclage des matériaux) restent aussi négligeables par rapport aux impacts évités de la production des équipements neufs. Il est à noter cependant qu'il n'existe pas, à l'heure actuelle, de modèle d'impact qui prenne en compte les impacts à long terme dans les sites d'enfouissement du matériel informatique, en particulier les fuites potentielles dans les eaux souterraines des contaminants comme le plomb, le cadmium, le béryllium, le mercure, etc. L'absence d'un tel modèle devrait être comblée par le développement de facteurs de caractérisation qui permettraient la prise en compte des impacts à long terme des émissions des sites d'enfouissement. Malgré un manque de connaissances à l'heure actuelle, il est possible d'affirmer que la caractérisation de ces émissions va engendrer une augmentation des impacts de l'enfouissement.

Les différentes analyses de sensibilités et les analyses d'incertitudes confirment la robustesse des résultats obtenus. Les choix méthodologiques quant à la modélisation du recyclage ont une incidence sur les résultats absolus, mais ne modifient que peu les conclusions comparatives. Les nombreuses hypothèses posées, sur les taux de récupération entre autres, ne semblent pas avoir généré de biais susceptible de modifier les conclusions de l'étude.

La méthode ÉICV choisie, IMPACT 2002+, fournit des résultats fiables, validés par l'utilisation en analyse de sensibilité de la méthode ReCiPe (H). Bien que reposant sur des modèles sensiblement différents, les deux méthodes ont montré des tendances analogues et ainsi confirmé la robustesse des conclusions.

À la lumière des résultats obtenus sur le plan environnemental, cette étude confirme que la hiérarchie des 3RV qui est au cœur du projet de règlement sur la récupération et la valorisation des produits par les entreprises par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) est respectée dans le domaine de la gestion en fin de vie des parcs informatiques.

Il est cependant important de garder à l'esprit que le modèle à l'étude repose sur l'hypothèse que l'équipement reconditionné doit substituer un appareil qui procure un service équivalent. Dans cette étude, le service équivalent aurait été comblé par un équipement neuf. Cette hypothèse pourrait ne pas être représentative de l'ensemble du marché de la revente des équipements reconditionnés et elle limite donc l'extrapolation des présents résultats à l'ensemble des équipements reconditionnés au Québec. Il a été montré que si l'on ne donne pas de crédit pour les équipements neufs évités, le reconditionnement engendre plus d'impacts environnementaux que le recyclage pour tous les scénarios à l'étude. Cette comparaison est cependant problématique, car un utilisateur dont le besoin en bureautique ne serait pas comblé pourrait compenser par une multitude d'actions hypothétiques (p. ex., écouter la télévision, se déplacer vers un café Internet, etc.) qui engendreraient aussi des impacts environnementaux. C'est pourquoi il est essentiel que les systèmes comparés avec l'outil ACV soient équivalents en termes de fonctions remplies.

Les résultats de l'analyse environnementale sont renforcés par les résultats de l'analyse sociale, qui confirme les bénéfices sociaux supérieurs du système réemploi en comparaison du recyclage direct. En plus de permettre le respect de la hiérarchie des 3-RV, le système réemploi génère des bénéfices supérieurs au recyclage direct pour la société, pour les communautés locales, les jeunes en insertion ou en formation et en matière de promotion de la responsabilité sociale auprès des autres acteurs de la chaîne de valeur. Les principaux bénéfices attribuables au réemploi ont trait aux retombées économiques supérieures, à l'accès aux ressources matérielles et immatérielles pour les communautés locales et les jeunes en insertion ou en formation, à l'engagement dans la communauté dont font preuve les entreprises de réemploi et à la possibilité qui est donnée aux consommateurs d'adopter des pratiques conformes à une éthique personnelle de développement durable. En contrepartie, la filière réemploi ne fournit pas les mêmes garanties que la filière recyclage en ce qui a trait à la protection des données confidentielles et à la responsabilité en fin de vie (recyclage écologique) puisqu'elle ne détient pas les certifications les plus exigeantes en la matière. Toutefois, il s'agit ici d'un risque et non de la confirmation que des données confidentielles sont mal protégées ou que des produits sont disposés de manière non responsable.

