

Université de Montréal

**L'application de l'analyse de cycle de vie simplifiée à la pratique du design industriel  
pour la conception de produits ou services à moindre impact environnemental**

par

Alexandre Leclerc

Faculté de l'aménagement

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures  
en vue de l'obtention du grade de Maîtrise ès Sciences Appliquées (M.Sc.A.)  
en Aménagement  
option Design & complexité

avril 2004

©, Alexandre Leclerc, 2004



NA

9000

U54

2004

v.010



**Direction des bibliothèques**

**AVIS**

L'auteur a autorisé l'Université de Montréal à reproduire et diffuser, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit et sur quelque support que ce soit, et exclusivement à des fins non lucratives d'enseignement et de recherche, des copies de ce mémoire ou de cette thèse.

L'auteur et les coauteurs le cas échéant conservent la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent ce document. Ni la thèse ou le mémoire, ni des extraits substantiels de ce document, ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans l'autorisation de l'auteur.

Afin de se conformer à la Loi canadienne sur la protection des renseignements personnels, quelques formulaires secondaires, coordonnées ou signatures intégrées au texte ont pu être enlevés de ce document. Bien que cela ait pu affecter la pagination, il n'y a aucun contenu manquant.

**NOTICE**

The author of this thesis or dissertation has granted a nonexclusive license allowing Université de Montréal to reproduce and publish the document, in part or in whole, and in any format, solely for noncommercial educational and research purposes.

The author and co-authors if applicable retain copyright ownership and moral rights in this document. Neither the whole thesis or dissertation, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms, contact information or signatures may have been removed from the document. While this may affect the document page count, it does not represent any loss of content from the document.

Université de Montréal  
Faculté des études supérieures

Ce mémoire intitulé :  
**L'application de l'analyse de cycle de vie simplifiée à la pratique du design industriel  
pour la conception de produits ou services à moindre impact environnemental**

présenté par :  
Alexandre Leclerc

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Sylvain Plouffe

---

président rapporteur

Pierre De Coninck

---

directeur de mémoire

Nadia Boeglin

---

membre du jury



## Dédicace

Ce mémoire est dédié à mes parents pour leurs encouragements inconditionnels.



## Remerciements

Je tiens à remercier sincèrement toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la concrétisation de ce mémoire. Tout d'abord, je remercie Monsieur Pierre De Coninck, mon directeur de maîtrise, pour son écoute, ses idées, ses judicieux conseils, ainsi que pour son temps précieux qu'il a su partager avec beaucoup de générosité. Je remercie également Monsieur Sylvain Plouffe de m'avoir transmis bon nombre de connaissances en écoconception et de m'avoir inspiré par son acharnement pour faire avancer la cause. Mes remerciements s'adressent également à Madame Nadia Boeglin, chef du département écoconception et consommation durable de l'ADEME, pour avoir cordialement accepté de faire partie du jury pour l'évaluation de ce mémoire.

Aussi, je voudrais remercier Monsieur Ali Osmani, président directeur général de AMH Canada Ltée, de m'avoir accueilli au sein de son entreprise lors d'un stage à l'été 2003. Je remercie tout particulièrement Monsieur Rudy Bélanger, responsable du département de recherche & développement, qui est demeuré entièrement disponible tout au long du projet afin de répondre à mes questions. Merci également à tous les employés ayant contribué à la cueillette des données.

Je remercie sincèrement tous les candidats restés anonymes qui ont bien voulu répondre au questionnaire d'écoconception et se soumettre aux entrevues semi-dirigées. Sans vous, cette recherche n'aurait pas été aussi riche d'informations.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance aux organismes qui, par leur aide financière, ont fait en sorte que ce projet de recherche se réalise : la Fondation Québécoise pour le Développement Durable (FAQDD), la Faculté des Études Supérieures (FES) de l'Université de Montréal, ainsi que l'Institut de Design Montréal (IDM).

Enfin, j'aimerais remercier tous ceux que j'ai côtoyés durant cette maîtrise et qui m'ont soutenu inconditionnellement. Je remercie tout particulièrement Maxime pour les convictions que nous partageons depuis plusieurs années, Annie pour la justesse de ses réflexions, ma famille, Claude, Lise et Maude pour leur aide et leur appui et enfin, Valérie, pour tout ce qui se résume à l'amour. Merci de votre amitié!



## Citation

« L'humanité serait depuis longtemps heureuse si tout le génie que les hommes  
mettent à réparer leurs bêtises était employé à ne pas les commettre »  
(G. B. Shaw)

## Résumé

Aujourd'hui, la prise en compte de l'environnement dès la conception de produits est reconnue comme un levier important pour la mise en œuvre du développement durable. Au Québec, l'écoconception est de plus en plus considérée dans la pratique du design industriel. Cependant, sa mise en œuvre rencontre plusieurs obstacles; jusqu'à ce jour, peu de projets concrets ont fait l'objet d'une démarche rigoureuse qui vise la réduction des impacts environnementaux engendrés durant le cycle de vie d'un produit. Les raisons qui expliquent cette résistance sont encore peu connues et les moyens pour y remédier sont mal identifiés.

Les outils d'évaluation d'impacts environnementaux servant à dresser un « éco-profil » quantitatif ou qualitatif d'un produit ou d'un service sont essentiels dans une démarche d'écoconception. Au plan international, l'analyse de cycle de vie (ACV) est assurément l'outil le plus reconnu. Toutefois, les exigences financières, humaines et temporelles freinent son application. Face à ce constat, plusieurs variantes dites simplifiées de l'analyse de cycle de vie apparaissent comme une solution à ce problème. Parmi les outils d'analyse de cycle de vie simplifiée (ACVS), la méthode *Eco-Indicator 99* semble être la mieux adaptée aux designers industriels, car elle a été conçue en fonction de leurs besoins.

Ce projet de recherche contribuera à identifier les liens de cohérence entre la théorie et la pratique dans le domaine de l'écoconception et ce, dans une perspective de développement durable. La première partie du mémoire brosse un tableau des principaux enjeux liés à l'écoconception et à l'ACV afin de comprendre les facteurs pouvant les influencer. La deuxième partie présente trois études de cas réalisées à l'aide de l'outil *Eco-Indicator 99*. La troisième analyse les résultats d'une enquête réalisée auprès de concepteurs québécois afin de connaître leur perception par rapport à la pratique de l'écoconception. Les trois parties tendent à définir l'adoption d'une démarche rigoureuse visant la réduction des impacts environnementaux et ce, dans une perspective de développement durable.

Ce mémoire met en relief la difficulté de l'opérationnalisation de l'ACV dans une démarche d'écoconception. La littérature présente des moyens prometteurs pour la



mise en œuvre, mais évoque également de nombreuses difficultés rencontrées sur le terrain lors de projets pilotes. Ainsi, les trois études de cas réalisées avec de modestes ressources ont démontré qu'il était possible d'accomplir avec succès un projet d'écoconception à l'aide de la méthode *Eco-Indicator 99*. L'enquête sur le terrain révèle également que l'attitude négative des entreprises et le manque de connaissance freinent l'adoption de pratiques d'écoconception et renforcent dans certains cas les préjugés défavorables à l'endroit de l'ACV. La mise en œuvre de l'écoconception implique donc de changer les valeurs, les perceptions et les façons de faire des designers québécois. Quoi qu'il en soit, il apparaît hors de tout doute que l'adoption des pratiques d'écoconception appuyées par l'ACVS est un levier efficace pour concrétiser le développement durable.

---

**Mots clés :** développement durable, environnement, impact environnemental écoconception, écodesign, design pour l'environnement, produit, cycle de vie, service, analyse de cycle de vie (ACV), analyse de cycle de vie simplifiée (ACVS), *Eco-indicator 99*, éco-indicateur, outil d'évaluation environnementale, design industriel, perception.

## ***Abstract***

Nowadays, taking into account the environmental impact of an industrial product as early as at the beginning of its conception is recognized as a key point for what regards the implementation of long term development. Here in Quebec, ecodesign is an approach that is more and more considered in the field of industrial design. However, its implementation faces many pitfalls: so far, only few projects were rigorously implemented in order to reduce the environmental impact caused by a product during its entire life cycle. The reasons behind this resistance are still not well known and ways to improve this situation are yet not clear.

The evaluation tools measuring the environmental impacts used to set up a quantitative or qualitative eco-profile for a product or a service are indispensable in a ecodesign approach. At the international level, the life cycle analysis (LCA) is surely the most renowned tool. However, the financial imperative associated with the time and human constraints slow down its implementation. Facing this reality, several so called "simplified life cycle analysis alternatives" (SLCA) seem to be a solution. Among the simplified life cycle analysis tools, the Eco-Indicator 99 appears to be one of the best adapted method to the needs of industrial designers.

Therefore, the main objective of this research project will be to help identify coherent links between theory and practice in the eco-conception field, and this in a long term development perspective. The first section of this thesis shows a framework of the main challenges at stake when one considers ecodesign and LCA. The second section presents three cases studies in which the Eco-Indicator 99 tool was used. The third section analyses the results of a survey conducted in the province of Quebec where designers were interviewed in order to learn more about their perceptions of ecodesign. All together, those three sections are parts of a reflection towards a rigorous process that will allow the long term reduction of negative environmental impacts.

This master's thesis highlights the difficulties encountered when one tries to implement LCA in real ecodesign cases. Researchers' writings show promising means that could be used for this kind of implementation but also mention the numerous problems encountered in different pilot projects. Therefore, the three cases studies -

conducted with modest resources – proved that it was possible to successfully implement an eco-conception project with the Eco-Indicator 99. The field investigation also demonstrates that companies negative attitude and lack of knowledge slow down the adoption of a strict eco-conception method on the one hand. On the other hand, it also happens to reinforce negative prejudice against the life cycle analysis. The eco-conception implementation therefore implies a change in values, perceptions and production habits of Quebec designers. For now, as a start, the eco-conception methods based on the simplified life cycle analysis appear to be an efficient mean to promote long term development.

---

**Key words:** sustainable development, environment, environmental impact, ecodesign, ecological design, life cycle design, design for environment, product, service, life cycle analysis (LCA), simplified life cycle analysis (SLCA), *Eco-indicator 99*, eco-indicator, environment assessment tools, industrial design, perception.

## Table des matières

Dédicace .....	iii
Remerciements .....	iv
Citation .....	v
Résumé .....	vi
Abstract .....	viii
Liste des tableaux.....	xiii
Liste des figures .....	xv
Liste des annexes .....	xix
Liste des abréviations .....	xx
<b>Partie 1 : Introduction générale .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 L'avènement de l'écologie comme science .....</b>	<b>2</b>
1.1.1 L'origine de l'écologie.....	2
1.1.2 Les courants de pensée écologiques .....	2
1.1.3 Le rapport de l'homme à la nature.....	3
<b>1.2 La crise environnementale .....</b>	<b>4</b>
1.2.1 Diversité, ampleur et complexité des impacts .....	5
1.2.2 Les vagues vertes .....	9
1.2.3 Les événements historiques .....	11
1.2.4 La part de l'industrie .....	14
<b>Partie 2 : L'écoconception .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1 Vers une définition de l'écoconception.....</b>	<b>21</b>
2.1.1 L'évolution terminologique .....	22
2.1.2 La pensée cycle de vie.....	24
2.1.3 L'éco-efficacité .....	26
2.1.4 Le niveau de conception recherché .....	28
2.1.5 Le Système Produit-Service .....	31
<b>2.2 Les dimensions de l'écoconception.....</b>	<b>33</b>
<b>2.3 Les partis intéressés .....</b>	<b>37</b>

<b>2.4</b>	<b>L'importance de l'écoconception</b> .....	<b>40</b>
<b>2.5</b>	<b>Les moteurs de l'écoconception</b> .....	<b>44</b>
2.5.1	Les incitatifs internes .....	45
2.5.2	Les incitatifs externes .....	47
<b>2.6</b>	<b>La démarche traditionnelle en conception</b> .....	<b>50</b>
<b>2.7</b>	<b>Le processus d'écoconception</b> .....	<b>55</b>
<b>2.8</b>	<b>La comparaison entre trois processus d'écoconception</b> .....	<b>57</b>
2.8.1	Les étapes.....	58
2.8.2	Les stratégies.....	61
<b>2.9</b>	<b>Les outils utiles à l'écoconception</b> .....	<b>69</b>
2.9.1	<i>Design + Environment</i> .....	70
2.9.2	<i>How to do EcoDesign?</i> .....	73
2.9.3	<i>Ecodesign : A promising approach to sustainable consumption</i> .....	75
<b>2.10</b>	<b>L'analyse de cycle de vie</b> .....	<b>77</b>
2.10.1	Un bref historique.....	77
2.10.2	Le cycle de vie.....	78
2.10.3	Les quatre phases fondamentales de l'ACV .....	81
2.10.4	La critique de l'ACV .....	84
<b>2.11</b>	<b>L'analyse de cycle de vie simplifiée</b> .....	<b>86</b>
<b>2.12</b>	<b>La méthode <i>Eco-Indicator 99</i></b> .....	<b>89</b>
2.12.1	Les aspects méthodologiques .....	90
2.12.2	Les avantages .....	93
2.12.3	Les désavantages.....	94
<b>Partie 3</b>	<b>: Études de cas</b> .....	<b>96</b>
<b>3.1</b>	<b>ACVS comparative - écrans antibruit</b> .....	<b>96</b>
3.1.1	Description des écrans.....	96
3.1.2	Objectifs et champ de l'étude .....	99
3.1.3	Résultats .....	106
3.1.4	Discussion et recommandations.....	111
<b>3.2</b>	<b>ACVS - poste de débosselage</b> .....	<b>113</b>
3.2.1	Description du projet .....	114

3.2.2	Objectifs et champ de l'étude .....	115
3.2.3	Résultats .....	123
3.2.4	Recommandations .....	130
<b>3.3</b>	<b>ACVS - système d'emballage .....</b>	<b>136</b>
3.3.1	Description du projet .....	137
3.3.2	Résultats et conclusions .....	141
<b>3.4</b>	<b>Discussion et conclusion sur les trois études de cas.....</b>	<b>143</b>
<b>Partie 4 :</b>	<b>Sondages sur le terrain .....</b>	<b>145</b>
<b>4.1</b>	<b>Le questionnaire.....</b>	<b>147</b>
4.1.1	L'échantillonnage des sujets .....	148
4.1.2	La collecte et l'analyse des données.....	149
<b>4.2</b>	<b>Les entrevues semi-directives .....</b>	<b>150</b>
4.2.1	Le contexte et l'échantillonnage des sujets .....	150
4.2.2	La collecte et l'analyse des données.....	152
<b>4.3</b>	<b>Discussion et conclusion sur l'enquête .....</b>	<b>165</b>
<b>Discussion générale .....</b>		<b>170</b>
<b>Conclusion générale .....</b>		<b>181</b>
<b>Bibliographie .....</b>		<b>187</b>
<b>Annexes .....</b>		<b>195</b>

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Points de comparaison entre l'anthropocentrisme et le biocentrisme.....	4
Tableau 2 : Ampleur (temps et espace) des problèmes environnementaux. (Source : MILLET 1995, p.16) .....	7
Tableau 3 : Expressions courantes qui s'apparentent à l'écoconception. (traduction libre) (D'après : LEWIS & GERTSAKIS, 2001, p.18) .....	22
Tableau 4 : Points de comparaison entre le technocentrisme et l'écocentrisme.....	23
Tableau 5 : Les stratégies d'écoconception selon le Design pour l'Environnement (DpE). (traduction libre) (D'après : FIKSEL, 1996, p.94) .....	35
Tableau 6 : Facteurs de réussite et d'échec pour un projet d'écoconception. (D'après : JANIN, 2000, pp. 138-142) .....	43
Tableau 7 : Étapes et stratégies relatives à chacun des processus de conception. (traduction libre) (D'après : LEWIS & GERTSAKIS, 2001; TISCHNER et al., 2000; BREZET & VAN HEMEL, 1997) .....	58
Tableau 8 : Les principales stratégies d'écoconception. (traduction libre) (D'après : LEWIS & GERTSAKIS, 2001; TISCHNER et al., 2000; BREZET & VAN HEMEL, 1997).....	62
Tableau 9 : Matrice des stratégies et des critères d'écoconception selon Tischner et al. (traduction libre) (D'après : TISCHNER et al., 2000, pp.99-101) .....	65
Tableau 10 : Les stratégies d'écoconception selon l'étude de Brezet et van Hemel. (traduction libre) (D'après : BREZET & VAN HEMEL, 1997, p.139) .....	68
Tableau 11 : Outils d'écoconception selon Gertsakis et Lewis. (traduction libre) (D'après : LEWIS & GERTSAKIS, 2001) .....	71
Tableau 12 : Outils d'écoconception selon Tischner et al. (traduction libre) (D'après : TISCHNER et al., 2000) .....	74
Tableau 13 : Outils d'évaluation environnementale selon Brezet et van Hemel. (traduction libre) (D'après : BREZET & VAN HEMEL, 1997).....	75
Tableau 14 : Outils matriciels et phases de l'ACV pour la réalisation d'une ACVS. (traduction libre) (D'après : LEWIS & GERTSAKIS, 2001, pp.52-47) .....	88
Tableau 15 : Avantages et inconvénients de l'ACVS. (traduction libre) (D'après : GRAEDEL, 1998, p.97).....	89
Tableau 16 : Indicateurs et données manquants relatifs aux matériaux et procédés. ....	101

Tableau 17 : Exemples des méthodes de quantification pour les procédés et matériaux – ÉAB et ÉACR.....	106
Tableau 18 : Exemple des méthodes de quantification pour les procédés et matériaux – <i>CompuSpot 150</i> . ....	122
Tableau 19 : Impacts répartis sur les étapes du cycle de vie selon un scénario où certains matériaux sont recyclés et recyclables.....	132
Tableau 20 : Impacts selon un scénario où l'acier des consommables serait recyclé. ....	133
Tableau 21 : Profil des concepteurs contactés pour participer au questionnaire de recrutement.....	149
Tableau 22 : Liste des concepteurs ayant accepté de participer à l'entrevue semi-dirigée. ....	151
Tableau 23 : Profil des candidats retenus pour l'entrevue semi-dirigée.....	152



## Liste des figures

Figure 1 :	Diversité des impacts sur l'environnement générés par les activités humaines. (D'après : MILLET, 1995, p.15) .....	6
Figure 2 :	Les révélateurs de la crise environnementale.....	8
Figure 3 :	Décalage de l'environnement par rapport au mode organisationnel. (© LECLERC, Alexandre) .....	9
Figure 4 :	Les trois approches de l'entreprise par rapport à l'environnement. (D'après : BOEGLIN et al., 1999, p.1) .....	15
Figure 5 :	La zone critique pour l'application de l'ACV en écoconception.....	17
Figure 6 :	Représentation synoptique du mémoire.....	19
Figure 7 :	Nouveau référentiel en conception pour un développement durable. (© LECLERC/DE CONINCK, 2004) .....	20
Figure 8 :	Le concept d'éco-efficacité pour un produit ou service. (D'après : JANIN, 2000, p.41) .....	26
Figure 9 :	Les trois approches fondamentales de l'écoconception selon Tischner et al. (traduction libre) (D'après : TISCHNER et al., 2000) .....	29
Figure 10 :	Les quatre niveaux d'écoconception en fonction d'objectifs d'éco-efficacité. (Source : JANIN, 2000, p.72; NUIJ, 2001, p.50) .....	30
Figure 11 :	Les niveaux de Systèmes Produit-Service (traduction libre) (D'après : GOEDKOOOP et al., 1999 , p.20) .....	32
Figure 12 :	Les dimensions de l'écoconception (D'après : JANIN, 2000, p.34).....	34
Figure 13 :	Les principaux partis intéressés lors d'un projet d'écoconception. (D'après : JANIN, 2000, p.86; BREZET & VAN HEMEL, 1997, p.56; BEHRENDT et al, 1997, p.44) .....	38
Figure 14 :	Les principaux incitatifs internes pour l'écoconception. (D'après : BREZET & VAN HEMEL, 1997, p.25, in JANIN, 2000, p.48) .....	45
Figure 15 :	Courbes des coûts environnementaux selon deux types d'entreprise : suiveuse et proactive (Source : BREZET & VAN HEMEL, 1997, p.32, in JANIN, 2000, p.67) .....	46
Figure 16 :	Les principaux incitatifs externes de l'écoconception. (D'après : BREZET & VAN HEMEL, 1997, p.27, in JANIN, 2000, p.65) .....	48
Figure 17 :	Le processus de conception à travers la gestion de projet en conception industrielle.....	51

Figure 18 :	Restriction du champ de connaissance en fonction du temps. (D'après : BEHRENDT et al., 1997, p.47, in JANIN, 2000, p.107) .....	54
Figure 19 :	Le processus de conception présentant trois boucles selon la variation du degré de liberté d'action en fonction de l'acquisition de connaissances. (traduction libre) (D'après : LUTTROP, 1999, p.3) .....	54
Figure 20 :	Exemple de modèle générique de prise en compte des aspects environnementaux dans le processus de conception et de développement de produit. (D'après : ISO 14 062, 2002, p.17).....	56
Figure 21 :	Les étapes chronologiques du processus d'écoconception selon trois études. (traduction libre) (D'après : LEWIS GERTSAKIS, 2001; TISCHNER et al., 2000; BREZET & VAN HEMEL, 1997).....	59
Figure 22 :	Association des stratégies d'écoconception avec les étapes du cycle de vie. (traduction libre) (D'après : BREZET & VAN HEMEL, 1997, p.143).....	67
Figure 23 :	Classement des outils d'écoconception. (traduction libre) (D'après : LEWIS & GERTSAKIS, 2001, p.59) .....	73
Figure 24 :	Exemple simplifié d'arbre des procédés pour une machine à café. (Source : GOEDKOOOP et al., 2000, p.8) .....	80
Figure 25 :	Entrants et sortants associés au cycle de vie de produits et services. (D'après : ISO 14 062, 2002, p.9) .....	81
Figure 26 :	Les phases de l'ACV (D'après : ISO 14 040, 1997, p.4) .....	82
Figure 27 :	Le continuum de l'ACV et l'ACVS. (traduction libre) (D'après : GRAEDEL, 1998, p.88) .....	86
Figure 28 :	Schématisation simplifiée de la méthode <i>Eco-Indicator 95</i> . (traduction libre) (D'après : GOEDKOOOP & SPRIENSMA, 2000, p.2) .....	90
Figure 29 :	Schématisation simplifiée de la méthode <i>Eco-Indicator 99</i> . (traduction libre) (Sources : GOEDKOOOP et al., 2000, p.15; GOEDKOOOP & SPRIENSMA, 2000, p.8) .....	91
Figure 30 :	Écran antibruit en béton (ÉAB).....	97
Figure 31 :	Écran antibruit en caoutchouc recyclé (ÉACR).....	98
Figure 32 :	Sections d'écran pour l'ÉACR et ÉAB.....	99
Figure 33 :	Unité fonctionnelle et flux de référence – ÉAB vs ÉACR. ....	100
Figure 34 :	Les principaux entrants et sortants pour l'ÉAB. ....	103
Figure 35 :	Les principaux entrants et sortants pour l'ÉACR.....	103
Figure 36 :	L'arbre des procédés pour l'ÉAB.....	104

Figure 37 :	L'arbre des procédés pour le cycle de vie de l'ÉACR. ....	105
Figure 38 :	La démarche d'association des quantités aux indicateurs appropriés – ÉAB et ÉACR.....	106
Figure 39 :	Comparaison des impacts environnementaux de l'ÉAB et de l'ÉACR selon la production de matériaux et la fabrication. ....	107
Figure 40 :	Comparaison des impacts environnementaux de l'ÉAB et de l'ÉACR selon la consommation d'énergie.....	108
Figure 41 :	Comparaison des impacts environnementaux selon les panneaux et colonnes. ....	109
Figure 42 :	Comparaison des impacts environnementaux de l'ÉAB et de l'ÉACR selon la distance à parcourir lors de sa distribution.....	110
Figure 43 :	Comparaison des impacts globaux selon le kilométrage parcouru. ....	111
Figure 44 :	Appareil de débosselage - <i>CompuSpot 150</i> .....	114
Figure 45 :	Marteau d'inertie.....	115
Figure 46 :	L'unité fonctionnelle et le flux de référence – <i>CompuSpot 150</i> . ....	116
Figure 47 :	Principaux entrants et sortants pour le <i>CompuSpot 150</i> . ....	117
Figure 48 :	Arbre des procédés pour le boîtier et les accessoires du <i>CompuSpot 150</i> .....	119
Figure 49 :	Arbre des procédés pour le transformateur du <i>CompuSpot 150</i> .....	120
Figure 50 :	Arbre des procédés pour les emballages du <i>CompuSpot 150</i> . ....	121
Figure 51 :	Arbre des procédés pour les consommables du <i>CompuSpot 150</i> . ....	122
Figure 52 :	Démarche d'association des quantités aux indicateurs appropriés – <i>CompuSpot 150</i> . ....	123
Figure 53 :	Répartition des impacts selon les cinq étapes du cycle de vie. ....	123
Figure 54 :	Répartition des impacts selon les composantes – production de matériaux. ....	124
Figure 55 :	Répartition des impacts selon le type de matériaux - production de matériaux. ....	125
Figure 56 :	Répartition des impacts selon le type de matériaux relié aux composantes – production de matériaux. ....	125
Figure 57 :	Répartition des impacts selon les composantes – fabrication.....	126
Figure 58 :	Répartition des impacts selon le type de matériaux – fabrication. ....	126

Figure 59 :	Répartition des impacts selon le type de matériaux relié aux composantes – fabrication. ....	127
Figure 60 :	Progression de l'impact environnemental selon le nombre de kilomètres parcourus.....	127
Figure 61 :	Répartition des impacts selon l'énergie ou les consommables – usage. ....	128
Figure 62 :	Répartition des impacts pour les consommables – usage. ....	129
Figure 63 :	Répartition des impacts selon l'enfouissement et le recyclage des matériaux – fin de vie. ....	130
Figure 64 :	Répartition des impacts selon les consommables (sans emballage)....	131
Figure 65 :	Répartition des impacts selon les cinq étapes du cycle de vie (sans les consommables).....	133
Figure 66:	Caractéristique de l'emballage : profondeur du boîtier variable et composantes empilables (© Leclerc & Thibault, 2003).....	137
Figure 67 :	Aspect général du produit d'emballage GENERIC - Prix <i>Recognition of innovation</i> – concours <i>EPA's Cradle to Cradle Design Awards : E-Commerce Shipping Packaging and Logistics</i> (© Leclerc & Thibault, 2003).....	138
Figure 68 :	Étiquette servant de reçu et de sceau de garantie (© Leclerc & Thibault, 2003).....	139
Figure 69 :	Cycle de vie selon les étapes d'opération pour la livraison à l'aide du produit d'emballage GENERIC (© Leclerc & Thibault, 2003).....	140
Figure 70 :	Comparaison des impacts pour chaque produit d'emballage. ....	142
Figure 71 :	Exemple de déplacement de pollution. ....	175

## Liste des annexes

Annexe A	Matrice des stratégies et des critères d'écoconception selon Tischner et al. ....	179
Annexe B	Liste des indicateurs pour la méthode <i>Eco-Indicator 99</i> . ....	180
Annexe C	Quantification et association des procédés et matériaux aux indicateurs de ÉAB/ÉACR. ....	181
Annexe D	Quantification et association des procédés et matériaux aux indicateurs - <i>CompuSpot 150</i> . ....	182
Annexe E	Produit d'emballage GENERIC. ....	183
Annexe F	Le calcul des impacts environnementaux pour le produit d'emballage GENERIC. ....	184
Annexe G	Questionnaire d'écoconception. ....	185
Annexe H	Questionnaire d'écoconception : synthèse des résultats. ....	186
Annexe I	Formulaire de consentement éclairé. ....	187
Annexe J	Schéma d'entrevue. ....	188

## Liste des abréviations

ABS	Acrylobutadiène styrène
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AFNOR	Association Française de Normalisation
ACV	Analyse du cycle de vie
ACVS	Analyse du cycle de vie simplifiée
ACID	<i>Association of Canadian Industrial Designers</i>
ADIQ	Association des Designers Industriels du Québec
CMED	Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement
CNRC	Conseil National de Recherche du Canada
CIRAIG	Centre Interuniversitaire de Référence sur l'Analyse, l'Interprétation et la Gestion des cycles de vie des produits, procédés et services
CIRANO	Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations
DCV	Design selon le Cycle de Vie
DpE	Design pour l'Environnement
DfE	<i>Design for Environment</i>
ÉAB	Écran antibruit en béton
ÉACR	Écran antibruit en caoutchouc recyclé
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
EPS	<i>Environmental Priority Strategies in product development</i>
ICSID	<i>International Council of Societies of Industrial Design</i>
IE	Ingénierie Environnementale
ISO	Organisation Internationale de Normalisation
ITS	Indice de transmission du son
LCD	<i>Life Cycle Design</i>
MBDC	<i>McDonough Braungart Design Chemistry</i>
MIPS	<i>Material Input Per unit of Service</i>
mPt	Millipoint
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OGM	Organisme génétiquement modifié
ONG	Organisme non gouvernemental
PME	Petite et moyenne entreprise
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
PdP	Prévention de Pollution

PC	Polycarbonate
PE	Polyéthylène
PP	Polypropylène
RMIT	<i>Royal Melbourne Institute of Technology</i>
SETAC	<i>Society for Environmental technology and chemistry</i>
SPS	Système Produit-Service
TRNEE	Table Ronde National sur l'Environnement et l'Économie
UNEP	<i>United Nation Environmental Program</i>
WBCSD	<i>World Business Council for Sustainable Development</i>

## Partie 1 : Introduction générale

Au cours des dernières années, l'intégration de l'aspect environnemental aux différentes disciplines a indéniablement modifié leurs fondements et fait apparaître de nouveaux enjeux. Dans le domaine de la conception de produits et services, cette réalité s'est traduite par la naissance de l'écoconception. Ainsi, le designer industriel doit maintenant prendre en compte les critères environnementaux en sus des critères technologiques, économiques et sociaux.

En réponse à cette réalité, un nombre croissant de projets et de programmes de recherche impliquant des entreprises et des universités ont été mis sur pied dans plusieurs pays dont l'Allemagne, le Royaume-Uni, les pays Nordiques, les Pays-Bas, les États-Unis et l'Australie, afin de mieux comprendre les enjeux de l'écoconception et d'élaborer un certain nombre d'outils pour évaluer et améliorer les produits et services au niveau environnemental (JANIN, 2000). Au Québec, ce genre d'initiative tarde pourtant à s'implanter et la majorité des entreprises n'ont toujours pas emboîté le pas.

Parmi les outils d'évaluation et d'amélioration environnementales pouvant venir en aide aux concepteurs, l'analyse de cycle de vie (ACV) est le plus reconnu actuellement et demeure assurément un des plus prometteurs. Même si l'ACV s'avère fort utile pour dresser un profil écologique d'un produit ou d'un service, certaines contraintes vont à l'encontre des exigences des concepteurs. Par exemple, les délais et les coûts élevés découragent les concepteurs à utiliser l'ACV. Or, plusieurs variantes dites simplifiées de l'ACV apparaissent aujourd'hui comme une solution à ces problèmes. Parmi les outils d'analyse de cycle de vie simplifiée (ACVS), la méthode *Eco-Indicator 99* a été conçue spécifiquement pour les concepteurs et semble très prometteuse afin que ces derniers adoptent des pratiques plus respectueuses de l'environnement.

Mais avant d'aller plus loin, il convient de faire la lumière sur les origines de la crise environnementale ainsi que sur l'évolution de l'approche du milieu industriel menant au nouveau paradigme de l'écoconception.



## 1.1 L'avènement de l'écologie comme science

Depuis fort longtemps, l'être humain s'intéresse au milieu naturel et aux relations qu'il entretient avec le milieu dans lequel il subsiste. Sa curiosité innée l'a conduit à observer la nature afin de définir et caractériser son environnement. Par exemple, Aristote, Théophraste ou Pline, souvent présentés comme les précurseurs de l'écologie moderne, se sont interrogés sur les rapports qu'entretiennent les êtres vivants avec leur milieu, en considérant le rôle spécifique qu'occupe l'être humain dans les équilibres naturels (DELEAGE, 1992). Ces enquêtes se sont avérées un héritage précieux pour l'écologie en tant que discipline scientifique.

### 1.1.1 L'origine de l'écologie

Les origines de l'écologie en tant que « science » sont sujettes à discussion. Certains historiens considèrent qu'elle a été fondée sur la notion d'économie de la nature proposée par Linné au XVIII<sup>e</sup> siècle, tandis que d'autres n'hésitent pas à faire des liens directs avec ce qu'Aristote avait déjà décrit comme les ingrédients d'une impressionnante science de la biologie des populations (DELEAGE, 1992). Cependant, la majorité convient qu'un grand virage idéologique a eu lieu à la suite des travaux de Charles Darwin au XIX<sup>e</sup> siècle, tout particulièrement au moment où il publie en 1859 son œuvre majeure intitulée De l'origine des espèces par voie de sélection naturelle. À cette époque, les croyances religieuses qui dictaient le sens donné à la vie humaine s'effondrent peu à peu, faisant apparaître le monde différemment aux yeux des gens. Ce changement de perspective a fait émerger de nouvelles pistes de recherche sur les êtres vivants (LECOURT, 1993). Par conséquent, la raison scientifique a pris le dessus sur les croyances religieuses et une nouvelle discipline apparaît : l'écologie.

### 1.1.2 Les courants de pensée écologiques

Au XX<sup>e</sup> siècle se distinguent deux principaux courants de pensée dans le domaine de l'écologie. Jusqu'aux années 1960, le fonctionnement de la nature était perçu et basé sur les principes de la balance écologique et de l'homéostasie. L'homéostasie se traduit par un cycle de production-consommation-décomposition du capital vivant qui est soumis à des règles biogéochimiques s'autorégulant (MILLET, 1995). Les activités résultant des interrelations entre ces trois groupes constituent le véritable moteur autoentretenu de l'ensemble des cycles de la planète (DE ROSNAY, 1975).

Depuis les années 1970, la « nouvelle écologie » rejette l'idée que la nature soit en état d'équilibre et estime plutôt que les systèmes naturels sont constamment en déséquilibre. Étroitement lié aux théories du chaos et de la complexité, ce courant de pensée constitue une véritable révolution dans le domaine de l'écologie. Les systèmes naturels sont alors perçus comme imprévisibles, dynamiques et s'adaptant systématiquement aux situations nouvelles (MADGE, 1997). Toutefois, pour ces deux courants de pensée, la présence de l'être humain dans les systèmes naturels est un facteur majeur pour le maintien d'un équilibre, ou d'un déséquilibre selon le cas, des cycles naturels.

### **1.1.3 Le rapport de l'homme à la nature**

Du fait de l'accroissement démographique et de l'accélération du progrès technique, les écologistes se sont progressivement intéressés à la totalité de la biosphère plutôt qu'à l'étude d'écosystèmes pris isolément. Millet (1995) rapporte les propos de Poucet : « l'emprise de l'homme sur la nature a conduit l'écologie à s'intéresser plus à l'homme et à sa place sur la Terre ainsi qu'à ses pratiques de développement économique-social. » De manière générale, les chercheurs ont identifié deux visions que l'être humain adopte vis-à-vis l'environnement : anthropocentrique et biocentrique.

La vision anthropocentrique est la plus ancienne; au XX<sup>e</sup> siècle, Descartes affirmait que l'être humain devait se rendre maître et possesseur de la nature (MILLET, 1995). Les théologiens n'ont guère eu de difficulté à trouver dans les textes sacrés la justification de cette domination humaine sur le monde animal (DELEAGE, 1992). Cette idée de supériorité de l'homme semble avoir résisté au temps, puisque encore aujourd'hui, la culture occidentale véhicule toujours l'idée de contrôle sur la nature, considérant celle-ci comme une ressource illimitée reléguée à un rôle périphérique et subalterne. Bien que cette vision n'aille pas nécessairement à l'encontre des principes écologiques, elle peut, dans une certaine mesure, conduire à la surexploitation des ressources naturelles et menacer la survie de l'espèce humaine. En effet, selon cette vision, la protection de la nature ne s'effectue pas dans un but de conservation mais de réponse aux besoins de l'être humain. La satisfaction de ses besoins est le principe moteur du développement économique et technologique

effréné, de l'urbanisation sauvage, de la société de consommation, et d'autres activités qui portent atteinte à l'intégrité des écosystèmes (BOIRAL, 1996).

La vision biocentrique propose un repositionnement de l'être humain vis-à-vis les milieux naturels, car c'est de la nature que dépend le devenir de l'humanité. Tous les êtres vivants, y compris les êtres humains, ont la même valeur intrinsèque et les mêmes droits. Ainsi, aucun d'entre eux n'est autorisé à modifier ou nuire à l'autorégulation des écosystèmes. Cependant, compte tenu du contexte industriel actuel où règne la libre compétition, cette vision tarde toujours à être intégrée dans les projets de développement. Les ressources naturelles permettent de répondre aux besoins primaires des individus, mais leur utilisation doit s'opérationnaliser avec comme souci le maintien de l'intégrité écologique et de l'exploitation durable des ressources. Notons que, durant les années 1970, ce principe a fortement influencé certains courants environnementalistes considérés radicaux comme, par exemple, l'écologie profonde (*deep ecology*). Ce mouvement plutôt marginal se base sur des principes d'égalité et de symbiose entre les êtres vivants.

Le Tableau 1 résume ces deux courants de pensée en comparant les principales caractéristiques de la relation de l'être humain vis-à-vis l'environnement.

Tableau 1 : Points de comparaison entre l'anthropocentrisme et le biocentrisme.

Anthropocentrisme	Biocentrisme
1. Humain > Nature Hiérarchisation verticale	1. Humain = Nature Hiérarchisation horizontale
2. La nature dépend de l'humain	2. L'humain dépend de la nature
3. Besoins en général	3. Besoins primaires
4. Surexploitation des ressources	4. Exploitation durable des ressources

## 1.2 La crise environnementale

La naissance de l'écologie s'avère donc le premier révélateur de la crise environnementale qu'a connue la fin du XX<sup>e</sup> siècle. Millet définit cette crise comme « l'incapacité de notre société à trouver les moyens de s'organiser afin de ramener les conséquences des activités humaines sur l'environnement dans des proportions acceptables » (MILLET, 1995, p.20). Ainsi, la science de l'écologie a permis de mettre

en lumière des causes et des conséquences de la dégradation de notre environnement.

L'ère industrielle constitue un point de rupture historique à partir duquel la dégradation des milieux naturels s'est avérée très inquiétante. À cette époque, le progrès technoscientifique était considéré comme une garantie de mieux-être. Malheureusement, il a démultiplié l'emprise de l'humain sur la nature, car les entreprises manufacturières n'accordaient guère d'importance aux risques écologiques encourus par la consommation des ressources à outrance et la pollution engendrée par les activités industrielles. Avant cette époque, les impacts environnementaux occasionnés par l'activité humaine étaient généralement locaux et temporaires. Aujourd'hui, ils sont globaux et entraînent davantage de séquelles à long terme, voire même irréversibles (MILLET, 1995). L'importance de ces perturbations écologiques est analysée selon trois critères :

1. la diversité des impacts;
2. l'ampleur des problèmes;
3. la complexité de la situation.

### **1.2.1 Diversité, ampleur et complexité des impacts**

La diversité des impacts se caractérise par l'épuisement des ressources naturelles ainsi que par l'émission des divers types de pollutions dues au mauvais rendement des technologies d'exploitation (voir Figure 1). En tenant compte des prévisions démographiques<sup>1</sup>, les activités humaines vont provoquer de graves perturbations dans le fonctionnement des écosystèmes en place si aucune mesure préventive n'est intégrée (NATIONS UNIES, 1988). Ces mesures doivent tendre vers une optimisation des ressources et des procédés de transformation afin de limiter les ponctions et les rejets dans le milieu naturel.

---

<sup>1</sup> L'Organisation des Nations Unies estime la population de la planète entre 8 et 14 milliards d'habitants pour le XXI<sup>e</sup> siècle (NATIONS UNIES, 1988).

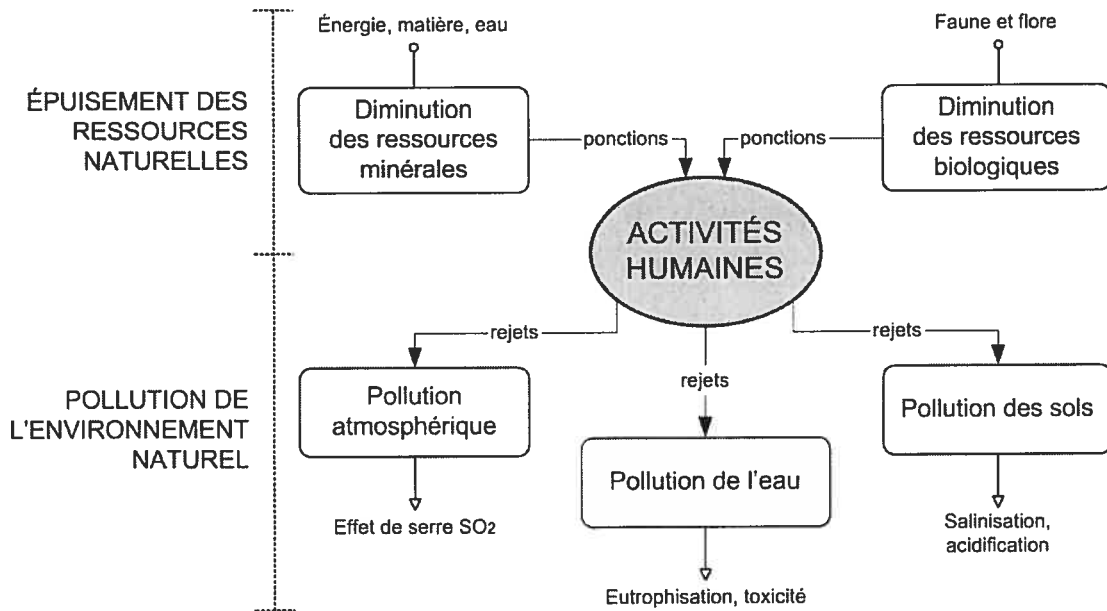


Figure 1 : Diversité des impacts sur l'environnement générés par les activités humaines.  
(D'après : MILLET, 1995, p.15)

Les impacts environnementaux dépendent également des échelles spatiales et temporelles. En effet, les conséquences négatives peuvent être limitées à une région donnée et selon une période déterminée (voir Tableau 2). Par exemple, les pluies acides sont transportées librement par les courants atmosphériques au-delà des frontières séparant les provinces ou les pays et leurs effets sont observés sur une période prolongée. Il est difficile d'imputer la responsabilité de ces impacts, car les effets pourront être ressentis selon un certain « décalage » dans le temps et dans l'espace.

Tableau 2 : Ampleur (temps et espace) des problèmes environnementaux.  
(Source : MILLET 1995, p.16)

		Temporelle		
		Très court terme	Moyen terme	Long terme
Spaciale	Niveau international (global)	- Accident nucléaire - Déversement de pétrole - Algues vertes	- Pollution transfrontière - Transport de déchets dangereux	- Modification des climats - Pollution des océans - Déforestation massive - Pluies acides
	Niveau national	- Intoxication massive par des produits toxiques - Encombrement généralisé	- Gestion des parcs nationaux - Contrôles des produits	- Déchets nucléaires - Aménagement du territoire
	Niveau régional	- Accident chimique - Pollution des eaux - Invasion des espèces	- Approvisionnement en eau - Gestion des espèces	- Protection des sols et des nappes - Déchets industriels - Érosion
	Niveau local	- Risque de voisinage - Bruit	- Déchets ménagers - Dépollution de l'air et de l'eau - Aménagement urbain	- Conservation des sites et des paysages - Technologies propres

Les problèmes environnementaux se caractérisent quant à eux par leur degré de complexité. Cette complexité résulte des multiples interactions qui existent entre les quatre compartiments de la planète (hydrosphère, atmosphère, lithosphère et biosphère). À cette difficulté d'analyse s'ajoute une difficulté d'observation due au fait que certaines pollutions peuvent être minuscules et diffuses (MILLET, 1995). Il est alors difficile d'isoler une source de pollution et d'y associer un ou plusieurs impacts sur l'environnement (ex. : effet de serre, acidification des cours d'eau). Cette troisième caractéristique renforce l'idée que les questions environnementales doivent aujourd'hui être abordées de manière systémique et holistique.

Les accidents technologiques majeurs<sup>2</sup> amplement médiatisés constituent également un des révélateurs de la crise environnementale (CARSON, 1962). Ces grandes catastrophes rendues publiques depuis la fin des années 1970 ont fait poindre les premières contestations publiques<sup>3</sup>. Certains scientifiques et les médias ont joué un rôle de vulgarisateur et ont contribué considérablement à cette prise de conscience collective. En exhibant les échecs des industries modernes et les risques

<sup>2</sup> Minamata (1959) - 549 morts par le méthyle de mercure; Torrey-Canyon (1967) - déversement de pétrole; Seveso (1976) - Dioxine d'une usine chimique; Amoco Cadiz (1978) - déversement de pétrole; Three Miles Island (1979) - Accident d'un réacteur nucléaire; Bhopal (1984) - 2800 morts en Inde; Tchernobyl (1986) : Accident d'un réacteur nucléaire avec 32 morts; Sandoz (1986) : pesticides.

<sup>3</sup> Pour plus d'informations, le lecteur intéressé se rapportera au livre fondateur : La civilisation du risque : catastrophes technologiques et responsabilité sociale. (LAGADEC, 1981).

potentiels qui planent au dessus des gens, ils ont semé le doute et la peur auprès du public à la vue des conséquences dévastatrices sur l'environnement et sur la santé humaine. Par la suite, le grand public élargit sa prise de conscience à d'autres problèmes environnementaux plus abstraits tels que l'effet de serre, la diminution de la couche d'ozone et la pollution atmosphérique. Les gens comprennent alors que des problèmes non visibles, généralement moins connus, ont également des répercussions sur leur qualité de vie. En guise d'aide-mémoire, la Figure 2 illustre les trois révélateurs de la crise environnementale.

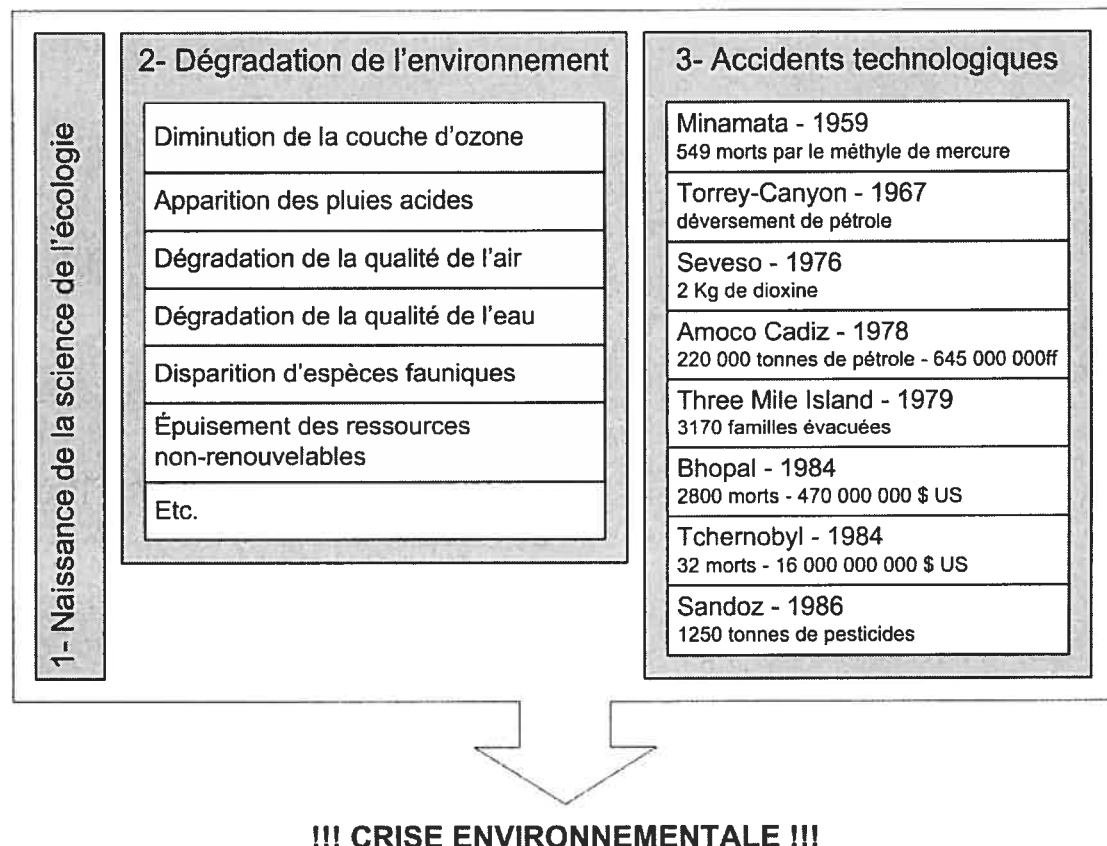


Figure 2 : Les révélateurs de la crise environnementale.

Selon Millet (1995) et Jurdant (1984), la proportion démesurée des impacts environnementaux qui se sont révélés à la fin du XX<sup>e</sup> siècle se traduit par une désynchronisation entre la nature et l'activité humaine, c'est-à-dire une autorégulation naturelle perturbée par l'homme. Ce processus s'est enclenché au moment où la nature a été subordonnée à l'être l'humain, et s'est généralisé dans la culture occidentale pour laquelle la notion de progrès est devenue synonyme de qualité de vie. Les rouages établis entre les individus, l'industrie et les gouvernements

afin de répondre aux besoins grandissants des êtres humains exercent une forte pression négative sur l'environnement (ex. : ponctions de ressources, rejets toxiques). Un décalage important se manifeste rapidement entre les modes d'organisation sociale modernes et la capacité d'adaptation des milieux naturels. La nécessité de réduire les pressions environnementales apparaît clairement importante afin de rétablir le synchronisme essentiel à la planète. La Figure 3 illustre la subordination de l'environnement à cette structure sociale définie par les pôles politique, technologique et social.