À l'instar de l'analyse environnementale, les résultats en termes de bénéfices ne sont pas inversés par le scénario qui considère le réemploi sans recyclage en comparaison au recyclage direct. Ce scénario conserve l'ensemble des impacts positifs du réemploi, à l'exception des retombées économiques qui sont réduites par rapport au scénario de base du fait qu'il n'y a pas les retombées du recyclage, mais qui demeurent tout de même supérieures pour le système réemploi. Par ailleurs, cette réduction n'a pu être quantifiée avec précision puisqu'il a été impossible d'obtenir les données nécessaires aux calculs pour des raisons de confidentialité. Bien que les bénéfices du réemploi surpassent ceux du recyclage même en l'absence de recyclage après la seconde utilisation, il demeure que la hiérarchie des 3RV n'est pas respectée après la seconde utilisation et que les entreprises de réemploi ne peuvent garantir à ses fournisseurs un recyclage écologique de la totalité du matériel réemployé. Pour pouvoir juger du résultat global de ce scénario, il faut donc regarder du côté des résultats de l'analyse

environnementale puisque la hiérarchie des 3RV est basée sur des considérations environnementales. Or, il ressort que le système réemploi demeure supérieur au système recyclage direct même lorsqu'il y a enfouissement après la seconde utilisation. Ceci tend donc à confirmer la supériorité du système réemploi au plan social et environnemental même sous l'hypothèse que le matériel est enfoui après la seconde utilisation.

Certains impacts sociaux évalués dans l'analyse du cycle de vie sont propres au produit étudié alors que d'autres sont plutôt liés à la nature ou au comportement des entreprises par lesquelles transige le produit. Au Québec, la filière réemploi est composée d'un nombre important d'entreprises à vocation sociale et plusieurs des impacts documentés dans cette étude découlent des activités d'insertion sociale ou de formation en milieu de travail de ces entreprises. Seules quelques sous-catégories d'impact sont directement associées à la nature du produit, soit l'ordinateur reconditionné. On pourrait arguer que le fait d'attribuer aux ordinateurs reconditionnés les impacts sociaux des activités d'insertion et de formation est fortuit et que ces impacts n'appartiennent pas au produit mais aux entreprises et à leur mission sociale. Or, au contraire, l'analyse du cycle de vie vise précisément à prendre en compte l'ensemble des impacts générés par un produit, incluant ceux associés au comportement des entreprises qui sont impliquées aux différentes étapes de son cycle de vie. De ce point de vue, la prise en compte des impacts sociaux de l'insertion sociale et de la formation en milieu de travail et du comportement des entreprises qui témoignent d'un engagement social particulier est en cohérence avec l'esprit de l'analyse sociale du cycle de vie.

L'analyse sociale du cycle de vie réalisée dans cette étude s'est basée sur les Lignes directrices publiées par le PNUE en 2009. Or, l'analyse sociale du cycle de vie est une méthode d'évaluation des impacts sociaux en développement qui a fait l'objet de très peu d'applications concrètes à ce jour. La démarche entreprise ici à l'instigation de Recyc-Québec a eu aussi comme conséquence de contribuer au développement de ce nouveau champ en réalisant une application à un cas concret, celui du réemploi et du recyclage d'ordinateurs.

5 Références

Dreyer L, Hauschild M, Schierbeck J (2006): A Framework for Social Life Cycle Impact Assessment. International Journal of Life Cycle Assessment 11 (2) 88-97

EASTERN RESEARCH GROUP (2008). Electronics waste management in the United States-Approach 1, étude réalisée par Eastern research group pour the Office of solid waste, Lexington, MA, 56 pages En ligne : http://www.epa.gov/osw/conserve/materials/ecycling/docs/app-1.pdf [Page consultée le 25 août 2010].

HISCHIER, R., WAGER, P. et al. (2005). Does WEEE recycling make sense from an environmental perspective? The environmental impacts of the Swiss take-back and recycling systems for waste electrical and electronic equipment (WEEE). Environmental Impact Assessment Review 25(5). p : 525-539.

HUISMAN, J. (2003). The QWERTY/EE concept, Quantifying recyclability and eco-efficiency for end-of-life treatment of consumer electronics producs, Ph. D. Thesis, Delf University of Technology.

HUISMAN, J., MAGALINI, F.et al. (2007). 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment, étude réalisée par United Nations University, Bonn, 377 pages. En ligne : http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/final_rep_unu.pdf [Page consultée le 19 mai 2010].

ISO (2006a). ISO 14040: Management environnemental — Analyse du cycle de vie — Principes et cadre, Organisation internationale de normalisation, 24 p.

ISO (2006b). ISO 14044: Management environnemental — Analyse du cycle de vie — Exigences et lignes directrices, Organisation internationale de normalisation, 56 p.

JOLLIET, O., MARGNI, M., CHARLES, R., HUMBERT, S., PAYET, J., REBITZER, G.et ROSENBAUM, R. (2003). IMPACT 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment Methodology. International Journal of Life Cycle Assessment 8(6) p.324-330.

Jorgensen, A. (2010) Developing the Social Life Cycle Assessment : Adressing issues of validity and usability. PhD Thesis, Feb. 2010, Dept of Management engineering, Technical University of Denmark. , 101 p.

Méthot A (2005): FIDD: A green and socially responsible venture capital fund. Presentation on the Life Cycle Approaches for Green Investment - 26th LCA Swiss Discussion Forum, 2005, Lausanne, Switzerland

RÉSEAU QUÉBÉCOIS DES CFER (2006). Projet pilote CFER-3RV ordinateurs réalisé par le Réseau québécois des CFER er rédigé par le Centre Québécois de développement durable, Saint-Raphael, Québec, 120p. Disponible en ligne : http://www.nrcan.gc.ca/smm-mms/busi-indu/rad-rad/pdf/gui-imp-fra.pdf [Page consultée le 14 juillet 2010].

Spillemaeckers S, Vanhoutte G, Taverniers L, Lavrysen L, van Braeckel D, Mazijn B, Rivera JD (2004): Integrated Product Assessment - The Development of the Label 'Sustainable

Development' for Products Ecological, Social and Economical Aspects of Integrated Product Policy. Belgian Science Policy, Belgium

WEIDEMA, B.P. et SUHR WESNÆS, M. (1996). Data quality management for life cycle inventories - an example of using data quality indicators. Journal of Cleaner Production 4(3-4) p.167-174.

Weidema BP (2005): ISO 14044 also Applies to Social LCA. International Journal of Life Cycle Assessment 10 (6) 381-381

UDO-DE-HAES, H.A., FINNVEDEN, G. et GOEDKOOP, M. (2002). Life-Cycle Impact Assessment: Striving towards Best Practice, Society of Environmental Toxicology & Chemist, 272 p.

Annexe A :
Méthodologie d'analyse du cycle de vie (ACV)

Le contenu de cette annexe est inclus dans le fichier
« Pi112_RptFin_2011-04-06_AnnexeA.pdf »

Annexe B :
Données et hypothèses de l'étude environnementale

Le contenu de cette annexe est inclus dans le fichier
« Pi112_RptFin_2011-04-06_AnnexeB-1.pdf »
« Pi112_RptFin_2011-04-06_AnnexeB-2.pdf »

Le contenu de l'Annexe B-2 est CONFIDENTIEL

Annexe C :
Évaluation de la qualité des données de l'inventaire environnemental

C.1 Critères d'évaluation de la qualité des données

Le Tableau C-1 présente les critères de qualification des données utilisés. Ces critères concernent la fiabilité et la représentativité des données. Il est à noter que cette étude est simplifiée dans l'objectif de ne pas alourdir le processus d'évaluation des impacts du cycle de vie, mais représente une excellente vue d'ensemble du type de données d'inventaire collectées.

Tableau C-1 : Critères de qualification des données (quantités et processus)