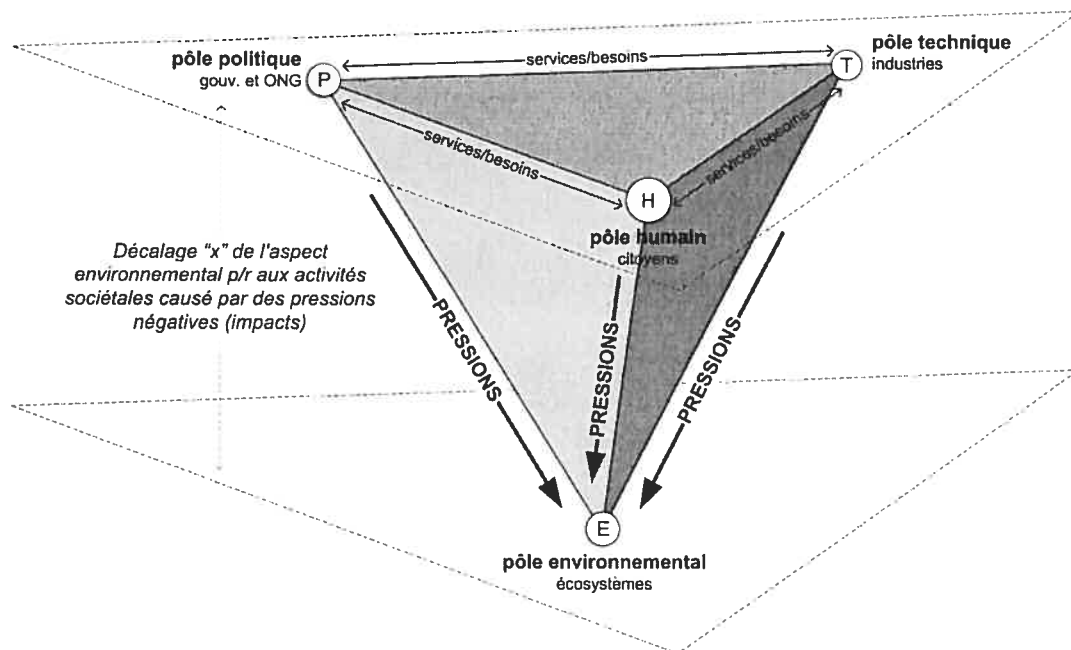


Figure 3 : Décalage de l'environnement par rapport au mode organisationnel.  
(© LECLERC, Alexandre)

### 1.2.2 Les vagues vertes

En réponse à la situation alarmante et à la prise de conscience collective des enjeux environnementaux, deux vagues écologiques émergent. La première qui fit surface dans les années 1960 et 1970 revendiquait une remise en cause radicale de la société de consommation, de l'État et du capitalisme. Le discours écologiste critiquait et contestait le système économique. Ce mouvement était représenté par de petits groupes écologiques partageant une vision utopique de la société où l'être humain est en parfaite harmonie avec lui-même et avec la nature. En dépit de leurs bonnes intentions, il n'existait pas de cohésion ni de structure entre tous ces groupes, ce qui donnait un caractère diffus et désorganisé à ce mouvement. Les moyens de pression consistaient principalement à organiser des manifestations, bien souvent



pour des problèmes locaux ou régionaux, sans qu'il y ait une véritable continuation d'intention et d'action. Cette vague correspond à une éthique de conviction, c'est-à-dire « qui repose sur le respect inconditionnel des principes, sur le refus de tout compromis dans l'affirmation d'un idéal ou d'une doctrine, quelles que soient les conséquences de cette attitude intransigeante » (BOIRAL, 1996, p.24). Le Tableau 3 fait la synthèse de ces deux vagues « vertes ».

Tableau 3 : Tendances dominantes et caractéristiques distinctives des deux vagues vertes. (D'après : BOIRAL, 1996, p.23)

	<b>Première vague «verte » années 60 et 70</b>	<b>Deuxième vague «verte » milieu des années 80</b>
<b>Enjeux privilégiés</b>	Surtout locaux et régionaux (micro-écologique)	Davantage nationaux et internationaux (méso et macro-écologique)
<b>Modes d'action dominants</b>	Surtout conflictuelles et contestataires: manifestations, pressions locales, actions directes (agir contre le système établi)	Tendance à plus de collaboration (agir avec le système établi), même si les moyens conflictuels (lobbying, boycotts, ...) restent importants
<b>Idéologie sous-jacente</b>	mai 68, contre-culturelle, lutte contre la technocratie, contre le nucléaire, utopies libertaines, ...	La tendance contre-culturelle demeure, mais prédominance des approches plus réalistes: développement durable, débats rationnels, technocratie, ...
<b>Principales stratégies sociales de changement</b>	Décentralisation, modes de vie alternatifs, désarmement, énergies douces, ...	«plans verts », prévention, intégration de l'économie et de l'écologie, ...
<b>Organisation générale de changement</b>	Peu structurée, militante et marginalisée, absence de base sociale solide, ...	Base sociale élargie, institutionnalisation du mouvement, distinction entre écolos et non écolos ambiguë, ...
<b>Éthique sociale</b>	Éthique de conviction	Éthique de responsabilité
<b>Attitude dominantes par rapport à l'entreprise</b>	Logique de confrontation: adversaires, pollueurs récalcitrants	Logique de concertation: partenaires possibles, oscille entre conflits et collaboration

Le deuxième mouvement écologiste est donc issu du premier; il va s'élargir, se transformer et s'institutionnaliser, de sorte que les individus contestataires intégreront progressivement les organisations. Les individus jouent alors un double rôle dans ce nouveau mouvement; ils sont à la fois pollueurs et pollués. C'est ainsi que les gouvernements et les entreprises emboîteront le pas en adoptant des comportements plus responsables. Cette situation entraîne une prise de conscience beaucoup plus forte puisque chacun est à la fois le responsable des problèmes

environnementaux et la cible des impacts. En outre, le mouvement écologiste n'est plus externe au système; il en fait maintenant partie et agit avec lui, et non plus contre lui. Selon Boiral, « cette vague s'affirme davantage comme une éthique de responsabilité où les acteurs sont plus attentifs aux résultats de l'action qu'à un idéal contestataire » (BOIRAL, 1996, p.25). La dimension politique prend beaucoup d'importance, car elle devient omniprésente dans les négociations.

### 1.2.3 Les événements historiques

Depuis les années 1960, plusieurs avancées sont survenues aux plans scientifiques, épistémologiques et méthodologiques. Conjointement à la dénonciation des risques technologiques majeurs, elles ont grandement contribué à faire émerger la conscience écologique générale.

En 1967, un groupe d'experts se réunit et forme le Club de Rome afin de se questionner sur l'avenir de notre humanité par rapport à cinq phénomènes sociaux : l'explosion démographique, la production alimentaire, l'industrialisation, l'épuisement des ressources naturelles et la pollution (MEADOWS, 1972). Il s'agissait à l'époque du premier regroupement international de chercheurs reconnus qui avait comme mandat de se questionner sur la survie de l'homme et de la planète à l'aide d'outils scientifiques en tenant compte du mode de développement de la société. Par ailleurs, il s'agissait de la première application de la systémique en science. Avec ses quatre grands principes (interaction, globalité, organisation et complexité), la systémique a permis de mieux saisir la nature complexe des échanges et des cycles qui ont lieu dans notre écosystème global (DE ROSNAY, 1975). Fait regrettable, les recommandations du rapport final, intitulé « Halte à la croissance », ne furent pas mises en application pour deux raisons : la crise industrielle et économique, ainsi que le scepticisme général; contrairement à la croyance populaire, les scientifiques affirmaient que les ressources n'étaient pas inépuisables. Néanmoins, le Club de Rome constitue un élément déclencheur de la prise de conscience environnementale à l'échelle internationale et a largement contribué à la diffusion de la pensée systémique au cours des trente dernières années.

À la suite de la publication du rapport du Club de Rome qui révèle un portrait plutôt pessimiste de l'avenir de l'humanité, les Nations Unies organisent en 1972 la Conférence de Stockholm. Le point marquant de cette rencontre est la

reconnaissance d'un nouveau concept de développement de société baptisé **écodéveloppement** (SACHS, 1997). Un consensus est alors établi sur l'idée que le développement doit tenir compte simultanément des pays du nord et du sud, donnant ainsi une nouvelle dimension aux problèmes environnementaux (MILLET, 1995). Millet rapporte les propos de Sachs qui définit les trois principes de base propres à ce mode de développement :

1. « La poursuite d'une finalité sociale;
2. L'acceptation volontaire d'une contrainte écologique fondée sur un principe, la solidarité diachronique avec les générations futures, complétant le principe de solidarité synchronique qui sous-tend le développement social;
3. La recherche de l'efficacité économique qui garde toute son importance malgré son caractère instrumental. » (MILLET, 1995, p. 27)

La conquête de l'espace contribue également au changement de perspective. Par exemple, en 1968, la photographie de la Terre vue de l'espace fait prendre conscience que l'être humain n'est qu'un grain de poussière; La « Planète Bleue » semble plus petite et plus fragile.

Le choc pétrolier des années 1970 a accentué la préoccupation environnementale déjà enclenchée. En plus de la hausse des coûts de l'essence, cette crise provoque directement ou indirectement la plupart des conflits dans le monde : révolutions, guerres, inflations, récessions, etc. (DURAND, 1984). Les consommateurs constatent alors que l'énergie coûte non seulement cher économiquement, mais aussi socialement et environnementalement.

En 1983, l'Assemblée générale des Nations Unies crée la Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement des Nations Unies (CMED ou Commission Brundtland) afin de mener des études spécialisées sur un large éventail de questions liées à l'environnement et au développement économique. En 1987, elle publie son rapport intitulé Notre avenir à tous dans lequel elle aborde pour la première fois le thème du développement soutenable (*sustainable development*) qui se définit comme suit :

« Le genre humain a parfaitement les moyens d'assumer un développement soutenable, de répondre aux besoins du présent sans compromettre la possibilité pour les générations à venir de satisfaire les leurs. » (CMED, 1988, p.10)

Ce terme a ensuite été remplacé par l'appellation **développement durable**<sup>4</sup> lors de la Conférence de Rio qui a lieu en 1992. Ce mode de développement apparaît aujourd'hui comme la pierre angulaire sur laquelle les sociétés doivent se baser afin de concilier l'activité humaine avec les lois de la nature. Voici les trois grands principes qui constituent le fondement de ce mode de développement (CMED, 1988) :

1. Compromis entre les intérêts des générations actuelles et celui des générations futures, dans le contexte de l'équité intergénérationnelle;
2. Compromis Nord/Sud entre les pays industrialisés et les pays en développement;
3. Compromis entre les besoins des êtres humains et la préservation des écosystèmes (les habitats et les espèces).

Deux conditions majeures sont nécessaires pour faire avancer la cause du développement durable dans la conjoncture sociale actuelle en Occident. Premièrement, il est important d'établir un contexte législatif et économique favorable à tous les acteurs (ex. : individus, entreprises, municipalités, gouvernements) de la société pour prendre en compte les problèmes environnementaux. Par exemple, la série de normes ISO 14 000 propose une méthode reconnue internationalement sur laquelle les industries peuvent fonder leurs critères de qualité environnementale. Deuxièmement, il faut faire en sorte que chacun des acteurs sociaux intègre les principes du développement durable à leurs actions quotidiennes afin d'adopter un comportement volontaire qui les amènera progressivement à contrôler l'ensemble des ponctions et rejets liés à leurs activités (MILLET, 1995).

Le grand défi qui guette cette démarche est de réconcilier les trois sphères qui gravitent autour du concept du développement durable, soit les sphères économiques, sociales et environnementales. Pour l'instant, il arrive trop souvent que les dimensions sociales et environnementales soient reléguées en arrière-plan, favorisant ainsi l'aspect économique. Par ailleurs, les experts désireux d'améliorer les conditions environnementales ou sociales ne tiennent pas toujours compte des conséquences économiques. Il existe encore aujourd'hui un décalage certain entre

---

<sup>4</sup> Pour plus d'informations, le lecteur intéressé se rapportera au livre fondateur : L'écodéveloppement : Stratégies pour le XXI<sup>e</sup> siècle. (SACHS, 1997).

la sphère économique et les deux autres. Le rapport qu'a publié l'Organisation du commerce et du développement économiques (OCDE) à la fin de l'année 2001 fait part de cette difficulté :

« ... les dimensions environnementales et sociales du développement [durable] sont souvent reléguées à l'arrière-plan par des considérations économiques à plus court terme, tandis que les politiques environnementales et sociales sont parfois élaborées sans que leurs conséquences économiques soient dûment prises en compte. » (OCDE, 2001, p. 60)

#### 1.2.4 La part de l'industrie

Un rapport préparé par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement en vue du Sommet mondial pour le développement durable à Johannesburg en 2002 fait part des actions accomplies, des réalisations en cours, des défis et des objectifs futurs de l'industrie concernant le développement durable. La recommandation suivante a été extraite de ce document :

« L'intégration sociale, environnementale et économique au sein des entreprises est directement liée à une intégration sociétale plus vaste. Le développement durable pose maints problèmes complexes qui vont au-delà de la sphère d'influence de l'industrie, et que celle-ci ne peut résoudre seule. » (traduction libre) (PNUE, 2002, pp. 43-44)

Selon Janin (2000), l'opérationnalisation du développement durable par les entreprises doit se traduire par deux mouvements engagés simultanément :

1. « Les organismes internationaux ont le devoir de créer un contexte législatif (normes d'émissions, interdictions, règles de procédures), économique (taxes et outils fiscaux) et technique (centres de valorisation et filières de recyclage) compatible avec ce contexte;
2. Chaque acteur de la société qui, par son comportement responsable et volontaire, doit conduire à dimensionner à sa juste mesure l'ensemble des ponctions et rejets associés à ces activités. » (JANIN, 2000, p.15)

Dans le milieu industriel, cette prise de conscience correspond à la deuxième vague « verte » décrite précédemment, durant laquelle des engagements vis-à-vis de l'environnement ont été motivés par un contexte sociopolitique. Les pressions sociales (ex. : revendications populaires, groupes de pression pro-environnement) et politiques (ex. : cadre législatif, normes environnementales) ont exercé des contraintes de plus en plus fortes qui ont poussé les entreprises à intégrer

progressivement des considérations environnementales dans leur fonctionnement. Ces changements ont eu cours selon trois approches successives :

1. approche « bout de tuyau » (années 1960-1980);
2. approche « prévention de pollution » (années 1980-2000);
3. approche « intégrative » (années 2000).

La prise en compte de l'environnement s'est d'abord limitée à des mesures curatives qui consistaient à réduire les pollutions en introduisant des techniques de dépollution en bout de chaîne comme, par exemple, le traitement des déchets, de l'eau, de l'air et du sol (JANIN, 2000). Cette première approche « bout de tuyau » (**end of pipe**) vise le respect des normes environnementales en vigueur.

La deuxième approche, communément désignée par les termes « prévention de pollution » (**middle of pipe**), correspond aux stratégies préventives intégrant les dimensions environnementales, financière et sociale. Les actions visent ici la minimisation des déchets et la production « propre » sur le lieu même de production.

La troisième approche industrielle correspond à un changement de paradigme important au niveau de la production. Il ne s'agit plus d'une adaptation technologique, mais d'une remise en cause globale. Cette nouvelle approche, désignée par l'expression « **front of pipe** », concerne plus précisément le développement de produits et le design (BELMANE & CHARTER, 1999). Elle se situe en amont de la chaîne de production. En effet, elle dépasse les murs de l'entreprise et fait en sorte que l'environnement rejoigne les produits par la mise en œuvre de l'**écoconception** (BOEGLIN et al., 1999). La Figure 4 présente ces trois approches en utilisant la nomenclature employée par l'ADEME.



Figure 4 : Les trois approches de l'entreprise par rapport à l'environnement. (D'après : BOEGLIN et al., 1999, p.1)

La prise en compte de l'environnement dès la conception de produits ou services suscite de plus en plus d'intérêt. Selon plusieurs experts, il s'agit d'une approche très prometteuse pour le développement de modes de production et de consommation durables (BREZET & VAN HEMEL, 1997). Janin évoque ce changement de paradigme de production en ces termes : « L'évolution d'une stratégie simplement réactive basée sur une approche palliative vers une stratégie proactive basée sur une approche intégrative. » (JANIN, 2000, pp.15-16). Selon le Rapport Brundtland, le monde fabriquait au milieu des années quatre-vingt-sept fois plus de produits qu'il n'en fabriquait en 1950 (CMED, 1988). Il est permis de penser que cette production n'a pas cessé de croître depuis; il est donc urgent de mieux connaître les conséquences environnementales reliées aux produits et services afin de limiter leurs impacts environnementaux.

Toutefois, les entreprises considèrent encore aujourd'hui l'intégration des critères environnementaux comme une contrainte, et non comme un avantage concurrentiel (JANIN, 2000). Janin identifie d'autres raisons qui découragent les entreprises à entreprendre un projet d'écoconception :

« Le manque d'informations, des outils trop complexes et inadaptés, de forts investissements dissuasifs ou bien encore des équipes de projets submergés de documents parfois incompréhensibles semblent être les principales raisons d'une certaine démotivation de ces entreprises. » (JANIN, 2000, p.22)

Pourtant, plusieurs études de cas démontrent que l'intégration de l'écoconception dans les petites, moyennes et grandes entreprises peut être avantageuse (BOEGLIN et al., 1999; BEHRENDT et al., 1997; CEUTERICK & VERCALSTEREN, 1999; LEWIS & GERTSAKIS, 2001; TISCHNER et al., 2000; BREZET & VAN HEMEL, 1997). De plus, l'écoconception fait maintenant l'objet d'une norme ISO (ISO 14 062, 2002). Les professionnels de la conception, dont les designers industriels, ont assurément un rôle important à jouer dans la mise en œuvre de l'écoconception qui elle, constitue un levier important au développement durable.

Il existe à l'heure actuelle une multitude d'outils, quantitatifs et qualitatifs, destinés à dresser un bilan des impacts environnementaux d'un produit. Parmi ceux-ci, l'analyse de cycle de vie (ACV) est assurément le plus reconnu au niveau international. En effet, depuis quelques années, l'ACV fait l'objet de travaux de normalisation (ISO 14 040, 1997; ISO 14 041, 1998; ISO 14 042, 2000; ISO 14 043, 2000; ISO 14 049, 2000). Par

contre, le fait que cette évaluation requière des ressources financières, humaines et temporelles élevées constitue un obstacle important à sa diffusion dans le domaine de la conception de produits. Face à ce constat, des chercheurs et des industries ont tenté de pallier la situation en développant diverses variantes dites simplifiées de l'analyse de cycle de vie. Parmi ces outils d'analyse de cycle de vie simplifiée (ACVS), la méthode *Eco-Indicator 99* semble tout indiquée pour que les designers industriels adoptent des pratiques plus respectueuses de l'environnement.

Le présent travail de recherche vise à établir les liens de cohérence entre la théorie et la pratique dans le domaine de l'écoconception et de vérifier si la méthode *Eco-Indicator 99* est un outil efficace pour concevoir des produits à moindre impact environnemental dans la pratique du design industriel. La question centrale de cette recherche est donc la suivante : **quels sont les conditions favorables et les obstacles majeurs à la mise en œuvre de l'écoconception et de l'ACVS pour la conception de produits ou services à moindre impact environnemental ?**

La Figure 5 illustre les quatre étapes de l'ACV, simplifiée ou non, met en évidence la zone critique où apparaissent les principaux enjeux de l'écoconception. Cette zone demeure floue et mérite d'être étudiée plus en profondeur.

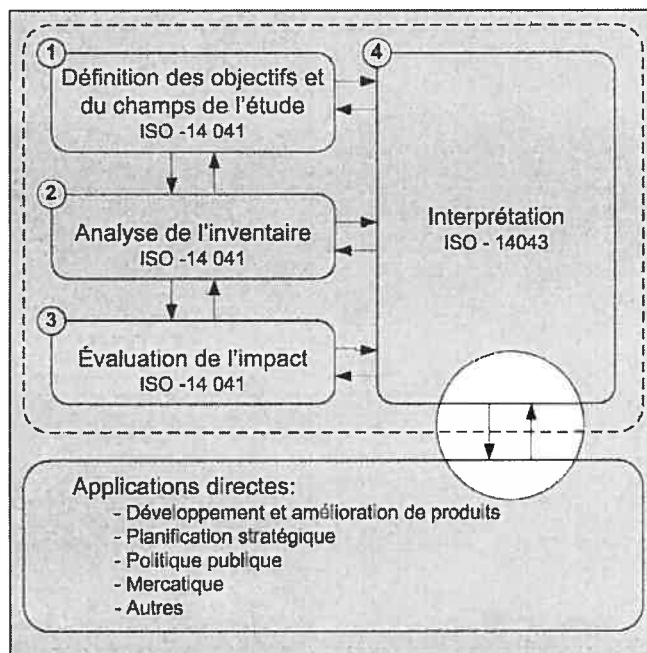


Figure 5 : La zone critique pour l'application de l'ACV en écoconception.



Ce mémoire se compose principalement de quatre parties.

Après l'introduction qui vient d'être présentée, la seconde partie dresse un portrait des principaux enjeux reliés à l'écoconception. Elle se penche d'abord sur les aspects historiques de l'écoconception, sur les incitatifs, sur le processus et sur les différents outils utiles à son application. Elle présente ensuite les principes de l'ACV en général et des méthodes simplifiées en particulier, ainsi que la méthode *Eco-Indicator 99*.

La troisième partie présente trois études de cas réalisées par l'étudiant-chercheur à l'aide de l'outil ACVS *Eco-Indicator 99*. La première étude de cas consistait à faire la comparaison de deux murs antibruit fabriqués chacun d'un matériau prédominant, soit le béton et le caoutchouc recyclé. La deuxième étude de cas avait comme objectif de dresser un bilan environnemental d'un appareil de débosselage automobile afin de cibler les opportunités d'amélioration sur le plan environnemental. La troisième étude de cas présente les résultats d'un projet réalisé dans le cadre d'un concours d'écoconception de niveau international. Ce concours consistait à reconsidérer un service de livraison de livres et disques compacts achetés par l'entremise d'Internet de manière à minimiser les impacts environnementaux.

La quatrième partie présente les résultats d'une enquête menée auprès de concepteurs québécois afin de mieux connaître leur perception par rapport à l'écoconception. Cette enquête s'est déroulée en deux temps. Un sondage par questionnaire a d'abord été effectué auprès de dix-sept concepteurs. Ensuite, quatre candidats ont accepté de participer à une entrevue semi-dirigée, ce qui a permis d'approfondir les sujets abordés dans les questionnaires.

À la suite de ces quatre parties, une discussion générale met en relief les convergences et les divergences entre la littérature scientifique, les études de cas et les résultats de l'enquête sur le terrain, et fait émerger quelques enjeux propres au contexte québécois. En guise de conclusion, les principaux points saillants sont ramenés, ainsi que les enjeux émergents de l'écoconception et de l'ACV.

La Figure 6 illustre de manière synoptique l'organisation générale de ce mémoire.

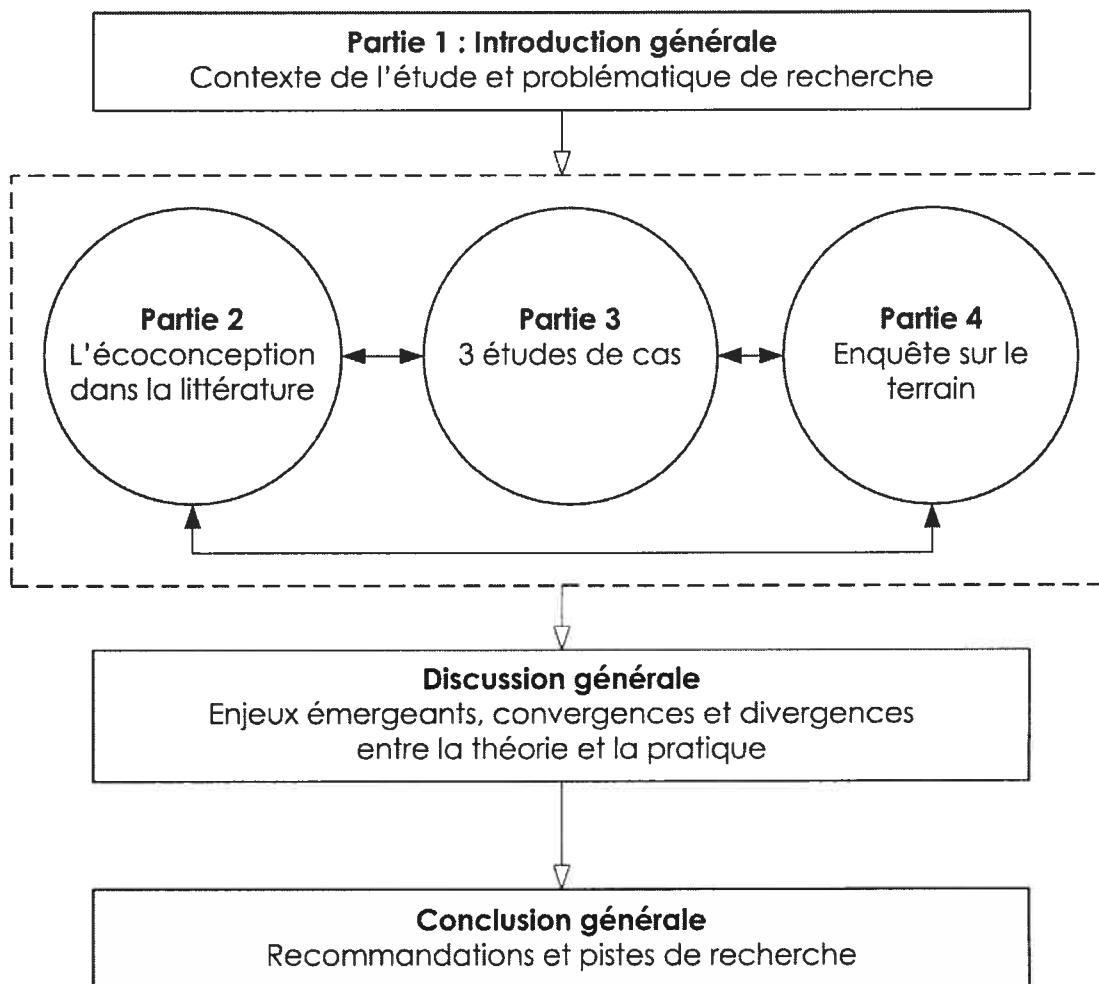


Figure 6 : Représentation synoptique du mémoire.

## Partie 2 : L'écoconception

Jusqu'à tout récemment, le concepteur avait comme principal objectif de satisfaire les attentes du client (ex. : coûts et délais) en fonction des moyens techniques disponibles. Le produit ou le service était donc le fruit d'une interaction bipolaire entre l'humain et la technique. L'intégration récente de l'environnement à la conception de produits fait apparaître de nouveaux enjeux résultant de l'interrelation entre les trois pôles (voir Figure 7).

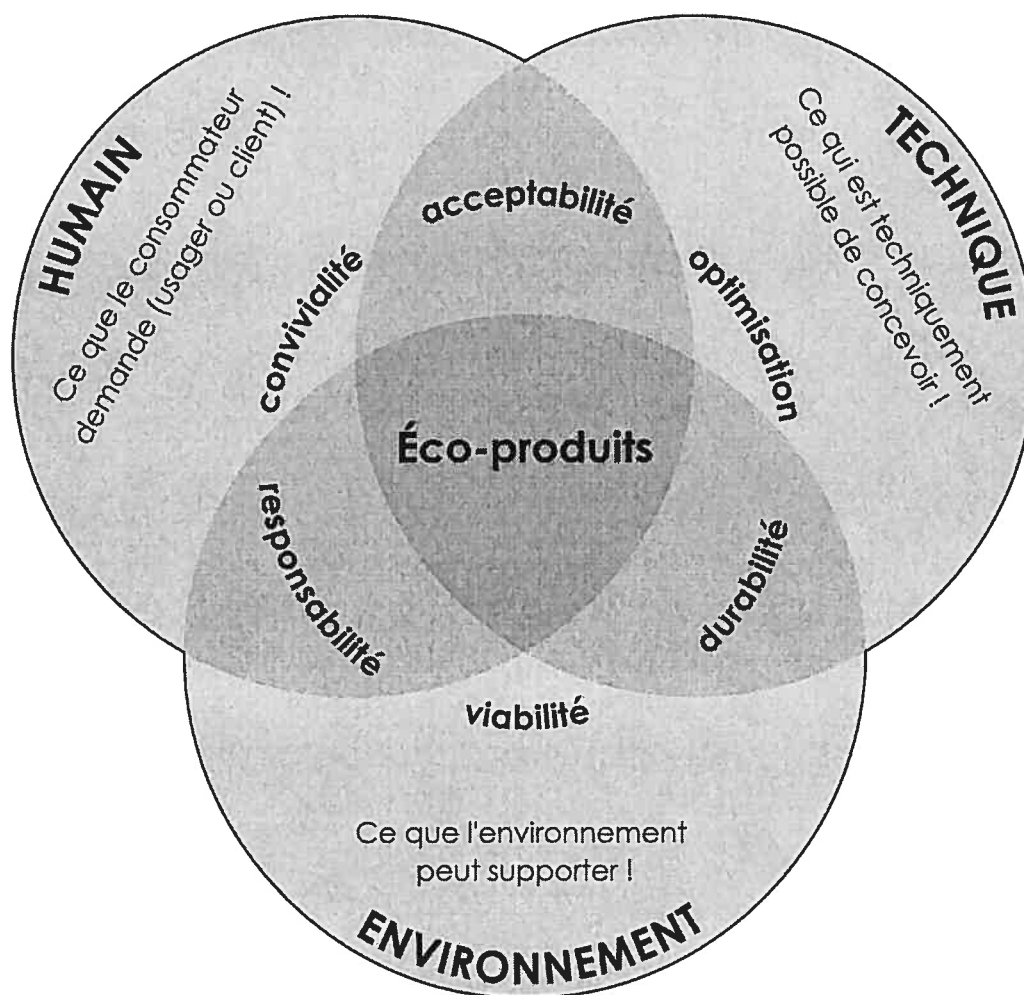


Figure 7 : Nouveau référentiel en conception pour un développement durable<sup>5</sup>.  
(© LECLERC/DE CONINCK, 2004)

<sup>5</sup> Ce modèle a été publié tout récemment dans un article intitulé Les défis du développement durable (FORGET, 2004).

Ce tout nouveau paradigme de production n'est pas encore bien défini. Ainsi, convient-il de faire un retour sur les origines de l'écoconception et de dresser un portrait actuel de cette discipline.

## 2.1 Vers une définition de l'écoconception

Le terme écoconception est en fait un néologisme pour l'expression « conception écologique », c'est-à-dire concevoir des produits ou des services en prenant en compte les aspects environnementaux. Cependant, autour de ce terme gravite un grand nombre de termes similaires entretenant ou créant une certaine confusion qu'il conviendra, si faire se peut, de clarifier.

L'écoconception s'apparente à plusieurs autres termes semblables : éco-design (*ecodesign*), design pour l'environnement - DpE (*design for environment - DfE*), design écologique (*ecological design*), etc. L'expression anglophone « *Design for Environment* » est principalement utilisée en Amérique du Nord, tandis que « *Ecodesign* » est plus communément employé dans les pays européens, comme les Pays-Bas et la Grande-Bretagne (TISCHNER et al., 2000). Du côté francophone, les Français emploient le terme écoconception, contrairement aux Québécois qui utilisent davantage celui d'écodesign. Pour ce travail, le mot écoconception a été préféré à écodesign puisque ce dernier est largement galvaudé.

Il existe également tout un éventail de termes ou d'expressions plus ou moins synonymes qui réfère à la conception de produits dits respectueux de l'environnement. Le Tableau 3 présente les principaux termes de cette nature avec leurs équivalents linguistiques en français et en anglais (LEWIS & GERTSAKIS, 2001). Si tous ces termes semblent a priori recevables, ils demeurent souvent imprécis, même pour les concepteurs initiés à l'écoconception. C'est pourquoi une certaine confusion s'installe lorsque vient le temps de déterminer par exemple si un procédé, un système ou un produit est « vert » (GRAEDEL, 1998). Il demeure néanmoins que certains termes génériques ont prédominé ces dernières années.

Tableau 3 : Expressions courantes qui s'apparentent à l'écoconception. (traduction libre)  
(D'après : LEWIS & GERTSAKIS, 2001, p.18)

ANGLAIS	FRANÇAIS
<i>Design for environment (DFE)</i>	Design pour l'environnement (DPE)
<i>Ecological design</i>	Design écologique
<i>Ecologically oriented design</i>	
<i>Environmental design</i>	Design environnemental
<i>Environmentally oriented design</i>	
<i>Environmentally responsible design</i>	Design environnementalement responsable
<i>socially responsible design</i>	Design socialement responsable
<i>Sustainable product design</i>	Design de produit durable
<i>Sustainable product development</i>	Développement de produit durable
<i>Green design</i>	Design "vert"
<i>Life-cycle design</i>	Design selon le cycle de vie
<i>Dematerialization design</i>	Design pour la dématérialisation
<i>Eco-efficiency</i>	Éco-efficacité
<i>Biodesign</i>	Bio-design

### 2.1.1 L'évolution terminologique

C'est au milieu des années 1970 que les premières intentions de faire du design écologique se concrétisent et se font connaître. Plusieurs groupes de designers, plutôt marginaux à l'époque, proposent le concept de « *recycling design* » et se distinguent en créant une nouvelle génération d'objets conçus à partir de déchets. Par exemple, des boîtes de conserve compressées sont utilisées pour fabriquer des abat-jours, ou encore de vieux pneus sont réutilisés pour servir de base de canapés (QUARANTE, 2001). Cette pratique a contribué à faire valoir la cause environnementale auprès du public en général; elle a également amené certains designers à poursuivre cette initiative en redéfinissant leurs priorités et en adoptant une démarche plus rigoureuse afin de réduire de manière plus significative les impacts négatifs sur l'environnement.

Dès le début des années 1980, la vague « verte » influence toutes les disciplines et fait ressurgir l'idéologie des mouvements écologiques des années 1960. Les préoccupations s'élargissent et le terme « *green design* » émerge dans les domaines

du design de produits et du design graphique. Deux tendances opposées constituent les pôles d'un large spectre idéologique partant du « vert pâle » jusqu'au « vert foncé ». Le « vert pâle » correspond à l'idée de modifier tranquillement les comportements et les institutions actuelles, tandis que le « vert foncé » rejette la société moderne de manière radicale (MADGE, 1997). Cette deuxième tendance a été fortement influencée par les écologistes radicaux adhérant aux principes de l'écologie profonde. Ces deux pôles peuvent être associés respectivement aux termes « technocentrique » et « écocentrique » qui, à leur tour, sont en lien direct avec les notions d'anthropocentrisme et de biocentrisme décrites précédemment. Le Tableau 4 présente divers points de comparaison entre le technocentrisme et l'écocentrisme.

Tableau 4 : Points de comparaison entre le technocentrisme et l'écocentrisme.

Technocentrisme	Écocentrisme
1. Basée sur la notion de progrès technologique	1. Basée sur la bioéthique et sur la forte reconnaissance envers la nature
2. Haute technologie	2. Technologies à faible impact
3. Idéologie rationnelle et de contrôle de l'humain sur la nature	3. Idéologie d'égalité entre les différentes formes de vie
4. Réduction d'impacts env. = trouver des solutions par la technologie	4. Réduction d'impact env. = diminution des besoins matériels

Assez rapidement, les milieux plus théoriques du design ont sévèrement critiqué le concept de « *green design* » en lui reprochant entre autres son manque de méthodologie et de rigueur. C'est pour cela que, selon les experts, l'utilisation du préfixe « *green* » est vite devenue désuète (MADGE, 1997). Ce terme sera remplacé dès la fin de la décennie par « *écodesign* », qui se définit comme la pratique du design incluant systématiquement les aspects environnementaux, au même titre que les autres critères de conception au cours des différentes étapes d'un projet.

Au début des années 1990, le concept de développement durable est de plus en plus considéré au sein des organismes non gouvernementaux (ONG) et des gouvernements. Depuis le rapport Brundtland, le terme « *sustainable* » devient le mot « valise » des années 1990, comme l'était le mot « *green* » pendant les années 1980. L'expression design durable (*sustainable design*) englobe la notion d'écodesign, puisqu'en plus de considérer l'aspect environnemental, elle tient compte des

dimensions sociales et éthiques durant le processus de design (TISCHNER et al., 2000). Aujourd'hui, le design durable recommande l'adoption d'une vision à très long terme. La problématique « orientée produit » tend à se déplacer vers une vision plus systémique et globale, autrement dit allant du droit de propriété à celui de service, ce qui présuppose la mise en oeuvre du concept de dématérialisation, ainsi que de l'évolution des besoins physiologiques vers des besoins psychologiques (MADGE, 1997).

### 2.1.2 La pensée cycle de vie

La pensée cycle de vie (*Life cycle thinking*) est un concept fondamental à l'écoconception; elle considère chacune des étapes de la vie utile d'un produit. Ainsi, pour cette approche, tous les impacts écologiques et économiques, de même que les considérations sociales et éthiques doivent être pris en compte et ce, à partir de l'étape de l'approvisionnement des matières premières jusqu'à la fin de vie utile du produit ou du service, en passant par la fabrication, la distribution et l'utilisation (TISCHNER et al, 2000). Notons que la définition de l'auteur se rapproche de celle du design durable. Les cinq étapes généralement retenues dans le cycle de vie d'un produit ou d'un service sont :

1. Matériaux : Extraction et transformation des matières premières pour la production de matériaux de fabrication et leur entreposage (ex. : extraction du pétrole brut pour obtenir des billes de thermoplastique);
2. Fabrication : Mise en forme des matériaux de fabrication pour l'obtention d'un produit ou d'une composante. Cette étape inclut également l'assemblage des composantes, l'emballage du produit et leur entreposage (ex. : injection d'un thermoplastique pour mettre en forme une composante faisant partie de l'assemblage d'un casque de protection);
3. Distribution : Cette étape prend en compte toutes les distances à parcourir pour acheminer le produit jusqu'à son lieu d'utilisation, ainsi que l'entreposage des marchandises. Cette étape considère les moyens de transport impliqués tels que le camion, le train, le bateau et l'avion, ainsi que

les sources d'énergie utilisées (ex. : manutention d'une commande de chaises emballées pour la vente au détail<sup>6</sup>);

4. Utilisation : Il s'agit de l'étape où le produit remplit sa fonction, c'est-à-dire la période de temps où l'utilisateur utilise le produit pour satisfaire ses besoins. Les comportements de l'utilisateur constituent donc un facteur clé. Cette étape doit tenir compte de l'entretien et de la réparation du produit, ainsi que de tous les consommables nécessaires à son utilisation. Un consommable est un produit secondaire essentiel au fonctionnement d'un produit (ex. : l'utilisation personnelle d'une machine à laver consommera des quantités plus ou moins grandes d'électricité, d'eau et de savon, selon les comportements et les choix de l'utilisateur);
5. Fin de vie : Cette étape comprend les différents scénarios possibles lorsque le produit ne sera plus utilisé et que l'utilisateur voudra s'en départir; le produit est soit réutilisé par d'autres, recyclé ou envoyé au site d'enfouissement.

La pensée cycle de vie a permis de découvrir, aussi bien dans les milieux scientifiques qu'industriels, que la réduction des impacts environnementaux pouvait être envisagée autrement que par la modification des procédés de fabrication; les problèmes sont souvent plus en amont. En effet, il est quelquefois surprenant de constater que, contrairement à la croyance populaire, des impacts significatifs sont générés lors de l'extraction des matières premières ou pendant l'étape d'utilisation, et non pas uniquement au moment de la fabrication (BEHRENDT et al, 1997). Les experts s'entendent d'ailleurs pour dire qu'environ 80% des impacts environnementaux peuvent être déterminés dès la phase de conception (GRAEDEL, 1998; BREZET & VAN HEMEL, 1997). La pensée cycle de vie permet donc de couvrir l'ensemble des problèmes potentiels et, incidemment d'identifier dès la conception du produit quelles seraient les actions les plus efficaces pour réduire les impacts environnementaux.

---

<sup>6</sup> Il est à noter que le transport entre le détaillant et le consommateur est généralement exclu de l'étude à cause de l'impossibilité de connaître avec précision les distances parcourues et les moyens de transport utilisés par chaque acheteur.



### 2.1.3 L'éco-efficacité

L'éco-efficacité, aussi appelée écoefficience, est un concept qui a vu le jour au « Sommet de la Terre » de Rio en 1992. Ce concept est considéré comme un indicateur ou un sous-ensemble du développement durable (JANIN, 2000; STEVELS, 1997; TRNEE, 2001; WBCSD, 2000). En effet, dans un rapport sur le rôle de l'éco-efficacité au XXI<sup>e</sup> siècle, *Five Winds International*<sup>7</sup> affirme ceci :

« Au cours des cinq dernières années, le WBCSD<sup>8</sup> et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement ont énergiquement soutenu que la pratique de l'éco-efficacité est une des principales contributions possibles de l'industrie au développement durable. » (FIVE WINDS INTERNATIONAL, 2000, p.32)

Pour sa part, le WBCSD définit l'éco-efficacité comme la capacité de : « Créer plus de biens et services avec toujours moins de ressource et en générant le moins possible de déchets et de pollution. » (WBCSD, 2000, p.1) Janin, quant à lui, définit le rôle de l'éco-efficacité comme suit : « Il désigne pour chaque entreprise un moyen de contribuer au développement durable et correspond à un certain taux de réduction des impacts environnementaux du cycle de vie d'un produit. » (JANIN, 2000, p.41) Le concept d'éco-efficacité est largement accepté dans le domaine des pratiques environnementales en entreprise, mais ce n'est que depuis peu qu'il est appliqué aux produits en tant que tels (STEVELS, 1997). La Figure 8 illustre comment se calcule l'éco-efficacité d'un produit.

<p>Valeur du produit (ou service)</p>	<p>Éco-efficacité = <math>\frac{\text{Valeur du produit (ou service)}}{\text{Impact environnemental}}</math></p>	<p>Impact environnemental</p>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Masse, volume ou nombre de produits fabriqués ou vendus;</li> <li>&gt; Ventes nettes</li> <li>&gt; Consommation d'énergie;</li> <li>&gt; Consommation de matière;</li> <li>&gt; Consommation d'eau;</li> <li>&gt; Émissions de gaz à effet de serre;</li> <li>&gt; Émissions de substances détruisant la couche d'ozone.</li> </ul>

Figure 8 : Le concept d'éco-efficacité pour un produit ou service.  
(D'après : JANIN, 2000, p.41)

<sup>7</sup> *Five Winds International* est une firme de consultation multidisciplinaire offrant entre autres des services d'écoconception. Le lecteur intéressé pourra consulter le site Internet [www.fivewinds.com](http://www.fivewinds.com).

<sup>8</sup> Le WBCSD (*World Business Council for Sustainable Development*) est une coalition de 150 compagnies internationales qui ont comme objectif commun la mise en œuvre du développement durable. Le lecteur intéressé pourra consulter le site Internet [www.wbcscd.ch](http://www.wbcscd.ch).

L'éco-efficacité s'exprime également en terme de facteurs (ex. : 2, 4, 10 ou 20) qui visent la réduction de la consommation et l'augmentation de la productivité afin d'atteindre le développement durable. Par exemple, *Five Winds International* décrit ce concept définissant les facteurs 4 et 10 :

« Facteur 4 signifie la multiplication par deux de la productivité du moment et, simultanément, la diminution de moitié de la quantité de ressources utilisées. De même, facteur 10 implique le décuplement de l'efficacité des ressources. On estime le facteur 4 indispensable si l'on veut que la consommation des pays développés n'excède pas la capacité de ressources de la terre, et le facteur 10 s'impose si l'on veut industrialiser les pays en voie de développement. Un facteur multiplicateur encore plus important de l'efficacité, de l'ordre de 20 à 50, serait nécessaire pour satisfaire aux besoins la croissance de la population. » (FIVE WINDS INTERNATIONAL, 2000, P.51)

Pour un facteur 20, les pays développés devront d'ici les cinquante prochaines années utiliser 5% des ressources actuellement utilisées (LEWIS & GERTSAKIS, 2001). Or selon les experts, cet objectif ne pourra être atteint que si le mode de développement actuel est remis en question et que des changements culturels et sociaux majeurs se concrétisent afin de modifier les modèles de production et de consommation. Ainsi, Brezet et al. (1999) affirment que :

« Pour améliorer l'éco-efficacité de l'ordre du facteur 20, lequel est généralement considéré comme étant le niveau de développement durable, la nécessité de diminuer les impacts de l'ordre de 95% ne pourra être rencontré seulement par l'amélioration de produits existants » (traduction libre) (BREZET et al., 1999, p.22)

De son côté, le WBCSD évoque quatre secteurs d'opportunité pour augmenter l'éco-efficacité au niveau des entreprises :

1. « Modifier les procédés internes à l'entreprise afin de diminuer la consommation de ressources, de réduire les pollutions et diminuer les risques tout en réduisant les coûts;
2. Chercher de nouveaux marchés pour valoriser certains déchets qui sont considérés comme étant des ressources pour d'autres entreprises;
3. Reconcevoir les produits en fonction de l'environnement;
4. Redéfinir la demande et repenser les marchés en vendant un service plutôt qu'un produit matériel. » (traduction libre) (WBCSD, 2000)

Les deux derniers points rejoignent directement les tâches professionnelles des designers industriels, et jouent également un rôle très important dans la mise en œuvre de l'écoconception et l'opérationnalisation du développement durable.

#### **2.1.4 Le niveau de conception recherché**

L'une des premières questions à se poser en amorçant un projet d'écoconception est : quel degré de remise en question du produit veut-on atteindre dans ce projet ? En effet, un projet d'écoconception peut soit consister à reconcevoir un produit matériel existant, soit remettre en cause le produit et le système auquel il appartient. Plus ce questionnement remonte aux sources, plus les chances d'innover sont grandes.

Tischner et al. (2000) identifient trois approches d'écoconception. La première approche qui est de loin la plus commune aujourd'hui, consiste à reconcevoir un produit afin de réduire les impacts environnementaux qu'il engendre. La deuxième approche vise le développement d'un tout nouveau produit ou d'une nouvelle méthode en intégrant les critères environnementaux dès les premières étapes de conception, tandis que la troisième approche reconsidère le système de produits ou le service de manière à minimiser les impacts sur l'environnement tout en fournissant les mêmes services. Ces trois niveaux d'écoconception sont présentés à la Figure 9. Les étapes d'écoconception sont présentées plus en détail à la Figure 21.

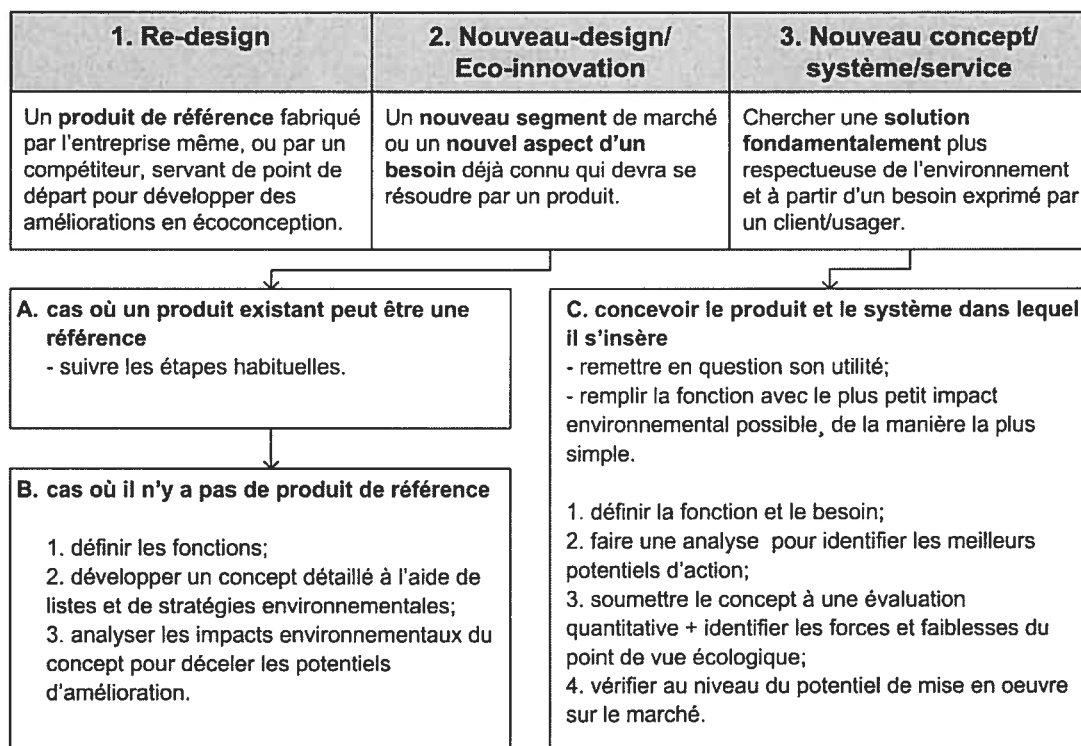


Figure 9 : Les trois approches fondamentales de l'écoconception selon Tischner et al. (traduction libre) (D'après : TISCHNER et al., 2000)

Janin fait mention d'une étude menée par H. Brezet selon laquelle il existerait quatre niveaux d'écoconception (JANIN, 2000). Ces niveaux correspondent chacun à un degré d'éco-efficacité exprimé par les facteurs 2, 4, 10 et 20 évoqués précédemment. Les quatre niveaux se nomment respectivement :

- niveau 1 : Amélioration du produit;
- niveau 2 : Reconception du produit;
- niveau 3 : Nouveau concept de produits;
- niveau 4 : Nouveau système productif.

Stevens fait remarquer qu'il est important qu'une entreprise identifie le niveau d'écoconception qui lui convient dès le départ (STEVENS, 1997). Ce choix influence fortement le type d'informations à rechercher, les partis intéressés à considérer, les aspects financiers, la validité des données environnementales et les comportements des usagers. La Figure 10 illustre les quatre niveaux d'écoconception en fonction du degré d'éco-efficacité et du nombre d'années nécessaire à l'atteinte des objectifs.

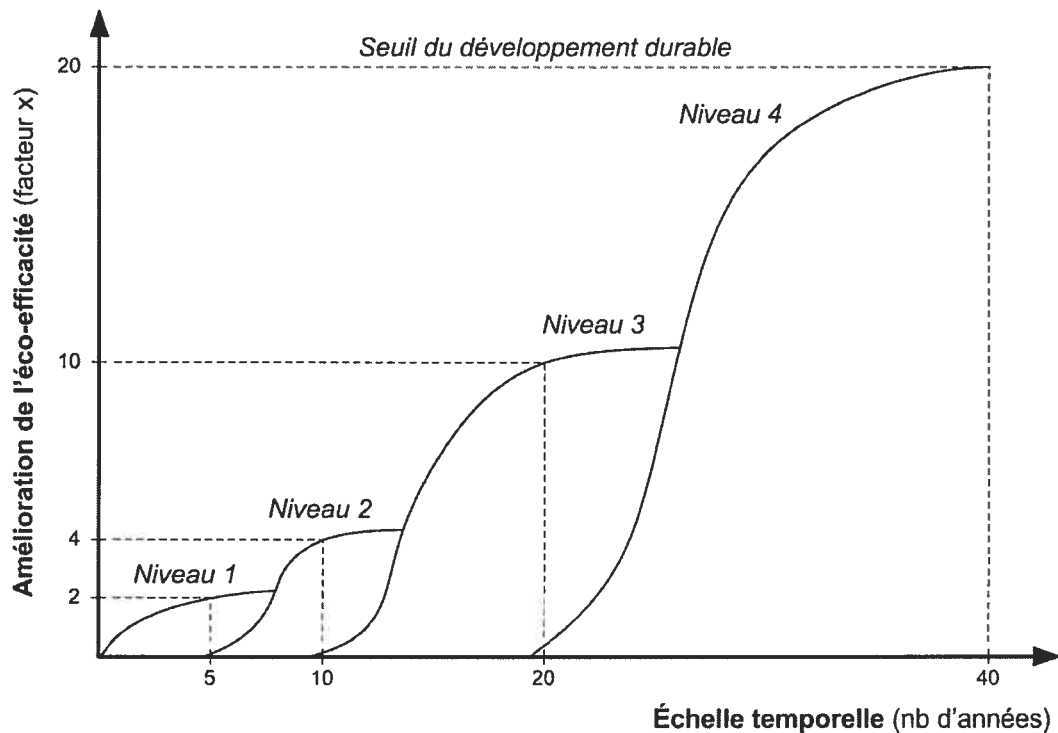


Figure 10 : Les quatre niveaux d'écoconception en fonction d'objectifs d'éco-efficacité. (Source : JANIN, 2000, p.72; NUIJ, 2001, p.50)

L'amélioration du produit (niveau 1) est une actualisation d'un produit existant en fonction de nouvelles réglementations et d'un certain nombre d'informations permettant d'identifier rapidement les options d'amélioration. Il s'agit par exemple de réduire les quantités de matière et d'énergie, de changer les systèmes de fixation ou de supprimer des traitements de surface toxiques. Ces changements s'effectuent en conservant les mêmes technologies de production (BOEGLIN et al., 1999). Ce niveau d'écoconception implique un nombre d'intervenants limité et peut être mis en oeuvre rapidement.