Pointages	Critères de qualification de la fiabilité des données (quantités)
1	Données vérifiées mesurées ou calculées sur le terrain - *Cette donnée remplit le critère « fiabilité/précision » requis pour le cas à l'étude*
2	Données vérifiées, en partie issues d'hypothèses ou Données non vérifiées issues de mesures (documents fournis par le mandataire ou littérature) – *cette donnée est jugée suffisamment précise/fiable par l'équipe d'analystes pour le cas à l'étude*
3	Données non vérifiées, en partie issues d'hypothèses ou Estimation de qualité (effectuée par un expert) – *cette donnée est jugée utilisable par l'équipe d'analystes, mais sa fiabilité/précision pourrait être améliorée*
4	Données estimées de façon grossière - *Cette donnée ne remplit pas le critère « fiabilité/précision » requis pour le cas à l'étude*
Pointages	**Critères de qualification de la représentativité des données (processus)**
1	Données de terrain (du cadre à l'étude), de laboratoire - *Cette donnée remplit le critère « représentativité » requis pour le cas à l'étude*
2	Bonne représentativité géographique et/ou technologique du processus sélectionné – *cette donnée est jugée suffisamment représentative par l'équipe d'analystes pour le cas à l'étude*
3	Données relatives au même procédé ou matériau, mais se référant à une technologie différente (ex. : processus représentatif disponible dans la banque *ecoinvent*) – *Cette donnée est jugée utilisable par l'équipe d'analystes, mais sa représentativité pourrait être améliorée*
4	Représentativité géographique et/ou technologique inadéquate. La donnée recherchée n'est pas facilement accessible, utilisation d'un autre processus comme approximation - *Cette donnée ne remplit pas le critère « représentativité » requis pour le cas à l'étude*

C.2 Résultats – analyse de qualité des données

Le Tableau C-3 présente un résumé de l'évaluation de la qualité des données.

La qualité des données « fiabilité » fait référence à la quantification des flux (matière et énergie, distances de transport, quantités de rejets). La qualité des données « représentativité » fait plutôt référence à la validité géographique et technologique et la complétude des modules de données (processus) génériques sélectionnés. Enfin, la contribution potentielle à l'impact réfère à l'influence du processus ou du paramètre évalué sur les résultats (établit sur sa contribution moyenne aux différentes catégories de dommage à l'étude). Pour simplifier la lecture, un code de couleur a été ajouté et est présenté au Tableau C-2.

Tableau C-2 : Critères de contribution et de qualité des données

Contribution		Qualité	
0-5%	Contribution potentiellement faible ou négligeable	1	Remplit le critère pour le cas à l'étude
6-10%	Contribution potentiellement influente	2	Jugée suffisamment représentative
11-50%	Forte contribution potentielle	3	Jugée utilisable, mais pouvant être améliorée
51-100%	Très forte contribution potentielle	4	Ne remplit pas le critère pour le cas à l'étude

Rappelons que de manière générale, une note de « 1 » correspond à une très bonne évaluation, alors qu'une note de « 4 » correspond à une donnée qui devrait être améliorée afin de remplir les différents critères de qualité. Ainsi, les processus pour lesquels la qualité des données est considérée comme étant limitée ou insuffisante sont surlignées en rouge (note « 4 ») et les processus pouvant être améliorés sont en orangé (note « 3 »).

En ce qui a trait à la contribution, une plage de valeurs est présentée. Elle indique la contribution minimale et maximale du processus évalué en fonction des six catégories de dommages et d'impacts considérées (c.-à-d. *Santé humaine, Qualité des écosystèmes, Changement climatique, Ressources, Acidification aquatique* et *Eutrophisation aquatique*). La contribution globale du processus évalué (couleur de la case) a été établie en fonction de sa contribution maximale, tout indicateur confondu.

Tableau C-3 : Contribution des processus et qualité des données

Étape du cycle de vie / Processus	Plage de contributions aux impacts globaux	Qualité	
		Fiabilité (Quantité)	Représentativité (processus)
Collecte			
Transport en camion ordinateur	0,2-2,7%	2	2
Transport en camion TRC	0,5-42,6%	2	2
Transport en camion ACL	0,09-2,6%	2	2
Reconditionnement			
Consommation d'énergie	0-1,7%	1	1
Deuxième utilisation (scénarios avec reconditionnement)			
Transport	0-0,1%	3	2
Énergie consommée	0-18,6%	2	2
Matériel neuf crédité (scénarios avec reconditionnement)			
Production des ordinateurs neufs	61,9-87,7%	2	2
Utilisation des ordinateurs neufs	2,4-12,8%	2	2
Fin de vie des ordinateurs neufs	0,1-6,1%	3	3
Production des ACL neufs	52,6-95,7%	2	2
Utilisation des ACL neufs	1,4-16,1	2	2
Fin de vie des ACL neufs	0,1-6,7%	3	3
Fin de vie (autre que recyclage)			
Enfouissement du matériel	0-1,1%	3	4
Déchets de reconditionnement (recyclage)	0-7,1%	3	3
Recyclage direct (scénarios A)			
Ordinateur	97,3-98,5%	3	3
TRC	57,4-94%	3	3
ACL	97,4-99,1%	3	3
Recyclage après 2è vie, autres scénarios (même étapes mais contribution du processus en lui-même différente)			
Ordinateur	0-13,6%	3	3
TRC	0-7,3%	3	3
ACL	0-13,4%	3	3
Transport		2	2
Premier tri		3	3
Transport (extérieur Qc)		2	2
Tri et démantèlement		3	3
Tubes cathodiques (TRC) (transport inclus)		2	2
Fin de vie des lampes (ACL)		3	3
Fin de vie du verre (ACL)		2	2
Recyclage des plastiques		2	3
Recyclage de l'acier		3	3
Recyclage du fer		3	3
Recyclage de l'aluminium		3	3
Déchiquetage		3	3
Transport de la poudre		2	2
Recyclage des métaux (bobine incluse)		3	2
Traitement déchets ultimes		3	3

Annexe D :
Résultats bruts de l'étude environnementale

Le contenu de cette annexe est inclus dans les fichiers
« Pi112_RptFin_2011-04-06_AnnexeD-1.pdf »
« Pi112_RptFin_2011-04-06_AnnexeD-2.pdf »

Annexe E :
Revue critique

Le contenu de cette annexe est inclus dans les fichiers
« Pi112_RptFin_2011-04-06_AnnexeE-1.pdf »
« Pi112_RptFin_2011-04-06_AnnexeE-2.pdf »
« Pi112_RptFin_2011-04-06_AnnexeE-3.pdf »
« Pi112_RptFin_2011-04-06_AnnexeE-4.pdf »
« Pi112_RptFin_2011-04-06_AnnexeE-5.pdf »

Annexe F :
Description sommaire des filières économiques du recyclage et du réemploi

La comparaison des deux options de gestion de fin de vie des grands parcs informatiques implique deux filières économiques, soit celle du recyclage et celle du reconditionnement pour fin de réemploi. Une brève description de ces filières est présentée ici, avec l'objectif de bien comprendre les différentes options de cheminement des ordinateurs à la fin de leur (première) vie utile et les organisations qui sont impliquées.

Différentes options d'utilisation

Les utilisateurs de grands parcs informatiques peuvent choisir d'acheter ou de louer le matériel informatique dont ils ont besoin. La location peut se faire sous forme de crédit-bail, c'est-à-dire d'un contrat de location à durée déterminée au terme duquel l'utilisateur choisit d'acheter ou de retourner le matériel au fournisseur. Elle peut aussi se faire sous forme d'impartition, c'est-à-dire que l'utilisateur ne loue pas le matériel informatique mais loue plutôt un service complet de gestion de parc informatique, qui inclut la fourniture du matériel en plus des autres services. Dans ce dernier cas, elle cède entièrement la responsabilité du parc informatique à son fournisseur de service et le matériel utilisé appartient à ce fournisseur. Cette première précision est importante pour bien comprendre à qui appartient la décision quant à la fin de vie du parc informatique. Lorsque l'utilisateur (entreprise ou institution) est propriétaire du matériel informatique, il a la responsabilité, et la possibilité, de décider de la fin de vie. Lorsqu'il est locataire sous forme de crédit-bail et qu'il retourne le matériel en fin de vie comme c'est la situation dans 90 % des cas au Québec [7], il n'a pas de pouvoir quant à la fin de vie du matériel et la responsabilité incombe alors au fournisseur du matériel[8]. Enfin, lorsque l'utilisateur choisit l'impartition, il a la possibilité d'inclure des exigences quant à la disposition du matériel qui est fourni dans le cadre du contrat, et a, de ce fait, un plus grand pouvoir sur la gestion de fin de vie du matériel.

La Figure F-1 présente le parcours de fin de vie du matériel informatique provenant des parcs informatiques selon les différentes formes d'utilisation (propriétaire ou locataire) présentées précédemment. À noter que les entreprises de crédit-bail qui récupèrent le matériel en fin de bail peuvent soit gérer ce matériel à l'interne, soit confier cette gestion à une entreprise qui se spécialise dans la gestion d'actifs en fin de vie (*asset management*).