La reconception du produit (niveau 2) demande une étude plus approfondie que celle effectuée au niveau précédent en intégrant notamment une dimension culturelle. Cette stratégie interpelle non seulement plusieurs personnes dans l'entreprise, mais aussi des fournisseurs externes et d'autres partis intéressés comme, par exemple, des consultants en environnement ou des spécialistes dans différentes technologies. Les changements susceptibles d'être apportés au produit peuvent être également plus significatifs : nouveaux procédés de fabrication, nouvelles composantes et nouveaux matériaux afin de faciliter le désassemblage, la réutilisation ou le recyclage.

La formulation d'un nouveau concept de produits (niveau 3) implique de nouvelles fonctions techniques qui permettent de répondre au même besoin initial. Selon Boeglin et al. (1999) : « L'innovation dépasse le cadre du produit et se concentre sur la fonction. Là commence véritablement la mise en œuvre du concept de dématérialisation : l'entreprise ne vend plus des biens, mais offre des services.» À titre d'exemple, une entreprise met sur pied un service de buanderie, plutôt que de vendre des laveuses. Ce niveau d'écoconception est plus radical que les précédents et nécessite une vision à plus long terme de la part des entreprises manufacturières et de leurs partenaires.

Le nouveau concept de produits (niveau 4) correspond au degré d'innovation le plus grand impliquant des changements profonds dans le fonctionnement de l'entreprise (JANIN, 2000). C'est l'ensemble du système, soit le produit, la production, l'infrastructure et le marché, qui évolue à la suite d'un changement technologique important (Boeglin et al., 1999). À titre d'exemple, l'utilisation des technologies de vidéoconférence change considérablement les modes de travail de bureau et réduit les coûts financiers et environnementaux en réduisant le nombre de déplacements et par le fait même les émissions polluantes. En effet, cette tendance contribue à réduire le nombre de déplacements augmentant ainsi le temps passé sur la route et diminuant les émissions relatives aux modes de transport.

Il est important de souligner que les deux premiers niveaux d'écoconception correspondent à une vision plutôt technologique, tandis que les deux derniers sont d'un ordre plus global. Stevels affirme que pour atteindre les niveaux d'écoconception trois et quatre avec succès, le style de vie des consommateurs et les changements d'infrastructure dans la société doivent être pris en considération, puisqu'ils y jouent un rôle majeur (STEVELS, 1997). Ces niveaux sont reliés à la notion de Système Produit-Service (SPS) qui sera discuté dans la prochaine section.

### **2.1.5 Le Système Produit-Service**

Selon les spécialistes, le développement durable contribuera à transformer notre économie en une économie de service (TRUDEL-b, 2004). De plus, le WBCSD affirme que le passage d'une entreprise de produits à une entreprise de services offre de

grandes opportunités de croissance économique et une meilleure profitabilité (WBCSD, 2000).

Si aujourd'hui les actions sont surtout portées vers la reconception de produits existants, l'écoconception invite également à une remise en question plus importante du produit en considérant son usage comme étant sa finalité (Boeglin et al., 1999). Cette tendance amène les concepteurs à considérer de plus en plus l'approche SPS. Brezet et van Hemel définissent un SPS comme suit :

« Le concept de SPS est une stratégie d'affaire largement envisageable et très prometteuse pouvant potentiellement aider à faire la transition vers une société durable. (...) Un SPS peut être défini comme étant le résultat d'une stratégie d'innovation, faisant passer le centre d'intérêt des entreprises de la conception et la vente de produits uniquement matériels, à la vente d'un système de produits et services étant en mesure conjointement de rencontrer les demandes spécifiques des clients. » (traduction libre) (UNEP, 2002, pp. 3-4)

Il convient de mentionner que le niveau 3 à la Figure 9 et les niveaux 3 et 4 à la Figure 10 correspondent au développement de « Systèmes Produit-Service » (SPS) (TISCHNER et al., 2000; JANIN, 2000; STEVELS, 1997).

Le ratio produit(s) versus service(s) peut varier d'un SPS à l'autre. En effet, un besoin peut être comblé selon différentes combinaisons d'un ou plusieurs produits avec un service (GOEDKOOOP et al., 1999). De plus, ce ratio peut varier avec le temps selon le développement de nouvelles technologies ou l'évolution des marchés. La Figure 11 illustre le spectre du ratio produit/service pour la satisfaction d'un besoin.

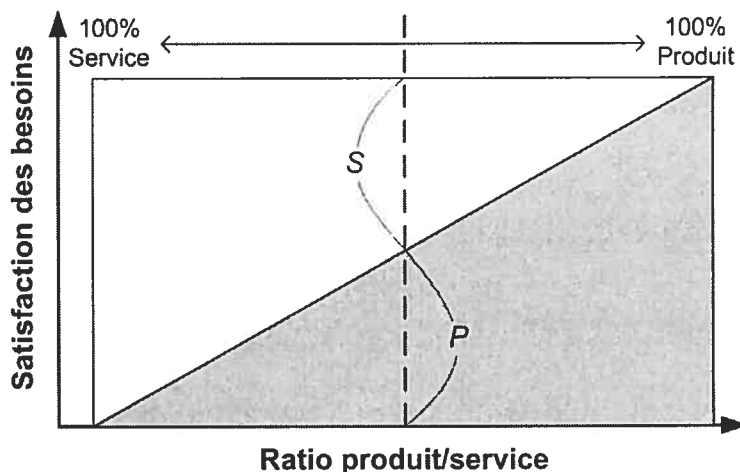


Figure 11 : Les niveaux de Systèmes Produit-Service (traduction libre)  
(D'après : GOEDKOOOP et al., 1999 , p.20)

L'objectif « zéro » déchet promu par le développement durable peut être atteint par les entreprises en se convertissant en fournisseurs de services (TRUDEL-b, 2004). À titre d'exemple, la compagnie Xerox vend de moins en moins de produits et loue plutôt ses services et ce, en proposant des photocopieuses durables, adaptables et facilement démontables afin de réutiliser ou recycler ses composantes (TRUDEL-b, 2004). Elle a ainsi réduit sa production de déchets de 97%.

## **2.2 Les dimensions de l'écoconception**

Dans sa thèse, Janin relève deux différentes visions de l'écoconception : l'approche technologique et l'approche globale (JANIN, 2000). La première approche n'a pas comme objectif de réduire le nombre de produits fabriqués, mais plutôt de faire en sorte que la production actuelle devienne la plus inoffensive possible vis-à-vis l'environnement. Elle se qualifie de technologique, car les moyens envisagés sont purement techniques (ex. : substituer des matériaux ou améliorer les procédés de fabrication). L'approche globale, quant à elle, invite à ne plus produire pour produire, mais à développer de nouveaux produits-services en assurant un mode de vie en adéquation avec la nature. Le produit initial est alors totalement remis en cause à partir de préoccupations supplémentaires d'ordre socio-culturel (JANIN, 2000).

Le domaine de l'écoconception comporte plusieurs dimensions. La Figure 12 illustre ces dimensions selon l'échelle de structure organisationnelle et l'échelle temporelle auxquelles elles se réfèrent.



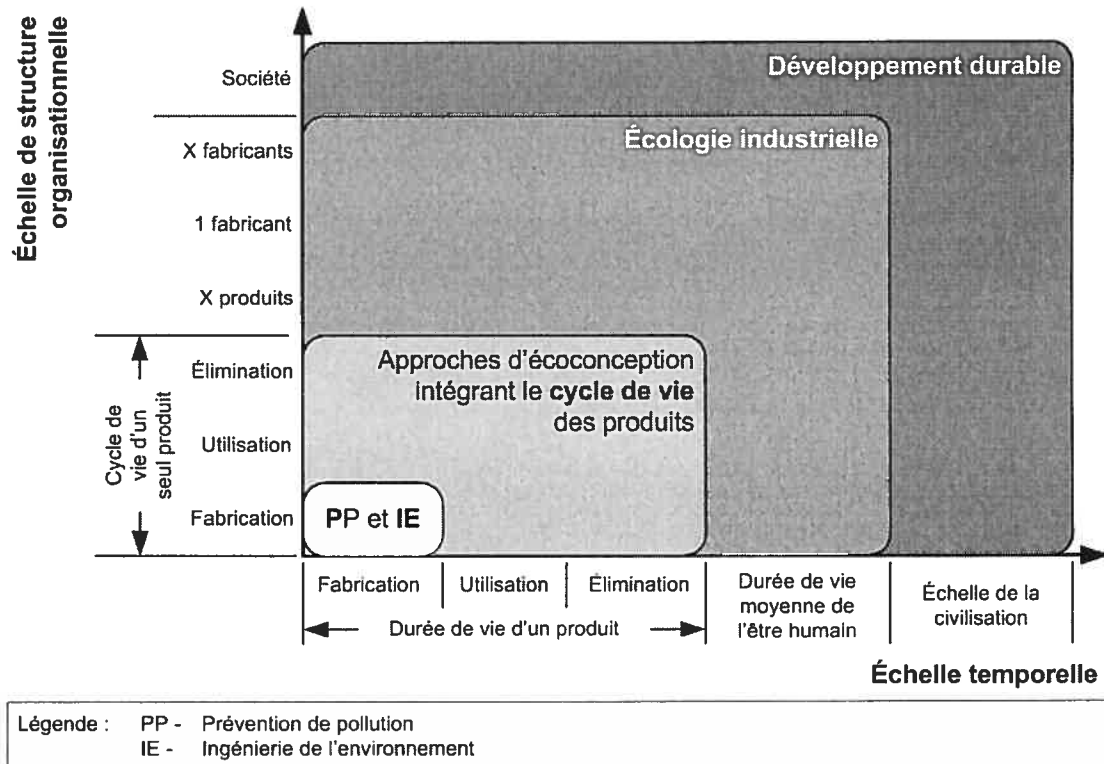


Figure 12 : Les dimensions de l'écoconception (D'après : JANIN, 2000, p.34)

La première dimension regroupe l'**Ingénierie Environnementale** (IE) et la **Prévention de Pollution** (PdP) qui interviennent principalement à l'étape de fabrication. L'IE regroupe les traitements dits « bout de tuyau » et contrôle les émissions polluantes afin de minimiser les impacts d'un produit lors de sa fabrication. La PdP fait appel à une série de stratégies telles que la réduction à la source et le recyclage en cours de production.

La seconde dimension considère le cycle de vie des produits : le **Design pour l'Environnement** – DpE (*Design for Environment* - DfE) et le **Design selon le Cycle de Vie** – DCV (*Life Cycle Design* – LCD). La DpE regroupe une série de stratégies visant la réduction des impacts environnementaux à l'une ou l'autre des étapes du cycle de vie. Le Tableau 5 présente un large éventail de ces stratégies proposé par Fiksel (FIKSEL, 1996).

Tableau 5 : Les stratégies d'écoconception selon le Design pour l'Environnement (DpE).  
(traduction libre) (D'après : FIKSEL, 1996, p.94)

Design pour la <b>réutilisation</b> et la <b>récupération</b> des <b>matériaux</b>	Conception en vue de la récupération des matériaux	Éviter les matériaux composites Spécifier les matériaux recyclables Utiliser des emballages recyclables
	Conception en vue de la récupération des composantes	Favoriser des contenants réutilisables Faciliter la remise à neuf Prévoir la possibilité de remanufacturer le produit
Design pour le <b>désassemblage</b>	Faciliter l'accès aux composantes du produit	Optimiser l'opération de démontage Faciliter l'enlèvement des pièces Éviter les parties scellées
Design pour réduire la production de <b>déchets</b>	Réduction de l'utilisation des ressources	Réduire les dimensions du produit Spécifier les matériaux les plus légers Préconiser des épaisseurs de paroi plus minces Privilégier les liquides concentrés Diminuer la masse des composantes Réduire le poids de l'emballage Préconiser les modes d'information informatiques
	Conception en vue de séparer les composantes	Faciliter l'identification des matériaux Utiliser le moins de matériaux différents possible Utiliser des matériaux similaires et compatibles
<b>Design pour la récupération et la réutilisation des déchets</b>		
<b>Design pour le l'incinération des déchets</b>		
Design pour la <b>conservation</b> de <b>l'énergie</b>	Réduire la consommation d'énergie dans la production	
	Réduire la consommation d'énergie lors de l'utilisation	
	Réduire la consommation d'énergie dans la distribution	Réduire les distances de transport Réduire les cas de transports urgents Réduire les volumes d'expédition requis
	Utiliser des types d'énergie renouvelable	
Design pour la <b>conservation</b> de la <b>matière</b>	Préconiser des produits remplissant plusieurs fonctions	
	Spécifier les matériaux renouvelables et recyclables	
	Utiliser des composantes remanufacturées	
	Concevoir un produit ayant une longue durée de vie	Prolonger les performances du produit Préconiser la mise à jour des composantes Préconiser une composante maîtresse réutilisable Préconiser le design de service (dématérialisation) Augmenter la durabilité du produit (résistance)
Design pour la <b>réduction</b> des <b>risques chroniques</b>	Réduire la production de rejets	
	Éviter les substances toxiques	
	Éviter les substances attaquant la couche d'ozone	
	Utiliser des substances à base d'eau	
	Préconiser les substances/matériaux biodégradables	
	S'assurer de respecter les normes en terme de disposition du produit	
Design pour la <b>prévention</b> des <b>accidents</b>	Éviter les matériaux inflammables	
	Minimiser les risques de fuites	
	Utiliser des systèmes de fermetures sécuritaires pour les enfants	
	Éviter que le produit soit utilisé de manière inadéquate	

Selon le DpE, toutes ces stratégies d'écoconception sont complémentaires les unes aux autres; l'application d'une stratégie ne garantit aucunement que le produit soit respectueux de l'environnement sur l'ensemble de son cycle de vie (JANIN, 2000). Par exemple, un produit facilement démontable et recyclable peut s'avérer très énergivore et peut contenir des matériaux dangereux.

Le DCV a plutôt comme objectif de dresser un profil environnemental d'un produit en tenant compte de son cycle de vie en entier. Les efforts de réduction des impacts lors de la conception seront donc faits autour des points faibles qui auront été identifiés préalablement. Cette approche a comme principal avantage d'éviter les déplacements de pollution<sup>9</sup>. Par contre, elle nécessite des connaissances multidisciplinaires ainsi qu'une vision à long terme. Boeglin et al. évoquent ce point :

« Toute modification des caractéristiques d'un produit sur un point précis a des répercussions sur l'ensemble du produit. (...) En écoconception, la démarche est similaire : améliorer la recyclabilité d'un produit, par exemple, doit s'accompagner d'une vérification des modifications engendrées (Le produit est-il plus lourd? Génère-t-il plus de déchets? etc.) de manière à éviter les déplacements de pollution, du moins, tenter d'arbitrer entre ces différentes sources de pollution pour déterminer celle qui doit être prioritairement réduite. » (BOEGLIN et al., 1999, p.13)

Les troisième et quatrième dimensions sont l'**Écologie Industrielle** et le **Développement Durable**. Celles-ci sont davantage orientées « systèmes » que « produits », car la conception dépasse le cadre du produit physique pour s'étendre au système dont il fait partie. L'Écologie Industrielle concerne non seulement plusieurs produits, mais aussi plusieurs entreprises et ce, sur une période de temps égale à celle d'une vie humaine. L'exemple le plus évocateur est sans conteste la réutilisation de déchets industriels par une autre entreprise; les déchets de l'une sont alors considérés comme une ressource pour l'autre. La dimension plus globale du Développement Durable intègre quant à elle les aspects sociaux et culturels au contexte industriel. Cette autre dimension comporte les stratégies suivantes :

- **Durabilité des produits** : produits ayant une longue durée de vie et auxquels les usagers accordent une grande valeur sentimentale;

---

<sup>9</sup> Les solutions découlant des approches d'Ingénierie Environnementale ou de Prévention de Pollution peuvent en effet engendrer des impacts ailleurs durant le cycle de vie. Par exemple, le fait d'avoir changé une composante afin de réduire les déchets lors de la fabrication pourrait faire augmenter considérablement la consommation d'énergie durant l'utilisation.

- **Dématérialisation** : le consommateur n'achète plus un produit, mais un service. Par exemple, une entreprise loue une photocopieuse dont l'entretien est assuré par l'entreprise. Celle-ci pourra retirer rapidement ses produits du marché, les remplacer et les valoriser en fin de vie beaucoup plus facilement s'ils sont conçus adéquatement dès le départ. Les deux principaux bénéficiaires y gagnent : l'entreprise peut concevoir ses produits pour qu'ils durent et se recyclent facilement et l'utilisateur n'a plus à se préoccuper de l'entretien de ses appareils;
- **Partage de l'utilisation de produits** : Les produits sont robustes, car ils sont conçus pour être utilisés par un grand nombre d'utilisateurs différents. À titre d'exemple, une personne ne dépense pas pour une nouvelle machine à laver, mais opte plutôt pour une buanderie qui offre le service à domicile.

### 2.3 Les partis intéressés

L'analyse de plusieurs projets pilotes en écoconception a démontré qu'un large éventail de « partis intéressés » (*stakeholders*) impliqués dans le projet contribue à sa réussite (BEHRENDT et al., 1997). ISO définit un parti intéressé comme suit : « individu ou groupe d'individus concerné ou affecté par la performance environnementale d'un organisme. » (ISO 14 050, 1998, p.5). Dans ce cas-ci, les partis intéressés sont concernés ou affectés par la mise en œuvre d'un projet d'écoconception. Le choix de ces participants doit se faire en fonction des besoins et des objectifs spécifiques à chaque projet ou à chaque entreprise, en considérant par exemple leur taille et les secteurs d'activités concernés. En effet, Janin affirme :

« On ne peut véritablement parler d'une structure organisationnelle " type " autour de l'écoconception. Selon le secteur d'activité et la taille de l'entreprise, les acteurs et leurs responsabilités respectives peuvent varier. » (JANIN, 2000, p.85)

En dépit de la spécificité de chaque projet, il est tout de même possible d'identifier les principaux partis intéressés et d'expliquer leur rôle dans la mise en œuvre d'un projet d'écoconception. La Figure 13 illustre les partis intéressés et leurs interrelations possibles lors d'un projet d'écoconception.

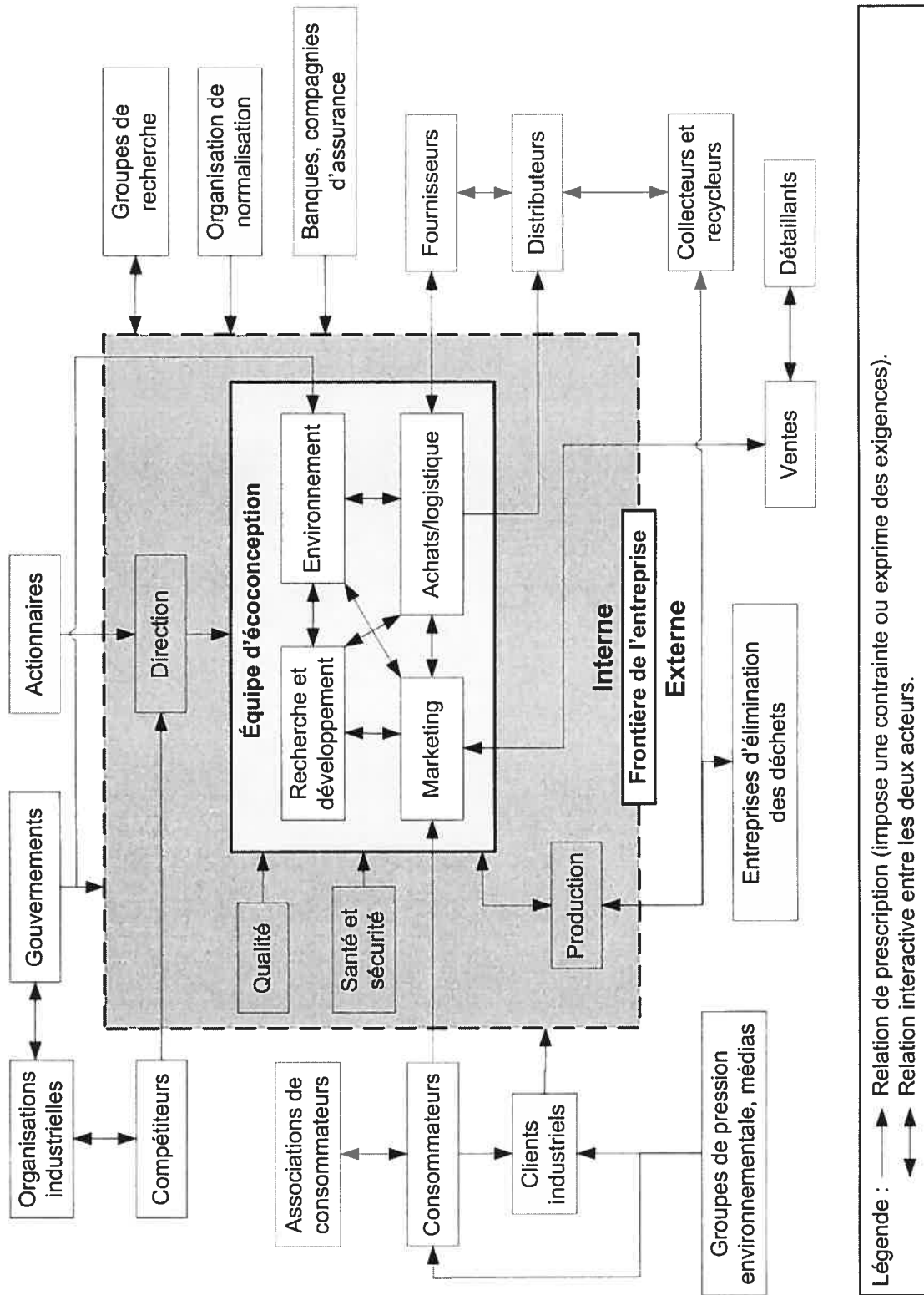


Figure 13 : Les principaux partis intéressés lors d'un projet d'écoconception.  
 (D'après : JANIN, 2000, p.86; BREZET & VAN HEMEL, 1997, p.56; BEHRENDT et al, 1997, p.44)

Tout d'abord, en plus des concepteurs (ex. : designers industriels, ingénieurs), l'équipe de conception devrait être constituée d'un ou plusieurs professionnels oeuvrant dans les départements suivants : recherche & développement, marketing, environnement, achats.

Le département de recherche & développement, de conception ou encore le bureau d'études compte généralement parmi ses professionnels des concepteurs, que ce soit des ingénieurs et/ou des designers industriels. Leur rôle peut être double, stratégique (phase de planification) et/ou opérationnel (phase de conception), dépendamment s'ils sont intégrés ou non à la planification du projet (JANIN, 2000). Dans le cas où des professionnels de la conception sont engagés comme consultants, ces derniers rempliront sensiblement les mêmes fonctions en établissant les mêmes liens de collaboration avec les partis concernés par le projet. Une personne dans l'entreprise sera alors mandatée afin de faciliter la communication entre celle-ci et la firme de consultation.

Le département d'environnement, s'il existe dans l'entreprise, appuiera les concepteurs dans leur recherche d'améliorations environnementales en fournissant un portrait environnemental de l'objet analysé et en proposant des stratégies d'améliorations réalistes (BEHRENDT et al., 1997). C'est à ce groupe que devrait être rattaché l'expert en écoconception. Il devra conseiller les autres départements, vérifier les options retenues par l'équipe de conception, s'informer sur les réglementations en vigueur (nationale et internationale) et fournir les outils d'écoconception appropriés (JANIN, 2000).

Les acheteurs quant à eux ont le devoir de connaître les technologies propres qui sont disponibles (exemples : matériaux, procédés de fabrication) et de communiquer aux fournisseurs les nouvelles exigences relatives à l'environnement.

Hormis ces quatre groupes à l'interne, l'équipe d'écoconception doit travailler en étroite collaboration avec les deux pôles hiérarchiques de l'entreprise, soit la chaîne de production et la direction. D'une part, la participation des employés travaillant sur la chaîne de production permet d'accroître leur motivation et facilite l'intégration de nouvelles façons de faire dans l'usine. En retour, leur connaissance accrue du fonctionnement de la chaîne de production est un atout important pour le choix de

stratégies d'écoconception. D'autre part, la direction joue un rôle stratégique puisque c'est elle qui définit l'échéancier et les objectifs poursuivis et qui détermine le budget et les actions à entreprendre dans le cadre d'une nouvelle politique environnementale.

Dans une entreprise, un projet d'écoconception peut être initié de deux manières : de « haut en bas » ou de « bas en haut » (« *top down* » ou « *bottom up* »). La première découle d'une volonté provenant de la haute direction de l'entreprise qui prend la décision d'informer tous les employés et de leur fournir les outils nécessaires. La deuxième option relève plutôt d'un groupe d'employés désireux d'instaurer une politique d'écoconception dans l'entreprise. À cet effet, ils devront convaincre les cadres de l'entreprise en les informant des bonnes pratiques de l'écoconception et des nombreux avantages qu'elle procure. Les conditions d'implantation optimale d'une telle stratégie apparaissent lorsque les principaux acteurs, qu'ils soient du « bas » ou du « haut », se partagent la même vision simultanément (TISCHNER et al., 2000).

## 2.4 L'importance de l'écoconception

Aujourd'hui, il est reconnu qu'une entreprise adoptant des pratiques d'écoconception obtient des bénéfices multiples à différents niveaux. La norme relative à l'intégration des aspects environnementaux dans la conception et le développement de produits met d'ailleurs à l'avant-plan toute une série de bénéfices potentiels :

- « L'abaissement des coûts par l'optimisation de l'utilisation des matières et énergies, par l'adoption de procédés plus efficaces et par la réduction des déchets à éliminer;
- La stimulation de l'innovation et de la créativité;
- L'identification de nouveaux produits tels que ceux fabriqués à partir de matériaux mis au rebut;
- La possibilité de répondre aux attentes des clients ou de les surpasser;
- L'amélioration de l'image de l'organisme et/ou de la marque;
- L'amélioration de la fidélité des clients;
- De meilleures opportunités d'attirer le financement et les investissements, en particulier de la part d'investisseurs soucieux de l'environnement;
- Une meilleure motivation des employés;

- Une meilleure connaissance du produit;
- La diminution des risques en matière de responsabilité juridique grâce à la réduction des impacts environnementaux;
- La réduction des risques;
- L'amélioration des relations avec les organismes réglementaires;
- L'amélioration de la communication interne et externe. »

(ISO 14 062, 2002, p.3)

Malheureusement, malgré tous ces bénéfices, beaucoup d'entreprises sont encore réticentes à l'idée d'introduire l'écoconception au sein de leurs politiques internes. L'une des idées préconçues les plus tenaces est sans doute celle qui laisse croire aux entreprises qu'un projet d'écoconception est une dépense inutile plutôt qu'un investissement. Les principales objections portent sur les coûts importants, les délais supplémentaires et les ressources humaines nécessaires à son implantation (TISCHNER et al., 2000; BREZET & VAN HEMEL, 1997). Tischner et al. soulignent que les arguments généralement amenés par les entreprises sont les suivants : « c'est une dépense d'argent sans rien avoir en retour », « nous n'avons ni assez de temps, ni les ressources nécessaires; l'écoconception est accessible seulement aux grandes entreprises », « nous avons toujours fait les choses de cette manière, pourquoi changer maintenant? », etc. (TISCHNER et al., 2000, p.15) Le scepticisme règne encore face à la faisabilité technique et économique pour implanter l'écoconception, surtout au sein des petites et moyennes entreprises (PME).

Pourtant, de plus en plus d'experts s'entendent pour dire que les critères et les stratégies d'écoconception mènent généralement à des économies substantielles d'argent (LEWIS & GERTSAKIS, 2001; TISCHNER et al., 2000; BREZET & VAN HEMEL, 1997). Par exemple, les interventions visant la réduction de la quantité de matières, du nombre de pièces, du poids total ou de l'énergie consommée contribue indéniablement à réduire non seulement les impacts environnementaux, mais aussi les frais liés à la fabrication, à la distribution, à l'entreposage et à la phase d'utilisation d'un produit. Une recherche montre qu'une réduction de trente à cinquante pour cent des impacts environnementaux est généralement réalisable et ce, même à court terme (BREZET & VAN HEMEL, 1997). En outre, une étude sur le cycle de vie d'un produit fait souvent apparaître des coûts environnementaux indirects qui ont été longtemps ignorés, permettant ainsi la réalisation d'économies



potentielles à moyen et long termes (TISCHNER et al., 2000; BEHRENDT et al, 1997). À titre d'exemples, pensons aux coûts reliés à la disposition de produits en fin de vie, à leur entretien et réparation, mais aussi aux coûts éventuels dus au traitement des émissions solides, liquides et gazeuses, ainsi qu'à la décontamination de certains sites mal exploités.

En guise de démonstration, une étude effectuée en Belgique auprès de six PME manufacturières a démontré les bienfaits de l'écoconception au sein des PME (CEUTERICK & VERCALSTEREN, 1999). Ces chercheurs ont réalisé un projet pilote ayant comme but de vérifier si ce type d'entreprises était en mesure d'apporter des améliorations environnementales à leurs produits ou services en se basant sur la méthodologie hollandaise *Promise* (BREZET & VAN HEMEL, 1997). Selon leur étude, trois PME ont abouti à de nouveaux produits innovateurs ayant des avantages environnementaux significatifs. De plus, deux entreprises parmi ces trois ont affirmé vouloir renouveler cette expérience pratique lors de projets futurs. Deux autres PME ont décelé des opportunités par l'application de principes d'écoconception pour le développement de produits éventuels. Seule une PME n'a pas obtenu de résultats concluants pouvant la motiver à mettre en œuvre d'éventuelles activités d'écoconception à l'interne. Ces résultats démontrent que, dans la majorité des cas, et ce même dans une PME, l'implantation d'un projet d'écoconception contribue réellement à améliorer l'efficacité des entreprises. Il conviendrait donc de développer des moyens, des stratégies et des recommandations afin de convaincre les entreprises qu'il s'agit bel et bien d'un investissement rentable, plutôt qu'une perte de temps et d'argent. En guise de résumé, le Tableau 6 présente les facteurs de réussite et d'échec d'un projet d'écoconception (voir page suivante).

Tableau 6 : Facteurs de réussite et d'échec pour un projet d'écoconception.  
(D'après : JANIN, 2000, pp. 138-142)

<b>Facteurs de réussite</b>
Le <b>degré de motivation</b> de la direction et du groupe assigné au projet d'écoconception qui crée un engouement généralisé au sein de toute l'entreprise;
La qualité de la traduction des engagements de la direction en <b>objectifs</b> apparaissant dans le cahier des charges fourni par le service de marketing afin de guider l'équipe d'écoconception;
La capacité à travailler en équipe (partenaires internes et externes) dans un projet <b>pluridisciplinaire</b> ;
<b>L'appropriation des mécanismes classiques</b> de la conception afin d'attribuer les tâches aux personnes appropriées et de déterminer où et comment agir;
Des <b>séances d'information</b> auprès du personnel portant sur des exemples de réussite en écoconception vont contribuer à accroître leur motivation. Les employés seront d'autant plus heureux de prendre connaissance des résultats positifs de leurs actions si un suivi est fait après leur travail (ex. : augmentation des ventes ou image de marque améliorée);
La <b>simplicité et l'efficacité des outils</b> d'écoconception sont primordiales à la réussite d'un projet. Les employés doivent également être sensibilisés à l'environnement dans leurs gestes quotidiens;
La qualité de <b>l'aide apportée par un expert</b> en écoconception aux concepteurs est décisive dans l'accomplissement d'un projet d'écoconception. Celui-ci doit être disponible, enthousiaste, bon communicateur et demeurer au fait des problématiques rencontrées.
L'approche d'écoconception doit être <b>globale, structurée</b> et la plus <b>pragmatique</b> possible.
<b>Facteurs d'échec</b>
Le <b>manque de savoir-faire et de connaissances</b> relatives à l'environnement est souvent la cause de questions restées sans réponse;
De nombreuses <b>incertitudes</b> quant à l'aspect temporel des prédictions, au nombre de personnes à impliquer, aux techniques à appliquer et à l'évolution des réglementations;
Une incompréhension de certains enjeux concernant les <b>incitatifs</b> internes et externes;
Une <b>incertitude</b> liée au choix des <b>méthodes et outils</b> d'écoconception qui serviront de balises tout au long des prises de décision;
Des <b>critères environnementaux</b> trop souvent considérés comme <b>contraire aux objectifs économiques</b> . Par exemple, la croyance populaire veut que la notion de durabilité soit incompatible avec les objectifs commerciaux.

Il existe donc des conditions de succès et d'échec pour la mise en œuvre d'un projet d'écoconception. Janin fait d'ailleurs remarquer que :

« Le manque d'informations, des outils trop complexes et inadaptés, de forts investissements dissuasifs ou bien encore des équipes de projets submergées de documents parfois incompréhensibles semblent être les principales raisons d'une certaine démotivation de ces entreprises. »  
(JANIN, 2000, p.22)

Il est donc important pour une entreprise ou un concepteur de connaître et de tirer profit des incitatifs afin d'augmenter les chances de succès. Ceux-ci contribuent à mieux définir les objectifs et à identifier les opportunités intéressantes.

## **2.5 Les moteurs de l'écoconception**

Les moteurs de l'écoconception peuvent être internes et externes à l'entreprise. Les incitatifs internes sont des indicateurs qualitatifs qui aident à préciser les aspects que à améliorer, ou encore à déterminer quelles sont les pratiques pouvant être modifiées. Les incitatifs externes quant à eux indiquent les facteurs extérieurs pouvant inciter une entreprise à adhérer à différents programmes environnementaux (ex. : un plan de gestion environnemental, l'intégration de méthodes d'écoconception). Plusieurs changements sociaux reconnus par la société en général vont augmenter l'influence de certains incitatifs externes. Idéalement, toutes les entreprises, surtout celles désirant adopter des pratiques d'écoconception, devraient connaître ces changements afin d'optimiser ses chances de succès.

La prochaine section présente les principaux incitatifs susceptibles de faire tomber plusieurs préjugés. Ces informations proviennent du Guide *Ecodesign : a promising approach to sustainable production and consumption* que Janin a traduit dans le cadre de sa thèse (BREZET & VAN HEMEL, 1997; JANIN, 2000).

### 2.5.1 Les incitatifs internes

Les principaux incitatifs internes à l'entreprise pour l'intégration de l'écoconception sont illustrés dans la Figure 14 et sont explicités par la suite.

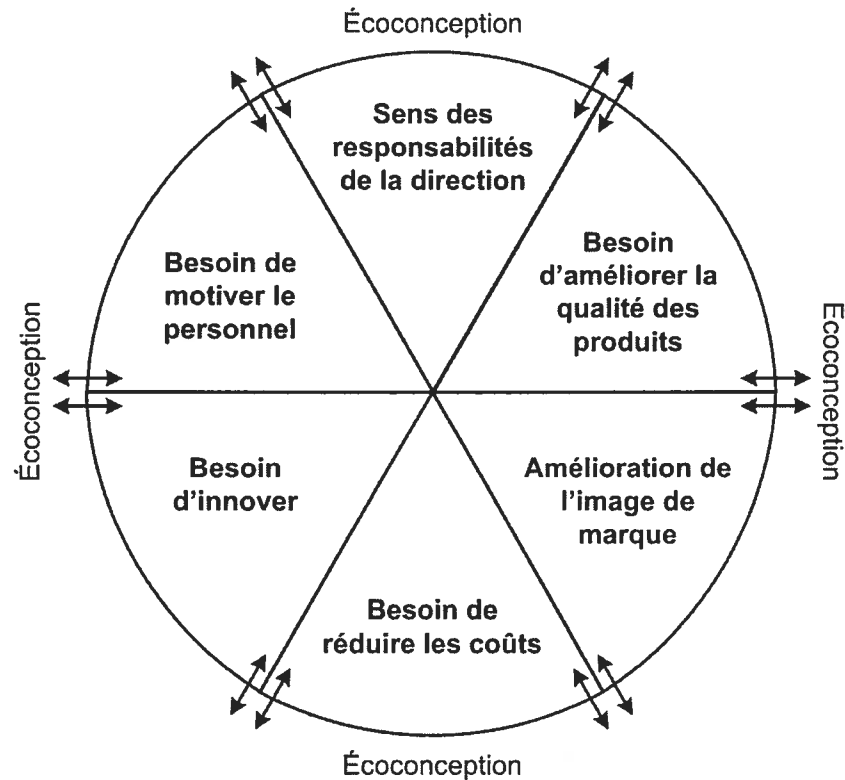


Figure 14 : Les principaux incitatifs internes pour l'écoconception.  
(D'après : BREZET & VAN HEMEL, 1997, p.25, in JANIN, 2000, p.48)

- Le sens des responsabilités de la direction :

Le sens moral de la direction ainsi que son comportement volontariste (approche « top-down » ou descendante) en vue de l'adoption de pratiques respectueuses de l'environnement facilitent grandement l'intégration d'un projet d'écoconception dans une entreprise. Si elle est consciente, d'une part, des responsabilités du milieu industriel envers l'environnement et, d'autre part, des enjeux que représente le développement durable, la direction sera prête à s'investir (JANIN, 2000).

- L'amélioration de la qualité des produits :

Au même titre que les critères de conception habituels tels le prix, l'esthétique ou l'ergonomie, l'aspect environnemental contribue à accroître la valeur du produit. À cet effet, plusieurs critères de conception vont de pair avec l'environnement, par exemple, la fiabilité, la fonctionnalité, la « réparabilité » et la durabilité du produit.

Mais force est de reconnaître qu'un produit « vert » n'est pas forcément un produit de qualité.

- L'amélioration de l'image de marque :

L'importance de projeter une image de marque positive en mettant sur le marché des produits plus respectueux de l'environnement est de plus en plus présente dans l'industrie, notamment en électronique et en informatique. Pour ce faire, l'entreprise devra établir des stratégies de communication afin de faire valoir ses initiatives, en publiant des rapports environnementaux, en faisant parvenir des fiches techniques de leurs produits aux clients, etc.

- Le besoin de réduire les coûts :

Aujourd'hui, les entreprises adoptent l'une ou l'autre des attitudes suivantes : soit elles considèrent l'écoconception comme une contrainte supplémentaire, soit elles en font un avantage concurrentiel en anticipant les pressions exercées par la société, les gouvernements ou l'évolution des marchés. Dans un milieu où les programmes de responsabilisation environnementale deviennent de plus en plus nombreux, la deuxième alternative leur donne un net avantage concurrentiel en les plaçant en avant. Et plus le temps s'écoulera, plus il sera difficile de rattraper celles qui auront emboîté le pas en premier. La Figure 14 illustre la progression des coûts d'investissement selon la position des entreprises (suiveuse ou proactive).

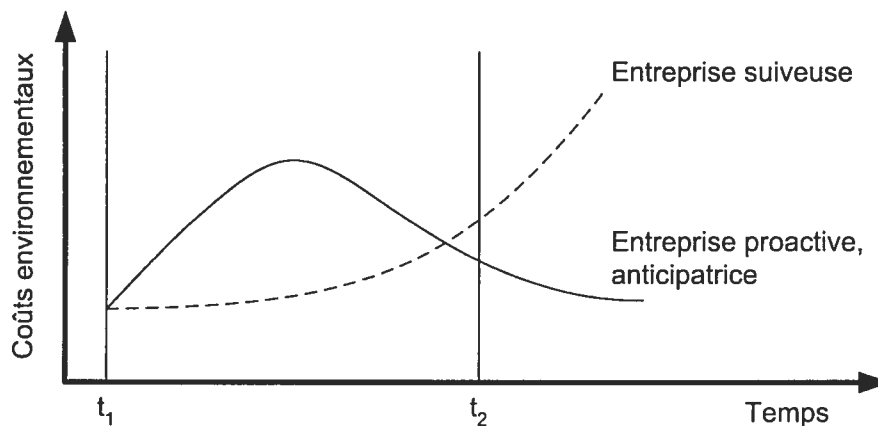


Figure 15 : Courbes des coûts environnementaux selon deux types d'entreprise : suiveuse et proactive (Source : BREZET & VAN HEMEL, 1997, p.32, in JANIN, 2000, p.67)

Concrètement, l'écoconception permet de réaliser des économies immédiates en consommant moins d'énergie et en utilisant moins de matériaux pour la fabrication

de produits et, mais permet également d'éviter des coûts à long terme associés à la gestion de déchets et de substances toxiques. À ce sujet, Janin fait remarquer également que « l'entreprise peut parfois compter sur des baisses de primes d'assurances pour des produits moins dangereux. » (JANIN, 2000, p.66) Selon plusieurs auteurs, toutes les compagnies devront réduire leur empreinte environnementale en empruntant différentes stratégies d'amélioration sur leurs produits ou services et ce, dans un futur rapproché (LEWIS & GERTSAKIS, 2001; TISCHNER et al., 2000; BEHRENDT et al, 1997). De telles initiatives contribueront à assurer une croissance économique à long terme à travers un mode de développement durable.

- Le besoin d'innover :

La prise en compte du critère environnemental est considérée comme une opportunité d'ouverture pour de nouveaux marchés, en repensant tout autrement le produit à concevoir. Cette redéfinition peut aboutir à des changements radicaux où un produit tangible est remplacé par un SPS. Le degré d'innovation atteint dépendra du niveau de remise en cause du produit dès l'amorce de la phase de conception du projet.

- Le besoin de motiver le personnel :

La motivation des employés à adopter des comportements plus responsables vis-à-vis l'environnement est considérée comme un moteur d'intégration de l'écoconception puisque leur contribution quotidienne sera valorisée en fonction d'un objectif commun à tous les employés, soit celui de réduire les impacts environnementaux des produits qu'ils fabriquent. Qui plus est, cette dynamique contribue à installer une certaine fierté et un fort sentiment d'appartenance qui, au bout du compte, se reflètent dans la qualité des produits. Enfin, l'écoconception peut améliorer les conditions d'hygiène et de sécurité dans l'entreprise. Par exemple, l'interdiction d'utilisation du cadmium dans la fabrication de pièces électroniques élimine les risques d'intoxication des employés.

### **2.5.2 Les incitatifs externes**

Les principaux incitatifs externes à l'entreprise pour l'intégration de l'écoconception sont illustrés à la Figure 16 et sont explicités par la suite. Parmi les multiples facteurs de persuasion, la demande du marché ainsi que les actions gouvernementales sont de

loin les plus déterminantes (BREZET & VAN HEMEL, 1997). Les prochains paragraphes présenteront la contribution respective de chacun de ces incitatifs externes.

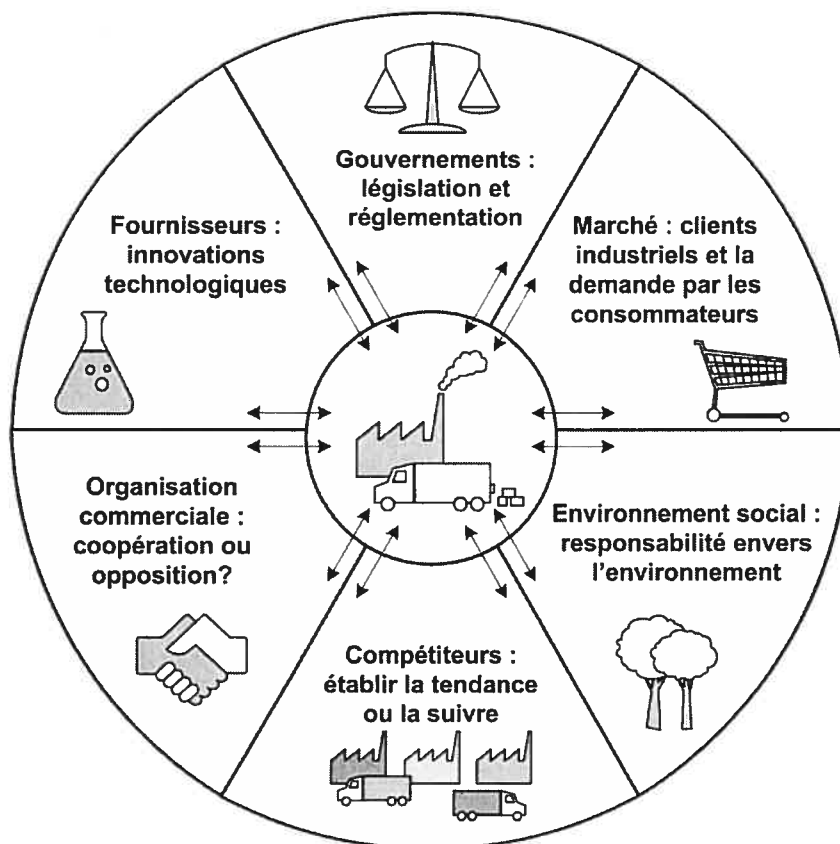


Figure 16 : Les principaux incitatifs externes de l'écoconception.  
(D'après : BREZET & VAN HEMEL, 1997, p.27, in JANIN, 2000, p.65)

- La législation et la réglementation gouvernementales :

L'élargissement du cadre législatif environnemental orienté vers les produits est une tendance qui s'accroît depuis les dernières années, notamment en Europe du Nord, aux États-Unis et au Japon (BREZET & VAN HEMEL, 1997). L'une des mesures les plus connues est probablement le principe du pollueur-payeur<sup>10</sup>. Une autre tendance observée est que les entreprises deviennent responsables des produits qu'elles mettent sur le marché jusqu'à leur fin de vie.

<sup>10</sup> Le 16<sup>e</sup> principe de la déclaration de Rio sur l'environnement et le développement porte sur l'application de cette mesure : « Les autorités nationales devraient s'efforcer de promouvoir l'internalisation des coûts de protection de l'environnement et l'utilisation d'instruments économiques, en vertu du principe selon lequel c'est le pollueur qui doit, en principe, assumer le coût de la pollution, dans le souci de l'intérêt public et sans fausser le jeu du commerce international et de l'investissement. » Le lecteur intéressé à la déclaration de Rio pourra consulter le site Internet suivant : <http://www.un.org/french/events/rio92/rio-fp.htm>.

- Les exigences du marché :

Aujourd'hui, les consommateurs sont de plus en plus sensibilisés à la qualité des produits qu'ils consomment. Déjà dans les années 1970 et 1980, cette préoccupation était présente et une grande partie de la population était prête à acheter « vert », même s'il fallait déboursier un peu plus qu'à l'ordinaire (JANIN, 2000). Malheureusement, cette tendance s'est essouffée avec la mise en avant-plan d'autres priorités comme la santé ou l'emploi, ainsi que l'apparition d'une myriade d'écologos qui n'a fait que désorienter les consommateurs. Quoiqu'il en soit, si la demande pour des produits « verts » se manifeste, elle constitue un incitatif certain pour la mise en œuvre de l'écoconception pour un produit cible.

- Les pressions sociétales :

Tel que mentionné précédemment, la médiatisation grandissante des catastrophes environnementales entraîne une protestation de la population exerçant une pression sur les entreprises délinquantes. La pression des milieux sociaux (ex. : syndicats, actionnaires, assureurs, associations d'écologistes, riverains, associations ou ordres professionnels) pour un plus grand respect de l'environnement pousse les entreprises à mettre en œuvre des mesures visant l'amélioration de leurs performances environnementales, tant au niveau des infrastructures qu'au niveau des produits et services qu'elles mettent en marché.

- La compétition :

Certaines entreprises se servent d'arguments environnementaux pour se démarquer de la concurrence. Il est intéressant de noter que les produits « verts » obtiennent en général de meilleures notes dans les concours ou les tests de consommation (BREZET & VAN HEMEL, 1997). Ainsi, une nouvelle concurrence s'installe entre les entreprises afin d'offrir le meilleur produit au plan environnemental. Il s'agira donc pour chacune d'elles d'évaluer les impacts environnementaux de leurs produits afin de se situer parmi leurs compétiteurs. À ce chapitre, l'ACV s'avère un outil très intéressant.



- Les organisations commerciales :

Certaines organisations commerciales ou industrielles encouragent les industries à entreprendre des actions environnementales. Elles imposent même parfois des pénalités aux entreprises qui nuisent considérablement à l'environnement. Ces pratiques sont largement répandues dans le domaine des emballages.

- Les fournisseurs :

Certains fournisseurs ayant amorcé le virage environnemental sont en mesure d'influencer leurs clients industriels en leur offrant de nouveaux produits issus d'une technologie innovatrice au plan environnemental. Bien que cette stratégie soit parfois fructueuse, le scénario inverse est plus probant; une entreprise de grande envergure adoptant des pratiques environnementales est souvent plus persuasive à l'endroit de ses fournisseurs.

## 2.6 La démarche traditionnelle en conception

Il convient d'abord de tirer les grandes lignes de la démarche de conception traditionnelle, car elle constitue la base du processus d'écoconception. Le processus de conception conventionnel peut être présenté de plusieurs façons. Par contre, dans chacun des cas, il comporte minimalement trois étapes :

1. l'analyse du **besoin** et de la **problématique**,
2. l'élaboration des **critères** de conception accompagnée d'une recherche de **concepts**;
3. l'étape d'**évaluation** permettant d'appuyer les prises de décisions.

L'une des manières courantes de visualiser le processus de conception consiste en une série de tâches consécutives qui doivent être exécutées afin d'arriver à un produit final (LUTTROP, 1999). Habituellement, ce type de modèle se présente selon une démarche itérative, c'est-à-dire qui permet de revenir en arrière afin de préciser le champ de connaissances au fur et à mesure que le projet progresse. La Figure 17 illustre le processus de design traditionnel tel que le conçoit Quarante, alors directrice de la filière de design industriel à l'Université de technologie de Compiègne (QUARANTE, 2001).