[7] Communications personnelles auprès d'entreprises de crédit-bail.

[8] À noter que le fournisseur du matériel peut être l'entreprise même qui offre le crédit-bail (c'est le cas des manufacturiers de matériel informatique) mais pas nécessairement. Certaines entreprises qui offrent du crédit-bail ne sont pas des manufacturiers d'ordinateurs et font donc affaire avec de multiples manufacturiers. Dans ce cas, le matériel est retourné au manufacturier et c'est ce dernier qui en détermine la gestion de fin de vie (réutilisation ou recyclage).

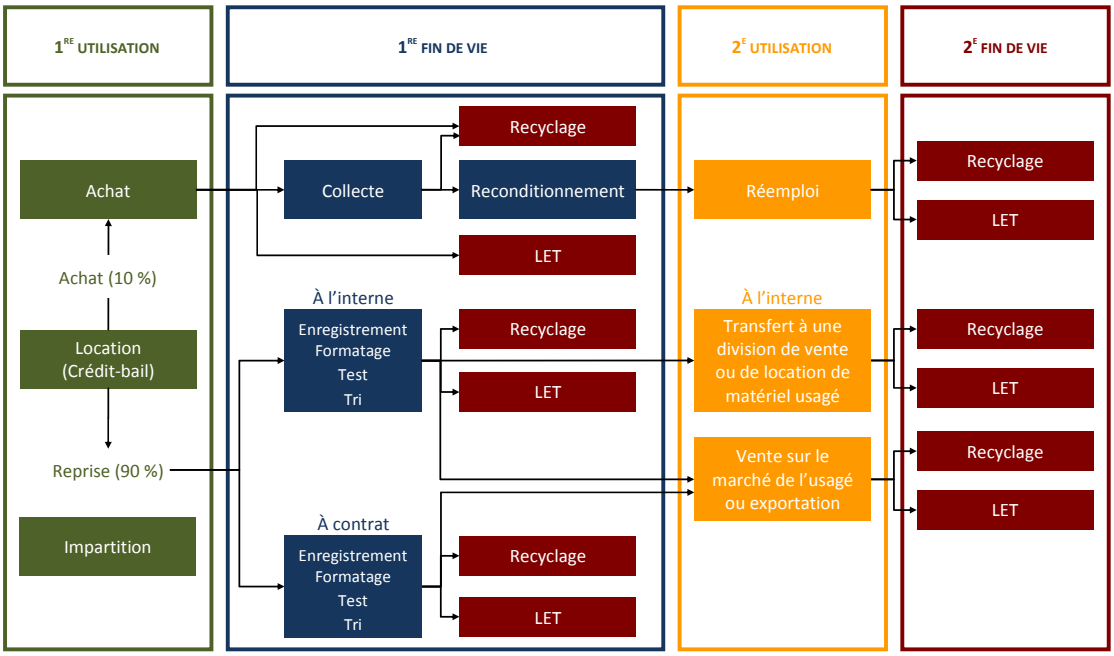


Figure F-1 : Parcours de fin de vie des ordinateurs provenant de parcs informatiques

Les « fournisseurs » de matériel informatique seront donc tantôt les entreprises utilisatrices des parcs informatiques, tantôt les fournisseurs du matériel informatique qui récupèrent le matériel en fin de contrat de location. Cette distinction est importante pour la partie sociale de l'ACV puisque ce volet s'intéresse d'abord et avant tout aux acteurs du cycle de vie. Par ailleurs, mentionnons que les entreprises qui sont propriétaires de leurs parcs informatiques effectuent déjà pour certaines une forme de réemploi à l'interne en « cascadant » le matériel, c'est-à-dire en le faisant passer d'un utilisateur avec des besoins de performance plus élevé vers un utilisateur avec des besoins de performance inférieurs. Cette pratique serait toutefois en diminution puisque les coûts associés (temps de travail des employés pour réparer, adapter, reconfigurer, manipuler le matériel) seraient supérieurs au coût d'acquisition du matériel neuf répondant spécifiquement aux besoins de chaque utilisateur. Mentionnons également que certains fournisseurs de matériel informatique qui récupèrent le matériel en fin de vie font une gestion à l'interne du matériel récupéré et que le matériel qui a encore une valeur d'usage est dirigé soit vers le marché de l'usagé (donc le réemploi), soit vers la division de location de matériel informatique ou de vente de matériel informatique usagé de l'entreprise lorsque de telles divisions existent. C'est le cas notamment de certains manufacturiers d'ordinateurs. **Dans le cadre de cette étude, nous nous intéressons à la fin de vie du matériel informatique lorsque ce dernier quitte l'entreprise (utilisatrice ou locatrice) pour être dirigé vers un recycleur ou une entreprise de réemploi.**