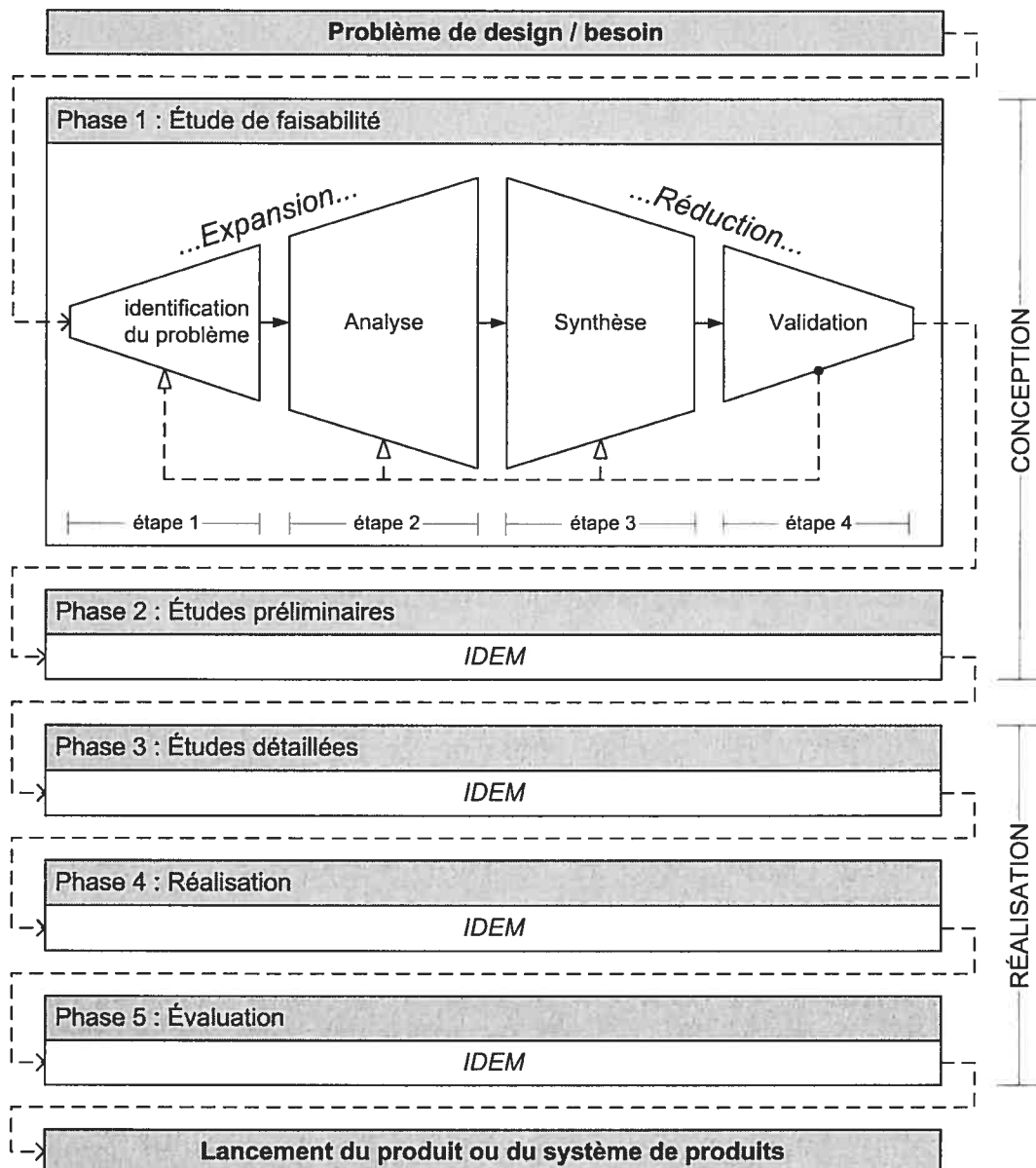


Figure 17 : Le processus de conception à travers la gestion de projet en conception industrielle (D'après : QUARANTE, 2001, p.378 et 394)

Selon Quarante, il faut distinguer la gestion de projet du processus de conception (QUARANTE, 2001). La gestion de projet en design correspond à un découpage chronologique du déroulement du projet en différentes phases afin de construire un cadre méthodologique. Deux grandes périodes recouvrent ces cinq phases, soit la période de conception (phases 1 et 2) et la période de réalisation (phases 3, 4 et 5). Il est intéressant de noter que dans sa thèse, Janin présente quelques processus

traditionnels<sup>11</sup> qui placent la phase 3 dans la période de conception (JANIN, 2000). Chacune des phases fait l'objet d'une démarche subdivisée en quatre étapes : l'identification du problème, l'analyse, la synthèse et la validation (QUARANTE, 2001).

Bien que l'amélioration des performances environnementales puisse être profitable à toutes les phases, le processus de conception auquel nous nous référons depuis le début relève davantage de la conception, à laquelle sont rattachées les phases d'étude de faisabilité et d'étude préliminaire, et parfois d'étude détaillée. L'étude de faisabilité permet d'envisager la problématique générale en déterminant l'ampleur et les implications positives ou négatives du projet à l'étude. Le but est d'identifier les incidences du design afin d'éviter de prendre toute décision susceptible de compromettre le projet. Au terme des diverses considérations (ex. : économiques ou techniques), il sera possible de déterminer si le projet mérite d'être poursuivi (QUARANTE, 2001). L'étude préliminaire recherche des alternatives ou de nouveaux concepts afin de répondre au problème identifié initialement et ce, à partir de critères bien définis. L'élaboration de préconcepts mènera au choix d'un concept final, qui fera l'objet d'une étude plus exhaustive lors de la période de réalisation.

Dans chacune des phases (1 à 5), la démarche s'exerce selon un processus de pensée qui commence par l'identification du problème posé, se poursuit par une étape d'analyse, puis par une étape de synthèse conduisant à un choix. C'est cette dernière étape qui fera l'objet d'une validation. Quarante clarifie les notions d'expansion et de réduction illustrées à la Figure 17 :

« L'acte conceptuel commence, pratiquement toujours, par un élargissement du champ (étape analytique caractérisée par le concept d'expansion) et se poursuit par une étape synthétique (caractérisée par le concept de réduction) qui permet d'aboutir à une solution finale. »  
(QUARANTE, 2001, p.393)

La première étape, celle de l'identification du problème, est très importante, car une mauvaise définition peut comporter une incohérence avec les faits et entraîner le projet vers un échec certain. Pour éviter une telle situation, il est indispensable de :

---

<sup>11</sup> Le lecteur intéressé pourra consulter la thèse Démarche d'éco-conception en entreprise - Un enjeu : construire la cohérence entre outils et processus aux pages 108 à 119. (JANIN, 2000)

1. Comprendre et juger de la finalité du problème à traiter;
2. Prévoir les conséquences directes ou indirectes des solutions envisagées;
3. Connaître les besoins, les exigences des usagers concernés directement ou indirectement;
4. Savoir se référer à d'autres domaines, comme la psychologie, l'ergonomie, la sociologie, l'écologie, etc.

L'étape d'analyse consiste principalement à collecter toutes les informations susceptibles d'enrichir le champ de connaissances nécessaires à la bonne compréhension du projet. Ces informations peuvent provenir de sources internes ou externes, soit par les responsables et les rapports des différents départements de l'entreprise, soit par la consultation de sources bibliographiques, d'enquêtes auprès des utilisateurs ou de banques de données spécialisées.

L'étape de synthèse est sans aucun doute la plus difficile à cerner parmi les quatre, car elle implique l'aspect créatif de la conception, une notion complexe encore mal définie par les scientifiques. Le produit se concrétise au fur et à mesure que le concepteur répond aux critères et aux contraintes inscrits au cahier des charges (ex. : technologiques, économiques, écologiques). Ces derniers se sont révélés en bonne partie par l'acquisition de connaissances relatives au contexte. En général, le nombre de solutions varie en fonction de la précision du problème posé : plus le problème est clair et précis, plus le nombre de solutions envisageables est limité. L'acquisition d'informations et l'apparition de contraintes diminuent le degré de liberté au cours de la recherche de solutions alternatives. La Figure 18 illustre la progression de l'ensemble des étapes de synthèse durant le processus de conception. Notez que l'axe horizontal de cette figure correspond à l'axe vertical de la Figure 17.

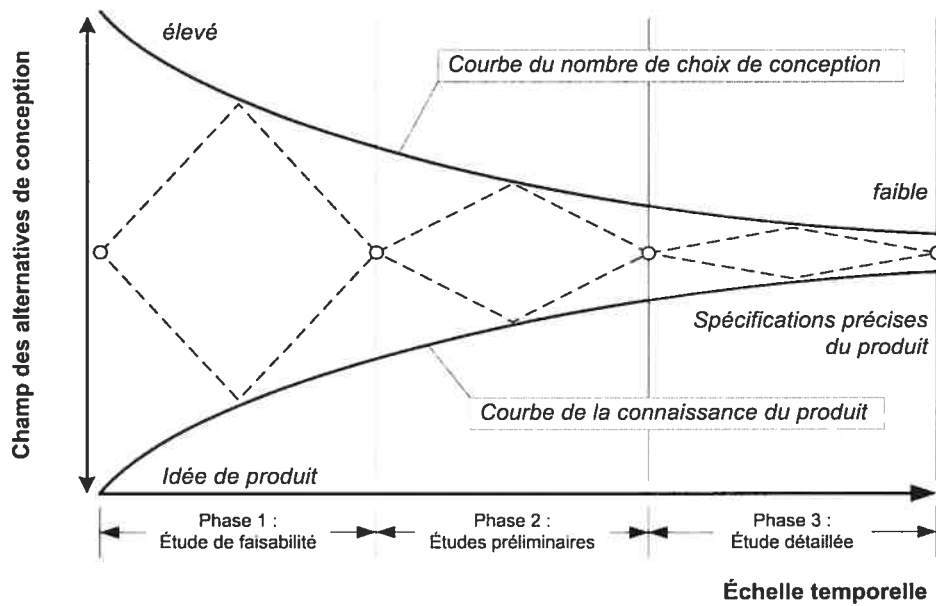


Figure 18 : Restriction du champ de connaissance en fonction du temps. (D'après : BEHRENDT et al., 1997, p.47, in JANIN, 2000, p.107)

Luttrupp illustre cette même évolution en présentant les degrés de liberté et d'originalité qui varient également en fonction de l'avancement du projet. La Figure 19 illustre le processus de création à travers les étapes de conception (LUTTROPP, 1999).

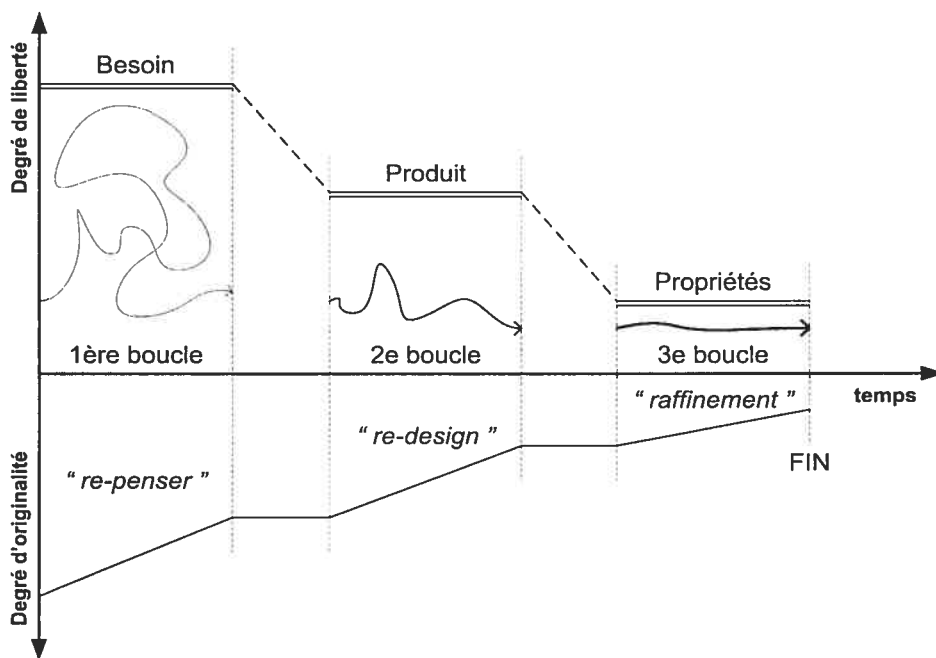


Figure 19 : Le processus de conception présentant trois boucles selon la variation du degré de liberté d'action en fonction de l'acquisition de connaissances. (traduction libre) (D'après : LUTTROPP, 1999, p.3)

L'étape de validation se traduit par une évaluation justifiant le choix d'une des solutions proposées. Il est important de souligner que les objectifs diffèrent selon la phase (1 à 5). Pour la phase d'étude de faisabilité, le but est de chercher les possibles conséquences du design afin de prévenir les mauvaises décisions. Dans le cas de la phase d'étude préliminaire, il s'agit plutôt de vérifier si les qualités de l'idée ou du principe retenu sont cohérentes avec les objectifs de départ.

## 2.7 Le processus d'écoconception

Selon plusieurs auteurs, le processus d'écoconception n'est pas étranger à celui traditionnellement utilisé en conception (JANIN, 2000; BREZET & VAN HEMEL, 1997). Janin s'explique sur ce point :

« L'intégration du paramètre environnemental dès la conception implique l'adjonction de réflexions environnementales et l'utilisation d'outils supplémentaires dans les différentes étapes d'un processus "classique". » (JANIN, 2000, p.106)

Même si chaque projet d'écoconception est a priori unique, la norme ISO 14062 présente un modèle générique de processus de conception intégrant l'aspect environnemental (voir Figure 20). Cette figure illustre le parallèle entre les étapes de conception classique et les actions possibles afin d'y intégrer l'aspect environnemental. Il existe plusieurs ouvrages portant sur la mise en œuvre de l'écoconception. Les auteurs proposent des méthodes similaires, mais non identiques.

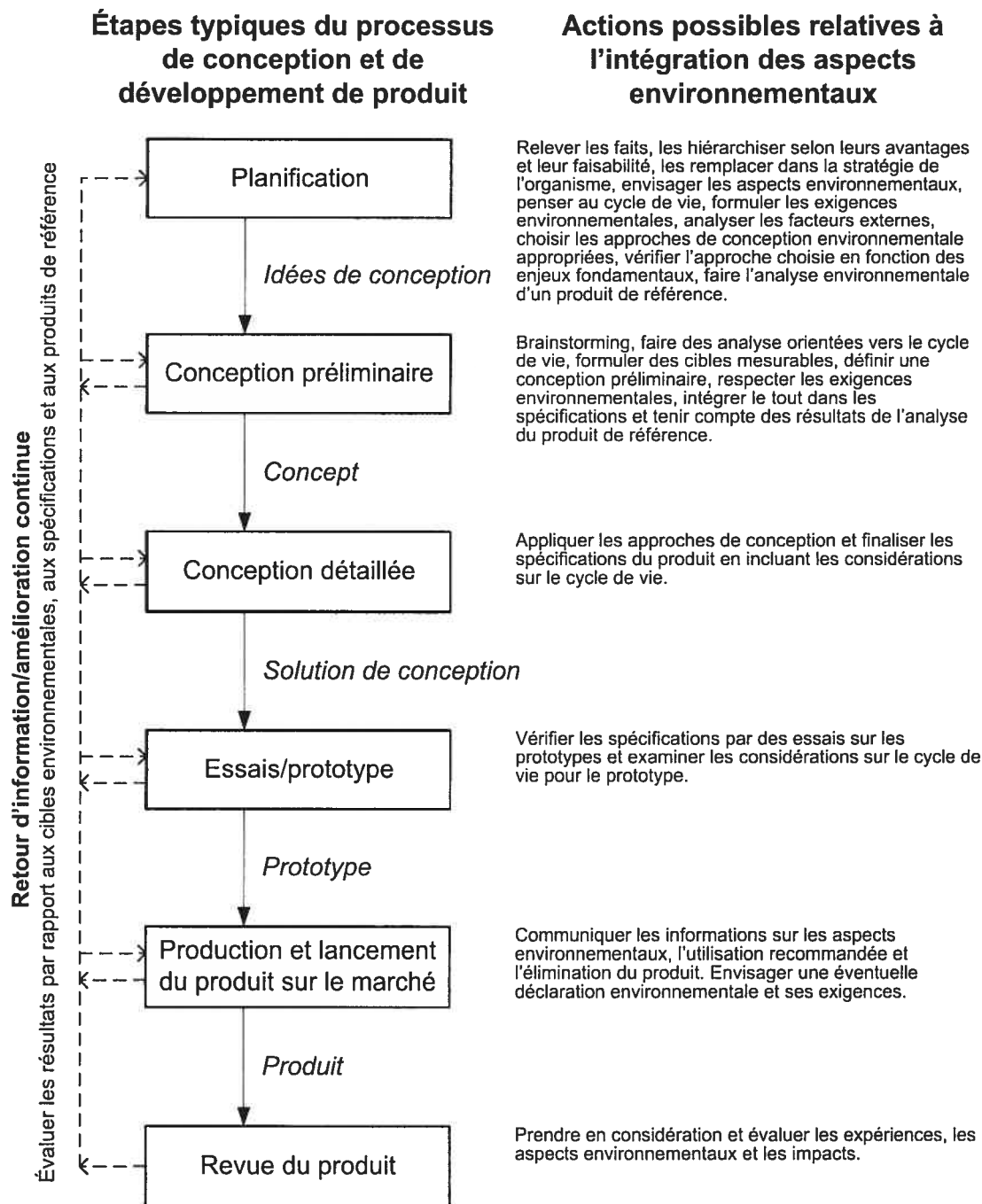


Figure 20 : Exemple de modèle générique de prise en compte des aspects environnementaux dans le processus de conception et de développement de produit.  
(D'après : ISO 14 062, 2002, p.17)

## 2.8 La comparaison entre trois processus d'écoconception

Bien que les trois processus d'écoconception présentés dans cette section soient similaires, les objectifs poursuivis par chacun font en sorte qu'ils présentent des caractéristiques propres. Cette section de ce mémoire présente une comparaison en deux temps, soit selon leurs étapes et leurs stratégies. Notez qu'il existe un Guide d'écoconception publié par le Gouvernement canadien destiné aux entreprises désireuses d'intégrer les principes d'écoconception (CNRC, 2003). Celui-ci n'a pas été retenu pour cette comparaison, car il correspond majoritairement au guide *Ecodesign : a promising approach to sustainable production and consumption* analysé dans la présente section

*Design + Environment* est le fruit d'un vaste programme australien (*EcoReDesign™*) développé par le *Center for Design* au *RMIT University* (*Royal Melbourne Institute of Technology*) (LEWIS & GERTSAKIS, 2001). Ce Centre a mis sur pied un programme en collaboration avec des industries australiennes, afin d'améliorer la performance environnementale des produits en respectant des principes d'écoconception. Cet ouvrage a comme principal objectif de fournir des informations pratiques aux designers qui souhaitent réduire les impacts négatifs sur l'environnement engendrés par les produits.

*How to do EcoDesign?* tire son origine d'un projet de recherche mené par plusieurs chercheurs au profit de l'Agence Environnementale Fédérale Allemande (*German Federal Environmental Agency*) de Berlin (TISCHNER et al., 2000). Ce livre présente les méthodes, les stratégies et les outils nécessaires pour réussir un projet d'écodesign. Ses auteurs proviennent de milieux de recherche importants comme l'*Office for Environmental Studies* à Tübingen, ou l'*Institute for Environmental Economy Research* à Heidelberg. L'un des sept auteurs de ce livre est Ursula Tischner, la fondatrice de l'agence « Econcept », l'un des rares bureaux de consultation spécialisés en écodesign mondialement reconnu. Ce livre s'adresse à tous les individus impliqués dans la mise en pratique d'un projet d'écoconception, peu importe qu'il soit du milieu industriel (les PME en particulier), scientifique ou de l'éducation.

*Ecodesign : a promising approach to sustainable production and consumption* est conçu de manière à faciliter non seulement la réalisation d'un projet d'écoconception, mais aussi l'implantation systématique de cette pratique dans les



entreprises (BREZET & VAN HEMEL, 1997). Il s'agit d'une version améliorée d'un premier document réalisé en 1994 par plusieurs experts internationaux, à laquelle ont travaillé plusieurs chercheurs provenant de *Delft University of Technology*, du *Rathenau Institut* et de l'UNEP (*United Nation Environmental Program*), ainsi que des entreprises et des experts de réputation mondiale.

Le Tableau 7 présente une synthèse des trois ouvrages en fonction des étapes et des stratégies propres à chaque processus.

Tableau 7 : Étapes et stratégies relatives à chacun des processus de conception. (traduction libre) (D'après : LEWIS & GERTSAKIS, 2001; TISCHNER et al., 2000; BREZET & VAN HEMEL, 1997)

	<b>Étude 1</b> <i>Design + Environment</i> (LEWIS & GERTSAKIS, 2001)	<b>Étude 2</b> <i>How to do ecodesign?</i> (TISCHNER & al., 2000)	<b>Étude 3</b> <i>Ecodesign : a promising approach</i> (UNEP, 1997)
<b>Étapes</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Évaluer les impacts environnementaux</li> <li>2. Recherche d'un marché cible</li> <li>3. Ateliers pour trouver des idées</li> <li>4. Sélectionner les stratégies de design</li> <li>5. Conception du produit</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Définir l'envergure du projet et la tâche à accomplir</li> <li>2. Analyser un produit de référence et/ou le besoin-problème</li> <li>3. Générer et sélectionner des idées</li> <li>4. Développer des concepts réalistes</li> <li>5. Évaluation finale du concept</li> <li>6. Réalisation et mise en marché</li> <li>7. Suivi du produit-service après la mise en marché</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Organiser un projet d'écoconception</li> <li>2. Choisir un produit</li> <li>3. Établir la stratégie d'écoconception</li> <li>4. Générer et sélectionner des idées</li> <li>5. Approfondir les concepts</li> <li>6. Communiquer et lancer le produit sur le marché</li> <li>7. Établir les activités de suivi</li> </ol>
<b>Stratégies</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sélection de matériaux à faible impact environnemental</li> <li>2. Éviter les matières toxiques et dangereuses</li> <li>3. Choisir des procédés plus propres</li> <li>4. Maximiser l'efficacité de l'énergie et de l'eau</li> <li>5. Concevoir pour minimiser la production de déchets</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Optimiser les entrants de matières               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. quantitativement (qté de matière)</li> <li>b. qualitativement (type de matière)</li> </ol> </li> <li>2. Optimiser les entrants en énergie               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. quantitativement (qté de matière)</li> <li>b. qualitativement (type de matière)</li> </ol> </li> <li>3. Réduire la superficie quant à l'utilisation de la terre               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. quantitativement (qté de terre)</li> <li>b. qualitativement (type de terre)</li> </ol> </li> <li>4. Augmenter le rendement du service</li> <li>5. Réduire les polluants</li> <li>6. Réduire les déchets</li> <li>7. Réduire les émissions (air, eau, sol)</li> <li>8. Réduire les risques pour la santé et l'environnement</li> </ol>	<p>@ Développement d'un nouveau concept (produit remplacé par un service)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sélection de matériaux à faible impact environnemental</li> <li>2. Réduction de matière</li> <li>3. Optimisation des techniques de production</li> <li>4. Optimisation du système de distribution</li> <li>5. Réduction des impacts pendant la phase d'utilisation</li> <li>6. Optimisation du cycle de vie initial</li> <li>7. Optimisation de la fin de vie du système</li> </ol>

### 2.8.1 Les étapes

Le Tableau 7 montre que le nombre d'étapes varie selon les auteurs. La Figure 21 permet de mieux définir ces étapes en comparant les processus.

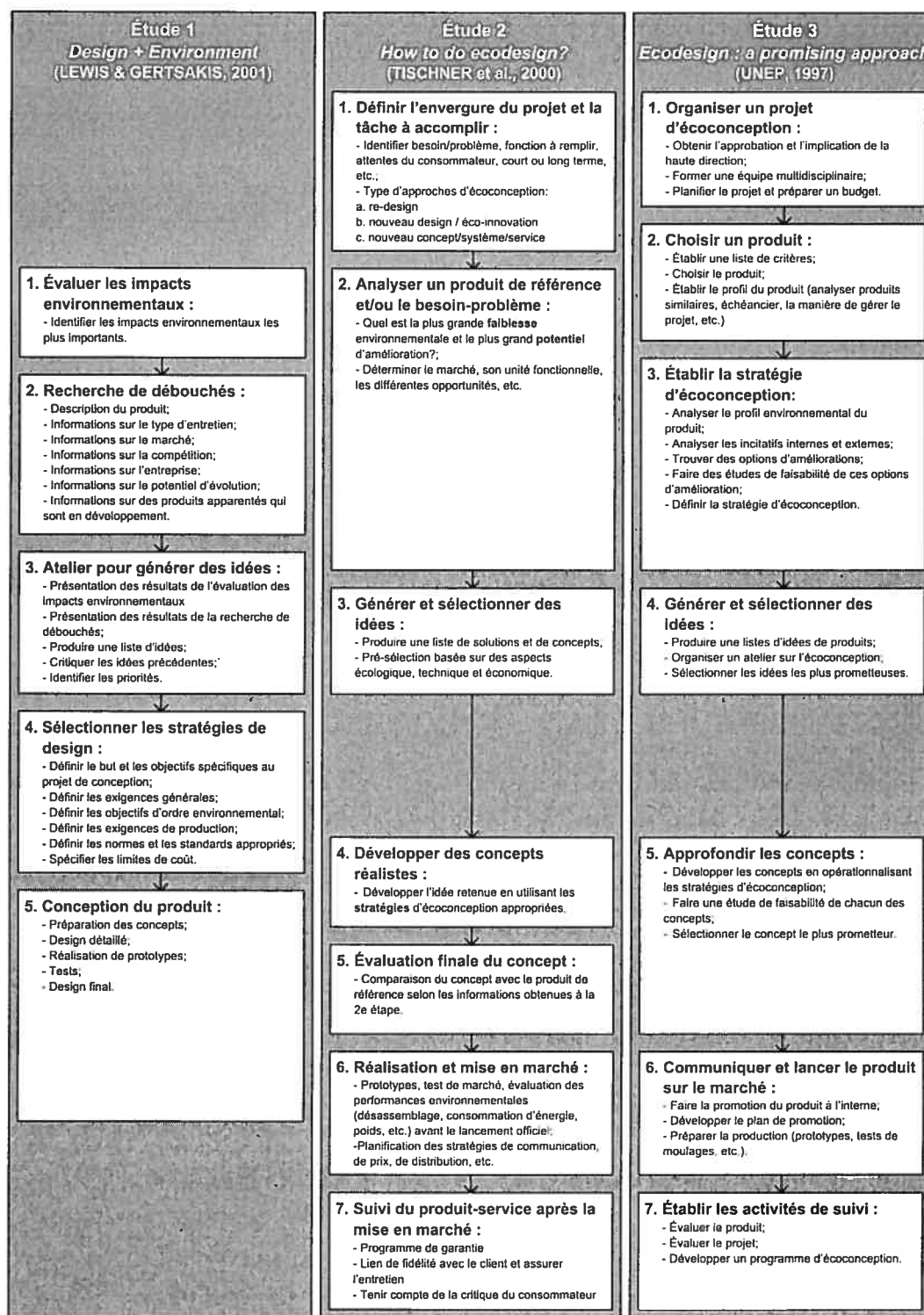


Figure 21 : Les étapes chronologiques du processus d'écoconception selon trois études. (traduction libre) (D'après : LEWIS GERTSAKIS, 2001; TISCHNER et al., 2000; BREZET & VAN HEMEL, 1997)

La première étude prend pour acquis que le problème de design a été identifié préalablement. C'est pourquoi cette étape n'apparaît pas dans la Figure 21. Ainsi, la

première étape pour cette étude consiste à évaluer les impacts environnementaux du produit (LEWIS & GERTSAKIS, 2001). Selon les deux autres études, il conviendrait de définir en premier lieu l'envergure du projet et d'en faire la planification. À titre d'exemple, la deuxième étude suggère d'établir le niveau d'écoconception recherchée, alors que la troisième étude recommande d'organiser le projet ayant obtenu l'approbation de la direction en priorité, de définir ensuite le rôle des différents intervenants et d'établir un budget réaliste.

Ces trois études orientent toutes le concepteur vers la réalisation d'une évaluation des impacts environnementaux selon la pensée de cycle de vie, c'est-à-dire en considérant l'extraction des matières premières, la fabrication, la distribution, l'usage et la disposition en fin de vie. Rappelons qu'une compréhension accrue des principales causes de faiblesses environnementales d'un produit durant son cycle de vie complet est essentielle en écoconception (BREZET & VAN HEMEL, 1997). Cette première analyse doit être complémentaire au profil du produit. L'ordre dans lequel sont effectuées ces deux analyses ne semble pas avoir d'importance. En effet, la première étude réalise une évaluation des impacts avant la recherche de débouchés (description du produit, informations sur le marché, etc.), tandis que la deuxième et la troisième recommandent d'établir le profil général du produit et de son contexte avant d'établir son profil environnemental.

Elles recommandent toutes trois d'effectuer des séances de *brainstorming*<sup>12</sup> impliquant différents intervenants. Cette étape est seulement possible si toutes les informations relatives au produit ont été inventoriées et assimilées. Il convient donc de toujours garder à l'esprit les améliorations ciblées, les objectifs de départ, les notions propres à la pensée du cycle de vie, ainsi que les diverses stratégies d'écoconception. Les trois études suggèrent ensuite d'effectuer une première sélection des idées les plus prometteuses.

---

<sup>12</sup> Le dictionnaire Petit Larousse illustré définit le *Brainstorming* comme étant une « recherche d'idées originales dans un groupe, par la libre expression, sur un sujet donné, de tout ce qui vient à l'esprit de chacun. » (LAROUSSE, 1991)

À la suite de cette sélection, la première étude s'attarde à ce qui est préconisé au tout début par les deux autres études, soit la définition des objectifs et des exigences relatives aux normes et aux limites de coûts à observer, tandis que la deuxième et la troisième étude procèdent à une évaluation finale du produit afin de valider l'efficacité des stratégies. Cette évaluation est effectuée avec l'aide des mêmes outils d'évaluation utilisés en début de projet. Par ailleurs, les objectifs sont définis beaucoup plus tôt dans le processus, ce qui semble plus approprié, car ceux-ci constituent une source d'informations non négligeable lors de l'étape dédiée à la génération d'idées.

La deuxième et la troisième étude considèrent la mise en marché ainsi que le suivi comme étant des étapes intégrées au processus d'écoconception. Selon leurs auteurs, une dernière évaluation globale des produits, intégrant entre autres l'aspect environnemental, contribue à accroître les chances de succès de mise en marché. Aussi, le discours critique du client quant à la satisfaction vis-à-vis le produit/service qu'il achète demeure une source d'informations inestimable pour de futures améliorations.

En général, les trois études présentées sont semblables, même si la première est un peu moins élaborée que les deux autres. Par contre, celle-ci présente l'avantage de fournir des explications fort pertinentes quant aux solutions à appliquer selon le type de matériaux (ex. : bois, métaux, plastiques). En effet, bon nombre d'informations sont fournies afin d'expliquer comment certains choix de conception contribuent à minimiser les impacts environnementaux. De plus, des sections additionnelles sont éclairantes sur certains milieux manufacturiers tels que les industries du textile et du mobilier. Les deux autres études présentent des approches plus globales; elles s'adaptent à un plus grand nombre de produits ou services différents, voire même à l'instauration d'une politique d'écoconception dans les entreprises.

### **2.8.2 Les stratégies**

Chaque étude présente des stratégies d'écoconception à considérer lors de l'élaboration d'un produit. Ces stratégies sont en fait des actions concrètes pouvant être posées afin de réduire les impacts environnementaux (LEWIS & GERTSAKIS, 2001). Il ne s'agira pas ici de dresser un portrait exhaustif de toutes les stratégies existantes,

mais plutôt de dévoiler leurs principes directeurs afin de mieux comprendre comment elles doivent être appliquées.

Idéalement, les stratégies d'écoconception doivent être sélectionnées à partir d'informations provenant de l'évaluation des impacts environnementaux, en l'occurrence d'une ACV, ainsi que de l'analyse approfondie du produit et de son marché. Le Tableau 8 présente les principales stratégies d'écoconception proposées par chacune des trois études :

Tableau 8 : Les principales stratégies d'écoconception. (traduction libre) (D'après : LEWIS & GERTSAKIS, 2001; TISCHNER et al., 2000; BREZET & VAN HEMEL, 1997)

Étude 1 <i>Design + Environment</i> (LEWIS & GERTSAKIS, 2001)	Étude 2 <i>How to do EcoDesign?</i> (TISHNER et al., 2000)	Étude 3 <i>Ecodesign : A promising approach</i> (UNEP, 1997)
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sélection de matériaux à faible impact environnemental;</li> <li>2. Éviter les matières toxiques et dangereuses;</li> <li>3. Choisir des procédés plus propres;</li> <li>4. Maximiser l'efficacité de l'énergie et de l'eau;</li> <li>5. Concevoir pour minimiser la production de déchets.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Optimiser les entrants de matières :               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. quantitativement (qté de matière)</li> <li>b. qualitativement (type de matière)</li> </ol> </li> <li>2. Optimiser les entrants en énergie :               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. quantitativement (qté de matière)</li> <li>b. qualitativement (type de matière)</li> </ol> </li> <li>3. Réduire la superficie quant à l'utilisation de la terre :               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. quantitativement (qté de terre)</li> <li>b. qualitativement (type de terre)</li> </ol> </li> <li>4. Augmenter le rendement du service;</li> <li>5. Réduire les polluants;</li> <li>6. Réduire les déchets;</li> <li>7. Réduire les émissions (air, eau, sol);</li> <li>8. Réduire les risques pour la santé et l'environnement.</li> </ol>	<p>@ Développement d'un nouveau concept (produit remplacé par un service);</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sélection de matériaux à faible impact environnemental;</li> <li>2. Réduction de matière;</li> <li>3. Optimisation des techniques de production;</li> <li>4. Optimisation du système de distribution;</li> <li>5. Réduction des impacts pendant la phase d'utilisation;</li> <li>6. Optimisation du cycle de vie initial;</li> <li>7. Optimisation de la fin de vie du système.</li> </ol>

### **Design + Environment**

L'étude de Lewis et Gertsakis (2001) présente cinq stratégies principales d'écoconception incluant une série de recommandations spécifiques à certains matériaux ou types de produits. Ces recommandations ne font pas l'objet de listes de contrôle, mais plutôt d'une présentation générale qui guide les concepteurs non initiés à l'écoconception.

La première stratégie consiste à sélectionner les matériaux à faible impact environnemental. L'étude présente des conseils pratiques quant aux meilleures utilisations relatives à différents matériaux ou procédés, comme les polymères, l'aluminium, le verre, ou encore l'injection et le thermoformage. En plus de fournir des informations pertinentes appuyées par des données quantifiées, l'étude présente également des stratégies spécifiques propres à chacun des matériaux. À titre

d'exemple, il est recommandé d'identifier les composantes de plastique afin de faciliter le recyclage<sup>13</sup>.

La seconde stratégie consiste à éviter les matières jugées dangereuses, ou qui sont susceptibles d'en générer à leur tour, et ce, à n'importe quelle étape du cycle de vie d'un produit. La liste des matières fournie avec l'étude comprend les substances qui sont toxiques pour l'être humain ou pour tout autre organisme vivant, celles qui sont inflammables, explosives ou corrosives, ainsi que celles qui contribuent à la dégradation de la couche d'ozone et au réchauffement climatique.

La troisième stratégie d'écoconception consiste à choisir les procédés qui produisent le moins de déchets solides destinés à l'enfouissement, de déchets liquides rejetés dans les cours d'eau et de déchets gazeux émis dans l'air. En examinant le cycle de vie d'un produit, le concepteur joue un rôle important dans la réduction des déchets au sein d'une entreprise. D'une part, il peut collaborer avec les responsables des achats afin d'identifier les fournisseurs ayant de meilleures pratiques environnementales. D'autre part, en travaillant avec les employés du département de production, il est en mesure de sélectionner et de faire valoir des matériaux et/ou des procédés produisant moins de déchets.

La quatrième stratégie joue un rôle au niveau de la consommation de l'énergie et de l'eau. Notons que les impacts environnementaux les plus significatifs sont souvent occasionnés lors de l'étape d'utilisation, étape pendant laquelle un produit consomme parfois des quantités significatives d'eau, d'énergie ou d'autres ressources naturelles (PNUE, 2002). L'utilisation d'un produit a non seulement des conséquences directes sur l'épuisement des ressources, mais génère aussi des émissions néfastes dans les écosystèmes. Pour remédier à la situation, Gertsakis et Lewis (2001) proposent une série d'idées directrices permettant de réduire cette consommation en intervenant en amont, c'est-à-dire en prévoyant les impacts éventuels liés à l'usage dès l'étape de conception du produit.

La dernière stratégie vise à minimiser la quantité de déchets engendrés par un produit à chaque étape du cycle de vie. Pour ce faire, il convient, par exemple, de

---

<sup>13</sup> Malheureusement, ces stratégies apparaissent de façon sporadique, ce qui oblige le lecteur à les prendre en note et construire son propre outil de référence.

privilégier l'extension de la vie d'un produit, plutôt que de chercher de nouvelles solutions de traitement de déchets. Suivant ce principe, Gertsakis et Lewis proposent les solutions suivantes :

- prolongation de la vie utile du produit;
- réduction de matières à la source;
- réutilisation du produit;
- recyclage des matières;
- réduction de la consommation d'autres substances;
- réduction des impacts lors de la disposition.

D'autres stratégies plus spécialisées sont également présentées dans cette étude pour les domaines de l'emballage, du textile et des vêtements, du mobilier et des produits électriques ou électroniques. Ces créneaux de l'industrie s'approvisionnent généralement de matières premières qui leur sont spécifiques.

#### ***How to do EcoDesign?***

L'étude de Tischner et al. présente un très grand nombre d'outils d'écoconception auxquels sont associées plusieurs stratégies. Elle présente entre autres une matrice réalisée par deux de ses auteurs, Ursula Tischner et Bernard Dietz, comprenant huit stratégies et leurs critères sous-jacents. Chacune de ces stratégies est associée à une ou plusieurs étapes du cycle de vie d'un produit (TISCHNER et al., 2000).

Cette matrice fera l'objet des prochains paragraphes. Le Tableau 9 présente une version abrégée de cette matrice afin d'alléger ce texte. Une version complète est présentée à l'annexe A. Il est important de souligner que ces critères sont également présents dans les deux autres études, mais à titre de stratégies. Ceci témoigne de la confusion terminologique existante en écoconception dont il a été question précédemment.

Tableau 9 : Matrice des stratégies et des critères d'écoconception selon Tischner et al. (traduction libre) (D'après : TISCHNER et al., 2000, pp.99-101)

STRATÉGIES	CRITÈRES SELON LES 5 ÉTAPES DU CYCLE DE VIE				
	FABRICATION	UTILISATION	RECYCLAGE	DISPOSITION	DISTRIBUTION
1. Optimiser les entrants de matières a. quantitativement (qté de matière) b. qualitativement (type de matière)					
2. Optimiser les entrants en énergie a. quantitativement (qté de matière) b. qualitativement (type de matière)					
3. Réduire la superficie quant à l'utilisation des sols a. quantitativement (qté de terre) b. qualitativement (type de terre)					
4. Augmenter le rendement du service					
5. Réduire les polluants					
6. Réduire les déchets					
7. Réduire les émissions toxiques pour l'humain et l'écosystème (air, eau, sol)					
8. Réduire les risques pour la santé et l'environnement					

Consulter L'ANNEXE A

Cette étude considère le cycle de vie quelques peu différemment par rapport aux autres; selon ces auteurs, l'approvisionnement en matières premières est compris dans l'étape de fabrication, alors que la phase de fin de vie est subdivisée en deux phases, soit le recyclage et la disposition du produit. Rappelons que les cinq étapes généralement considérées sont l'extraction des matières premières, la fabrication, la distribution, l'utilisation et la fin de fin.

Les deux premières stratégies incitant à l'optimisation des entrants de matières et de l'énergie doivent être appliquées de manières quantitative et qualitative. Dans les deux cas, les auteurs informent le concepteur qu'il doit non seulement considérer la quantité d'entrants, mais aussi leur nature comme, par exemple, le type de matériau ou la source d'énergie. En effet, indépendamment des quantités ou de la consommation, la nature des matériaux et des sources d'énergie peut faire en sorte qu'un produit génère des impacts relativement importants (ex : toxicité).

Un autre ensemble de stratégies vise la réduction de rejets, soit les polluants toxiques et dangereux, les émissions solides, liquides et gazeuses dans les milieux naturels, ainsi



que les déchets destinés habituellement aux sites d'enfouissement. Ces stratégies d'écoconception rejoignent celles citées précédemment dans l'étude de Lewis & Gertsakis sans qu'il y ait de différence notable.

Ce qui distingue le plus cette étude est la prise en compte de l'aspect territorial, c'est-à-dire la surface de terrain monopolisée par l'entreprise pour la mise en marché d'un service ou d'un produit. Cette stratégie vise la réduction de la superficie d'utilisation des terres (quantitatif), tout en considérant leur nature (qualitatif). Ainsi, toutes les infrastructures nécessaires durant le cycle de vie du produit ou service sont prises en compte (ex. : les lieux d'entreposage, l'usine de fabrication et les sites d'enfouissement).

Un autre aspect nouveau abordé dans cette étude est le rendement du service rendu qui, selon les auteurs, pourrait être optimisé afin de mieux remplir la fonction initiale du produit. Ainsi, à titre d'exemple, certaines stratégies suggèrent de prolonger la vie du produit ou encore d'augmenter sa fonction en appliquant différents principes d'écoconception. En effet, si un produit remplit sa fonction pendant une période deux fois plus longue qu'auparavant, les impacts sont alors deux fois moins importants.

Cette seconde étude se penche sur l'aspect sécuritaire du produit ou du service. La dernière stratégie concernant la réduction des risques pour la santé et l'environnement prend en compte tous les acteurs impliqués dans la fabrication, le transport, l'utilisation et la disposition du produit ou de ses composantes. Il est intéressant de constater que cette stratégie crée un rapprochement entre les impacts environnementaux et les aspects sociaux.

### ***Ecodesign : A promising approach to sustainable consumption***

L'étude de Brezet et van Hemel (1997) présente quant à elle huit stratégies d'écoconception et leurs principes directeurs (*rules-of-thumbs*) sous-jacents. Ces principes sont l'équivalent des « stratégies » dans l'étude de Tischner et al. (2000) et des « critères d'écoconception » employés dans l'étude de Lewis et Gertsakis. Les stratégies de l'étude de Brezet et van Hemel sont illustrées à la Figure 22 et sont associées aux étapes du cycle de vie auxquelles elles se rapportent.

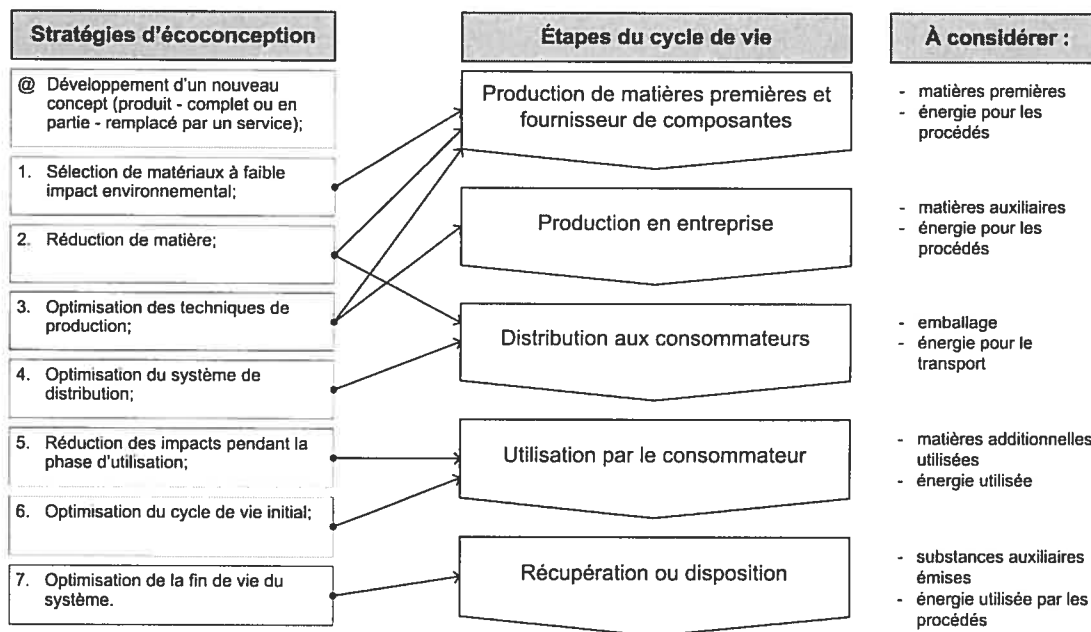


Figure 22 : Association des stratégies d'écoconception avec les étapes du cycle de vie. (traduction libre) (D'après : BREZET & VAN HEMEL, 1997, p.143)

Le Tableau 10 présente les principes directeurs se rattachant à ces mêmes stratégies (voir page suivante).

L'une des particularités de cette troisième étude est la priorité accordée à la stratégie concernant le développement de nouveau concept identifié par le cycle « @ ». En effet, cette stratégie prévaut sur les stratégies suivantes, car le niveau d'écoconception conditionne ces dernières. Cette étude débute donc toujours par une remise en question fondamentale du besoin et du produit en préservant l'objectif fixé selon le besoin initial.

Les stratégies proposées par Brezet et van Hemel recourent celles des études précédentes, bien qu'elles soient présentées selon un ordre différent. Une des caractéristiques de cette étude est qu'elle ne tient pas compte directement de la superficie de terrain accaparée par les activités découlant de la conception du produit et du service. Aussi, elle ne fait pas explicitement mention de l'aspect sécuritaire du produit. Par contre, ce dernier point apparaît normalement parmi les critères traditionnellement utilisés en conception de produits et incidemment se retrouve dans le processus d'écoconception.

Tableau 10 : Les stratégies d'écoconception selon l'étude de Brezet et van Hemel. (traduction libre) (D'après : BREZET & VAN HEMEL, 1997, p.139)

Stratégies d'écoconception	Principes directeurs ( <i>Rules-of-thumbs</i> )
<p>@ Développement d'un nouveau concept (produit - complet ou en partie - remplacé par un service);</p> <p><i>* Doit toujours être effectuée en premier</i></p>	<p>@.1 dématérialisation;</p> <p>@.2 usage partagé du même produit;</p> <p>@.3 intégration de plusieurs fonctions dans le même produit;</p> <p>@.4 optimisation de la fonction d'un produit.</p>
<p>1. Sélection de matériaux à faible impact environnemental;</p>	<p>1.1 choisir des matériaux à faibles émissions;</p> <p>1.2 éviter les matériaux provenant de ressources non-renouvelables;</p> <p>1.3 choisir des matériaux à faible contenu énergétique;</p> <p>1.4 choisir des matériaux recyclés;</p> <p>1.5 choisir des matériaux recyclables.</p>
<p>2. Réduction de matière;</p>	<p>2.1 réduction du poids;</p> <p>2.2 réduction du volume (transport).</p>
<p>3. Optimisation des techniques de production;</p>	<p>3.1 sélectionner des techniques de production alternatives;</p> <p>3.2 limiter les étapes de production;</p> <p>3.3 limiter les déchets pendant la production;</p> <p>3.4 matières auxiliaires à faibles émissions et limiter leur utilisation.</p>
<p>4. Optimisation du système de distribution;</p>	<p>4.1 emballages à faibles émissions, réutilisables et limiter leur utilisation;</p> <p>4.2 moyens de transport efficient énergétiquement;</p> <p>4.3 logistique efficiente énergétiquement.</p>
<p>5. Réduction des impacts pendant la phase d'utilisation;</p>	<p>5.1 limiter la consommation d'énergie;</p> <p>5.2 sources d'énergie à faibles émissions;</p> <p>5.3 limiter l'utilisation de matières auxiliaires;</p> <p>5.4 choisir des matières auxiliaires à faibles émissions;</p> <p>5.5 réduire le gaspillage d'énergie et de matières auxiliaires.</p>
<p>6. Optimisation du cycle de vie initial;</p>	<p>6.1 augmenter la fiabilité et la durabilité;</p> <p>6.2 faciliter l'entretien et la réparation;</p> <p>6.3 favoriser la modularité de la structure du produit;</p> <p>6.4 favoriser le classicisme du produit et non le phénomène de mode;</p> <p>6.5 favoriser le phénomène d'appartenance au produit;</p>
<p>7. Optimisation de la fin de vie du système.</p>	<p>7.1 favoriser la réutilisation du produit;</p> <p>7.2 favoriser le recyclage des composantes;</p> <p>7.2 favoriser en dernier recours l'incinération avec valorisation énergétique;</p>

Au terme de l'analyse des différentes stratégies présentées au sein de ces trois études, certains points de ressemblance sont indéniables. Il convient tout particulièrement de souligner que ces trois études présentent, chacune à sa manière, les stratégies d'écoconception en fonction des étapes du cycle de vie. L'étude de Lewis et Gertsakis n'associe pas directement les stratégies qu'elle propose avec les étapes du cycle de vie, même si elle accorde une importance particulière à la « pensée cycle de vie », en particulier pendant l'évaluation des impacts environnementaux. La seconde étude menée par Tischner et al. présente un

très grand nombre de critères d'écoconception associés aux huit stratégies mises de l'avant et ce, à chacune des étapes du cycle de vie. La troisième étude propose une démarche identifiant très clairement les stratégies d'écoconception applicables à chacune des étapes du cycle de vie.

## 2.9 Les outils utiles à l'écoconception

Il existe une pléiade d'outils qui ont été développés par les entreprises et les universités afin de faciliter l'intégration de l'aspect environnemental dans la conception de produits et services. Les experts s'entendent en disant que de tels outils sont essentiels au succès d'un projet d'écoconception (LEWIS & GERTSAKIS, 2001; TISCHNER et al., 2000; BREZET & VAN HEMEL, 1997). Behrendt et al. (1997) soulignent cette importance :

« Les designers devraient avoir l'accès facile aux informations environnementales qui leur permettent de déterminer les conséquences environnementales de leurs choix de conception et générer des idées innovatrices. Ceci requiert des outils systématiques qui sont adaptés aux caractéristiques spécifiques à la complexité des produits et qui produisent des informations environnementales pertinentes. » (traduction libre) (BEHRENDT et al., 1997, p.43)

Plusieurs études présentent des classifications d'outils d'écoconception (BEHRENDT et al., 1997; LEWIS & GERTSAKIS, 2001; JANIN, 2000; TISCHNER et al. 2000; BREZET & VAN HEMEL, 1997). En général, ces outils d'écoconception sont classés selon deux grandes catégories :

1. Les outils d'évaluation d'impacts environnementaux;
2. Les outils d'amélioration de la conception environnementale de produits.

La première catégorie d'outils permet d'évaluer les impacts environnementaux générés par les produits et services. Janin explique qu'ils servent à établir un « éco-profil » des produits analysés (JANIN, 2000). La deuxième catégorie relève davantage de la conception même du produit ou du service durant laquelle ces outils guident les concepteurs afin d'effectuer les choix de conception le plus judicieusement possible. Certains auteurs évoquent l'appellation « outils de créativité » faisant également partie de cette deuxième catégorie, par exemple, la technique de « *brainstorming* » (BEHRENDT et al., 1997; LEWIS & GERTSAKIS, 2001).

D'autres auteurs évoquent plus de deux catégories (JANIN, 2000; TISCHNER et al., 2000). D'un côté, l'étude menée par Tischner et al. dénombre quatre catégories d'outils, soit pour l'analyse environnementale des forces et faiblesses, l'établissement de priorités et des potentiels d'amélioration, l'assistance à la conception (*brainstorming*) et la coordination avec d'autres critères (ex. : économiques ou technologiques, etc.) (TISCHNER et al., 2000). De plus, Janin présente des outils d'écoconception additionnels selon des catégories complémentaires. Ces catégories sont les outils stratégiques, les outils de sensibilisation et les outils de communication (JANIN, 2000). En résumé, les classifications sont similaires et leur degré de profondeur varie en fonction de l'ampleur des études.

Même si tous ces outils ont un rôle important à jouer dans la mise en œuvre de l'écoconception, ce mémoire s'intéressera davantage aux outils d'évaluation des impacts environnementaux. Cette décision relève du fait que ce type d'outils est utilisé durant les premières étapes du processus d'écoconception. De plus, « l'éco-profil » des produits est souvent requis lors des étapes subséquentes, rendant l'utilisation d'autres types d'outil sont nécessaires. Il importe donc de bien s'appropriier les outils d'évaluation avant de se lancer dans l'apprentissage de tous les autres.

La présentation des outils d'évaluation environnementale des produits et services se fera selon les trois études présentées dans la section précédente, soit celle de Lewis et Gertsakis (2001), celle de Tischner et al. (2000), ainsi que celle de Brezet et van Hemel (1997). Il ne s'agira pas ici de débattre sur la pertinence de chacun des outils, mais plutôt de dresser un inventaire suffisant afin d'avoir une vue d'ensemble sur ceux qui sont principalement utilisés.

### **2.9.1 Design + Environment**

La première étude dédie un chapitre entier aux outils d'écoconception en mettant l'accent sur les outils d'analyse, en particulier ceux conçus pour l'évaluation des impacts environnementaux. Il s'agit de la seule étude parmi les trois qui présente une évaluation de chaque outil. En effet, les auteurs y donnent leur appréciation en termes de coûts, de facilité d'utilisation et d'efficacité, selon leur expérience respective dans le domaine de l'écoconception. Cependant, ils mentionnent que



l'approche par matrices, mais ils sont beaucoup plus efficaces. Ces outils informatisés, qui reposent sur des banques de données, comprennent une liste exhaustive de matériaux et de procédés. Bien que ces outils permettent de réaliser une analyse détaillée des impacts environnementaux, la provenance et la qualité des données essentielles à l'évaluation constituent leur plus grande faiblesse.

Un autre type d'outils, les indicateurs environnementaux (*proxy indicator*), permet de déterminer l'importance d'un impact environnemental d'un produit ou d'un service par une valeur unique et provenant de résultats agrégés. Chaque indicateur a été conçu en fonction de critères particuliers soit, par exemple, l'énergie (*embodied energy*), les flux de matières (MIPS – *Material Input Per unit of Service*) ou encore la superficie de terrain nécessaire pour supporter la production d'un produit ou d'un service (empreinte écologique). Les auteurs de cette première étude commentent également les différents éco-indicateurs : *Eco-points*, *EPS (Environmental Priority Strategies in product development)* et *Eco-Indicators 95 et 99*.

La comptabilité environnementale permet quant à elle d'établir les coûts environnementaux relatifs à des produits et des procédés particuliers. Cet outil est similaire à l'ACV, à la différence que les flux ne sont pas physiques, mais plutôt monétaires. Il est donc possible d'identifier les endroits où les coûts sont les plus importants et, conséquemment, de trouver des solutions permettant de minimiser à la fois les impacts environnementaux et les investissements économiques. Il existe quatre types de coûts environnementaux :

- Coûts conventionnels (coûts directs);
- Coûts dissimulés (frais, investissements et de réglementation);
- Coûts imprévus;
- Coûts intangibles (image et relations corporatives).

Les outils présentés dans le Tableau 11 sont maintenant présentés à la Figure 23 selon deux axes permettant d'estimer les efforts nécessaires à leur mise en oeuvre et leur degré d'efficacité. Ce type de représentation graphique peut aider les concepteurs à choisir les outils selon leurs propres besoins. Toutefois, il convient d'être prudent à cause du caractère subjectif de l'évaluation des auteurs.

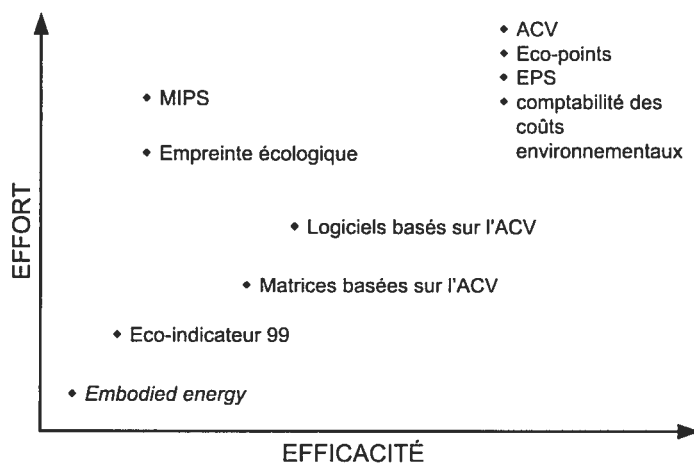


Figure 23 : Classement des outils d'écoconception. (traduction libre)  
 (D'après : LEWIS & GERTSAKIS, 2001, p.59)

### 2.9.2 How to do EcoDesign?

Un chapitre de cette seconde étude est entièrement consacré aux outils d'écoconception. Chacun d'eux fait l'objet d'une brève introduction présentant leurs applications, le temps prescrit et les informations requises durant leur utilisation. Selon Lewis et Gertsakis, il faut d'abord définir la fonction du produit de référence avant de réaliser une analyse des impacts environnementaux. Cette considération permet de faire le choix de l'outil d'évaluation de façon la plus éclairée possible. Les trois premiers outils, ceux apparentés à l'approche ACV, sont considérés comme étant des méthodes globales plutôt que des outils spécifiques. Aussi, notez que ces outils se retrouvent également dans les deux autres études. Le Tableau 12 présente la liste des outils proposés par les auteurs de cette seconde étude (voir page suivante).



Tableau 12 : Outils d'écoconception selon Tischner et al. (traduction libre)  
(D'après : TISCHNER et al., 2000)

Les outils	... et leurs variantes	... et leur provenance
Analyse de cycle de vie (ACV)		
Analyse de cycle de vie simplifiée (ACVS)		
Logiciels basés sur l'ACV		
Analyse-CED ( <i>Cumulative Energy Demand</i> )		
Analyse-MIPS ( <i>Material Input Per unit of Service</i> )		- Wuppertal Institute for Climate, Environmental and Energy
Listes de contrôle ( <i>Checklists</i> )	▪ <i>ABC analysis</i>	- Institute for Ecological Economic Research - IÖW
	▪ <i>Eco-Estimator</i>	- Philips
	▪ <i>Fast Five-Checklist</i>	- Philips
	▪ <i>Ecodesign Checklists</i>	- Econcept
	▪ <i>Recycling Checklist</i>	- European Council Directive
	▪ <i>Checklist (WEEE directive)</i>	- European Council Directive
Comptabilité des coûts environnementaux		
Diagrammes polaires (ou araignées)	▪ <i>Spider diagram</i>	- SONY
	▪ <i>Spider diagram</i>	- Econcept
	▪ <i>Eco-Compass</i>	- Dow Europe
	▪ <i>LIDS-Wheel</i>	- PENU
Matrice MET + liste de contrôle d'écodesign		- PENU

Toujours selon Lewis et Gertsakis, si les coûts et le temps ne sont pas considérés comme étant des contraintes majeures pour une entreprise désireuse d'implanter une démarche d'écoconception à l'interne, l'ACV constitue le meilleur choix pour évaluer les impacts environnementaux reliés à un produit ou un service. Par contre, si le temps, l'argent et les ressources humaines viennent à faire défaut, l'ACVS s'avère plus adéquate. En effet, dans certains cas, il est possible d'optimiser le temps d'analyse en restreignant l'étude à certaines phases du cycle de vie; dans le cas de produits ayant une durée de vie très longue comme, par exemple, un électroménager ou une voiture, on peut s'attendre à ce que les impacts majeurs soient générés par la consommation d'énergie lors de la phase d'utilisation. Cette pratique de simplification permet de cibler les efforts d'analyse vers la ou les phases critique(s) et de négliger, voire même éliminer, celles qui sont moins significatives. Qui plus est, plusieurs logiciels ont été créés afin de réduire le temps nécessaire à l'établissement d'un éco-profil sur le cycle de vie d'un produit.

Les diagrammes polaires (*polar diagrams*) ou des listes de contrôle (*Checklists*) permettent une analyse plus rapide encore, mais moins précise que l'ACVS. Les critères d'écoconception présents dans ces outils permettent une classification qualitative des caractéristiques du produit afin de déterminer ses forces et ses faiblesses environnementales sur son cycle de vie. D'un côté, les listes de contrôle aident l'équipe de conception à considérer le plus de facteurs possibles et à éviter les oublis. D'un autre côté, les diagrammes polaires sont davantage des outils permettant d'illustrer et de communiquer les impacts environnementaux qui ont été préalablement évalués au cours d'une étude approfondie (ACV, ACVS, MIPS, CED).

### 2.9.3 Ecodesign : A promising approach to sustainable consumption

Contrairement aux deux autres études, Brezet et van Hemel ne présentent pas un éventail d'outils d'écoconception, mais plutôt une démarche systématique incluant quelques outils jugés les plus pertinents (voir Tableau 13).

Tableau 13 : Outils d'évaluation environnementale selon Brezet et van Hemel. (traduction libre) (D'après : BREZET & VAN HEMEL, 1997)

Les outils	... et leurs variantes	... et leur provenance
Matrice MET ( <i>Material cycle, Energy, Toxic emissions</i> )		
Liste de contrôle d'écodesign		
Analyse de cycle de vie (ACV) - méthodes générales	- utilisation d'outils informatiques (Simapro, GaBi, etc.)	
Analyse de cycle de vie (ACV) - méthodes pour l'obtention d'un pointage unique	▪ <i>Eco-points</i>	- Suisse
	▪ <i>EPS (Environmental Priority System</i>	- Volvo Suède
	▪ <i>Eco-Indicators 95 et 99</i>	- Pays-Bas
Roue de stratégies d'écoconception ( <i>LIDS-Wheel</i> )		

Selon la démarche proposée dans cette étude, la première tâche consiste à décider de quelle manière les responsables du projet établiront le profil environnemental du produit de référence. Pour ce faire, deux familles de méthodes sont préconisées, soit qualitative ou quantitative.

Pour l'approche qualitative, cette étude propose deux outils complémentaires : la matrice MET et une liste de contrôle d'écoconception. Ces deux outils sont forts utiles lorsque peu de temps et d'argent sont alloués pour mener à terme un projet d'écoconception. La matrice MET permet de prendre en compte tous les problèmes environnementaux liés aux entrants et aux sortants de matières, d'énergie et

d'émissions toxiques d'un produit, et ce, pour chacune des étapes de son cycle de vie. Alors que la liste de contrôle guide les évaluateurs au moyen d'une série de questions et de principes d'écoconception afin de s'assurer que tous les points critiques ont été abordés. Il est possible que plusieurs solutions viennent à l'esprit des évaluateurs dès cette étape d'analyse. C'est pourquoi Brezet et van Hemel suggèrent de noter ces idées sur une fiche qui pourra être consultée ultérieurement.

Si les résultats qualitatifs ne suffisent pas à fournir des informations adéquates et suffisantes, l'équipe chargée de l'évaluation peut alors procéder à une évaluation quantitative par le biais d'une ACV. Pour ce faire, il est recommandé d'utiliser un logiciel conçu à cet effet afin de réduire le temps d'exécution. En outre, il existe aussi quelques méthodes d'ACV traduisant les impacts environnementaux en valeur unique : *Ecopoints*, *Environmental Priority System* et *Eco-indicators 95* et *99*. Si ces méthodes requièrent beaucoup moins de ressources, elles sont par contre souvent plus limitées en terme de données disponibles.

Un dernier outil, la roue de stratégies d'écoconception (*LIDS-Wheel*), permet de noter les solutions apparues spontanément lors de la quantification des impacts et de représenter leur potentiel d'efficacité respectif. Bien qu'il ne s'agisse pas d'un outil d'évaluation d'impacts, il est tout de même complémentaire dans le sens où il permet de classer les stratégies envisagées et d'établir un ordre de priorité, ou même de diriger un atelier d'écoconception pour trouver de nouvelles solutions dans une étape subséquente.

Les trois études proposent unanimement l'utilisation de l'ACV pour la quantification des impacts environnementaux. Par contre, le classement des différentes variantes de l'ACV diffère d'une étude à l'autre. À l'inverse des autres auteurs, Lewis et Gertsakis considèrent les logiciels d'ACV comme étant des outils d'ACVS. Par ailleurs, Brezet et van Hemel classent les méthodes *Ecopoints*, *EPS* et *Éco-indicateurs* dans la famille des ACV, contrairement à la première étude qui les regroupe sous l'appellation d'indicateur environnemental (*proxy indicator*). Ces divergences entre les trois études contribuent à alimenter une certaine confusion dans la classification des outils d'évaluation d'impacts environnementaux en écoconception. De plus, ces outils sont parfois considérés comme des méthodes, et vice-versa. Ce n'est pas sans incidence pour un concepteur désireux de s'y retrouver et de faire un choix éclairé.

À la suite de ce survol sur les outils d'écoconception, l'ACV est ses quelques déclinaisons s'avèrent, selon les experts, des plus prometteurs pour les concepteurs. L'ACV, complète et simplifiée, ainsi que la méthode *Eco-Indicator 99* seront présentées dans la section suivante.

## 2.10 L'analyse de cycle de vie

L'analyse de cycle de vie (ACV) connaît un essor considérable depuis quelques années. En effet, certains pays investissent des sommes considérables afin de mettre en application l'ACV. À titre d'exemple, en 2003, le Japon a annoncé un investissement de 50 M\$ pour construire des banques de données. Ainsi, les entreprises seront en mesure d'établir des profils environnementaux de leurs produits, leurs procédés ou leurs services, selon toutes les étapes du cycle de vie.

La pensée de cycle de vie a comme but principal de répondre le plus objectivement aux deux questions suivantes (BEHRENDT et al, 1997) :

- Quels sont les problèmes environnementaux les plus importants ?
- Quelles sont les solutions les plus avantageuses ?

Contrairement à la pensée de cycle de vie, l'ACV est davantage un outil qu'une approche ou une stratégie (TISCHNER et al., 2000). Selon la norme ISO 14 040, l'ACV se définit comme étant la « compilation et l'évaluation des entrants et sortants, ainsi que des impacts potentiels environnementaux d'un système de produits au cours de son cycle de vie » (ISO 14 040, 1997, p.2). Concrètement, cette méthode consiste à dresser un inventaire de tous les intrants (matières premières, énergie, eau, etc.) et sortants (émissions, déchets, produits et sous-produits) d'un système, et de mesurer leurs effets négatifs sur l'environnement selon différentes catégories d'impact (réchauffement de la planète, destruction de l'ozone, acidification, eutrophisation, etc.).

### 2.10.1 Un bref historique

Les premières études d'ACV ont été réalisées par des compagnies privées qui, vers la fin des années 1960, ont voulu mieux connaître leur rendement énergétique, leur consommation de matières premières et, dans une certaine mesure, la quantité de déchets qu'elles produisaient (JENSEN et al., 1997). À titre d'exemple, en 1969, la

compagnie Coca-cola a commandé une étude permettant de comparer sa consommation de ressources et ses rejets dans l'environnement associés aux contenants de boisson gazeuse. Un peu plus tard, Ian Boustead développe une méthode pour calculer l'énergie utilisée dans la fabrication de différents contenants pour boisson. Par la suite, ce chercheur rend sa méthodologie applicable à une variété d'autres matériaux, et publie le *Handbook of industrial Energy Analysis* en 1979. Ce n'est que dix ans plus tard qu'un engouement réel pour les analyses de cycle de vie émerge, rejoignant ainsi un plus grand nombre et une plus grande variété d'entreprises soucieuses d'améliorer leur image au niveau environnemental. En 1991, la SETAC (*Society for Environmental Technology and Chemistry*), dont le principal objectif est de promouvoir le développement d'outils multicritère, définit pour la première fois la méthode ACV. La SETAC entreprendra ensuite plusieurs études de cas qui lui permettront d'établir de nombreuses bases de données et de raffiner sa méthode. Depuis, l'ACV est devenue l'outil le plus convoité en matière d'analyse de produits du point de vue environnemental. D'ailleurs, elle fait maintenant l'objet d'une série de normes publiée par ISO pour la rendre opérationnelle (ISO 14 040-01-02-03-08-09).

Enfin, il est important de mentionner que la venue de l'informatique a grandement facilité la mise en application de l'ACV. Si vingt ans auparavant, il fallait des ordinateurs gigantesques pour faire les calculs nécessaires, aujourd'hui une analyse exhaustive peut se faire à partir d'un ordinateur portable et ce, beaucoup plus rapidement (TRUDEL-a, 2004). L'informatique est donc un vecteur important pour la diffusion de l'ACV.

### **2.10.2 Le cycle de vie**

Avant de passer en revue les étapes de l'ACV, il est important de mieux connaître ce qu'est le cycle de vie d'un produit, même si cette notion a été abordée plus tôt dans ce mémoire. Cette liste générale présente les activités reliées à chaque étape du cycle de vie d'un produit.

#### **1. Production des matériaux :**

- Extraction de matières premières;
- Transport vers le lieu de transformation;
- Transformation en matériaux;
- Entreposage;

- Transport vers le lieu de fabrication;
2. Fabrication du produit :
    - Entreposage des matériaux;
    - Fabrication des composantes;
    - Emballage du produit;
    - Entreposage du produit emballé;
    - Transport vers le centre de distribution;
  3. Distribution :
    - Entreposage;
    - Transport vers le lieu de vente;
    - Entreposage (Étalage du produit en magasin);
    - Transport vers le lieu d'usage;
  4. Utilisation :
    - Déballage du produit;;
    - Usage (incluant l'entretien et les réparations)
  5. Fin de vie du produit :
    - Disposition du produit (réutilisation, recyclage ou enfouissement).

Ces cinq étapes sont décomposables en une série de processus élémentaires, correspondant chacun à une activité spécifique, auxquels sont attribués des impacts environnementaux (ex. : anodisation de l'aluminium). Puisqu'il peut devenir très laborieux de répertorier la totalité de ces processus élémentaires, il conviendra de les illustrer à l'aide d'un arbre des procédés, plus ou moins élaboré selon les besoins. Cette représentation graphique, aussi appelée charte des flux de matières ou carte du cycle de vie, aide à déterminer les frontières du système et facilite sa compréhension globale. Suivant l'ampleur de la modélisation, il est également possible d'intégrer les différents intervenants qui y sont rattachés. La Figure 24 illustre un exemple relativement simple d'un arbre des procédés.

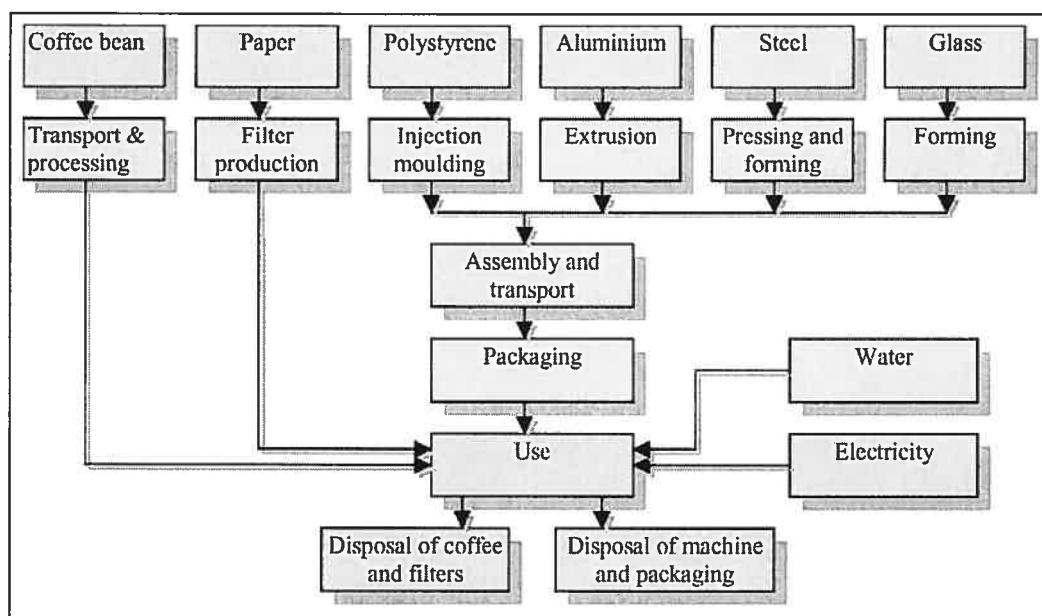


Figure 24 : Exemple simplifié d'arbre des procédés pour une machine à café.  
(Source : GOEDKOOOP et al., 2000, p.8)

Chaque processus élémentaire implique un calcul du flux de matières qui se traduit par le recensement d'entrants et de sortants à chaque étape du cycle de vie. Les entrants sont généralement classés en deux catégories : les matériaux (ex. : polypropylène, bois) et l'énergie (ex. : électricité, combustibles fossiles). Les sortants correspondent, d'une part, au produit analysé ou à ses composants, aux co-produits et aux sous-produits et, d'autre part, aux émissions comme, par exemple les rejets dans l'air, l'eau, ainsi que les déchets solides. Tous ces flux de matières engendrent des impacts environnementaux qui sont classés selon des catégories d'impact (ex. : épuisement des ressources, eutrophisation, etc.). La Figure 25 illustre les flux de matières (entrants et sortants) associés au cycle de vie de produits et services.

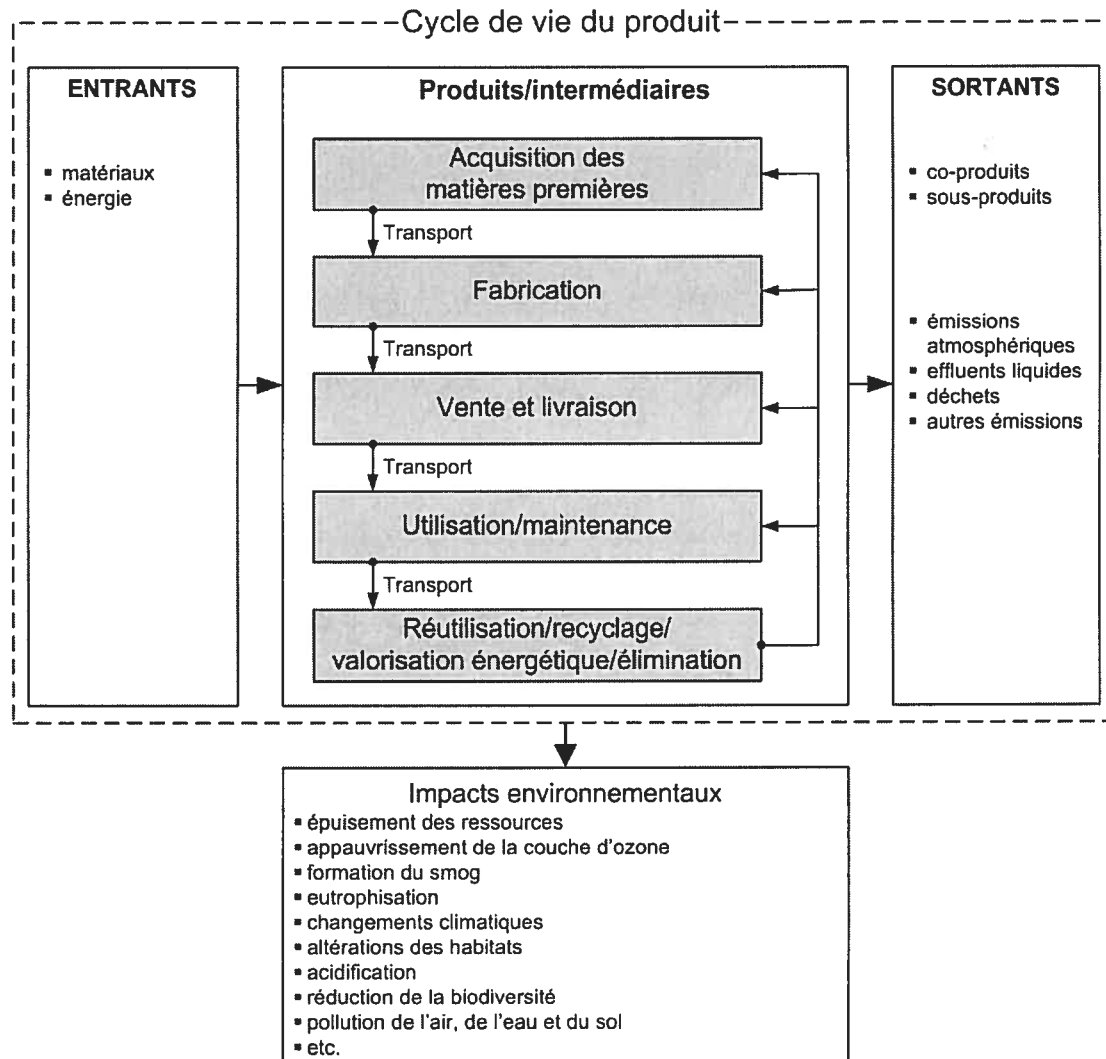


Figure 25 : Entrants et sortants associés au cycle de vie de produits et services.  
(D'après : ISO 14 062, 2002, p.9)

### 2.10.3 Les quatre phases fondamentales de l'ACV

L'ACV comporte quatre phases : la définition des objectifs et du champ d'étude, l'analyse de l'inventaire, l'évaluation de l'impact et l'interprétation des résultats (voir Figure 26).



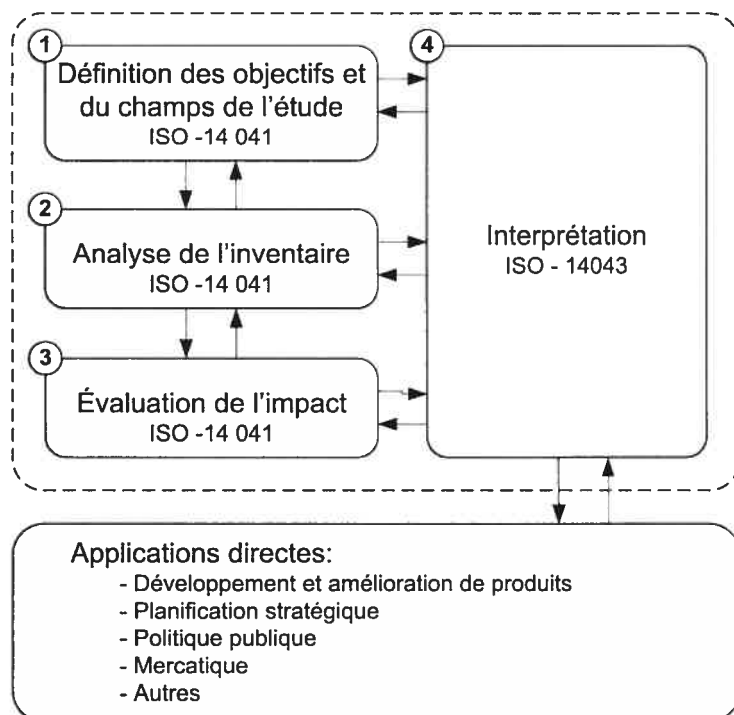


Figure 26 : Les phases de l'ACV (D'après : ISO 14 040, 1997, p.4)

1. La première phase est déterminante, car elle constitue la base sur laquelle seront conduites les phases suivantes. Il s'agit dans un premier temps de déterminer les **objectifs** poursuivis, c'est-à-dire les raisons qui ont motivé l'étude, l'utilisation possible des résultats, ainsi que les utilisateurs potentiels. Elle permet aussi de rendre l'étude réalisable en fixant les **frontières du système** étudié afin de ne pas étendre l'étude à tous les systèmes industriels et sociaux. Tel que mentionné précédemment, l'arbre des procédés est un outil de communication fort utile pour cette tâche. Enfin, le choix de l'**unité fonctionnelle** sert d'échelle comparative associée à un flux de référence (référence quantifiable), à laquelle seront rattachés les entrants et les sortants.
  
2. La deuxième phase constitue le bilan quantitatif de tous les entrants et sortants inclus au sein du système étudié, soit les matières premières, l'énergie, les déchets solides, les rejets dans l'eau et dans l'air. Si le principe est simple, la tâche est relativement complexe du fait de la très grande quantité d'informations à traiter. Il faut savoir que la réalisation de l'inventaire constitue un processus itératif, c'est-à-dire que plus il y aura de données recueillies et d'informations acquises sur le système, plus l'analyste sera en mesure de connaître les vraies limites ou de mieux identifier les données essentielles à l'étude. Ainsi, il est possible, et même

encouragé, de réviser la première étape et de modifier, si nécessaire, certaines informations afin d'assurer la plus grande pertinence de l'étude en cours (JENSEN et al., 1997).

3. La troisième phase consiste à traduire les flux de matières et d'énergie en impacts environnementaux selon trois étapes : la classification, la caractérisation et la pondération. La classification des flux identifiés est effectuée selon des catégories d'impacts environnementaux. Les catégories généralement considérées sont :

- le réchauffement de la planète;
- la destruction de l'ozone stratosphérique;
- la formation d'agents photo-oxydants;
- l'acidification;
- l'eutrophisation;
- les ressources abiotiques;
- les ressources biotiques;
- l'utilisation des terres;
- les impacts écotoxicologiques;
- les impacts toxicologiques chez les humains.

La caractérisation consiste à établir un premier lien entre les facteurs d'impact et les doses reçues par le milieu, et ensuite à relier ces doses aux effets ressentis. Ces deux opérations terminées, on pourra alors procéder à la pondération des impacts, c'est-à-dire relativiser les impacts obtenus selon les normes en vigueur (les limites de concentration par milieu, par exemple) et déterminer la contribution du système à l'impact global.

4. La quatrième phase, quant à elle, consiste à interpréter les résultats obtenus précédemment en comparaison avec les objectifs fixés au tout début. Cette procédure nécessite une approche systématique pour identifier, qualifier, vérifier et évaluer les informations provenant des informations tirées de l'analyse de l'inventaire et/ou de l'évaluation des impacts. Elle doit être présentée de manière à satisfaire les objectifs de la première phase. Par sa transparence, cette phase est aussi un moyen de communication qui donne à l'ACV toute sa crédibilité. Toutefois, cette phase devrait inclure une revue critique de l'étude au complet apparaissant dans le rapport final (TISCHNER et al., 2000).

Une fois l'étude complétée, les résultats seront utiles à diverses applications concrètes comme, par exemple, le développement et l'amélioration de produits et services. Dans ce sens, la politique intégrée des produits (*Integrated Product Policy - IPP*) permet d'orienter le développement environnemental des produits. De concert avec les industries et les gouvernements, la politique a comme objectif d'établir la cohérence du cycle de vie en intégrant les aspects environnementaux dans les décisions de gestion.

#### **2.10.4 La critique de l'ACV**

Plusieurs études scientifiques ont critiqué l'ACV, notamment en faisant état des limites de cet outil d'évaluation d'impacts environnementaux (BREZET et al., 1999; CRETZAZ & JOLLIET, 2001; DAVIS, 1998). La principale critique faite à l'endroit de l'ACV est sans contredit la lourdeur d'exécution. En effet, la mise en œuvre de l'ACV nécessite des ressources importantes en temps, en argent et en effectif. Conséquemment, les entreprises évitent de s'engager dans cette lourde procédure, à moins qu'elles y soient contraintes par une législation (PLOUFFE, 1999). Par exemple, dans le but d'opérationnaliser l'éco-étiquetage en 1995, l'AFNOR (Association Française de Normalisation) avait délaissé l'ACV pour la substituer par une méthode matricielle incluant trente critères environnementaux beaucoup plus simples d'utilisation (DAVIS, 1998). Toutefois, l'AFNOR est revenue à l'ACV et utilise aujourd'hui une version dite simplifiée de l'ACV (*Streamlined LCA*). Il convient d'optimiser l'utilisation de l'ACV à l'aide d'outils plus performants pour arriver à une analyse qui soit raisonnable en terme de coûts et de temps.

D'autres experts reprochent également à l'ACV d'être sujette à trop de subjectivité lors de certaines phases de son application. Ainsi, par exemple, les décisions concernant la distribution finale des impacts environnementaux reposent trop souvent sur des jugements de valeur qui ne peuvent pas faire l'objet d'une modélisation objective (HEISKANEN et al., 2002). En outre, compte tenu du caractère subjectif des données et de leur interprétation, plusieurs experts en ACV et les organisations (ex. : gouvernements) s'approprient cette méthode et manipulent les données afin qu'elles tournent à leur avantage (DAVIS, 1998). Crettaz & Jolliet (2001) renforcent ce point critique en affirmant que :

« Certaines applications ont parfois suscité de vives critiques, avec l'impression qu'il suffisait de choisir une méthode pour arriver au résultat désiré par le commanditaire de l'étude. » (CRETZAZ & JOLLIET, 2001, p.7)

Comme l'ACV est a priori une méthode quantitative, les données difficilement quantifiables, par exemple, les impacts sociaux ou ceux reliés à la biodiversité, ne sont souvent pas prises en compte. Par ailleurs, l'ACV n'est pas très efficace dans les cas où des produits chimiques, des substances dangereuses, ou encore des organismes génétiquement modifiés (OGM) sont impliqués (BREZET et al., 1999; HEISKANEN, et al., 2002).

De son côté, Janin (2000) fait remarquer que l'ACV ne considère pas certains aspects qui pourraient s'avérer significatifs, comme les dimensions spatiales et temporelles. Selon lui, l'ACV ne peut faire la distinction entre les pollutions globales (ex. : effet de serre) et les pollutions locales (ex. : acidification), ainsi qu'entre des impacts environnementaux à court, moyen et long terme. De plus, l'ACV ne tient pas compte des réactions en chaîne, bienfaites ou néfastes vis-à-vis l'environnement, lesquelles peuvent se produire entre les rejets et les effets provoqués dans les milieux naturels.

Enfin, la transférabilité des données demeure encore aujourd'hui un obstacle à la diffusion de l'ACV. Par exemple, la quasi-absence de données canadiennes force les chercheurs à se tourner vers des bases de données étrangères dont les modèles d'agrégation d'impacts ne sont pas nécessairement adaptés au contexte, ce qui peut remettre en question certaines études effectuées sur des produits et services canadiens. En effet, les impacts environnementaux dépendent notamment des technologies en place et de la réalité physique régionale; les impacts environnementaux varieront selon les sources d'énergie utilisées (énergie nucléaire versus énergie hydroélectrique) et selon le contexte géographique (ex. : présence de lacs ou de forts courants aériens). Ainsi, l'importance accordée à chacune des catégories d'impact (ex. : acidification des cours d'eau) ne peut être la même d'un pays à l'autre. Conséquemment, les chercheurs sont confrontés à deux scénarios : soit ils excluent plusieurs données de l'étude, soit ils utilisent des données étrangères avec le plus de précautions possible. Dans les deux cas, on peut se questionner sur la validité des résultats et des conclusions de l'étude. Par contre, la recherche et le développement sur les ACV est présentement un domaine en pleine effervescence,

ce qui permet de croire que ce problème ira en s'atténuant au cours des années à venir.

## 2.11 L'analyse de cycle de vie simplifiée

Malgré les nombreuses critiques envers l'ACV, ses avantages sont largement reconnus et amènent les scientifiques à poursuivre leurs efforts pour améliorer cet outil (GRAEDEL, 1998). Bien que l'ACV soit reconnue utile en écoconception, elle est encore rarement utilisée dans le développement de produits, car elle nécessite des ressources trop importantes en terme de temps et d'argent (TISCHNER et al., 2000). C'est pourquoi la communauté d'experts en ACV a été interpellée afin de rendre cet outil à la portée des utilisateurs potentiels (CURRAN & TODD, 1999). C'est ainsi que de nouvelles méthodes d'ACV dites « simplifiées », mais conservant une méthodologie de base déjà reconnue par les experts, sont apparues.

Cette approche de simplification, dans un premier temps, a engendré beaucoup de scepticisme (CURRAN & TODD, 1999). Au fil des années, les experts ont pris conscience que l'ACV dite complète et l'ACVS n'étaient pas deux méthodes distinctes, mais constituaient plutôt un éventail de formes d'ACV plus ou moins simplifiées. En effet, la « frontière » imaginée a priori s'est effondrée et a fait apparaître un continuum des types d'ACV possibles se modifiant selon leur degré de simplification. La Figure 27 illustre ce continuum de l'ACV selon lequel le niveau de détails décroît à mesure que l'on s'approche de l'Ecoscreening<sup>14</sup> (GRAEDEL, 1998) :

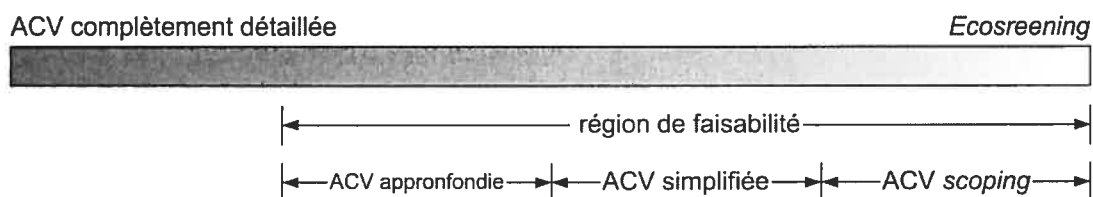


Figure 27 : Le continuum de l'ACV et l'ACVS. (traduction libre) (D'après : GRAEDEL, 1998, p.88)

Selon les experts, il n'est pas réellement possible d'achever une ACV de manière complète (pôle gauche de la Figure 27). En effet, une ACV approfondie exige une évaluation quantitative des impacts environnementaux extrêmement rigoureuse et

<sup>14</sup> L'ecoscreening se définit comme étant une méthode rapide et superficielle qui consiste à identifier les étapes du cycle de vie ou les processus élémentaires qui semblent être les plus critiques, mais qui ne permet pas d'identifier les réels problèmes. L'ecoscreening est souvent considérée comme une première étape dans certaines ACVS (JENSEN et al., 1997).

complète. Par contre, l'*Ecoscreening* exige un minimum d'efforts afin de s'assurer que les choix de conception sont avantageux du point de vue environnemental, ou qu'une évaluation plus approfondie est peut-être nécessaire. Quelque part entre les deux extrémités se trouve l'ACVS qui semble être le compromis idéal : l'évaluation est suffisamment complète et rigoureuse pour guider l'entreprise ou le concepteur dans la bonne direction sans être trop difficile ou impossible à réaliser concrètement (GRAEDEL, 1998).

L'ACVS vise en tout premier lieu à identifier les impacts environnementaux majeurs d'un produit à travers tout son cycle de vie, puis à déterminer les priorités d'intervention, pour lesquelles certaines stratégies d'écoconception devront être appliquées. Il existe plusieurs approches d'ACVS qui, généralement, se rapportent toutes à deux méthodes de simplification, soit en mettant de côté certains éléments du système étudié ou en réduisant le nombre d'indicateurs utilisés, soit par des méthodes encore plus qualitatives comme des outils matriciels accompagnés de listes de contrôle (LEWIS & GERTSAKIS, 2001). Tischner et al. (2000) décrivent l'ACVS de la façon suivante :

« Si les priorités d'intervention pour réduire les impacts environnementaux sont claires depuis le début du projet, il est possible d'accélérer l'analyse du produit de référence en considérant davantage les étapes du cycle de vie qui sont les plus pertinentes, et d'évaluer les moins pertinentes de manière moins détaillée. » (traduction libre) (TISCHNER et al., 2000, p.47)

D'un côté, des méthodes d'ACVS écartent certains éléments du système (ex. : un matériau peu commun) ou mettent l'emphase sur une ou plusieurs étapes du cycle de vie en particulier (ex. : phase d'utilisation). Cette approche n'est valable que dans la mesure où les exclusions sont justifiées par les auteurs de l'étude. À titre d'exemple, les impacts environnementaux d'un produit ayant un long cycle de vie (ex. : moteur, électroménager) sont généralement occasionnés pendant la phase d'utilisation; l'hypothèse affirmant que les impacts majeurs sont dus à la consommation d'énergie autorise l'évaluateur à s'attarder davantage sur cette étape du cycle de vie et de négliger les autres (TISCHNER et al., 2000).

D'un autre côté, des outils tels que certaines matrices et listes de contrôle permettent de réaliser une ACVS recevable beaucoup plus rapidement, même si cette dernière risque d'être moins détaillée. Lewis et Gertsakis proposent des outils de ce type qui se rattachent chacun aux grandes phases de l'ACV, et dont l'ensemble des résultats

provenant des quatre outils constitue une forme d'ACVS. Le Tableau 14 présente ces quatre outils ainsi que les phases de l'ACV qui leur sont associées.

Tableau 14 : Outils matriciels et phases de l'ACV pour la réalisation d'une ACVS.  
(traduction libre) (D'après : LEWIS & GERTSAKIS, 2001, pp.52-47)

<b>ACV complet</b>	<b>Outils matriciels de l'ACVS</b>
Définition des objectifs et du champ d'étude	<b>Arbre de procédés</b> (carte du cycle de vie) ou charte des flux de matières + dossier de développement de produit
Analyse de l'inventaire	<b>Matrice d'analyse de l'inventaire</b> incluant les matières, l'énergie et les déchets/émissions
Évaluation des impacts environnementaux	<b>Matrice d'évaluation des impacts</b> avec l'aide d'indicateurs (quantitatifs ou qualitatifs)
Interprétation des résultats	<b>Sélection de stratégies d'éco-design</b> avec l'aide des trois autres outils et d'une matrice (faisabilité vs potentiel d'amélioration)

Ces ACVS ne sont que quelques exemples parmi une pléiade d'outils développés par les entreprises et les universités. En effet, au cours des dernières années, un bon nombre d'entreprises ont développé elles-mêmes des méthodes d'ACVS répondant à leurs besoins mais, selon les experts, demeurant généralisables à d'autres produits ou services. Citons par exemple des compagnies comme IBM, Volvo, Dow Chemical ou Monsanto (GRAEDEL, 1998).

Compte tenu de ce qui a été mentionné précédemment par rapport à l'impossibilité de mener à terme une ACV réellement complète, il apparaît plus raisonnable d'effectuer une ACVS, en convenant et en reconnaissant toutefois ses limites et ses inconvénients (GRAEDEL, 1998). Aussi, quel que soit le type de simplification appliquée à l'ACV, l'ACVS présente des avantages et des inconvénients. Le Tableau 15 présente les principaux avantages et inconvénients de l'ACVS relativement à l'ACV complète.

Tableau 15 : Avantages et inconvénients de l'ACVS. (traduction libre)  
(D'après : GRAEDEL, 1998, p.97)

Avantage de l'ACVS	Inconvénients de l'ACVS
<b>Plus efficace</b> : nécessite quelques jours plutôt que quelques mois.	<b>Moins polyvalente</b> : incapacité de couvrir tous les flux de matières.
<b>Moins coûteuse</b> : réalisable à l'interne d'une entreprise par des employés non spécialisés.	<b>Moins flexible</b> : faible capacité de comparer des approches foncièrement différentes pour répondre au même besoin.
<b>Applicable en amont</b> : réalisable dès les premières phases de conception lorsque les opportunités de modification sont bonnes, même si les données quantitatives sont peu nombreuses.	<b>Moins efficace dans le temps</b> : faible capacité à trouver des améliorations sur une grande échelle temporelle, c'est-à-dire de déterminer si un produit est meilleur que son prédécesseur.
Compte tenu de ces trois avantages, l'ACVS est <b>utilisable quotidiennement</b> sur une <b>grande variété de produits</b> .	

## 2.12 La méthode *Eco-Indicator 99*

*Eco-Indicator 99* est une méthode hollandaise qui vise à traduire les impacts environnementaux en une note unique, l'éco-indicateur, exprimée en millipoints (mPt). La liste complète des éco-indicateurs disponibles est présentée à l'annexe B. Version améliorée de *Eco-Indicator 95*, cet outil puissant pour les designers se fonde sur des calculs et des résultats d'ACV. Le développement de cette méthode a mis à contribution des entreprises privées (*Philips, Netherlands Car, Océ*), le Gouvernement néerlandais, ainsi que plusieurs experts en ACV provenant notamment de la Suisse (JANIN, 2000; GOEDKOOP et al., 2000). Dans leur revue critique de l'ACV, Crettaz et Jolliet affirment ceci :

« La nouvelle méthode publiée en 1999 est de fait la première méthode qui tente d'évaluer des dommages au niveau des ressources, de la santé humaine et de la qualité de l'écosystème. Ceci en fait l'une des méthodes les plus intéressantes à appliquer. » (CRETZAZ & JOLLIET, 2001, p.88)

À la vue de la classification des outils présentés dans les trois études de la section 1.8, il n'est pas clair que la méthode *Eco-Indicator* constitue une ACVS (voir tableaux 11, 12 et 13). Néanmoins, la majorité des experts en ACV s'entendent pour dire qu'il s'agit d'un type d'ACVS (ERM, 2001; BOVEA & VIDAL, 2000; JANIN, 2000; NICOLAY, 2000; BREZET & VAN HEMEL, 1997). En effet, Janin décrit cette méthode comme suit :

« On peut parler d'une méthode de simplification de l'ACV dans le sens d'une plus grande facilité à appréhender une telle méthode par un néophyte (un concepteur par exemple) et ce, par le simple emploi d'une note représentant à elle seule un ensemble d'impacts



environnementaux. «

(...)

» Cette méthode permet donc aisément de réaliser l'analyse de cycle de vie d'un produit sans perdre de temps à réunir toutes les données d'impact nécessaires et sans véritablement connaître la démarche de la méthode ACV. «

(...)

» Il s'agit finalement d'une note écologique globale obtenue après un calcul d'analyse de cycle de vie. » (JANIN, 2000, p.163)

Par ailleurs, la description de la méthode *Eco-indicator 99* faite par Brezet et van Hemel affirme qu'« en utilisant ces indicateurs, un designer peut facilement calculer tous les impacts et conduire sa propre ACV (...) L'outil *Eco-indicator* se veut une méthode d'ACV destinée à être utilisée directement dans l'usine » (BREZET & VAN HEMEL, 1997). Notons également que cette méthode est de plus en plus utilisée pour effectuer des évaluations d'impact. Par exemple, un bureau de consultants en environnement a utilisé la méthode *Eco-Indicator 99* afin de déterminer lequel des deux moyens de séchage utilisés après s'être lavé les mains, le papier et le séchoir automatique, était le plus avantageux au plan environnemental (ERM, 2001).

### 2.12.1 Les aspects méthodologiques

La première méthode *Eco-Indicator* publiée en 1995 est fondée sur des données scientifiques relatives à trois types de dommage environnemental : la détérioration des écosystèmes, la détérioration de la santé humaine et la mortalité humaine (BREZET & VAN HEMEL, 1997). De plus, chaque impact est étudié en fonction d'un objectif (*Distance target*), soit un niveau d'impact où les dommages sont négligeables et acceptables. La méthode *Eco-Indicator 95* est illustrée à la Figure 28.

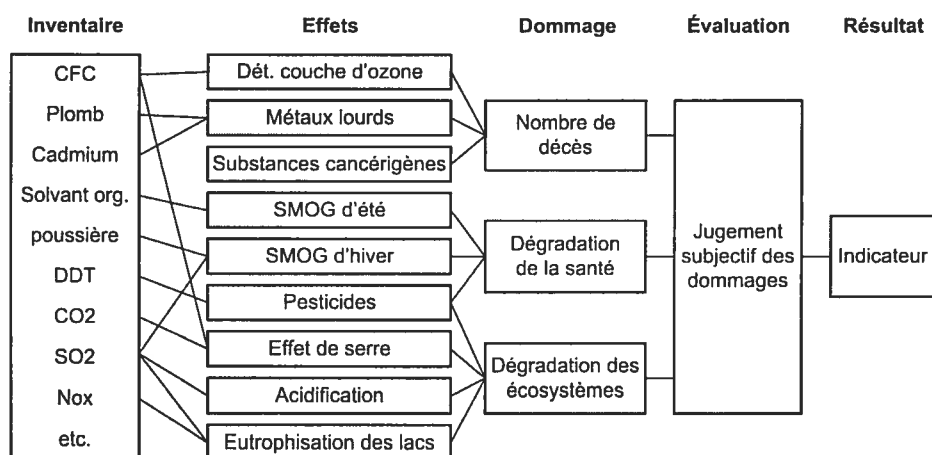


Figure 28 : Schématisation simplifiée de la méthode *Eco-Indicator 95*. (traduction libre)  
(D'après : GOEDKOOP & SPIRIENMA, 2000, p.2)

Cette méthode est largement utilisée, mais présente des lacunes importantes. Par exemple, elle prend difficilement en compte les impacts sur la biodiversité et ceux concernant l'utilisation des sols. Aussi, elle accorde une grande importance à la catégorie d'acidification, ce qui devient moins pertinent pour des concepteurs qui, par exemple, pratiquent en Australie, car ce pays compte de grandes régions désertiques et peu de plans d'eau (LEWIS & GERTSAKIS, 2001). Il est important de mentionner que les indicateurs des deux versions ne sont pas compatibles (GOEDKOOOP et al., 2000).

La nouvelle méthode améliorée, soit *Eco-Indicador 99*, tient compte des dommages occasionnés aux catégories suivantes : ressources, écosystèmes et santé humaine (GOEDKOOOP et al., 2000). Les dommages aux ressources correspondent à l'énergie requise pour l'extraction des minéraux et des combustibles fossiles. Les dommages aux écosystèmes se traduisent par l'extinction des espèces dans une zone déterminée et ce, durant une certaine période. Enfin, les dommages à la santé humaine sont exprimés en fonction de la quantité de vies perdues en considérant le nombre d'années de vie enlevé. La Figure 29 illustre le modèle *Eco-Indicador 99*.

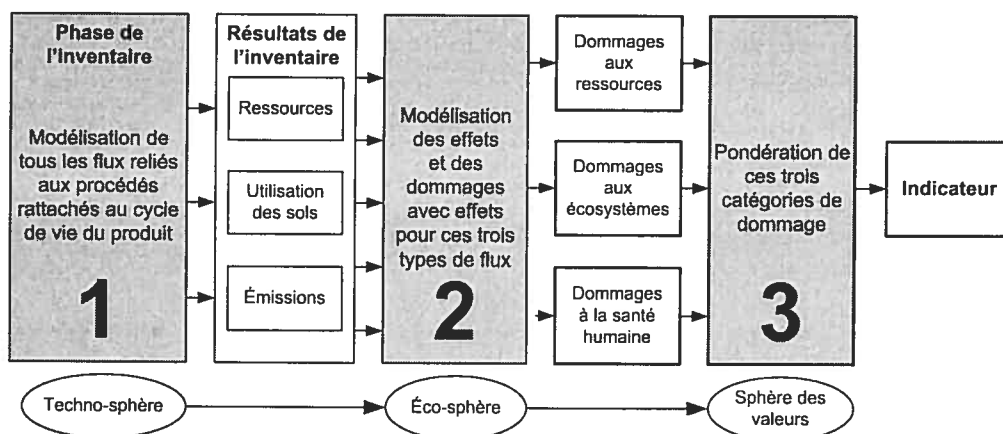


Figure 29 : Schématisation simplifiée de la méthode *Eco-Indicador 99*. (traduction libre)  
(Sources : GOEDKOOOP et al., 2000, p.15; GOEDKOOOP & SPRIENSMA, 2000, p.8)

Trois phases sont nécessaires à l'obtention d'un indicateur final : l'inventaire des flux de matières et d'énergie (1), la caractérisation des impacts (2) et la pondération selon les trois types de dommage (3). Bien qu'une seule phase montre clairement la présence de valeurs, donc une certaine « subjectivité », celles-ci se retrouvent tout de même dans la techno-sphère et l'écosphère, car les scientifiques ont dû faire des

hypothèses et des simplifications qui ont été nécessairement teintées par leur système de valeur.

Selon Goedkoop et al. (2000), les cinq étapes suivantes doivent être assidûment appliquées afin d'assurer la bonne conduite d'une évaluation à l'aide d'*Eco-Indicator 99*. Il est important de noter que ces étapes sont assez similaires à celles proposées par ISO pour l'application de l'ACV (voir Figure 26).

1. Définir les objectifs :
  - Décrire le produit ou les composantes du produit analysés;
  - Définir s'il s'agit d'une analyse d'un seul produit en vue de l'améliorer ou d'une analyse sur plusieurs produits dans un but de comparaison;
  - Définir le niveau de précision requis.
2. Définir le cycle de vie :
  - Schématiser le cycle de vie du système analysé (arbre des procédés).
3. Quantifier les procédés et matériaux :
  - Déterminer l'unité fonctionnelle;
  - Quantifier tous les processus élémentaires de l'arbre des procédés;
  - Préciser les conjectures pour les données manquantes.
4. Associer les quantités (procédés et matériaux) aux indicateurs appropriés :
  - Compiler les données quantifiées (ex. : Kg);
  - Trouver les indicateurs associés;
  - Calculer les notes en multipliant les quantités avec les indicateurs;
  - Additionner les notes (ex. : notes pour une même phase du cycle de vie).
5. Interpréter les résultats :
  - Associer les conclusions provisoires avec les résultats;
  - Vérifier les effets des conjectures et des incertitudes;
  - Corriger les conclusions (si nécessaire);
  - Vérifier si les objectifs poursuivis ont été rencontrés.