Une diversité d'organisations

Quel que soit le fournisseur du matériel informatique, le matériel empruntera l'une des deux filières de fin de vie au terme de sa première utilisation. Les deux filières comportent chacune une grande diversité d'entreprises et d'organismes assumant les différentes étapes menant à la réutilisation ou à la disposition finale du matériel informatique. Le matériel informatique peut

prendre différents chemins et subir différentes étapes de traitement qui peuvent être réalisées à l'intérieur d'une seule et même organisation ou par plusieurs organisations de nature et de taille très diverses. Par ailleurs, ces deux filières ne sont pas hermétiques, c'est-à-dire que plusieurs des entreprises qui la composent sont impliquées à la fois dans la filière recyclage et dans la filière réemploi. Cet état de fait constitue un enjeu important pour l'analyse du volet social puisqu'il peut être difficile d'attribuer à l'une ou l'autre filière les impacts découlant des activités d'une entreprise active dans les deux filières.

La Figure F-2 présente de manière non exhaustive, les entreprises ou organisations impliquées dans le parcours des ordinateurs en fin de vie dans la filière du recyclage et du reconditionnement d'ordinateurs au Québec.[9] Elle illustre les entreprises impliquées aux différentes étapes de fin de vie. Les étapes vers le réemploi incluent la collecte, le reconditionnement et le réemploi alors que les étapes vers le recyclage incluent la collecte, le tri et le démontage aussi appelé démantèlement ainsi que le recyclage. La zone ombragée de la figure correspond au parcours de fin de vie des ordinateurs des particuliers. Elle est exclue de l'analyse qui s'intéresse aux grands parcs informatiques.

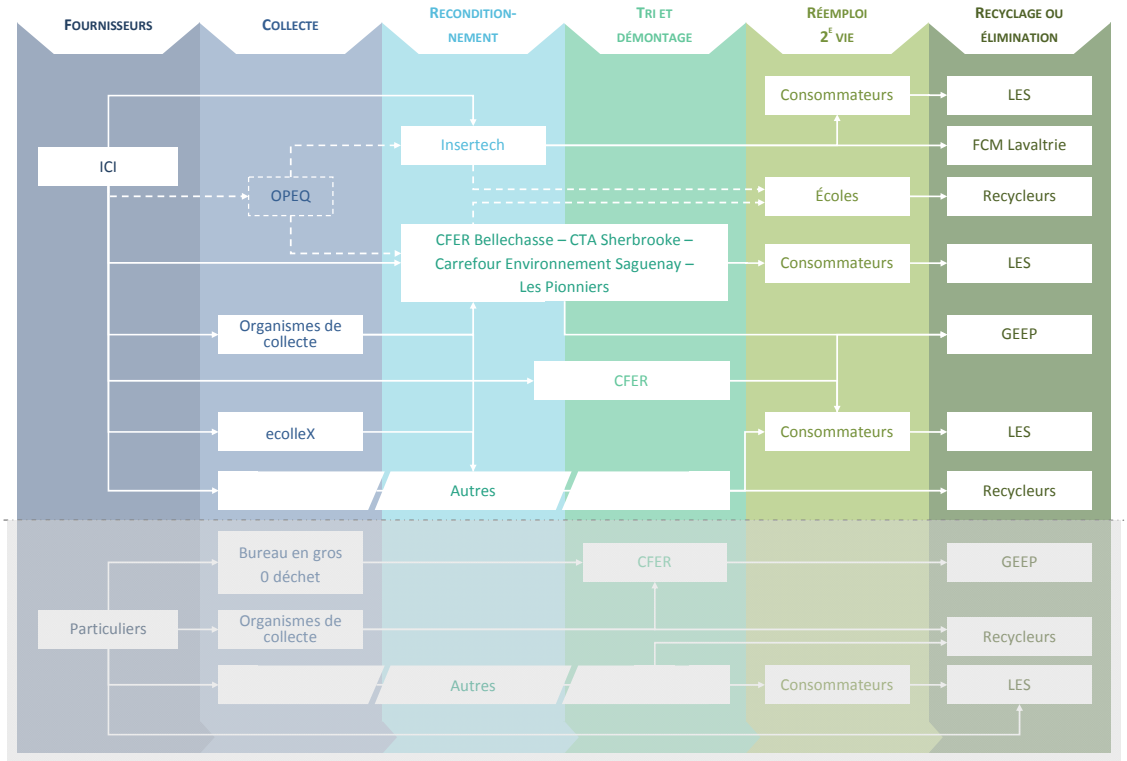


Figure F-2 : Représentation simplifiée des principales entreprises et organisations impliquées dans la gestion de fin de vie du matériel informatique.

Le secteur du reconditionnement pour fin de réemploi de matériel informatique au Québec est caractérisé par la présence d'un nombre important d'entreprises à vocation sociale qui font de

[9] Une description plus détaillée des entreprises auprès de qui a été effectuée la collecte de données et des parties prenantes qui leurs sont associées est présenté à la section 2.9.1.

l'insertion sociale ou qui offrent de la formation en milieu de travail à des jeunes ou moins jeunes ayant connu des difficultés scolaires ou personnelles importantes ou encore à de nouveaux arrivants. Ces entreprises traitent environs les deux tiers du volume d'ordinateurs réemployés[10]. Toutefois, il est important de mentionner que des entreprises privées à but lucratif œuvrent également dans le secteur du réemploi. Parmi ces entreprises, on retrouve des entreprises spécialisées dans la gestion d'actifs en fin de vie qui reprennent, notamment, les parcs informatiques retournés aux entreprises de crédit-bail et dont certains sont également des recycleurs. À l'instar des autres provinces canadiennes, le Québec participe au programme Ordinateur pour les écoles du gouvernement Fédéral. Au Québec, c'est l'organisme Ordinateur pour les écoles du Québec (OPEQ) qui est en charge de la gestion du programme. L'OPEQ récupère les ordinateurs des entreprises et ministères provincial et fédéral. Elle possède deux centres de tri, un à Québec et l'autre à Montréal, qui trient les ordinateurs puis, selon leur état, les redirigent soit vers des ateliers de remise à niveau pour le réemploi soit vers des ateliers de démantèlement pour le recyclage. L'OPEQ compte deux ateliers de remise à niveau et fait aussi affaire avec cinq entreprises partenaires situées dans les régions. Ces entreprises partenaires réalisent des activités de démantèlement et/ou de reconditionnement et sont toutes des entreprises à vocation sociale. Les propriétaires de grands parcs informatiques qui souhaitent destiner leur matériel au réemploi transigent généralement soit avec l'OPEQ, soit directement avec une entreprise de réemploi comme Insertech Angus-Angus, soit avec des entreprises offrant des services de gestion d'actifs en fin de vie.

Les propriétaires de grands parcs informatiques qui destinent leur matériel au recyclage transigent généralement avec des entreprises de gestion d'actifs en fin de vie ou directement avec des recycleurs. Les entreprises actives à l'étape du recyclage sont majoritairement des entreprises privées à but lucratif et ces entreprises réalisent généralement le démantèlement du matériel qu'ils reçoivent. La filière comporte aussi des entreprises à vocation sociale, qui réalisent des activités de collecte ou de démantèlement (tri et démontage) préalable à l'expédition du matériel aux recycleurs finaux. Les entreprises de démantèlement sont essentiellement des CFER situés dans différentes régions du Québec et traitent principalement du matériel désuet n'ayant pas de potentiel de réemploi.

[10] Selon le *Profil des entreprises du secteur du reconditionnement de matériel informatique pour fin de réemploi*, réalisé par le Groupe AGÉCO pour le compte de Recyc-Québec à l'automne 2010.

Annexe G :
Guide d'entrevue et questionnaire détaillé
Collecte de données ACV sociale

Le contenu de cette annexe est inclus dans les fichiers
« Pi112_RptFin_2011-04-06_AnnexeG-1.pdf »
« Pi112_RptFin_2011-04-06_AnnexeG-2.pdf »

Le contenu de cette annexe est CONFIDENTIEL