La définition des objectifs et du cycle de vie a été détaillée précédemment lors de la description des étapes de l'ACV (voir section 1.10.2). Il convient maintenant d'expliquer la quantification des procédés et des matériaux et l'association des quantités. Tout d'abord, la quantification des procédés et des matériaux s'effectue selon cinq méthodes :

1. Par le **poids** des matériaux en **kilogramme** (ex. : 12 kg d'acier pour des tiges de structure);
2. Par la **longueur** du matériau en **mètre** (ex. : pliage de la plaque d'aluminium sur une longueur de 1.25 mètre);
3. Par la **surface** du matériau en **mm<sup>2</sup>** (ex. : embossage d'une tôle d'acier sur une surface de 0.25 mm<sup>2</sup>);
4. Par le **volume** de matériaux en **m<sup>3</sup>** (ex. : enfouissement de 2 m<sup>3</sup> de laine minérale en fin de vie) ;
5. Par le nombre de **kWh** requis (20kWh nécessaires à faire fonctionner un four).

L'association des quantités avec les indicateurs consiste à prendre la donnée recueillie et de la multiplier par l'indicateur approprié afin d'obtenir l'évaluation en mPt (ex. : 23 kg x 780 mPt/kg = 16 560 mPt pour la production d'aluminium neuf). Il convient d'indiquer clairement l'indicateur choisi et de présenter un nombre suffisant d'informations pour qu'une tierce personne puisse comprendre le processus et juger de la valeur de l'étude.

Enfin, la cinquième étape consiste à présenter les résultats en fonction des objectifs de départ. Il s'agira principalement de communiquer les points saillants de l'étude et les recommandations.

### 2.12.2 Les avantages

La méthode *Eco-Indicator 99* est profitable à bien des égards, mais présente assurément des limites. Les principaux avantages de cette méthode sont :

- Cette méthode est très facile d'utilisation. En effet, il est relativement aisé de choisir les indicateurs appropriés et d'effectuer les calculs. Par contre, ces indicateurs ayant été calculés selon un contexte européen, il conviendra de faire preuve de prudence lorsqu'une évaluation sera faite sur un produit en dehors de ce contexte. Il est à noter qu'une bonne expertise du produit est essentielle afin d'augmenter l'efficacité de l'évaluation; c'est-à-dire connaître les composantes, les matériaux constitutifs, des procédés de mise en forme, sa consommation d'énergie durant son utilisation, etc.

- La manipulation des données et les calculs à effectuer sont d'une grande simplicité. Néanmoins, l'utilisation d'un chiffrier est recommandée, car dépendamment des produits, la quantité de données peut devenir rapidement démesurée. La création de diagrammes en bandes ou en pointe de tarte permet ensuite d'identifier les points faibles et de comparer des produits sous plusieurs angles en vue de les améliorer. Ils facilitent également la communication.
- La méthode *Eco-Indicator 99* peut s'appliquer soit sur papier en élaborant ses propres fiches de travail ou en remplissant celles proposées par les auteurs, soit avec l'aide du logiciel *EcoScan* jugé très convivial pour les concepteurs (JANIN, 2000).

### 2.12.3 Les désavantages

Il convient également de faire part des désavantages et des limites inhérentes à la méthode *Eco-Indicator 99*.

- Les indicateurs finaux sont critiquables dans la mesure où les étapes d'agrégation et de pondération sont basées sur des jugements subjectifs qui sont difficilement accessibles. En effet, les calculs sous-jacents aux procédures sont difficilement vérifiables, car les indicateurs exprimés en mPt ne permettent pas de déterminer quelles sont les quantités de flux qui sont à l'origine de ces valeurs. L'utilisateur peut cependant vérifier par lui-même s'il est d'accord ou non avec ses choix en se référant au rapport méthodologique *Eco-Indicator 99* (GOEDKOOOP & SPRIENSMA, 2000). Cette démarche demande un degré de connaissance approfondi de l'ACV en général.
- Compte tenu de l'agrégation complète des résultats d'ACV, il n'est pas possible d'isoler les résultats, ni de calculer les impacts en fonction d'une seule catégorie d'impact. À titre d'exemple, il serait intéressant de comparer deux produits en fonction de leur contribution à l'émission des gaz à effet de serre afin de vérifier l'atteinte de certains objectifs d'une politique environnementale (ex. : protocole de Kyoto). Certains objectifs d'ACV ne sont donc pas vérifiables avec la méthode *Eco-Indicator 99*.

- Puisque ces indicateurs ont été développés dans un contexte européen, il est plus ou moins approprié de les appliquer pour des produits ou services fabriqués et vendus en Amérique du Nord. Par exemple, les sources d'énergie entrant dans la fabrication d'électricité (centrale hydroélectrique et centrale nucléaire) varient d'un pays à l'autre, ce qui implique des impacts environnementaux différents selon le contexte géographique. Il est important de mentionner que les limites relatives aux indicateurs énergétiques n'entrent pas toujours en considération. Par exemple, ces limites ne sont pas nécessairement effectives dans les cas d'études visant la comparaison de deux produits, puisque les impacts sont relatifs; il s'agira de savoir lequel des deux produits est le plus avantageux sur le plan énergétique et non de savoir s'il est plus urgent de réduire sa consommation d'électricité ou de substituer un matériau.
- La banque de données disponible demeure incomplète même si celle-ci contient plus de deux cents indicateurs. En effet, il arrive que certains matériaux spécialisés n'aient pas d'indicateurs associés. Pour pallier cette lacune, Goedkoop et al. recommandent d'estimer ou même de calculer l'indicateur à l'aide d'un logiciel plutôt que d'exclure un matériau de l'étude (GOEDKOOOP et al., 2000). Cette dernière éventualité est admissible seulement lorsqu'il est évident que la contribution anticipée de l'impact sera négligeable.

Finalement, le grand avantage de la méthode *Eco-Indicator* est qu'elle nécessite très peu d'expertise, ce qui en fait une solution très pratique pour la comparaison de produits à l'interne, et ce, en dépit des désavantages que soulèvent les scientifiques (BREZET et al., 1999). Force est de constater que cette méthode semble répondre aux besoins des concepteurs, les designers industriels en particulier.

## Partie 3 : Études de cas

Cette partie du mémoire présente trois études de cas qui ont été réalisées avec l'aide de la méthode d'évaluation d'impact *Eco-Indicator 99*. La première étude de cas avait comme principal objectif de se familiariser avec la méthode *Eco-Indicator 99* en effectuant une analyse comparative de deux produits, soit des murs antibruit pour le génie civil. La seconde étude de cas avait comme but de faire l'analyse environnementale d'un appareil de débosselage et d'identifier les points faibles en vue d'apporter d'éventuelles améliorations de conception. La troisième étude de cas est le résultat d'une participation à un concours d'écoconception ayant comme objet la conception d'un système d'emballage réservé à la livraison de livres et/ou de disques laser achetés par le biais du commerce électronique.

### 3.1 ACVS comparative - écrans antibruit

Cette étude a pour but de déterminer les impacts environnementaux occasionnés par un écran antibruit en béton (ÉAB) existant et un concept d'écran antibruit fabriqué en caoutchouc recyclé (ÉACR), afin que les résultats puissent servir à des fins de comparaison. L'ÉACR a été développé dans le cadre d'un projet de maîtrise portant sur l'écoconception d'un panneau antibruit fabriqué à partir de caoutchouc recyclé (THIBault, 2002). Entre autres, il sera possible de vérifier si l'utilisation du caoutchouc recyclé dans la fabrication de panneaux antibruit occasionne plus ou moins d'impacts environnementaux que le béton. Aussi, l'interprétation des résultats permettra de valider les choix de conception de l'ÉACR, ou encore de proposer de nouvelles alternatives afin de réduire davantage les impacts environnementaux que celui-ci engendre. Pour des raisons de confidentialité, le nom du fabricant de l'ÉAB ne sera pas divulgué et seuls des croquis informatiques seront présentés.

#### 3.1.1 Description des écrans

L'ÉAB peut être intégré à différents projets d'aménagement urbain. Son installation est généralement prise en charge par un entrepreneur en construction qui est responsable de gérer l'aménagement global. Cet écran antibruit est composé de colonnes en béton armé fixées à l'aide d'un assemblage de type boulon/écrou sur des bases de béton coulées dans le sol. Des panneaux composés de deux types de béton, soit structural au centre et acoustique à la surface, sont insérés entre deux colonnes. Si la composition du béton structural est très commune (ciment + sable +

agrégats + eau), la recette du béton acoustique n'a pas été divulguée pour des raisons de secret industriel. Seules quelques informations plus ou moins précises ont permis de déterminer approximativement les quantités de ciment, d'agrégats et de morceaux de caoutchouc recyclé faisant partie de la recette. Ainsi, le fabricant affirme qu'un panneau de béton standard (2.55 m de hauteur par 6 m de longueur par 200 mm d'épaisseur) contient l'équivalent de 25 pneus hors d'usages déchiquetés en morceaux de 1po x 1po.

Étant donné la spécificité de chaque projet d'installation, le fabricant est amené à concevoir un écran pour chacun des projets. Ainsi, le fabricant est en mesure de créer des motifs personnalisés sur la surface des murs, ce qui contribue à améliorer les performances acoustiques du produit et à donner un aspect esthétique particulier. Dans le cadre de cette étude comparative, la longueur et l'épaisseur des deux murs antibruit (ÉAB et ÉACR) sont identiques. La Figure 30 présente une vue générale de l'ÉAB.

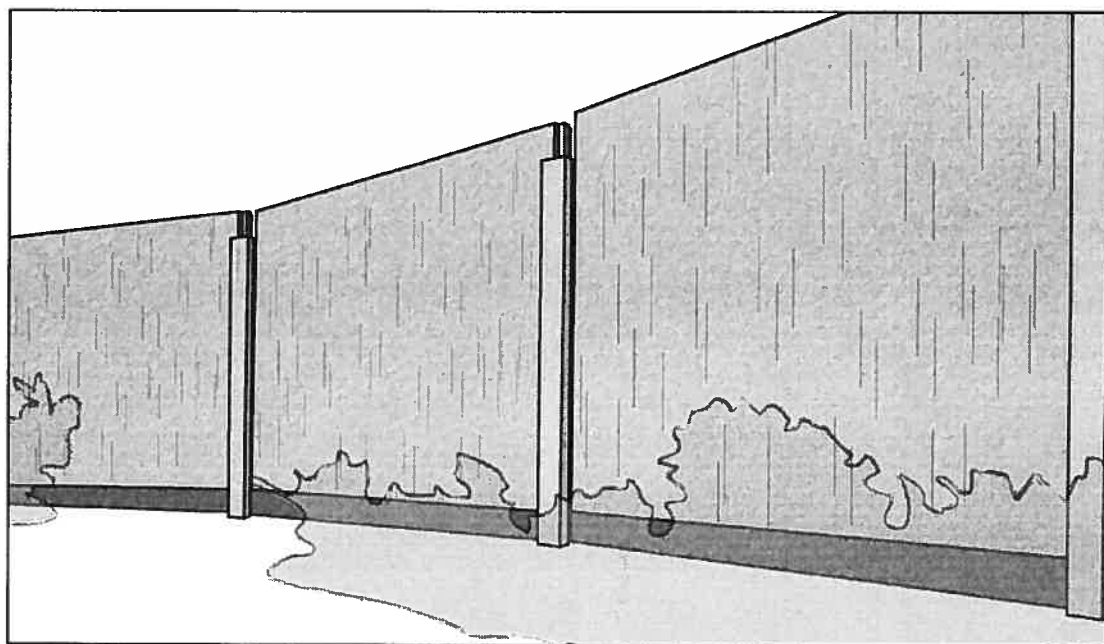


Figure 30 : Écran antibruit en béton (ÉAB).

La hauteur standard de l'ÉAB a été réduite afin qu'elle soit la même que l'ÉACR, soit 3.6576 mètres. Cette conversion est essentielle, car elle rend valide l'évaluation comparative des deux panneaux. Le poids d'un panneau standard est de 9493 kg et celui d'une colonne est de 1170 kg. La section en H de la colonne a pour dimensions



hors tout 256 mm x 406 mm. Elle est conçue de manière à ce que les panneaux puissent facilement s'y imbriquer.

L'ÉACR est composé de colonnes en acier de type « H-beam » entre lesquelles sont installés trois panneaux superposés, faits de caoutchouc recyclé provenant de pneus hors d'usage. Le mélange et le procédé de mise en forme découlent d'une recette éprouvée (moulage par compression – EVA/soufre), durant laquelle le caoutchouc subit une nouvelle vulcanisation par l'action chimique du soufre (THIBAUT, 2002). Les chaînes polymériques ainsi formées confèrent au mur ses propriétés structurales. Pour obtenir un panneau antibruit, deux parties identiques (avant et arrière) fabriquées à partir du même moule sont assemblées dos à dos. Cette technique permet d'optimiser les coûts de production et, dans une certaine mesure, de réduire les impacts environnementaux liés aux équipements. Une section d'écran (panneau + colonne) mesure 2.5 m de long et est constituée de trois panneaux qui s'installent l'un par-dessus l'autre pour atteindre une hauteur de 3.6576 m. Les dimensions de ce panneau sont de 2.4384 m de longueur par 1.2192 m de hauteur et de 101.6 mm d'épaisseur. La Figure 31 illustre l'aspect général de l'ÉACR.

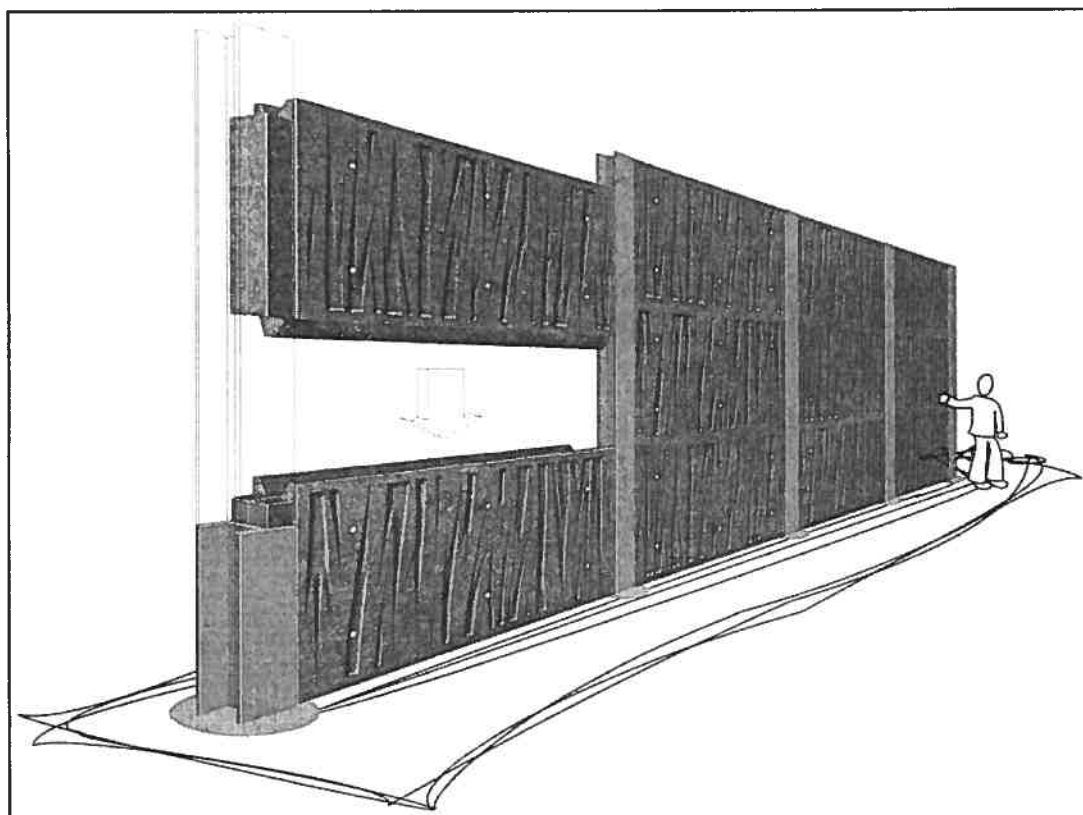


Figure 31 : Écran antibruit en caoutchouc recyclé (ÉACR).

### 3.1.2 Objectifs et champ de l'étude

La longueur de chacune des sections (panneau(x) + colonne) étant différente selon le type d'écran antibruit, il est important de convenir d'une base équivalente sur laquelle ces écrans seront évalués, ce qui permettra de définir les flux de référence. La distance linéaire de 632.5 m correspond à un nombre entier de sections pour chacun des deux types d'écran antibruit. Ainsi pour l'ÉACR, 253 sections sont nécessaires pour couvrir la distance de 632.5 m, alors qu'il faudra 100 sections de l'ÉAB pour couvrir cette même distance. La Figure 32 illustre le rapport de grandeur entre les sections de l'ÉACR et l'ÉAB.

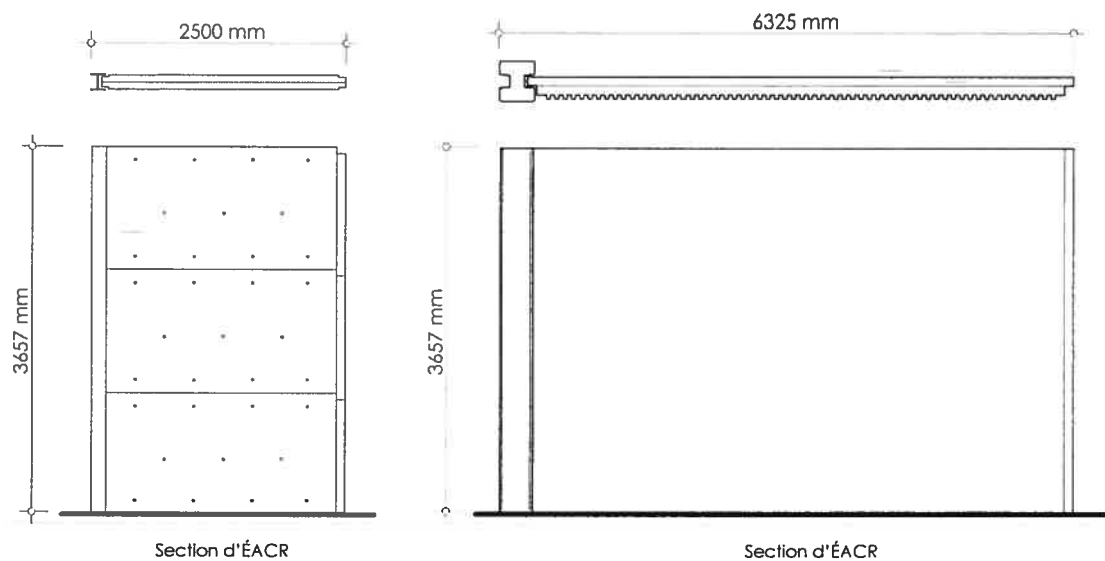


Figure 32 : Sections d'écran pour l'ÉACR et ÉAB.

Il est convenu que pour l'analyse de l'ÉACR, les impacts environnementaux reliés au cycle de vie du pneu neuf sont à l'extérieur des frontières du système étudié. Par contre, le cycle de vie du pneu hors d'usage provenant du système de collecte déjà en place au Québec sera pris en compte au niveau de sa transformation seulement. Les deux écrans sont installés dans les mêmes conditions, c'est-à-dire avec les mêmes équipements et selon les mêmes méthodes. De plus, il est entendu que les deux écrans sont installés à des emplacements qui sont en tout point semblables : le tracé est linéaire et le terrain est plat et de même composition. L'unité fonctionnelle et le flux de référence établis pour cette étude sont présentés à la Figure 33.

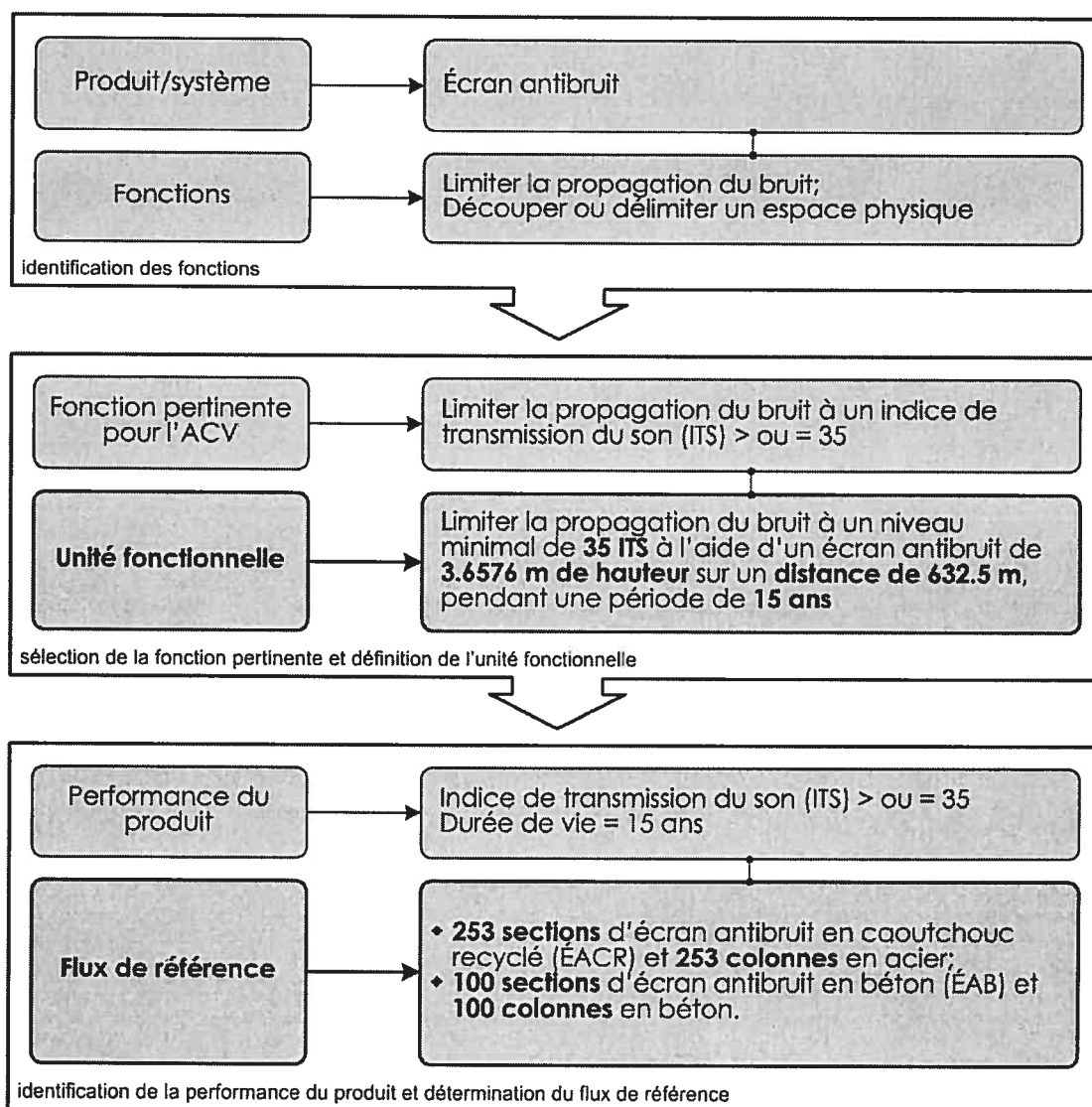


Figure 33 : Unité fonctionnelle et flux de référence – ÉAB vs ÉACR.

Certains éléments ont été volontairement exclus de cette étude. Chacune des règles d'exclusion suivantes justifie les raisons de leur exclusion :

- Les processus élémentaires pour lesquels les **indicateurs** ne sont pas disponibles dans la liste Éco-indicateur 99 sont exclus de l'étude (voir Tableau 16);
- Les processus élémentaires pour lesquels les **données** ne sont pas disponibles sont exclus de l'étude (voir Tableau 16);
- Les composantes qui se retrouvent dans les deux produits sont exclues de l'étude, car elles engendrent des impacts environnementaux identiques;

Tableau 16 : Indicateurs et données manquants relatifs aux matériaux et procédés.

<b>A - INDICATEURS non-disponibles pour l'ÉAB</b>	
Procédés ou matériaux	Étape du cycle de vie
• Moulage (acier - quincaillerie)	Fabrication
• Extrusion (acier - tiges et barres d'armature)	
• Coupe (acier - tiges et barres d'armature)	
• Soudure par point (acier - tiges pour treillis)	
• Filetage (acier - barres d'armature)	
• Découpe (acier - plaque)	
<b>B - DONNÉES non-disponibles pour l'ÉAB</b>	
• Roulage (acier - plaque)	Fabrication
<b>A - INDICATEURS non-disponibles pour l'ÉACR</b>	
Procédés ou matériaux	Étape du cycle de vie
• Soufre	Production de matériaux
• EVA	
• Peinture	
• Mélange du composé	Fabrication
• Moulage (acier - quincaillerie)	
• Découpe (acier - plaque)	
• Extrusion (acier)	
• Filetage (acier - tige)	
• Assemblage - entreposage	
• Peinture des colonnes	
<b>B - DONNÉES non-disponibles pour l'ÉACR</b>	
• Roulage (acier - plaque)	Fabrication

- D. Le transport nécessaire à la production de matériaux, à la fabrication, à l'usage et à la fin de vie est exclu de l'étude. Ces données relatives au transport ne sont pas considérées, car la quantité d'informations correspondant à chacune des étapes du cycle de vie demanderait une étude exhaustive ne pouvant s'intégrer dans cette ACVS de cette ampleur;
- E. Le transport relatif à la distribution du produit ne sera pas pris en compte dans le cycle de vie des écrans antibruit. Par contre, différents scénarios relatifs au transport feront l'objet d'une analyse de sensibilité vérifiant la progression des impacts environnementaux en fonction du kilométrage parcouru. Le poids sera le facteur déterminant, car il existe une différence significative à ce niveau entre les deux types d'écran antibruit;

- F. Les deux panneaux antibruit ne requièrent aucun emballage pour l'entreposage ou la manutention. L'emballage est donc exclu de toutes les étapes du cycle de vie des écrans antibruit;
- G. Les deux types d'écran antibruit requièrent les mêmes équipements servant à soulever et déplacer les composantes lors de l'installation. Il convient donc d'exclure ces équipements et toutes les manipulations qui s'y rattachent;
- H. Puisque que les deux sortes de colonnes (béton ou acier) sont fixées sur le même type de socle et selon la même méthode, l'étape de coulage de béton pour la base des colonnes sera exclue de l'étude lors de l'installation. Par conséquent, les tiges filetées et toute la quincaillerie d'assemblage seront également exclues. Ainsi, seule la fabrication des colonnes sera considérée dans cette ACVS;
- I. Selon la règle d'exclusion se référant au seuil du 1%, tout le matériel faisant partie de la chaîne de fabrication (moules, équipement de transport des composantes, installations nécessaires à l'entreposage, etc.) sera exclu de l'étude. Il est raisonnable d'affirmer que les impacts environnementaux seront amortis sur la production à vie de ces appareils. Par contre, étant donné l'importance de la quantité d'énergie requise dans les procédés, l'énergie nécessaire au mélange du béton sera incluse;
- J. Il convient que dans les deux ACVS, les impacts environnementaux reliés aux pneus entiers sont à l'extérieur des frontières des systèmes analysés, car cette partie constituerait à elle seule une ACV sur la fabrication de pneus neufs;
- K. Il est convenu que les activités humaines (ex. : assemblage) sont exclues de l'étude. Compte tenu du nombre élevé d'écrans antibruit qui sont fabriqués par la même entreprise et ce, avec les mêmes équipements et les mêmes infrastructures, ces derniers sont également exclus de l'étude (règle du 1%);
- L. L'étape de fin de vie des écrans antibruit est exclue de l'étude. Pour l'ÉAB, l'ensemble des matériaux serait en principe recyclable, mais il n'existe pas d'indicateurs pour le recyclage du béton. Concernant l'ÉACR, il est probable que l'ensemble des matériaux soit aussi recyclable, bien que cette affirmation demeure hypothétique à l'heure actuelle. De plus, il n'existe pas d'indicateur pour le recyclage du caoutchouc.

Les Figures 34 et 35 illustrent les principaux entrants et sortants impliqués dans le cycle de vie de l'ÉAB et de l'ÉACR. Aussi, les Figures 36 et 37 illustrent les schémas du cycle

de vie, ou arbres des procédés, de chacun des écrans afin de représenter globalement les frontières des systèmes.

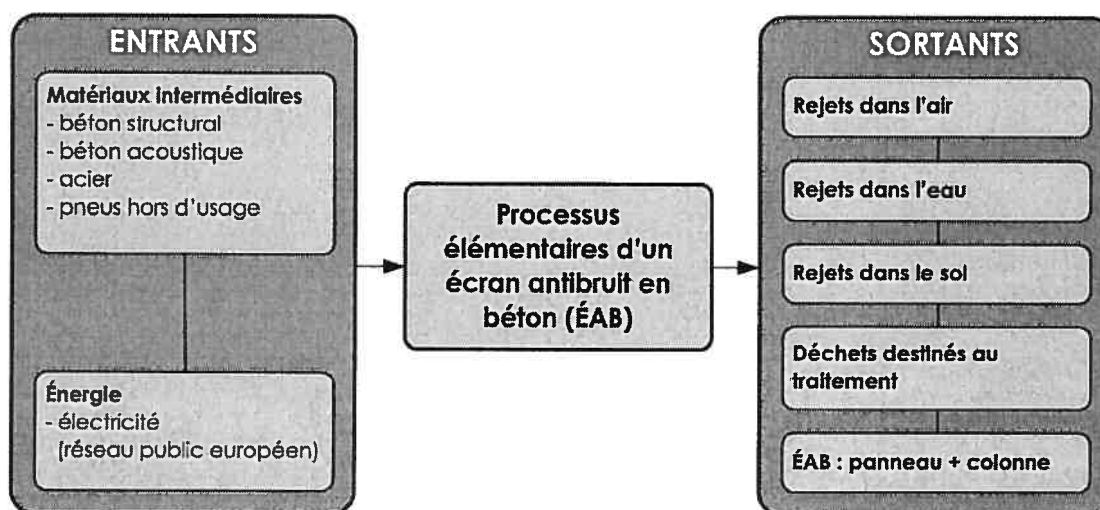


Figure 34 : Les principaux entrants et sortants pour l'ÉAB.

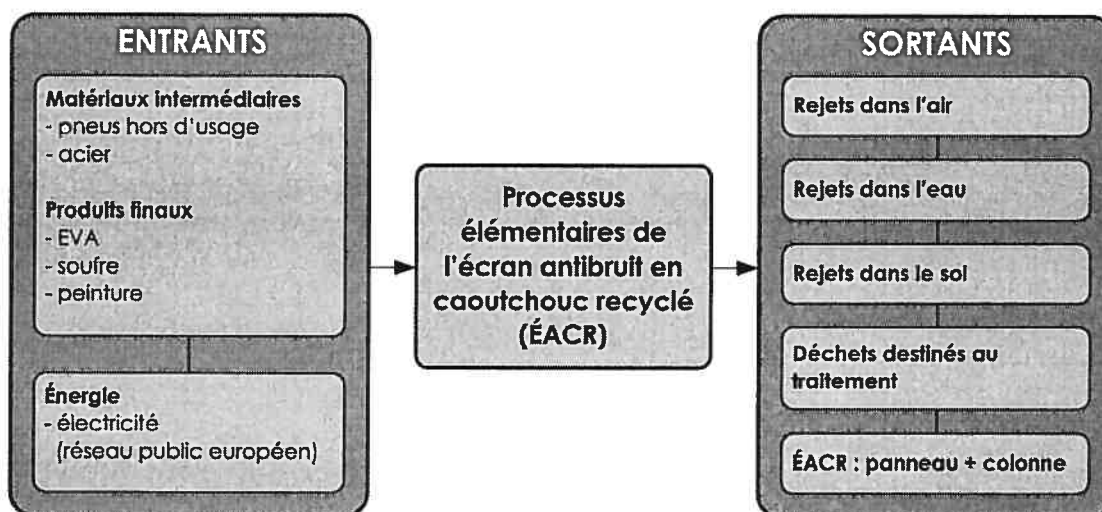


Figure 35 : Les principaux entrants et sortants pour l'ÉACR.

Les Figures 36 et 37 illustrent les arbres des procédés de chacun des écrans antibruit. Notez que les boîtes hachurées renvoient chacune aux règles d'exclusion énumérées précédemment.

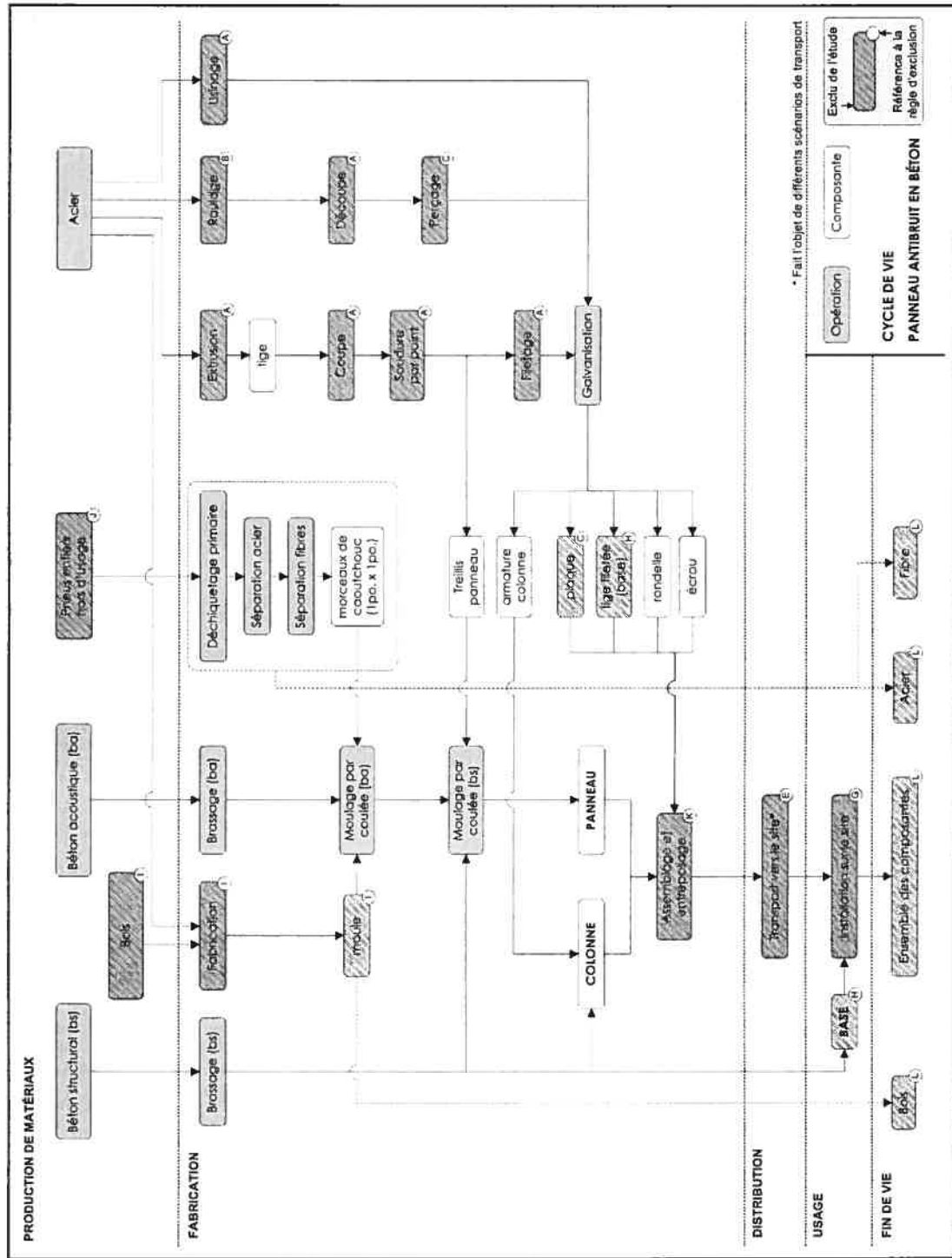


Figure 36 : L'arbre des procédés pour l'ÉAB.

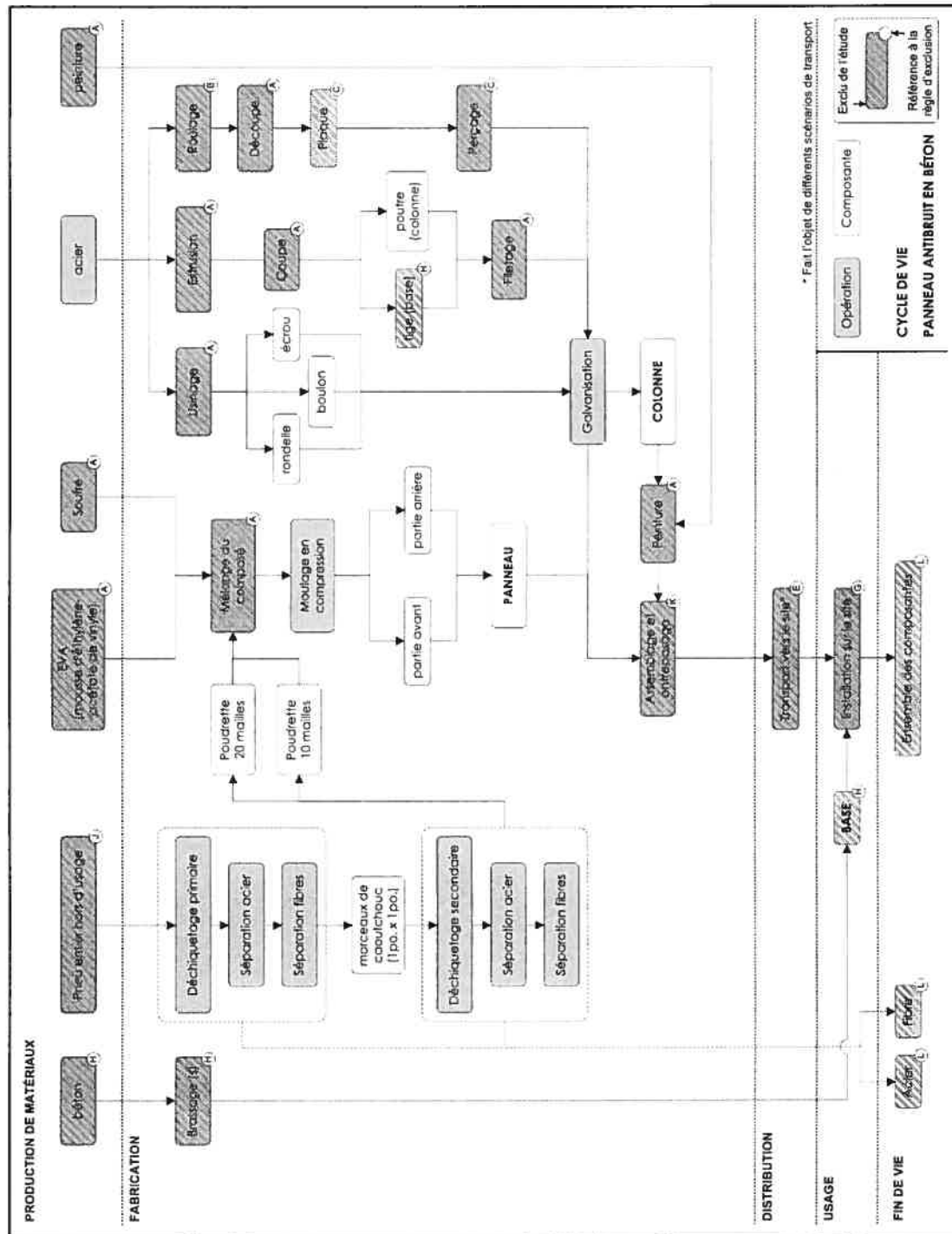


Figure 37 : L'arbre des procédés pour le cycle de vie de l'ÉACR.

La quantification des procédés et matériaux s'effectue selon les cinq méthodes décrites précédemment (voir section 2.12.1, p.93). Étant donné l'ampleur de cette section, les résultats relatifs à quantification des procédés et matériaux pour l'ÉAB et



l'ÉACR sont présentés à la fin du document dans l'annexe C. Le Tableau 17 présente des exemples de quantification.

Tableau 17 : Exemples des méthodes de quantification pour les procédés et matériaux – ÉAB et ÉACR.

Quantification	Exemples
• Par le <b>poids</b> du matériau	Poids de la partie arrière du panneau antibruit existant : <b>40.13 kg</b>
• Par la <b>longueur</b> du matériau	Pliage - partie supérieure du panneau antibruit existant : <b>9.754m</b>
• Par la <b>surface</b> du matériau	Surface à enlever à la partie avant du panneau antibruit existant: <b>928101.37 mm<sup>2</sup></b>
• Par la <b>volume</b> du matériau	Fin de vie du panneau antibruit existant : <b>0.301 m<sup>3</sup></b>
• Par le nombre de <b>kWh</b> requis	Énergie nécessaire pour le déchetage des pneus hors d'usage en poudrette : <b>62.25 kWh</b>

Les démarches complètes d'association des quantités pour l'ÉAB et l'ÉACR apparaissent également à l'annexe C. Afin de faciliter la lecture des résultats, la Figure 38 illustre la démarche d'association des quantités aux indicateurs appropriés.

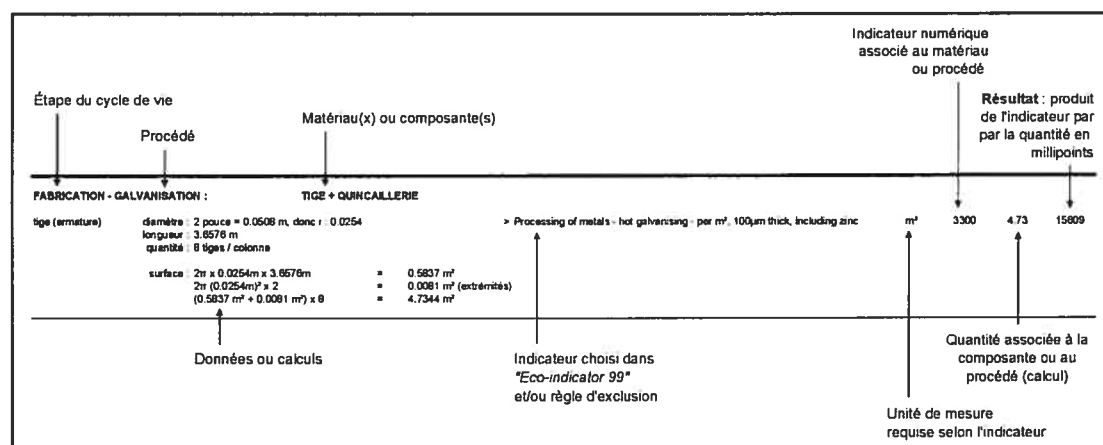


Figure 38 : La démarche d'association des quantités aux indicateurs appropriés – ÉAB et ÉACR.

### 3.1.3 Résultats

Étant donné l'exclusion des phases de distribution<sup>15</sup>, de l'usage et de la fin de vie, la comparaison des résultats s'effectue d'abord en fonction des étapes de production des matériaux et de fabrication. La Figure 39 illustre la synthèse des résultats de l'ACV sur chacun des écrans antibruit.

<sup>15</sup> Cette étape fera l'objet d'une étude de sensibilité où plusieurs scénarios de transport ont été évalués. Celle-ci sera présentée ultérieurement.

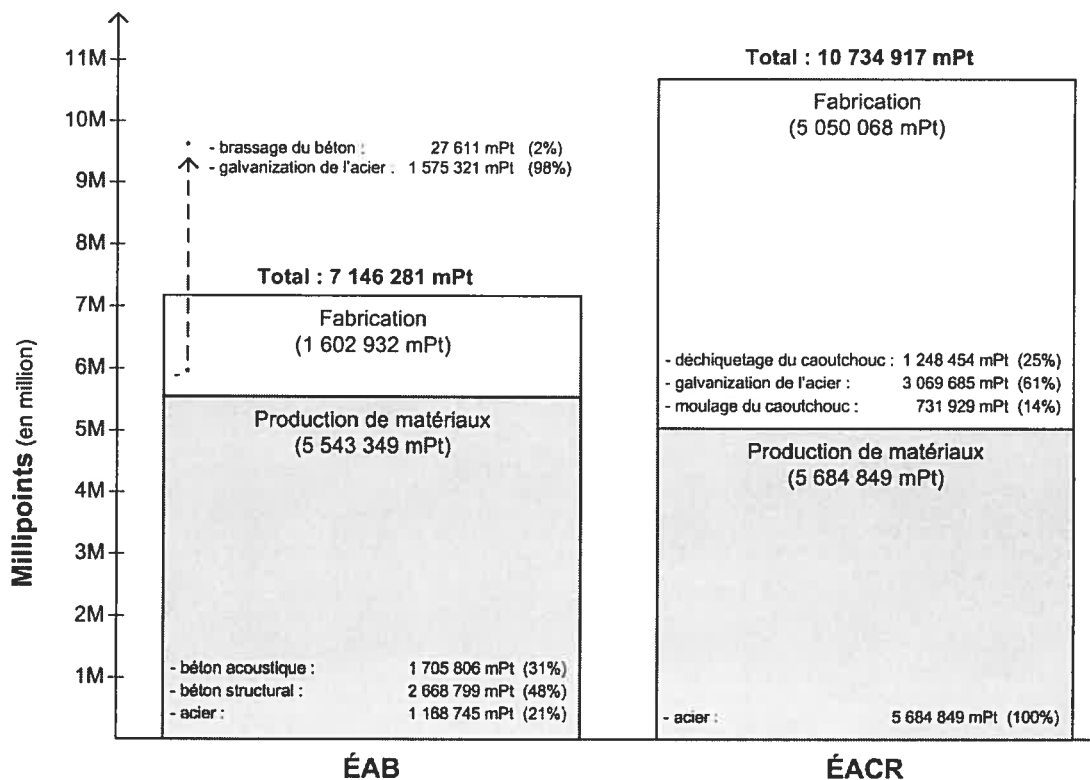


Figure 39 : Comparaison des impacts environnementaux de l'ÉAB et de l'ÉACR selon la production de matériaux et la fabrication.

Après une première analyse, on constate que les impacts environnementaux engendrés par l'ÉACR sont plus importants que ceux de l'ÉAB (10 734 917 mPt contre 7 146 281 mPt, soit 50% de plus). Les impacts engendrés durant l'étape de production de matériaux sont quasi les mêmes pour les deux écrans, soit 5 543 349 mPt pour l'ÉAB et 5 684 849 mPt pour l'ÉACR. Par contre, pour le premier, les impacts proviennent de trois matériaux distincts, soit le béton acoustique, le béton structural et l'acier, tandis que le second, les impacts sont engendrés par l'acier seulement. L'étape de fabrication de l'ÉACR engendre un impact beaucoup plus important que celle de l'ÉAB. Ceci est attribuable en grande partie au traitement de galvanisation qui sert à prévenir l'oxydation des colonnes d'acier de l'ÉACR. Compte tenu du nombre élevé de colonnes et du traitement de galvanisation pour chacune d'elles (3300 mPt/m<sup>2</sup> de surface), cette composante génère des impacts environnementaux considérables du côté de l'ÉACR.

Par ailleurs, la consommation d'énergie durant la production de matériaux et la fabrication est au moins quatorze fois plus importante pour l'ÉACR que pour l'ÉAB

(voir Figure 40). Ainsi, on remarque que le déchetage du caoutchouc et le moulage par compression requièrent une forte consommation d'électricité.

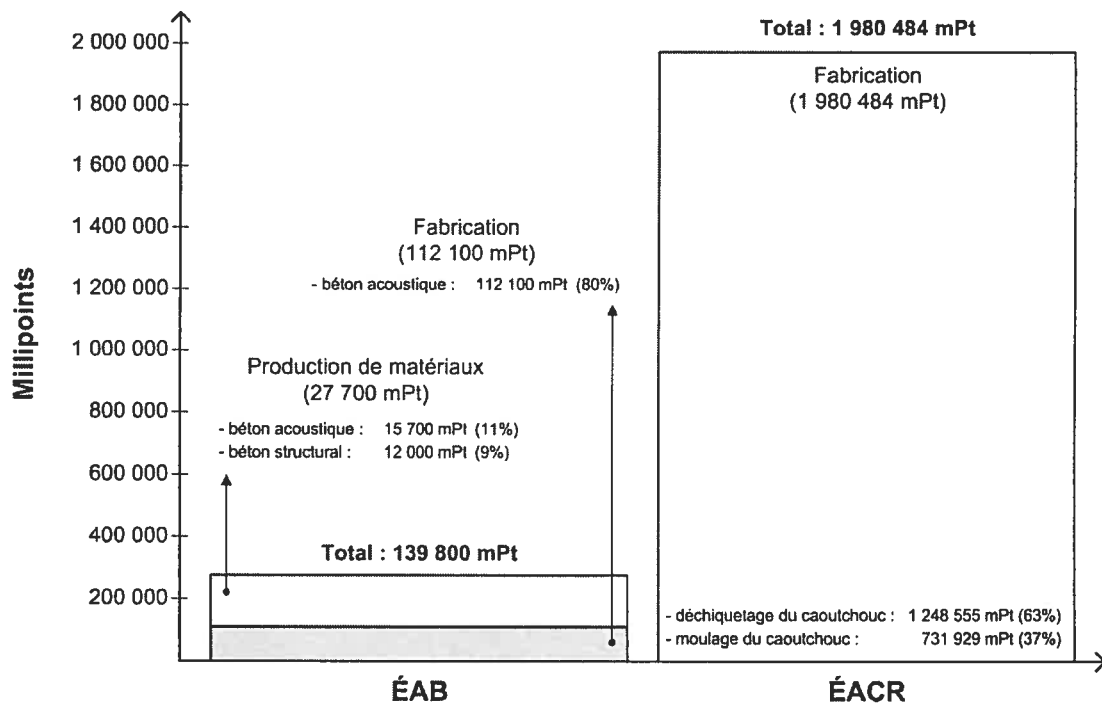


Figure 40 : Comparaison des impacts environnementaux de l'ÉAB et de l'ÉACR selon la consommation d'énergie.

L'indicateur qui a été sélectionné afin de calculer l'impact relié à la consommation d'énergie est celui présentant la plus faible valeur parmi tous ceux disponibles dans la méthode *Eco-Indicator 99*. Il est important de rappeler que cette méthode tient compte du contexte européen. Étant donné les modes de production d'énergie utilisés en Europe comme, par exemple l'énergie nucléaire, ce même indicateur calculé pour le Québec serait beaucoup faible à cause l'hydroélectricité, considérée comme une source d'énergie renouvelable. Ainsi, un indicateur plus faible aurait comme effet d'avantager l'ÉACR, car celui-ci requiert une consommation d'électricité beaucoup plus grande, ce qui diminuerait l'écart entre les impacts globaux des deux écrans antibruit.

La Figure 41 permet de comparer les impacts environnementaux en fonction des deux composantes principales d'un écran antibruit, soit le panneau et la colonne. D'une part, la conception de panneaux antibruit en caoutchouc recyclé engendre un peu plus de la moitié des impacts par rapport à ceux fabriqués en béton. D'autre

part, les colonnes en acier de l'ÉACR engendrent près de quatre fois plus d'impacts que celles faites de béton structural. Ainsi, le caoutchouc recyclé semble être un choix avantageux pour la conception de panneaux antibruit, tandis que les poteaux en acier galvanisé de l'ÉACR engendrent des impacts beaucoup plus importants comparativement à l'utilisation du béton pour ceux de l'ÉAB.

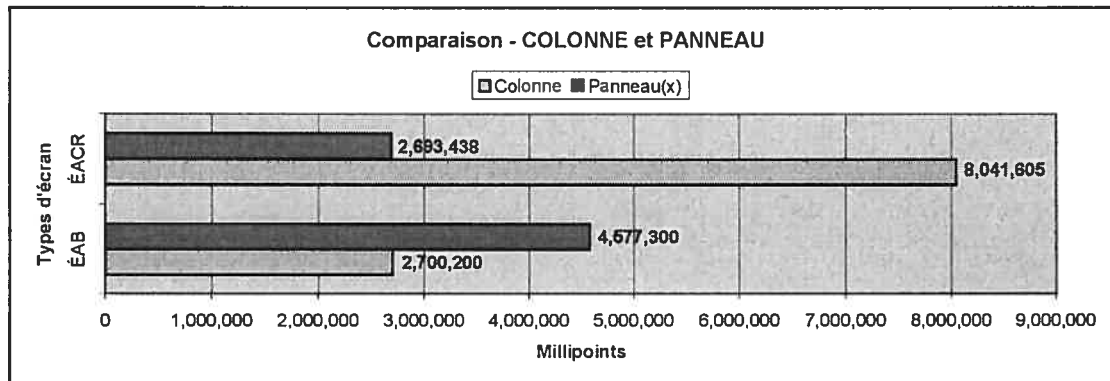


Figure 41 : Comparaison des impacts environnementaux selon les panneaux et colonnes.

Étant donné l'exclusion de l'étape de distribution, il convient de mettre en perspective les résultats de l'étude en comparant quatre scénarios de transport fictifs permettant d'analyser la progression de l'impact global. La Figure 42 illustre les impacts environnementaux selon les distances à parcourir entre le fabricant (Montréal) et d'autres lieux d'implantation fictifs (Montréal, Toronto et Vancouver). Afin d'être conforme à la procédure d'ACV, cette partie de l'étude est réalisée en tenant compte des mêmes flux de référence.

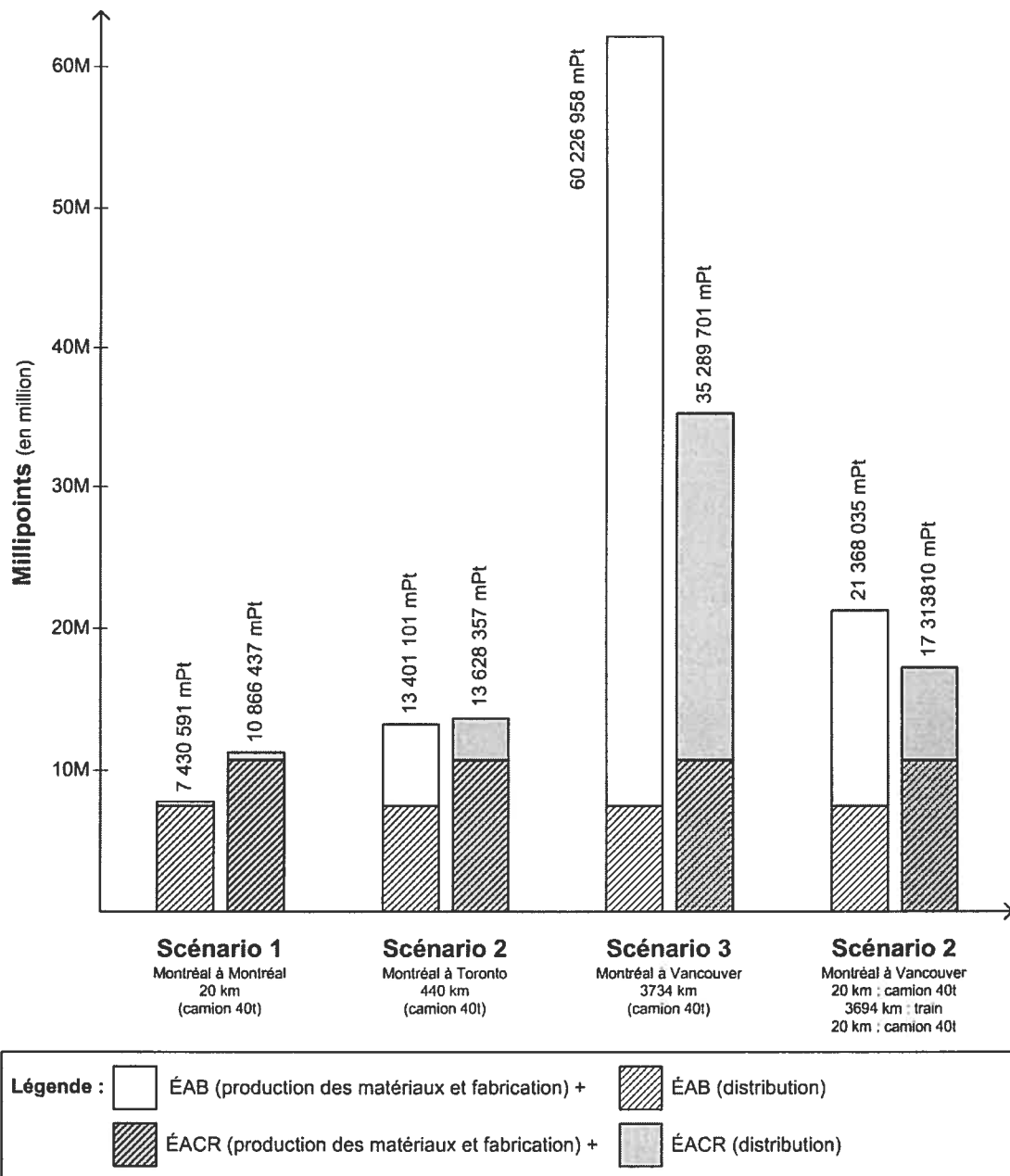


Figure 42 : Comparaison des impacts environnementaux de l'ÉAB et de l'ÉACR selon la distance à parcourir lors de sa distribution.

Globalement, cette figure montre que l'impact global de chacun des écrans varie différemment. En effet, l'impact de l'ÉAB augmente plus rapidement que celui de l'ÉACR. Ce phénomène s'explique par le fait que le poids des composantes à transporter pour construire un écran d'une longueur de 632.5 m est différent pour l'ÉAB et l'ÉACR; les composantes de l'ÉAB pèsent 947.7 tonnes, tandis que celles de l'ÉACR pèsent 438.1 tonnes, soit près de la moitié. Ce constat fait savoir qu'il existe

une distance «x» selon laquelle l'ÉACR devient plus avantageux sur le plan environnemental.

La Figure 43 illustre la progression de l'impact global des deux écrans en fonction de la distance<sup>16</sup> à parcourir jusqu'au site d'installation. Le kilométrage critique pour lequel chacun des écrans antibruit génère un impact environnemental équivalent se situe entre 469 et 470 km. Au-dessus de cette limite, l'ÉACR devient plus avantageux au plan environnemental.

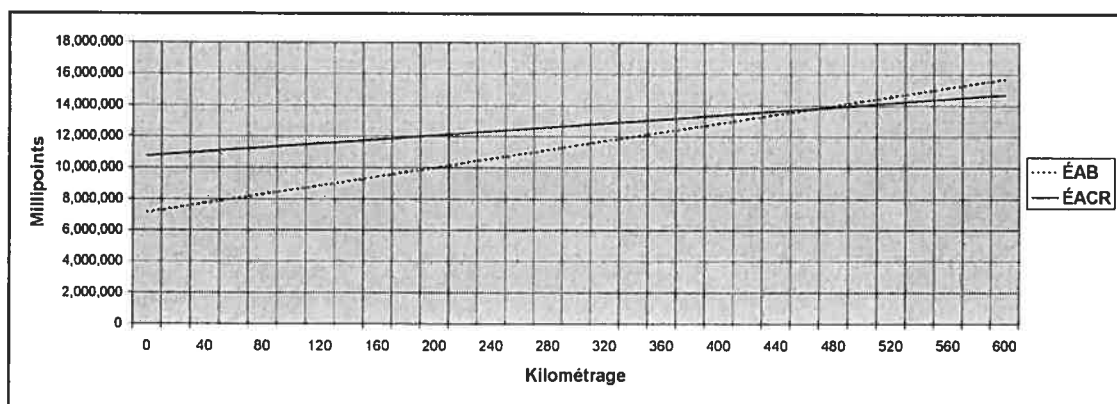


Figure 43 : Comparaison des impacts globaux selon le kilométrage parcouru.

### 3.1.4 Discussion et recommandations

Premièrement, même si le niveau de conception de l'ÉACR était suffisamment détaillé pour effectuer une ACVS, une série de prototypes sera nécessaire afin de démontrer sa faisabilité technique. Par exemple, le mélange de caoutchouc recyclé devrait être testé afin de valider son ITS<sup>17</sup> et sa durabilité. Des résultats ne répondant pas aux attentes auraient comme effet d'obliger le producteur à modifier sa recette, et par conséquent, de refaire une partie de l'ACVS afin de s'assurer que les impacts environnementaux sont toujours similaires.

Deuxièmement, le choix des indicateurs relatifs aux matériaux et procédés s'appliquant aux écrans antibruit n'est pas très grand. Par conséquent, plusieurs éléments du cycle de vie des deux systèmes ont été exclus de l'étude, ce qui augmente l'incertitude des résultats de cette ACVS. Afin de pallier cette situation,

<sup>16</sup> Le mode de transport utilisé est un camion de 40 tonnes.

<sup>17</sup> L'ITS a été défini lors d'une analyse préliminaire effectuée par le Groupe d'Acoustique de l'Université de Sherbrooke (GAUSS) selon une loi de masse (THIBAUT, 2002).

certaines mesures auraient pu être appliquées. Celles-ci auraient toutefois demandé des délais supplémentaires et des équipements appropriés. Par exemple, il aurait été possible de mesurer la consommation d'électricité directement sur les appareils de transformation afin d'obtenir des données encore plus précises. De plus, il a été difficile d'obtenir toutes les informations souhaitées pour effectuer l'analyse. Par exemple, l'entreprise qui fabrique l'ÉAB a été réticente à divulguer les éléments entrant dans la composition du béton acoustique. Il a donc fallu estimer les quantités de matières (ciment, agrégats, caoutchouc recyclé) en fonction de certaines recommandations générales divulguées par le fabricant. Il existe donc une certaine incertitude quant à la fiabilité des indicateurs et des données. Néanmoins, puisque les deux systèmes de produits sont évalués et comparés avec ces mêmes caractéristiques de référence, les résultats sont relatifs et les conclusions deviennent toutes aussi pertinentes.

Troisièmement, il est important de tenir compte des exclusions qui ont été faites dans cette étude. Au départ, les impacts environnementaux liés aux modes de transport employés tout au long du cycle de vie n'ont pas été comptabilisés. D'une part, la règle d'exclusion appliquée au transport des matières premières est justifiée par le manque d'informations relatives aux nombreux déplacements effectués par les sous-traitants, car elle aurait nécessité une démarche trop exhaustive, tant au niveau des calculs que de la recherche de données. D'autre part, l'évaluation de l'étape de distribution a été réalisée séparément puisque le lieu n'était pas déterminé d'avance. Il était donc préférable de faire une première évaluation et de la parfaire avec une analyse de sensibilité où le kilométrage parcouru varie selon différents scénarios de transport. Ainsi, il a été démontré que l'ÉACR devient plus avantageux sur le plan environnemental lorsque la distance à parcourir jusqu'au site d'installation est supérieure à 470 km. En effet, à cause de son poids élevé, l'ÉAB engendre des impacts plus importants que l'ÉACR au niveau de la distribution; plus la distance augmente, plus l'écart entre les impacts rétrécit, jusqu'au point où l'ÉACR devient moins dommageable pour l'environnement. La réduction du poids de l'ÉACR devient donc un enjeu important dans la poursuite de son développement.

Quatrièmement, la quantité d'énergie nécessaire à la fabrication de panneaux en caoutchouc recyclé est considérable. De plus, le concepteur n'a pas réellement les moyens de réduire cette consommation, à part possiblement en réduisant

l'épaisseur des parois, ce qui par contre, pourrait compromettre la fiabilité technique du produit. Malgré ce désavantage, le caoutchouc recyclé reste moins dommageable pour l'environnement par rapport au béton du point de vue des matériaux. Par conséquent, il serait envisageable de concevoir un écran antibruit hybride exploitant avantageusement les caractéristiques de chaque matériau. En effet, bien que le caoutchouc recyclé soit plus avantageux au plan environnemental, ses qualités structurales sont moins bonnes que celles du béton. Par contre, ce dernier constitue donc un allié de choix pour servir de renfort au caoutchouc recyclé dans la conception d'écrans antibruit. Cette stratégie permettrait de réduire la quantité de béton utilisée dans l'ÉAB en le remplaçant par le caoutchouc recyclé. D'un autre côté, ceci permettrait de réduire le nombre de colonnes nécessaires au concept de l'ÉACR, et ainsi réduire l'utilisation de l'acier galvanisé qui est très dommageable pour l'environnement.

Enfin, cette étude a démontré que l'utilisation du caoutchouc recyclé pour la conception d'un écran antibruit a un fort potentiel, mais que sa conception nécessite quelques modifications afin d'éliminer des composantes ou des procédés de fabrication générant des impacts environnementaux trop importants comme, par exemple, le procédé de galvanisation. Ainsi, un écran hybride jumelant une structure de béton avec un revêtement de caoutchouc recyclé s'avère une piste de conception très prometteuse qui mériterait d'être étudiée plus en profondeur. Cette ouverture pourrait faire l'objet d'un autre projet de recherche dans lequel seraient intégrés les principes d'écoconception et d'évaluation d'impacts environnementaux avec l'aide de la méthode *Eco-Indicator 99*. Un partenariat industriel, tant au niveau du caoutchouc recyclé que des technologies du béton, serait un atout important dans la réussite de cette prochaine étape.

### **3.2 ACVS - poste de débosselage**

Cette étude de cas a comme premier objectif de faire l'évaluation des conditions favorables et des obstacles potentiels à la mise en œuvre d'un projet d'écoconception dans une entreprise. Les objectifs visés étaient d'identifier les faiblesses de conception d'un appareil de débosselage en vue d'orienter de futures modifications qui contribueraient à réduire les impacts environnementaux engendrés durant son cycle de vie. Cette étude s'est déroulée lors d'un stage effectué dans l'entreprise AMH Canada Inc. pendant l'été 2003.



### 3.2.1 Description du projet

Établie à Rimouski depuis 1978, l'entreprise AMH Canada Inc. (2003) compte deux divisions. La première se spécialise dans la fabrication de cintruses hydrauliques et d'extenseurs manuels commercialisés sous les marques *Blue Boy* et *Cobra*. Ces équipements permettent de plier les tuyaux et d'évaser leurs bouts afin qu'ils puissent être emboîtables (ex. : tuyaux d'échappement pour automobiles). La deuxième division s'occupe de la conception et la fabrication de soudeuses par point et au MIG (*Metal Inert Gas*). Au fil des années, la compagnie est parvenue à percer plusieurs marchés internationaux. Elle exporte aujourd'hui 75% de son chiffre d'affaires. Ses produits se retrouvent dans plusieurs pays tels le Canada, les États-Unis, le Japon, la Nouvelle-Zélande, l'Afrique du Sud, les pays du Moyen-Orient et de l'Europe. Il s'agit donc d'une entreprise de grande envergure qui bénéficie d'une solide réputation dans son domaine d'expertise.

Le produit qui a été sélectionné est le *CompuSpot 150*. Il s'agit d'un appareil portatif présentant les options minimales pour effectuer les opérations élémentaires dans le domaine du débosselage automobile. Il peut effectuer deux types d'opération : le débosselage et la soudure. Bien qu'il soit principalement utilisé pour le débosselage, il peut également réaliser des opérations de soudure par point sur une tôle d'une épaisseur maximale de 0.4 mm. Deux boutons de contrôle permettent à l'utilisateur d'ajuster le temps et la puissance de la soudure en fonction du type d'opération qu'il doit effectuer. La Figure 44 illustre le *CompuSpot 150* ainsi que quelques-unes de ses composantes.

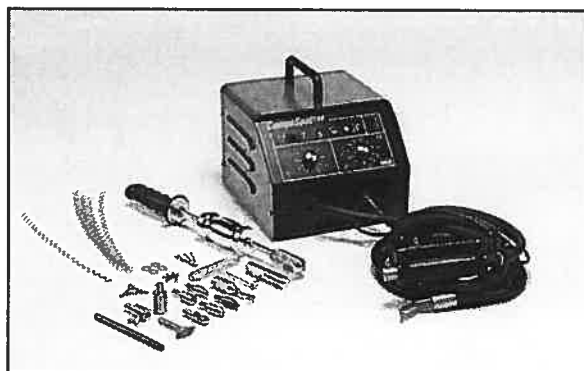


Figure 44 : Appareil de débosselage - *CompuSpot 150*.

Cet appareil se compose de plusieurs composantes : le boîtier, le panneau électronique, le transformateur, les câbles et les outils d'opération. Le boîtier est fabriqué en tôle d'acier et renferme la plupart des éléments électroniques ou électriques : transformateur, panneau électronique, filages et pièces électriques. Les composantes externes au boîtier sont les câbles d'alimentation, de mise à terre, et d'opération, ainsi que la poignée d'opération avec les nombreux accessoires de soudure. L'opération de débosselage s'effectue avec l'aide d'un marteau d'inertie (voir Figure 45) rattaché à la poignée d'opération et sur lequel sont fixés les pointes de soudure (clous, étoiles, rivets, rondelles, câbles ondulés et tiges de carbone). Ces derniers sont des consommables qui devront être remplacés régulièrement durant l'étape d'utilisation.

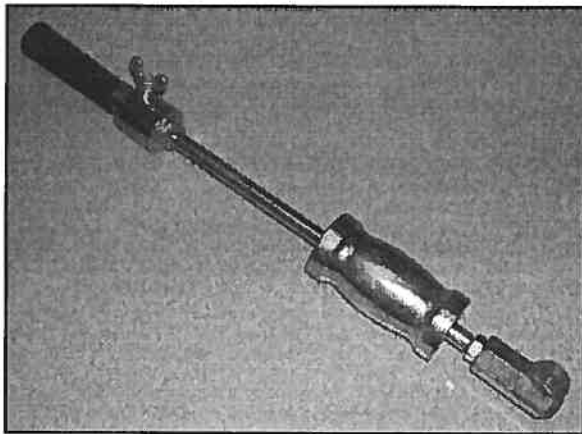


Figure 45 : Marteau d'inertie.

Ce produit présente un niveau de complexité raisonnable. Il a été sélectionné en raison du nombre de composantes et de leur nature. Ce choix a permis de réaliser des analyses opportunes en fonction du temps alloué et des ressources humaines disponibles pour dresser un bilan environnemental fiable.

### 3.2.2 Objectifs et champ de l'étude

Les frontières du système étudié incluent la plupart des composantes vendues avec ce modèle, y compris celles constituant l'emballage. Seul le panneau électronique n'a pas été considéré en raison de sa grande complexité; le panneau électrique contient plusieurs sous-composantes contenant chacune un grand nombre de substances différentes s'y retrouvant en infimes quantités. De plus, ces composantes sont difficilement séparables, ce qui complique leur analyse. La Figure 46 illustre la

démarche ayant servi à déterminer l'unité fonctionnelle et le flux de référence appropriés pour cette étude.

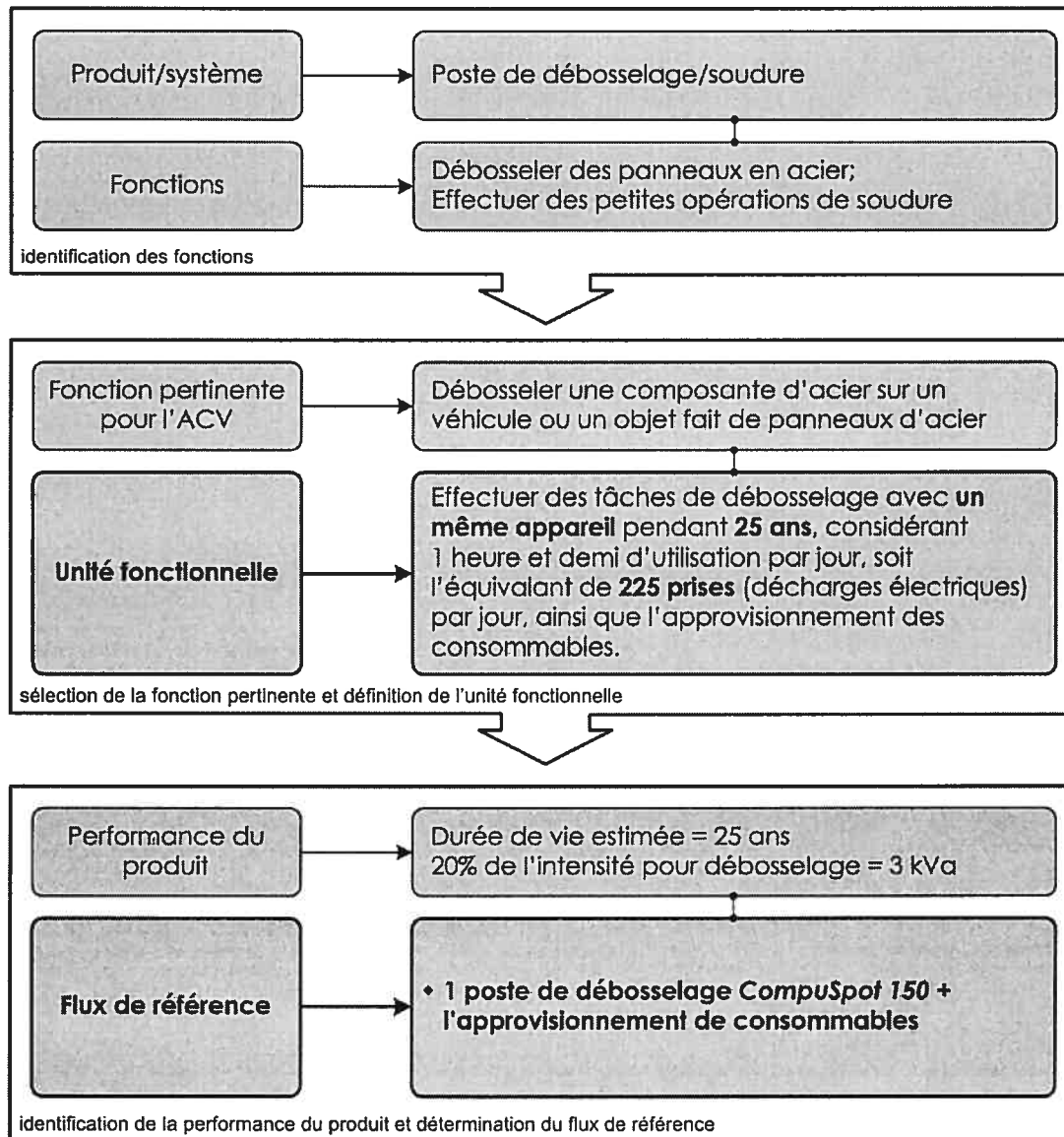


Figure 46 : L'unité fonctionnelle et le flux de référence – *CompuSpot 150*.

Certains éléments ont été volontairement exclus de cette étude. Ils correspondent aux matériaux et procédés qui apparaissent dans les boîtes hachurées dans les arbres des procédés (voir Figures 49, 50, 51 et 52). Ces boîtes sont accompagnées de lettres qui renvoient chacune aux règles d'exclusion suivantes, justifiant ainsi leur exclusion :

- A. Les processus élémentaires pour lesquels les **indicateurs** ne sont pas disponibles dans la liste « *Eco-indicator 99* » sont exclus de l'étude;

- B. Les processus élémentaires pour lesquels les **données** sur le terrain ne sont pas disponibles sont exclus de l'étude;
- C. Le transport nécessaire à la production de matériaux, à la fabrication, à l'usage et à la fin de vie est exclu de l'étude. Ces données sont ignorées, car la quantité de renseignements correspondant à chacune de ces étapes du cycle de vie demanderait une étude exhaustive ne pouvant pas s'intégrer dans cette ACVS;
- D. Selon la règle d'exclusion se référant au seuil du 1%, tout le matériel faisant partie de la chaîne de fabrication (moules, équipements de transport des composantes, installations nécessaires à l'entreposage, etc.) sera exclu de l'étude. Étant donné l'importance de l'énergie requise lors de l'étape de polymérisation de la résine du transformateur, l'énergie requise pour faire fonctionner le four sera prise en compte;
- E. Les activités humaines (ex. : assemblage) sont également exclues de l'étude;
- F. Compte tenu du nombre élevé d'appareils manufacturés sur les lieux de fabrication avec les mêmes équipements et les mêmes infrastructures, ceux-ci sont exclus de l'étude suivant la règle du 1%.

Les principaux entrants et sortants impliqués dans le cycle de vie du *CompuSpot 150* sont illustrés à l'aide de la Figure 47.

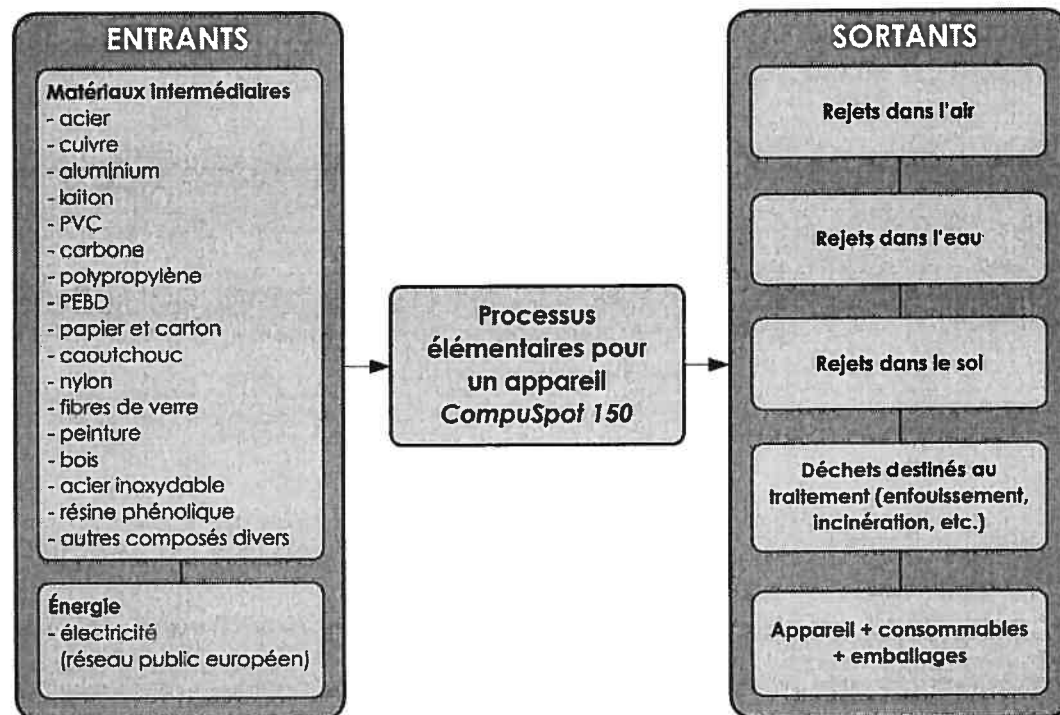


Figure 47 : Principaux entrants et sortants pour le *CompuSpot 150*.

Afin de simplifier la représentation du cycle de vie complet du *CompuSpot 150*, l'arbre de procédés a été divisé en quatre figures dont les trois dernières s'intègrent à la première. La Figure 48 illustre le cycle de vie complet du *CompuSpot 150* (Arbre des procédés - boîtier et accessoires). Ce dernier englobe les arbres de procédés du transformateur, des emballages et des consommables. Ceux-ci sont illustrés respectivement dans les figures subséquentes (voir Figures 49, 50 et 51).

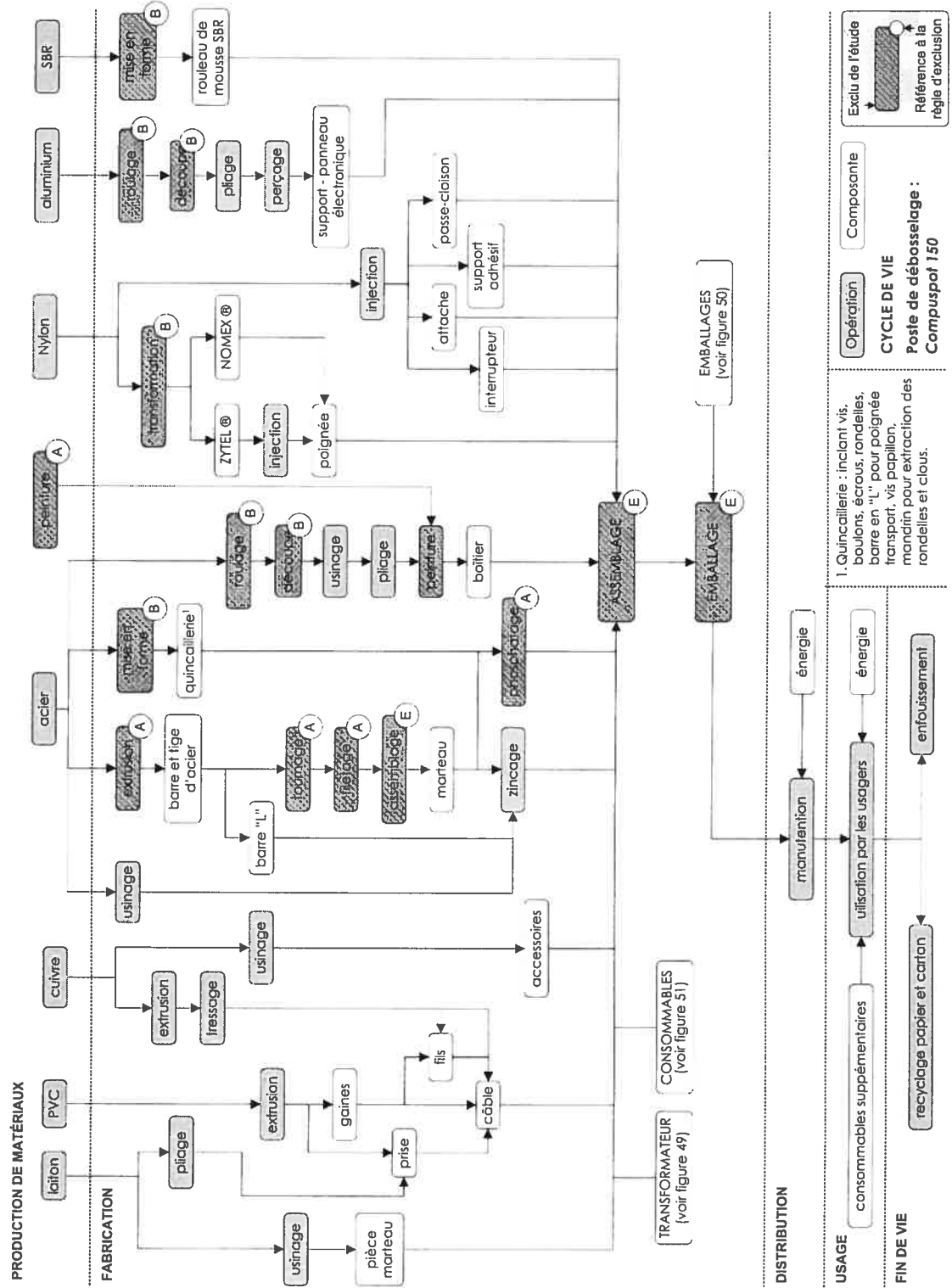


Figure 48 : Arbre des procédés pour le boîtier et les accessoires du CompuSpot 150.

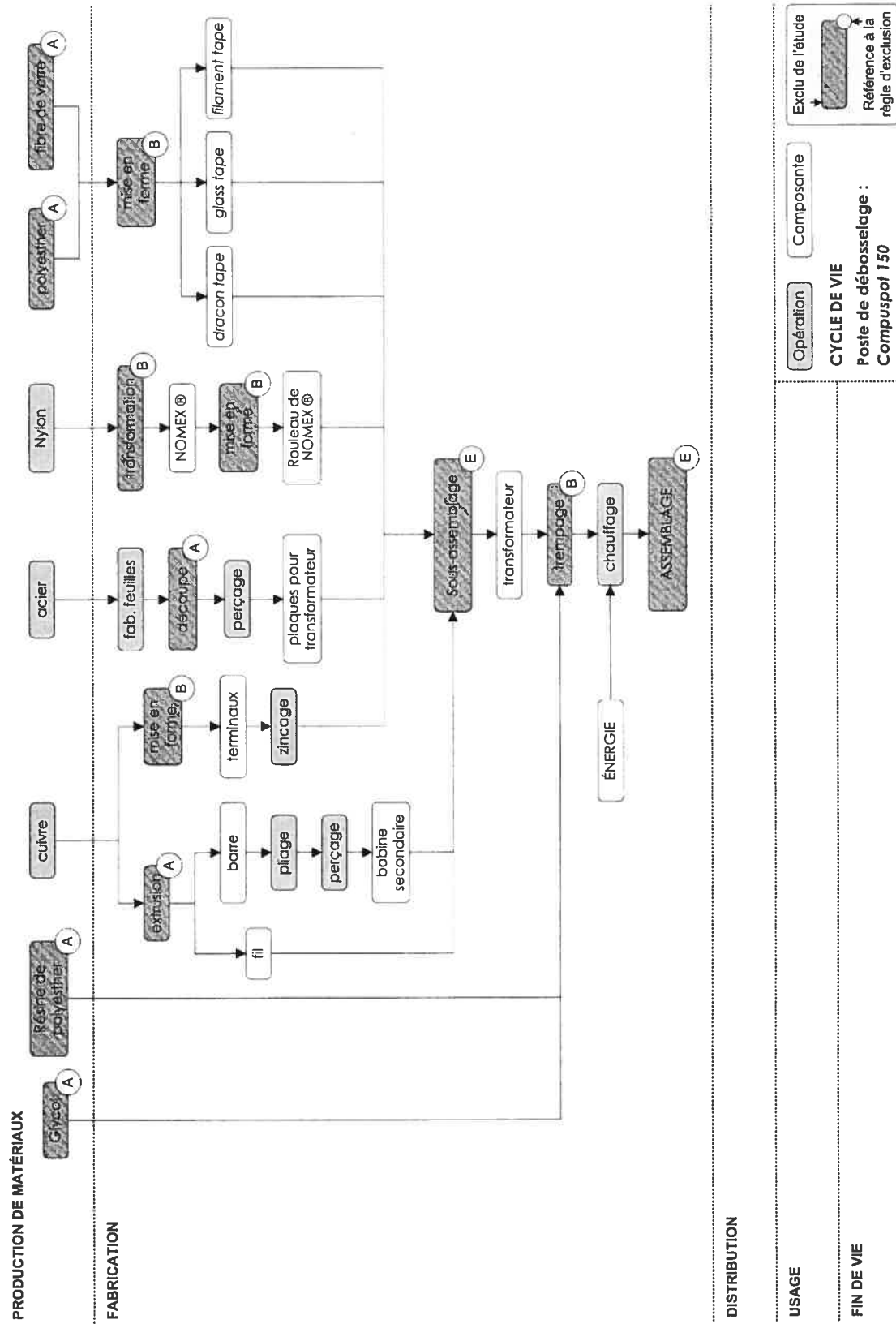


Figure 49 : Arbre des procédés pour le transformateur du CompuSpot 150.

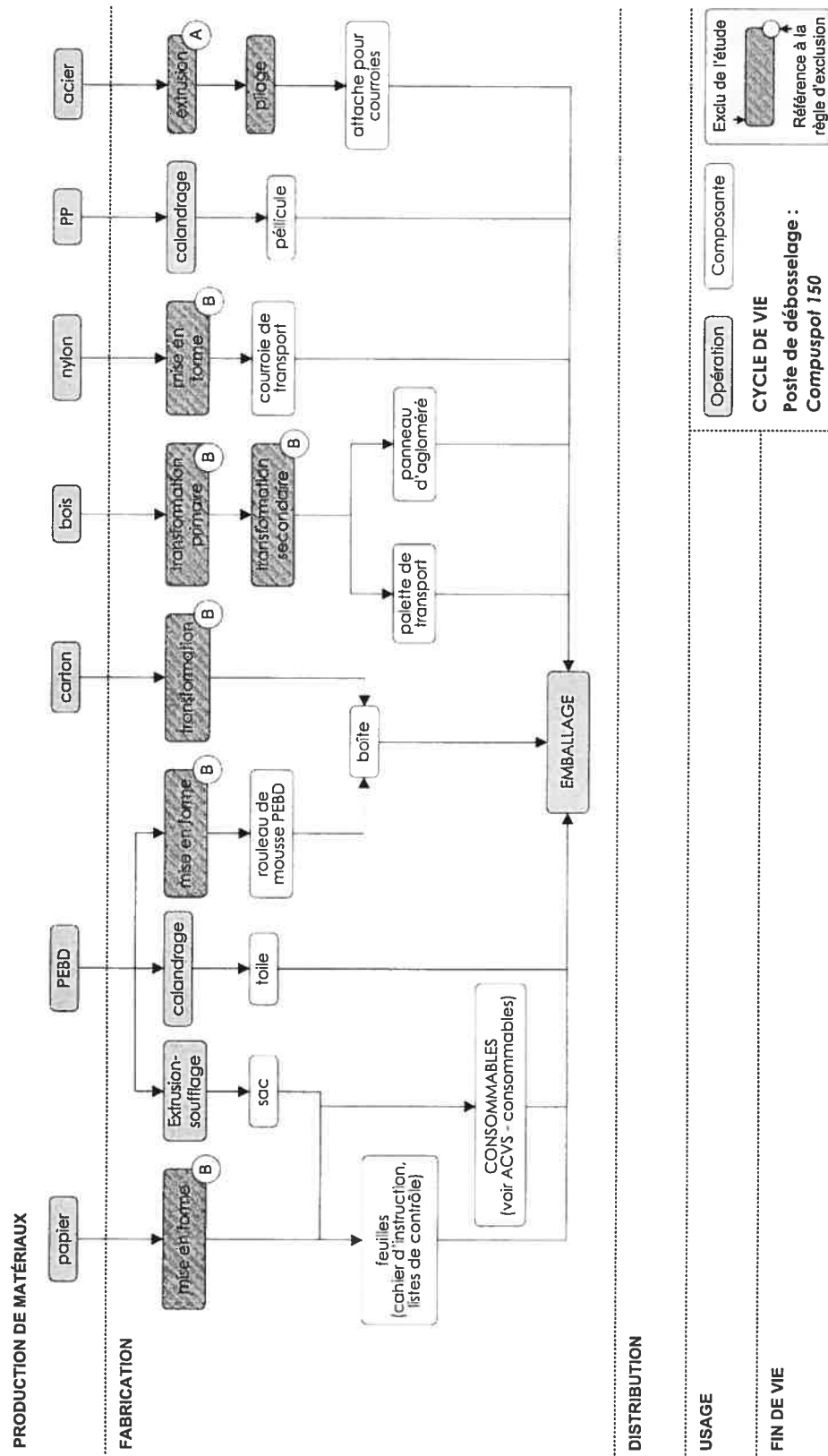


Figure 50 : Arbre des procédés pour les emballages du CompuSpot 150.



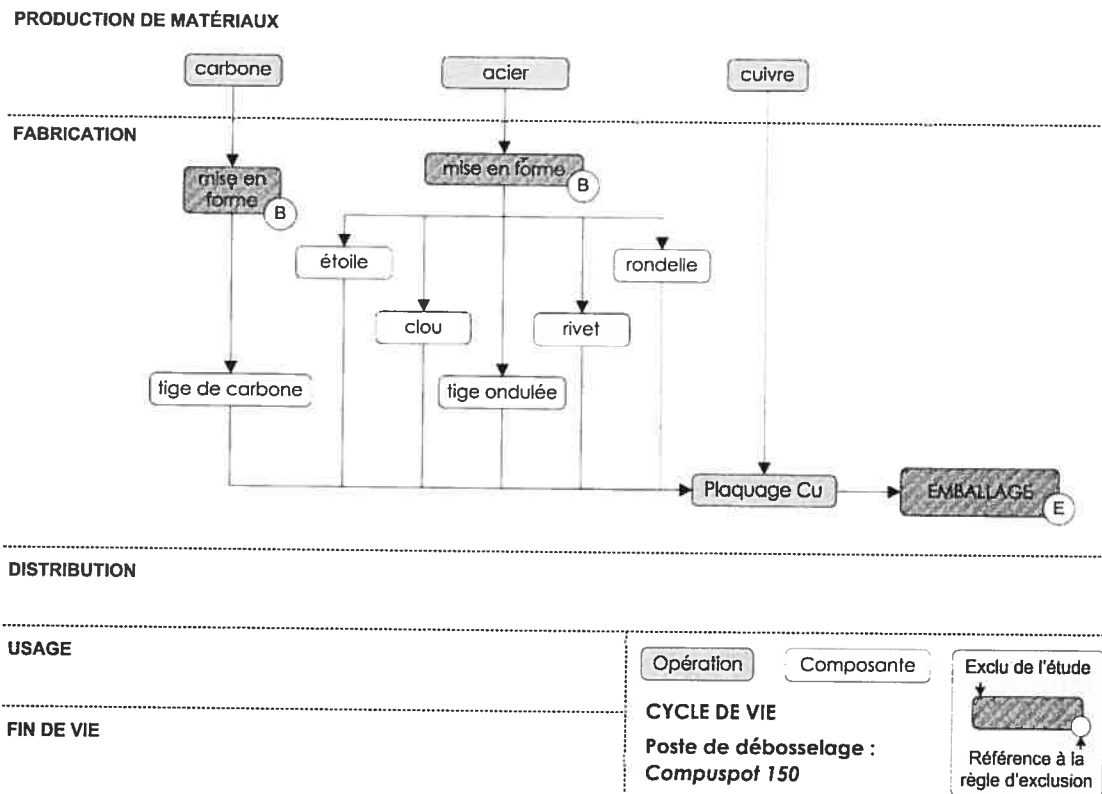


Figure 51 : Arbre des procédés pour les consommables du *CompuSpot 150*.

Étant donné l'ampleur de l'étape de quantification des procédés et matériaux, tous les résultats relatifs à cette partie sont présentés à la fin du document à l'annexe D. Un exemple pour chacune des méthodes est tout de même présenté dans le Tableau 18.

Tableau 18 : Exemple des méthodes de quantification pour les procédés et matériaux – *CompuSpot 150*.

Quantification	Exemples
• Par le <b>poids</b> du matériau	Quantité d'acier pour les plaques dans le transformateur : <b>12.258 kg</b>
• Par la <b>longueur</b> du matériau	Pliage des pièces d'acier formant le boîtier : <b>3.01625 m</b>
• Par la <b>surface</b> du matériau	Surface à embosser dans le boîtier d'acier : <b>17 683 mm<sup>2</sup></b>
• Par le <b>volume</b> du matériau	Enfouissement des morceaux de <i>Lamicor</i> en fin de vie : <b>0.0001153 m<sup>3</sup></b>
• Par le nombre de <b>kWh</b> requis	Énergie nécessaire pour chauffer le four servant à cuire la résine de polyester sur le transformateur : <b>22.5 kWh</b>

Toutes les démarches d'association des données recueillies avec les indicateurs associés pour le *CompuSpot 150* sont également présentées à l'annexe D. Afin de

faciliter leur compréhension, la Figure 52 illustre la démarche d'association des données avec les indicateurs disponibles selon la méthode *Eco-indicator 99*.

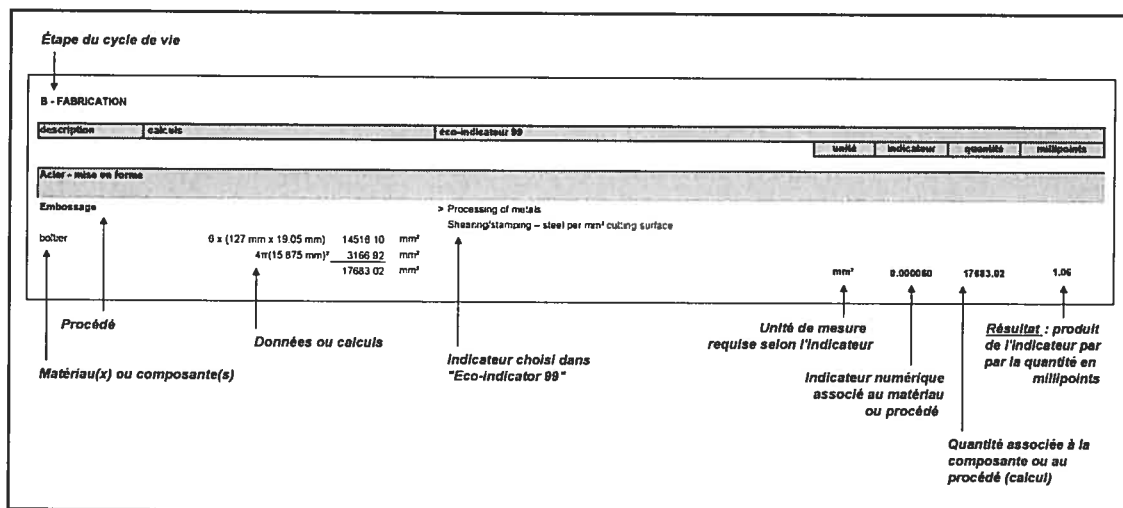


Figure 52 : Démarche d'association des quantités aux indicateurs appropriés – *CompuSpot 150*.

### 3.2.3 Résultats

Il convient à présent de présenter les résultats de l'ACVS afin de dresser un portrait des impacts environnementaux et de cibler les points faibles du *CompuSpot 150*. L'ACVS révèle que l'étape d'utilisation à elle seule contribue à 75% des impacts environnementaux (voir Figure 53). Il s'agit donc de l'étape du cycle de vie qui est la plus dommageable. La production de matériaux arrive second avec 22% de l'impact total. Enfin, les trois autres étapes du cycle de vie réunies engendrent 3% des impacts environnementaux.

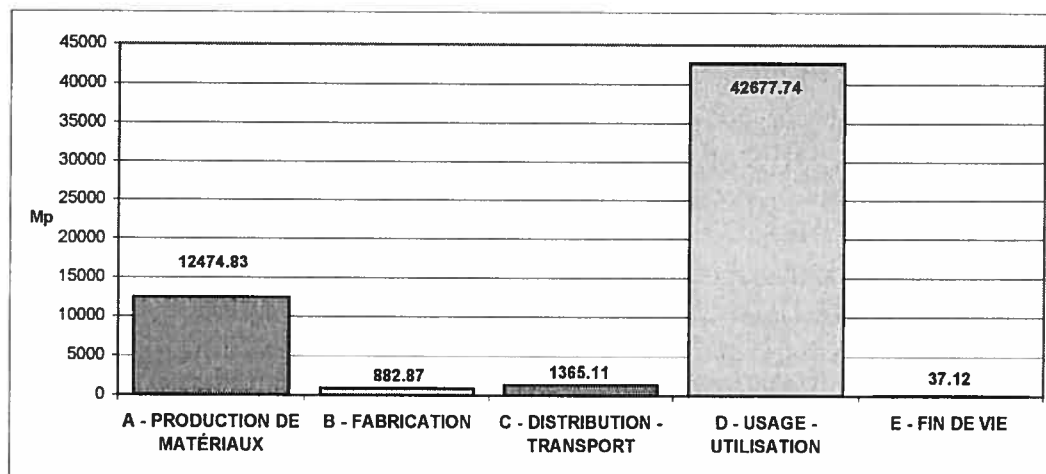


Figure 53 : Répartition des impacts selon les cinq étapes du cycle de vie.

## A – PRODUCTION DE MATÉRIAUX

Si la comparaison s'effectue selon les composantes de l'appareil, les impacts les plus importants se situent au niveau de la production de matériaux entrant dans la composition du filage et du transformateur (voir Figure 54). Le filage est fabriqué principalement de PVC et de cuivre, soit deux matériaux dont les indicateurs sont relativement élevés et qui se retrouvent en quantité importante dans la fabrication du *CompuSpot 150*.

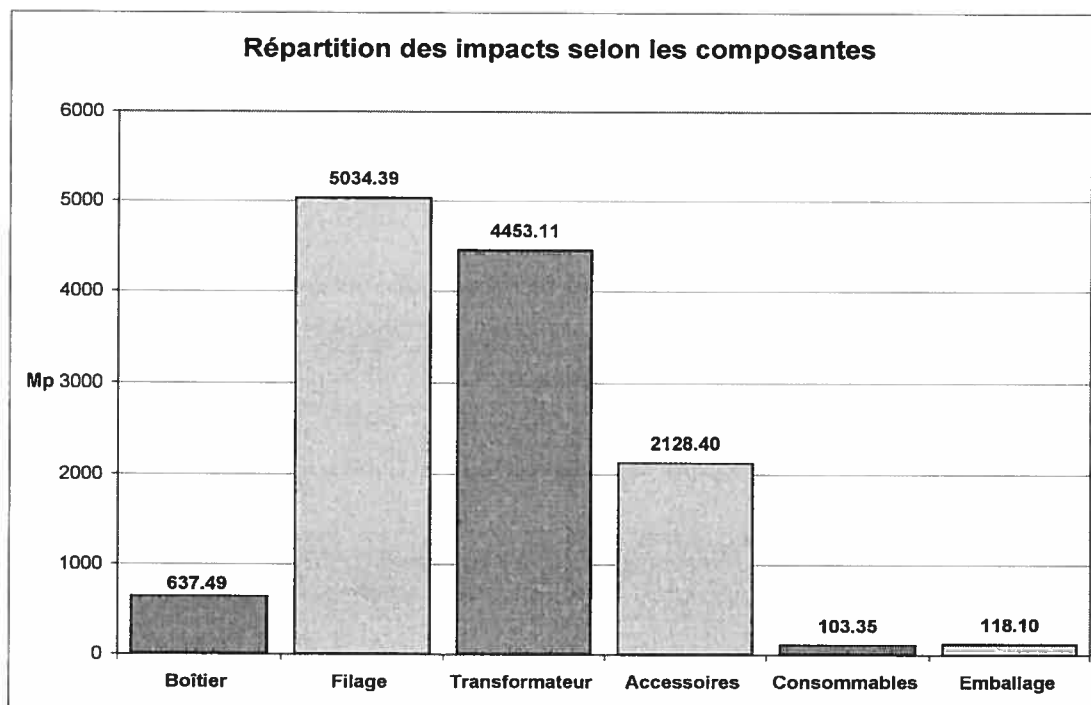


Figure 54 : Répartition des impacts selon les composantes – production de matériaux.

Des quantités importantes d'acier et de cuivre entrent dans la confection du transformateur et des accessoires, ce qui engendre des impacts considérables (voir Figures 55 et 56).

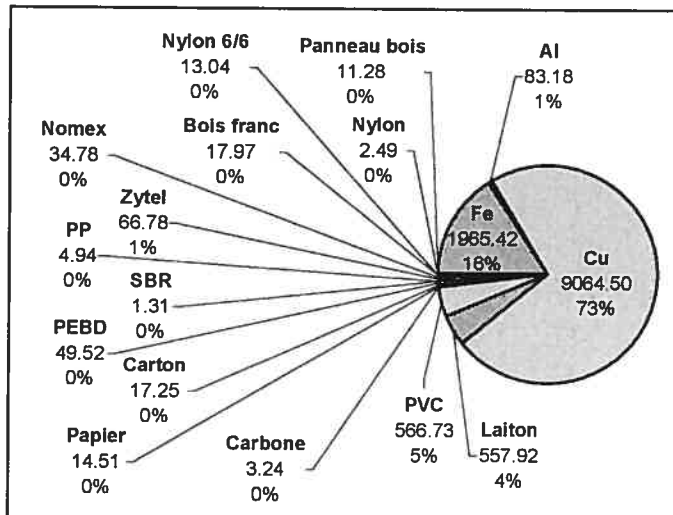


Figure 55 : Répartition des impacts selon le type de matériaux - production de matériaux.

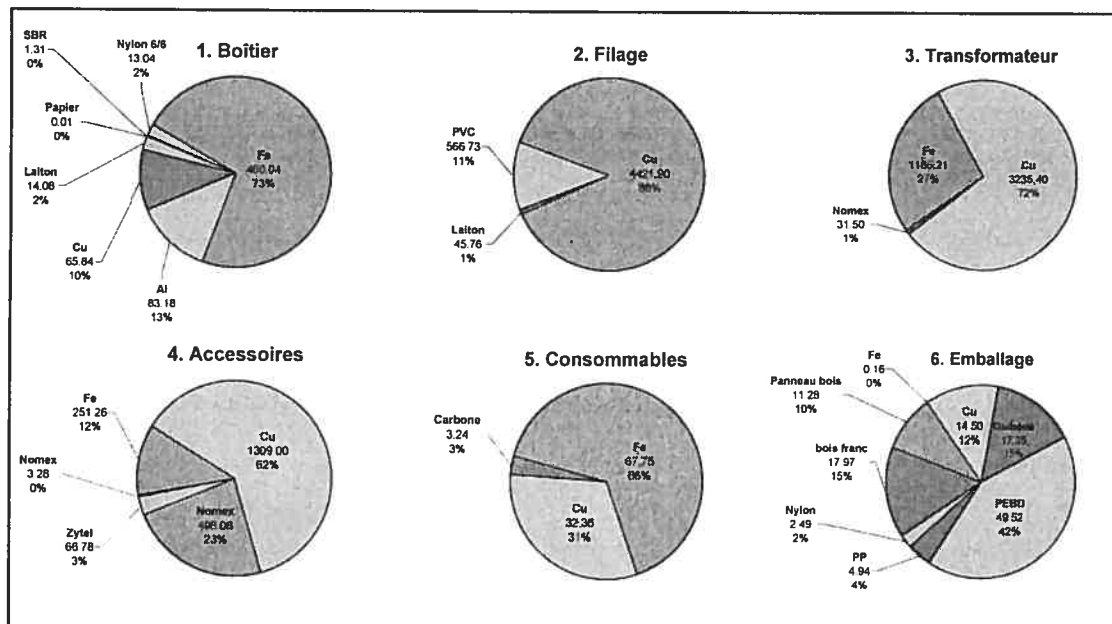


Figure 56 : Répartition des impacts selon le type de matériaux relié aux composantes - production de matériaux.

La Figure 56 permet également de constater que pour les trois composantes générant l'impact environnemental le plus important, soit le filage, le transformateur et les accessoires (voir Figure 55), le cuivre est encore le matériau principalement responsable des impacts environnementaux.

## B – FABRICATION

Au niveau de la fabrication, c'est le transformateur qui engendre l'impact le plus important (voir Figure 57). Le boîtier, le filage et les accessoires suivent ensuite avec des impacts semblables, soit respectivement 151.04 mPt, 103.84 mPt et 124.19 mPt.

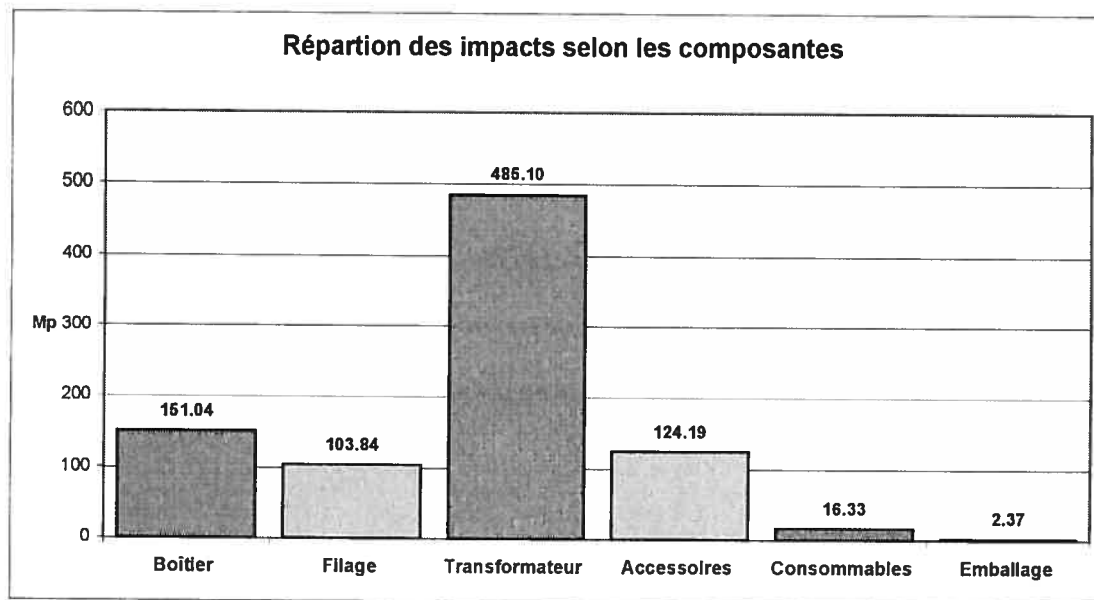


Figure 57 : Répartition des impacts selon les composantes – fabrication.

C'est l'acier qui est le principal responsable des impacts environnementaux avec 71% de l'impact total (voir Figure 58). L'acier se retrouve principalement dans le transformateur, ainsi que dans le boîtier et les accessoires (voir Figure 59).

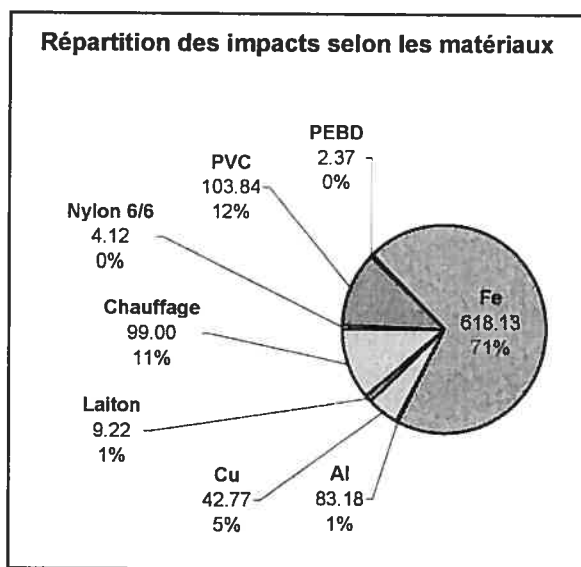


Figure 58 : Répartition des impacts selon le type de matériaux – fabrication.

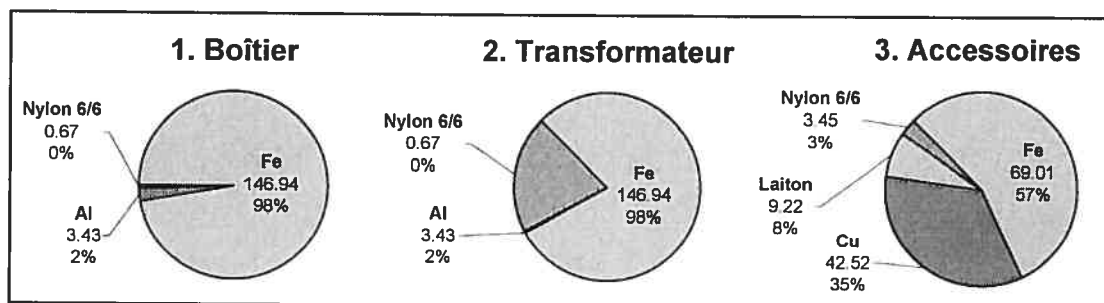


Figure 59 : Répartition des impacts selon le type de matériaux relié aux composantes - fabrication.

### C - DISTRIBUTION

Le scénario de distribution retenu pour cette ACVS est celui où le produit est transporté par camion et distribué en Amérique du Nord. Il s'agit du scénario le plus représentatif, car 75 à 80 % de la production d'appareils *CompuSpot 150* est destinée aux marchés nord-américains. Le kilométrage choisi, soit 2920.3 Km, correspond à une distance moyenne entre Rimouski et une dizaine de grandes villes situées un peu partout à travers l'Amérique du Nord (voir annexe D - Étape distribution). La Figure 60 illustre la courbe des impacts environnementaux associés en fonction du kilométrage à parcourir jusqu'au point de livraison.

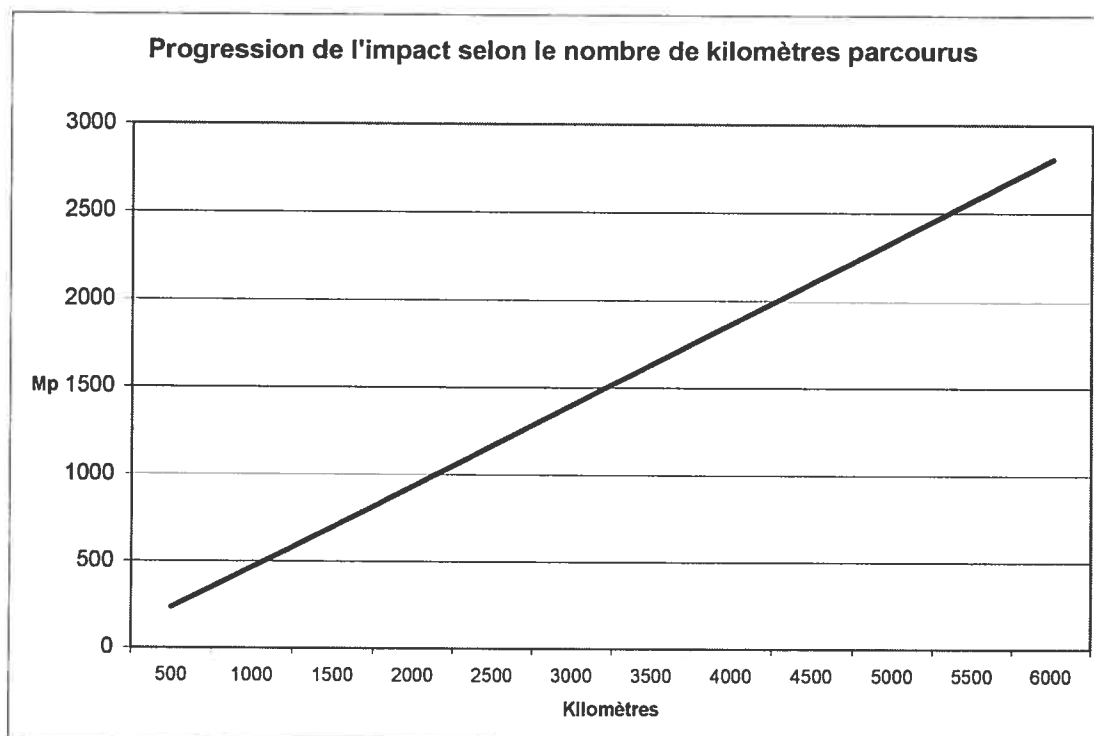


Figure 60 : Progression de l'impact environnemental selon le nombre de kilomètres parcourus.

Selon une étude publiée par Transport Canada, un camion domicilié au Canada parcourt une distance moyenne d'environ 1100 Km vers les États-Unis (TRANSPORT CANADA, 2002). Cette distance calculée statistiquement correspond à un impact équivalent à 514.25 mPt, ce qui confirme le faible impact que cette étape représente par rapport au cycle de vie complet (0.9% de l'impact global). De plus, même si le kilométrage devait atteindre 6000 Km, ce qui représente la plus grande distance moyenne pouvant être parcourue pour rejoindre une ville nord-américaine depuis Rimouski, l'impact environnemental demeurerait en dessous des 3000 mPt, ce qui équivaut à seulement 5% de l'impact global. L'étape de distribution n'est donc pas significative dans cette ACVS.

#### D – USAGE

L'étape correspondant à l'utilisation de l'appareil comprend trois éléments, soit l'énergie nécessaire au fonctionnement de l'appareil, les consommables utilisés et leurs emballages. L'étape d'usage, appelée aussi étape d'utilisation, est de loin la plus dommageable pour l'environnement; elle totalise à elle seule près de 75% de l'impact global. L'autre fait marquant est que 91% de cet impact résulte uniquement de l'utilisation des consommables, incluant leur emballage et excluant leur transport (voir Figure 61).

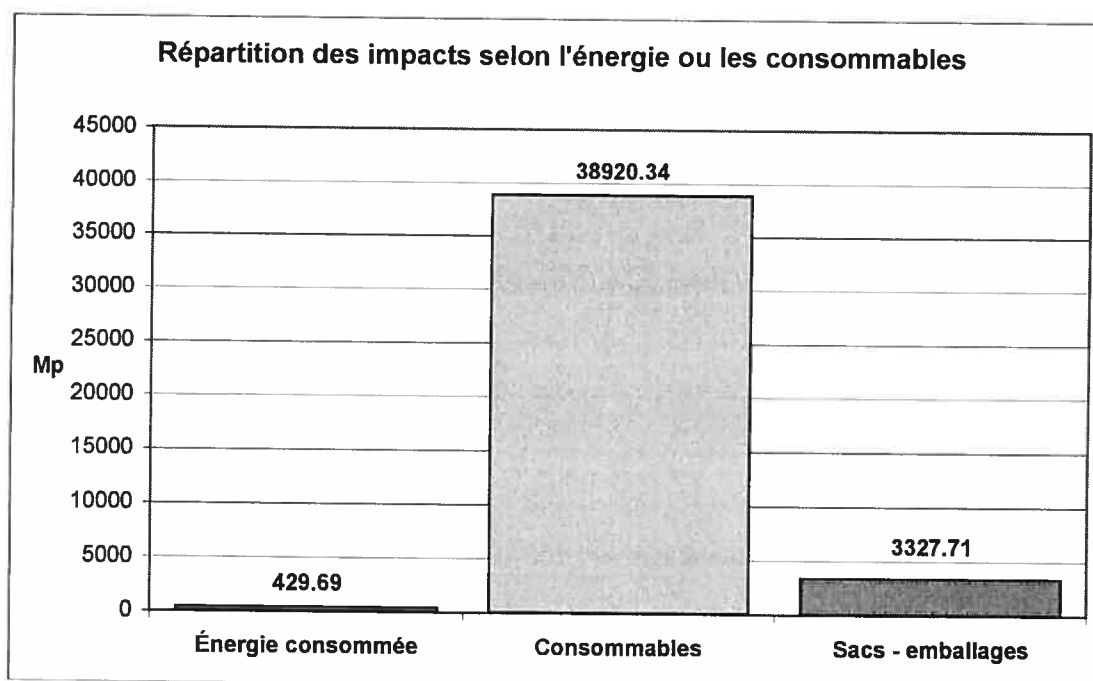


Figure 61 : Répartition des impacts selon l'énergie ou les consommables – usage.

La Figure 62 permet de constater que, par rapport aux consommables, les emballages ont très peu d'influence sur l'impact engendré à l'étape d'usage.

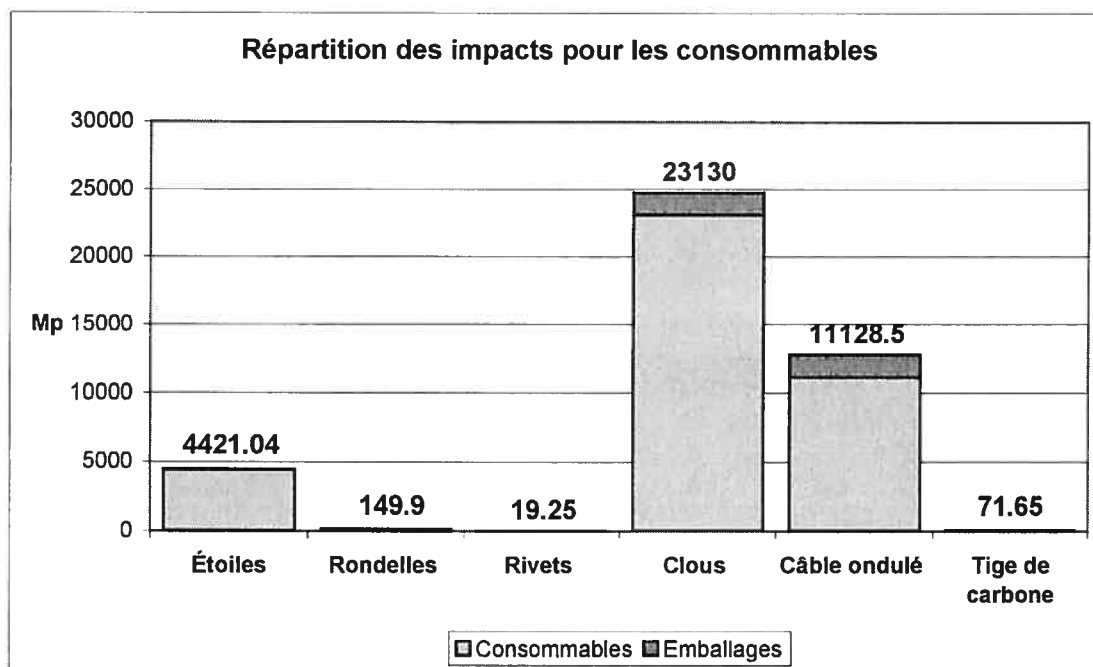


Figure 62 : Répartition des impacts pour les consommables – usage.

Il est important de mentionner que le scénario de consommation d'énergie et celui des consommables sont basés sur les recommandations d'un utilisateur typique qui a été consulté. L'impact environnemental associé à cette étape dépend principalement des habitudes d'utilisation de l'utilisateur lorsqu'il fait fonctionner l'appareil. Même si ce scénario demeure fiable et représentatif de la réalité, les résultats peuvent fluctuer dépendamment de la fréquence d'utilisation des différents usagers.

## E – FIN DE VIE

À l'heure actuelle, l'enfouissement demeure la seule véritable option pour se départir d'un appareil comme le *CompuSpot 150*, car les filières de recyclage pour ce type d'appareil sont à peu près inexistantes, en Amérique du Nord du moins. La réutilisation et le recyclage de certaines composantes par des individus intéressés demeurent marginaux et non significatifs. Lors du calcul des impacts liés à l'enfouissement, les matériaux n'ayant pas d'indicateur associé directement au poids (kg) se voient attribués un indicateur correspondant au volume (m<sup>3</sup>) de matières ou de composantes enfouies.



La Figure 63 montre que, parmi tous les matériaux, c'est manifestement l'acier qui engendre l'impact le plus important en fin de vie (79% de l'impact), suivi de loin par le PVC (18% de l'impact). L'acier utilisé dans la confection du *CompuSpot 150* se trouve principalement dans le transformateur (60%), le boîtier (23%) et dans les accessoires (13%). Quant au PVC, il se trouve exclusivement dans le filage de l'appareil. Le scénario de fin de vie tient compte du recyclage du papier et du carton, car la récupération de matériaux d'emballage en vue du recyclage est une pratique maintenant très répandue en Amérique du Nord. Même si le cuivre se retrouve en très grande quantité dans l'appareil, son impact est moindre car il n'existe pas d'indicateur directement relié à son poids. Ainsi, l'impact a été calculé selon le volume de cuivre enfoui.

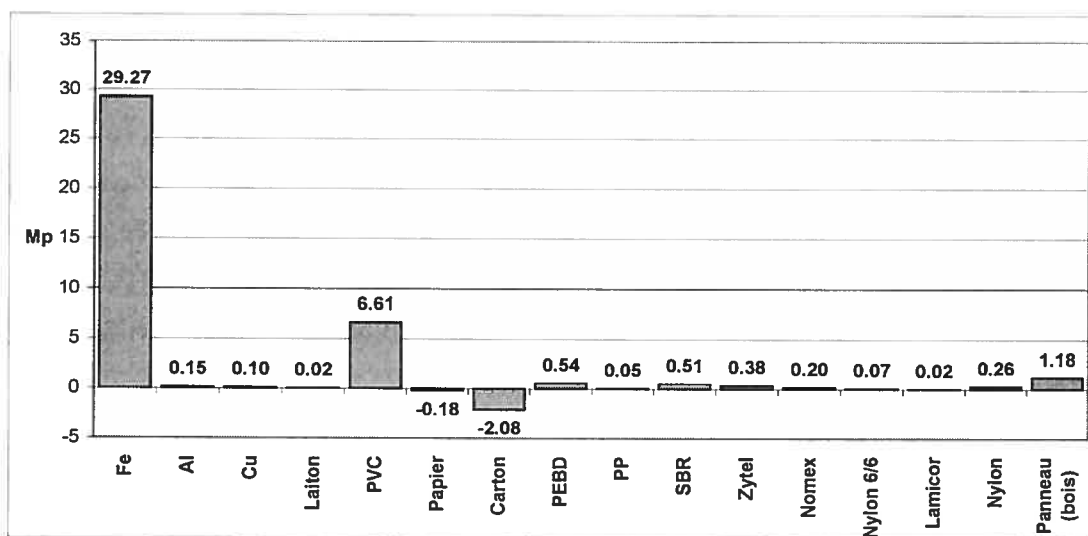


Figure 63 : Répartition des impacts selon l'enfouissement et le recyclage des matériaux – fin de vie.

### 3.2.4 Recommandations

Les résultats révèlent que l'impact environnemental le plus important est occasionné pendant l'étape de l'usage et ce, à cause de la très grande quantité de consommables utilisée. Ceci est dû à la longue durée de vie de l'appareil qui est d'environ vingt-cinq ans, et à sa fréquence d'utilisation. Conséquemment, les efforts pour diminuer les impacts devraient être dirigés vers la reconception des consommables et ce, en commençant par les clous, les câbles ondulés et les étoiles. En effet, selon les informations obtenues, il s'agit des trois dispositifs de soudage les

plus fréquemment utilisés. Ceux-ci engendrent à eux seuls tout près de 95% des impacts liés à l'utilisation de l'ensemble des consommables (voir Figure 64).

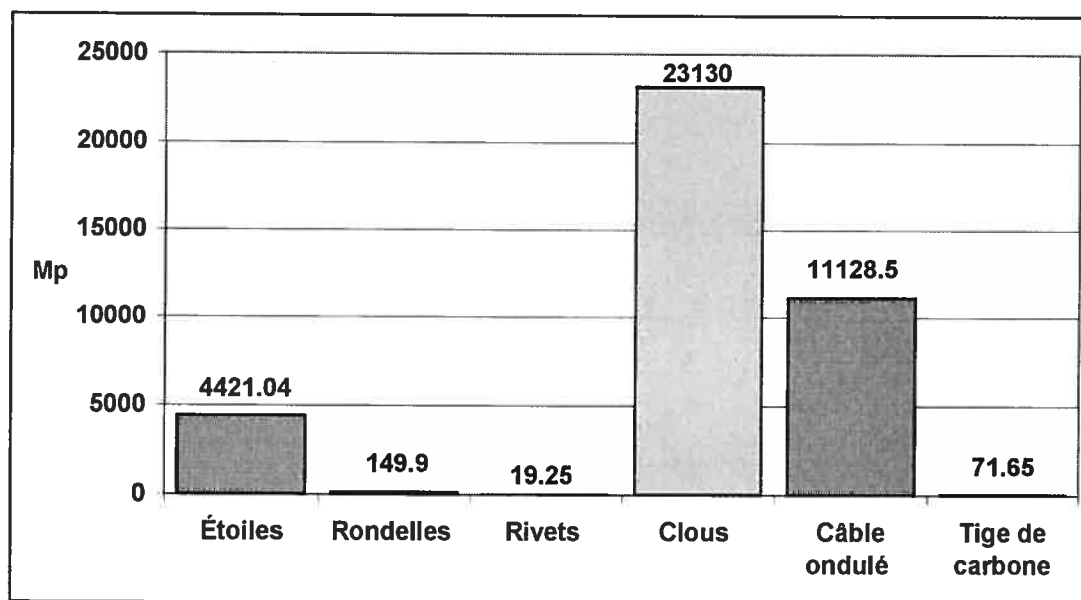


Figure 64 : Répartition des impacts selon les consommables (sans emballage).

Les rivets ne sont presque plus utilisés dans l'industrie automobile depuis plusieurs années. Ils ont été remplacés par d'autres systèmes d'attache plus performants et mieux adaptés aux nouvelles technologies. Quant aux rondelles, elles sont également délaissées par les utilisateurs, car elles n'offrent pas d'avantages réels par rapport aux clous ou aux étoiles qui sont généralement beaucoup plus appréciés.

Les consommables devraient être conçus de manière à réduire leur format, puisque que les impacts environnementaux sont directement proportionnels à la quantité de matière. De ce fait, il est conseillé de limiter les pertes de matériaux lors de la fabrication des consommables. De plus, il serait important d'optimiser la quantité de cuivre appliquée sur l'acier pendant le procédé de plaquage des consommables; la production de cuivre engendre un impact environnemental quinze fois plus important par rapport à celle de l'acier, soit 1400 mPt contre 94 mPt pour la même quantité de matière.

Étant donné que les mêmes outils d'opération effectueront un très grand nombre de réparations de débosselage nécessitant une quantité considérable de consommables, le gain environnemental sera beaucoup important si les efforts sont

orientés sur ces derniers. Ainsi, il est préférable de concevoir les outils d'opération, soit le marteau et les adaptateurs, en fonction des consommables, et non le contraire.

Il est fortement recommandé de privilégier des matériaux recyclés et recyclables pour la conception du *CompuSpot 150*, car ceux-ci présentent un avantage certain au plan environnemental. À titre d'exemple, un lingot d'aluminium recyclé nécessite seulement 5% de l'énergie requise pour la production d'aluminium neuf, et crée 95 fois moins d'émissions de gaz à effet de serre (PENU, 2002). Le Tableau 19 présente la comparaison des impacts environnementaux entre le scénario étudié, et un deuxième scénario où l'acier et l'aluminium sont constitués de matières recyclées à 100%, et sont également recyclées en fin de vie. Ce scénario considère également le recyclage du polyéthylène (PE), du polypropylène (PP), du PVC, du papier et du carton. Il est à noter que le crédit environnemental accordé par le recyclage du cuivre n'a pas été considéré dans le deuxième scénario (impact négatif à l'enfouissement), car l'indicateur relatif à sa récupération n'est pas disponible. Le recyclage du cuivre aurait donc contribué à réduire davantage les impacts négatifs puisque qu'il se trouve en très grande quantité dans l'appareil.

Tableau 19 : Impacts répartis sur les étapes du cycle de vie selon un scénario où certains matériaux sont recyclés et recyclables.

	Production de matériaux	Fabrication	Distribution	Usage	Fin de vie	TOTAL
Matériaux non-recyclés*	12 474.83 mPt	882.87 mPt	1365.11 mPt	42 677.74 mPt	37.12 mPt	57 437.67 mPt
Matériaux recyclés	10 934.44 mPt	882.87 mPt	1365.11 mPt	22 946.05 mPt	-1977.49 mPt	57 437.67 mPt

\* Les papiers et les cartons sont actuellement recyclés dans le scénario étudié.

Ce tableau révèle également que cette mesure réduirait l'impact environnemental global de plus de 40%, et que 85% du gain environnemental proviendrait de l'étape d'usage. De plus, sachant que la valeur marchande du cuivre et celle de l'acier sont relativement élevées, cette initiative pourrait constituer une nouvelle filière de récupération en vue du recyclage, et créer ainsi une ouverture de marché. Le Tableau 20 permet de constater que le recyclage de l'acier servant à la fabrication des consommables réduirait à lui seul près de 75 % des impacts occasionnés par ces derniers.

Tableau 20 : Impacts selon un scénario où l'acier des consommables serait recyclé.

Consommables	Ajustement au flux de référence	Acier non-recyclé	Acier recyclé	Gain environnemental
étoiles	... mPt x 3.6 pqts/an x 25 ans	904.5 mPt	231.3 mPt	Réduction de 74.4%
rondelles	... mPt x 1 pq/5 ans x 5 ans	97.25 mPt	24.85 mPt	Réduction de 74.4%
rivets	... mPt x 1 pq/5 ans x 5 ans	16.75 mPt	4.3 mPt	Réduction de 74.3%
clous	... mPt x 60 pqts/an x 25 ans	20100 mPt	5130 mPt	Réduction de 74.5%
câbles	... mPt x 18 pqts/an x 25 ans	9675 mPt	2457 mPt	Réduction de 74.6%
<b>TOTAL :</b>		<b>30793.5 mPt</b>	<b>7847.45 mPt</b>	<b>Réd. de 22946.05 mPt</b>

Dans un autre ordre d'idées, il est intéressant d'évaluer les impacts environnementaux du cycle de vie de l'appareil en excluant les consommables afin de cibler les points faibles de l'appareil même (consulter l'annexe D – Tableau synthèse/les consommables). La Figure 66 illustre la répartition des impacts pour le *CompuSpot 150* sans considérer l'utilisation de consommables. On constate que la première étape du cycle de vie est de toute évidence la plus dommageable pour l'environnement. Celle-ci est responsable d'au moins 80 % de l'impact global. Dans un tel cas, la réduction de la quantité de matière demeure la meilleure stratégie d'écoconception puisque l'impact environnemental est directement proportionnel à la quantité de matériau utilisée. En outre, la quantité de matériau influence directement les impacts liés aux autres étapes (ex. : quantité de matériaux transformés, le poids de la marchandise durant le transport, quantité de matériaux enfouis ou incinérés).

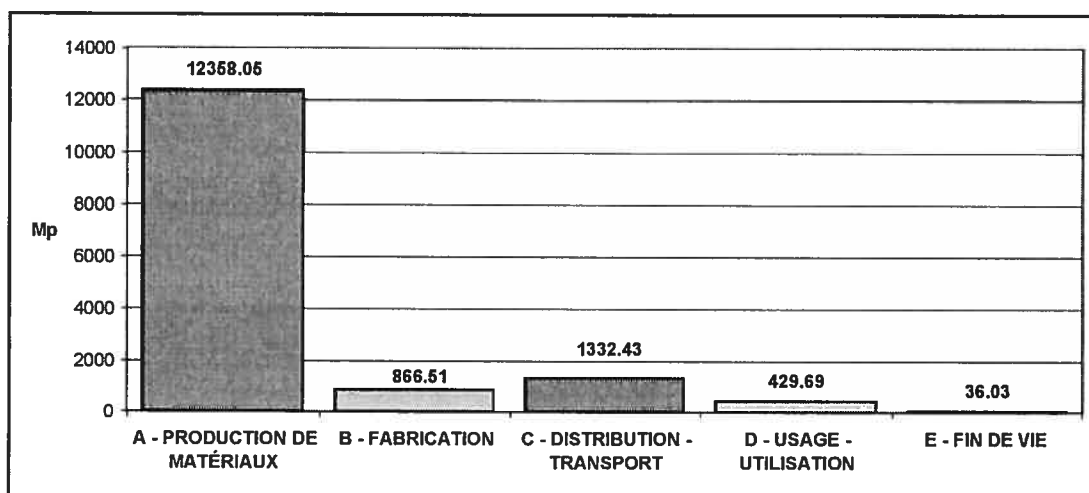


Figure 65 : Répartition des impacts selon les cinq étapes du cycle de vie (sans les consommables).

Aussi, il serait indiqué de concevoir l'appareil de manière à faciliter la réparation et la récupération des composantes. Pour ce faire, des instructions relatives au démontage et au recyclage des composantes devraient être mises à la disposition des usagers. De plus, un système de reprise en fin de vie de l'appareil, mais surtout des consommables, contribuerait à réduire de beaucoup les impacts environnementaux et à assurer un meilleur service après vente.

AMH Canada Ltée pourrait tirer profit de l'expérience acquise par un compétiteur innovant continuellement en matière d'environnement, soit l'entreprise *ESAB*. En effet, cette entreprise s'est dotée d'une politique environnementale depuis 1997 et intègre maintenant l'analyse de cycle de vie au développement de ses produits (*ESAB*, 1999). Elle publie d'ailleurs un rapport environnemental annuel présentant l'avancement des initiatives mises de l'avant par rapport à ses objectifs. Voici la liste de ces objectifs établis afin de tendre vers des pratiques basées sur les principes du développement durable :

- L'équipement de soudure est conçu pour la récupération, la remise à neuf et la réutilisation;
- Les matières premières et les composantes sont faites de matières recyclées;
- Les produits et procédés utilisent uniquement des énergies renouvelables et un système d'approvisionnement d'eau en boucle fermée;
- Tous les déchets de production sont réutilisés, recyclés et intégrés dans d'autres procédés;
- Les vapeurs toxiques sont réduites de manières significatives et des systèmes de ventilations efficaces sont utilisés par tous les soudeurs au travail;
- Les résidus de soudure et autres déchets sont recyclés, recyclés et intégrés dans d'autres procédés.

Certes, l'entreprise *AMH Canada Ltée* n'a pas les moyens financiers dont dispose une multinationale comme *ESAB* pour investir massivement dans l'intégration de mesures environnementales. Toutefois, son statut de PME (petite et moyenne entreprise) lui donne un avantage certain, car il est beaucoup plus aisé d'instaurer de nouvelles politiques d'entreprise lorsque le nombre d'employés est peu élevé et que les paliers administratifs sont moins nombreux (*BEHRENDT et al.*, 1997). Le plus tôt seront instaurées les politiques de gestion environnementale et d'écoconception, le plus rapidement apparaîtront les résultats escomptés.

Tel qu'anticipé au départ, le contexte dans lequel évolue l'entreprise AMH Canada ltée a présenté des conditions favorables et des obstacles au déroulement de cette étude d'impacts environnementaux.

La curiosité et l'intérêt manifestés par les employés ont facilité grandement la cueillette de données à l'interne. En effet, leur motivation et leur enthousiasme ont contribué à accélérer la recherche d'informations. Par contre, l'étape d'investigation sur les composantes achetées à des fournisseurs externes a été plus ardue compte tenu du nombre important d'intermédiaires à rejoindre (fabricants, distributeurs, etc.) et du peu d'intérêt qu'ils manifestaient. Les personnes contactées chez ces fournisseurs, directement par les acheteurs de AMH Canada ltée, étaient souvent mal informées sur leurs produits et n'étaient pas en mesure de répondre adéquatement aux questions. C'est pourquoi plusieurs données ont dû être exclues de l'étude.

L'autre difficulté rencontrée durant l'ACVS menée sur le *CompuSpot 150* se situe au niveau de la disponibilité des indicateurs existants dans la méthode *Eco-indicator 99*. Bien que cette méthodologie soit facile d'utilisation, plusieurs matériaux composites, comme le Lamikor® ou les divers rubans (*Glass tape, Dracon tape, filament tape*) utilisés dans la fabrication du transformateur, ne disposent pas d'indicateur environnemental correspondant. Par conséquent, on ne peut évaluer ces impacts, lesquels en réalité, ne sont peut-être pas aussi négligeables que l'étude pourrait le laisser croire.

Bien que le choix de la méthode *Eco-indicator 99* pour mener cette ACVS ait été fort utile pour le chercheur, celle-ci a demandé plus de temps que prévu. Ceci est principalement au nombre élevé de composantes qui a nécessité une gestion exhaustive des données répertoriées. Ainsi, il aurait été intéressant de vérifier si une évaluation des impacts environnementaux selon une méthode qualitative aurait permis d'arriver aux mêmes conclusions et ce, dans les mêmes conditions. En dépit de la lourdeur de la tâche accomplie, une partie de l'étude pourra être utile à de futures analyses faites sur des produits similaires chez AMH Canada ltée.

Une campagne de sensibilisation auprès du personnel sur les enjeux environnementaux permettrait d'optimiser l'intégration de l'écoconception dans l'entreprise. Malgré leur intérêt pour l'environnement, la plupart des employés n'ont pas les connaissances requises pour réaliser l'ampleur des conséquences reliées à leurs activités de travail, ce qui peut ralentir l'application de certaines mesures. De plus, ils ignorent les bénéfices réels que pourrait apporter l'application de stratégies d'écoconception dans une entreprise à court, moyen et long terme. Une fois les employés bien informés, il devient plus facile de les intégrer dans une telle démarche et de modifier progressivement leurs habitudes de travail afin de réduire les impacts négatifs sur l'environnement.

Somme toute, cette étude laisse entrevoir la possibilité d'étendre ultérieurement la pratique de l'ACVS et de l'écoconception au sein de l'entreprise AMH Canada Ltée. Les obstacles rencontrés au cours de ce projet à caractère environnemental ont permis d'acquérir une expérience inestimable pour que de futurs projets de cette nature deviennent des succès.

### 3.3 ACVS - système d'emballage

Cette étude de cas a été réalisée à l'occasion du concours *EPA's Cradle to Cradle Design Awards – E-Commerce Shipping Packaging and Logistics* auquel l'étudiant-chercheur a participé avec l'aide de Maxime Thibault (EPA & MDBC, 2003). Il s'agissait d'un concours d'écoconception de niveau international organisé par l'*EPA Office of Solid Waste* en collaboration avec *McDonough Braungart Design Chemistry* (MBDC). Le mandat était de reconsidérer le service d'emballage et de livraison pour des livres ou des disques lasers de manière à réduire les impacts environnementaux et ce, en se basant sur l'approche du « berceau à la tombe<sup>18</sup> ». Le résultat de cette participation s'est traduit par l'obtention du prix *Recognition of innovation* du produit d'emballage GENERIC (voir annexe E).

L'écoconception du produit d'emballage GENERIC a été réalisée selon une ACVS comparative avec l'aide de la méthode *Eco-Indicator 99*. En effet, les évaluations du cycle de vie d'une enveloppe de carton traditionnellement utilisée dans ce type de livraison et celle du produit d'emballage GENERIC ont permis

---

<sup>18</sup> Il s'agit d'une expression commune désignant le cycle de vie complet, c'est-à-dire de l'extraction des matières premières jusqu'à l'élimination, en passant par la fabrication, la distribution et l'utilisation.

d'identifier des opportunités d'action permettant de réduire les impacts environnementaux. Ainsi, les évaluations d'impact sommaires réalisées dès la phase d'idéation ont permis de faire ressortir les avantages à utiliser d'autres matériaux que le carton et d'orienter les choix stratégiques pendant la conception.

### 3.3.1 Description du projet

Le produit d'emballage GENERIC consiste en un boîtier d'aluminium recyclé dans lequel s'insère un couvercle en polypropylène (PP) translucide qui s'ajuste en profondeur, s'adaptant ainsi à l'épaisseur du contenu. Afin d'éviter que les livres ou les disques laser se déplacent latéralement à l'intérieur du boîtier et risquent d'être endommagés, des goupilles de PP sont insérées dans une série de petites ouvertures sur le couvercle prévues à cet effet. Le contenu se trouve ainsi coincé dans tous les sens, diminuant considérablement les risques de dommage lors du transport.

Les composantes du produit d'emballage GENERIC sont constituées de monomatériaux, soit l'aluminium et le PP. Le concept mise d'abord sur la robustesse et la durabilité des matériaux afin que les composantes puissent être réutilisées au moins vingt fois avant que leur état ne permette plus de remplir adéquatement leur fonction. Lorsque les composantes deviennent désuètes, celles-ci seront recyclées, fermant ainsi la boucle du cycle de production. Un logo est appliqué sur chacune des composantes afin de faciliter ce processus.

En plus de s'adapter à différents formats de marchandise, le concept GENERIC fait en sorte que les boîtiers et les couvercles (avec goupilles) sont empilables séparément afin de faciliter la manutention et l'entreposage. La Figure 66 illustre les caractéristiques de l'emballage et la Figure 67 illustre son aspect général.

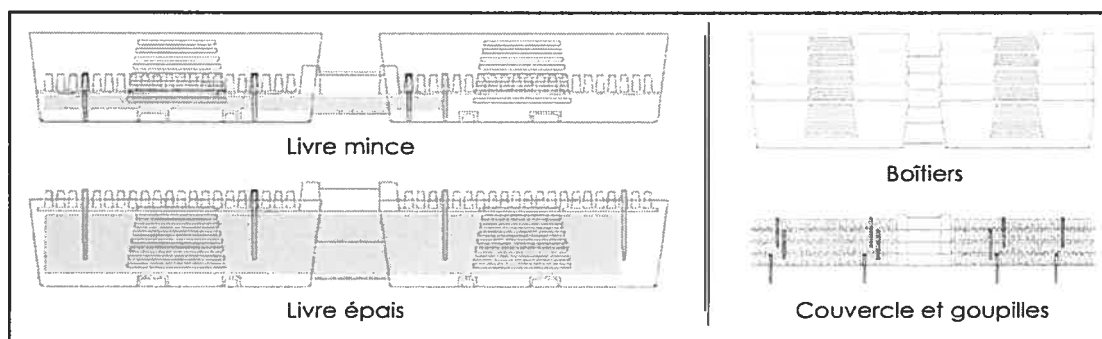


Figure 66: Caractéristique de l'emballage : profondeur du boîtier variable et composantes empilables (© Leclerc & Thibault, 2003).



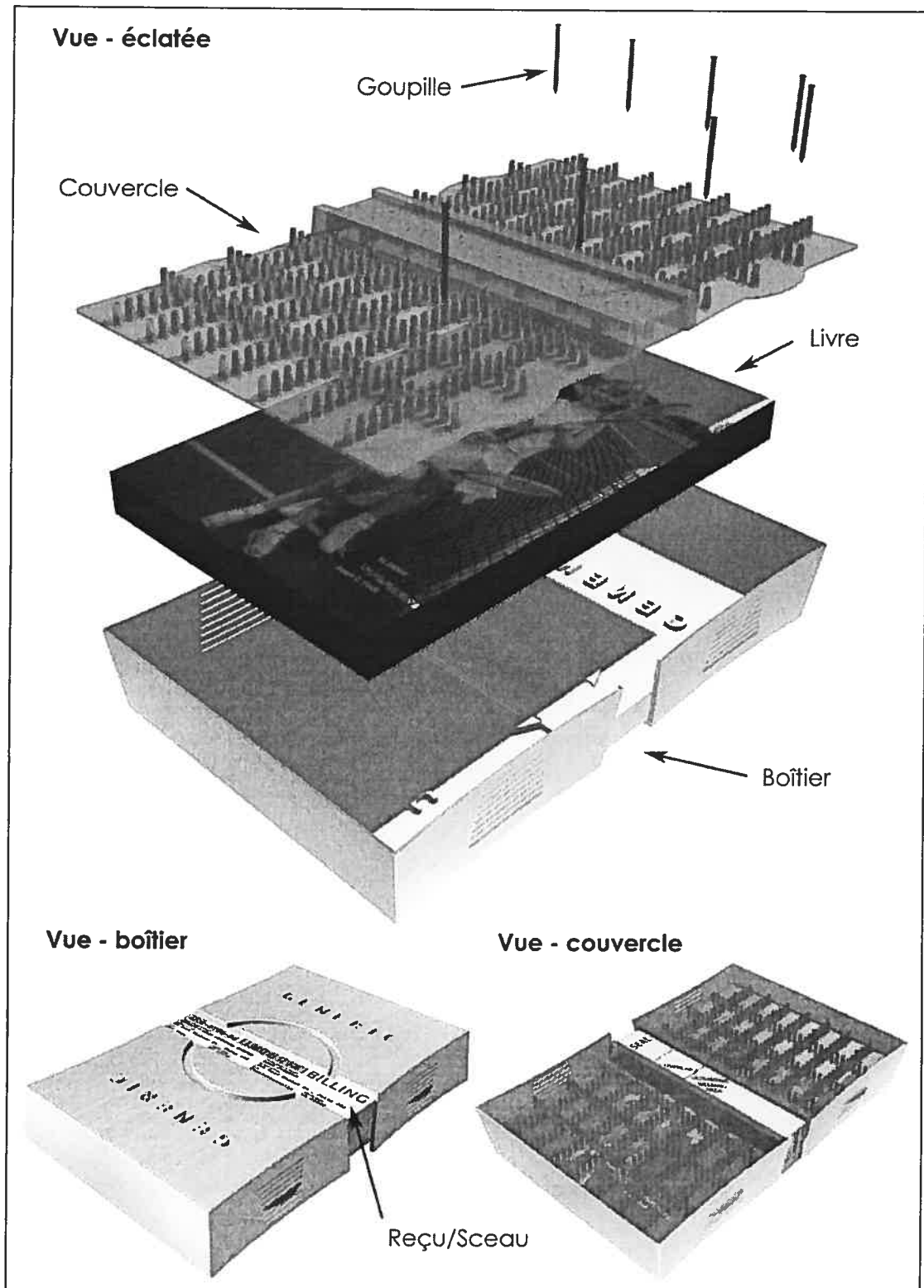


Figure 67 : Aspect général du produit d'emballage GENERIC - Prix Recognition of innovation – concours EPA's Cradle to Cradle Design Awards : E-Commerce Shipping Packaging and Logistics (© Leclerc & Thibault, 2003).

Enfin, une étiquette de PP imprimée avec une encre à base d'eau est enroulée autour de l'emballage et est retenue par une soudure aux ultrasons. Cette étiquette sert à la fois de reçu pour le client et de sceau garantissant que le paquet n'a pas été ouvert. Cette étiquette peut également être recyclée lorsque le client veut s'en départir. La Figure 68 illustre l'étiquette de l'emballage GENERIC.



Figure 68 : Étiquette servant de reçu et de sceau de garantie (© Leclerc & Thibault, 2003).

Le système de logistique pour offrir le service de livraison prend en compte les infrastructures de distribution déjà existantes. La différence principale est que les composantes de l'emballage (boîtier, couvercle et goupilles) sont rapportées par le livreur une fois que le client a pris possession de sa marchandise. Ceci implique certaines modifications quant à la logistique de livraison et aux infrastructures comme, par exemple, en prévoyant de nouveaux compartiments dans les camions de livraison et des espaces prévus pour entreposer les composantes. Un système de consigne sur les composantes d'emballage est prévu afin d'assurer un certain contrôle sur le va-et-vient du matériel et de réduire le taux de non-retour. Cet incitatif nécessite une entente préalable entre la compagnie de livraison et l'entreprise de commerce électronique. La Figure 69 illustre les étapes d'emballage et de livraison impliquées dans la logistique du concept GENERIC. Voici la description de ces étapes :

1. Les matières premières entrant dans la composition des matériaux de fabrication sont extraites des milieux naturels ou proviennent d'une filière de recyclage (ex. : bauxite et pétrole);
2. Ces matières premières sont ensuite transformées dans les usines de production afin de produire des lingots d'aluminium recyclé et des billes de PP;
3. Les matériaux ainsi obtenus sont mis en forme : le boîtier est fabriqué par estampillage et les pièces de PP (couvercle et goupilles) sont injectées;
4. Les composantes GENERIC sont alors acheminées à l'entreprise de commerce électronique où elles sont entreposées avant d'être utilisées. Les composantes ayant déjà servi seront rapportées à l'entrepôt avant d'être

réutilisées. Si celles-ci s'avèrent trop endommagées, elles seront envoyées à l'usine de production où elles pourront être recyclées;

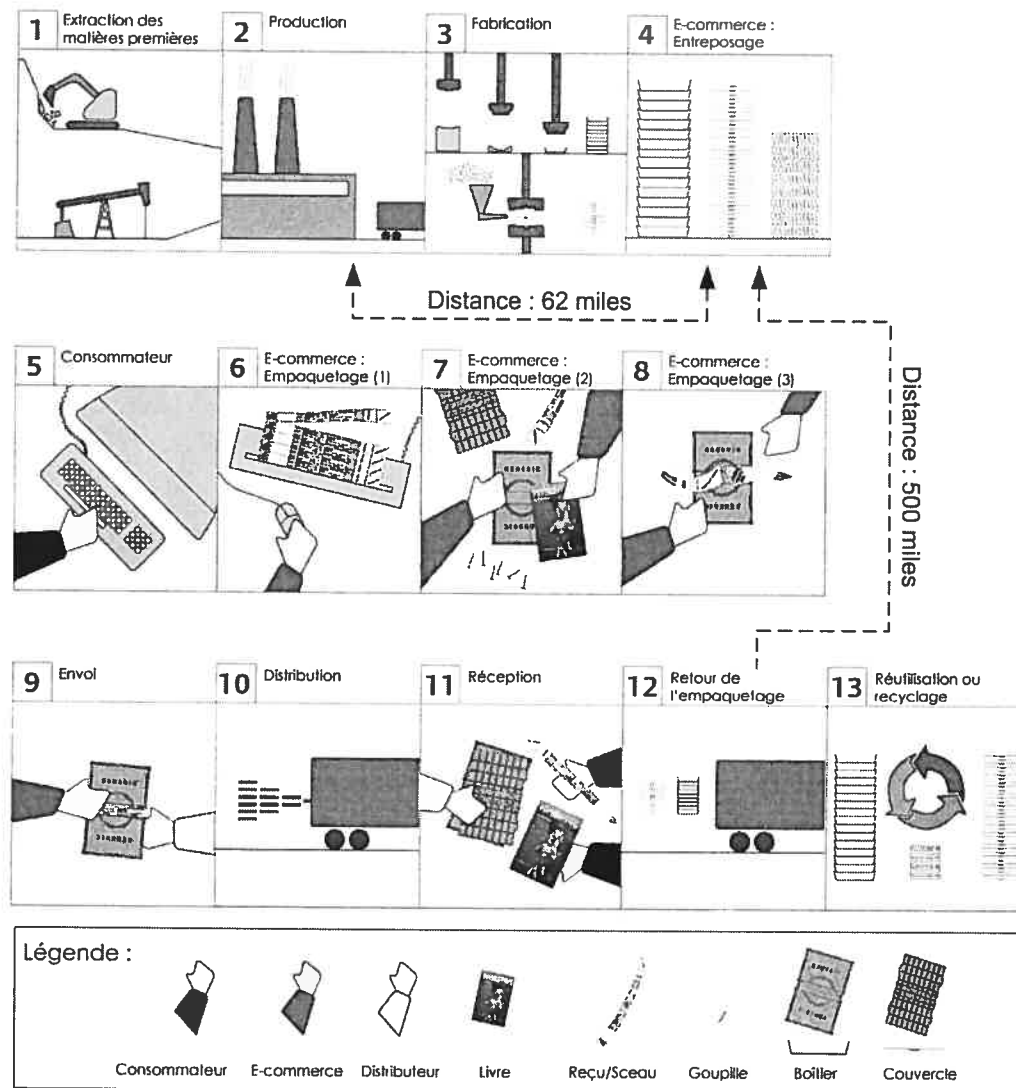


Figure 69 : Cycle de vie selon les étapes d'opération pour la livraison à l'aide du produit d'emballage GENERIC (© Leclerc & Thibault, 2003).

- De son côté, le consommateur achète son bien (livre ou disque laser) à partir du site Internet avec l'aide d'une carte de crédit ou selon les conditions de l'entreprise de commerce électronique;
- L'entreprise de commerce électronique reçoit les informations et imprime la commande sur l'étiquette servant de reçu et de sceau de qualité;
- La marchandise, un livre par exemple, est d'abord placée dans un des coins du boîtier. Le couvercle est ensuite placé par-dessus et est enfoncé en

exerçant une pression jusqu'à ce qu'il coince le livre. Enfin, quelques goupilles sont insérées dans le couvercle de manière à empêcher le livre de se déplacer latéralement;

8. L'étiquette en PP est placée autour du boîtier à l'endroit prévu à cet effet. Une soudure à l'ultrason est appliquée sur les deux bouts superposés de l'étiquette afin qu'elle reste en place;
9. Le colis est ramassé par le livreur directement à la compagnie de commerce électronique;
10. Le colis est transporté sur une distance moyenne de 500 miles et passe par trois points de redistribution avant d'arriver entre les mains du consommateur final (scénario imposé selon les règles du concours);
11. Une fois le colis remis au consommateur, celui-ci brise le sceau en le conservant comme reçu officiel, retire le couvercle et prend possession du contenu à l'intérieur du boîtier. Le livreur quant à lui reprend le boîtier et le couvercle avec les goupilles et les rapporte dans son camion de livraison;
12. Les composantes GENERIC sont retournées à l'entrepôt de l'entreprise de commerce électronique en parcourant la même distance, soit 500 miles;
13. Les composantes sont alors réutilisées. Si celles-ci sont trop endommagées, elles sont envoyées à l'usine de production pour être recyclées.

### 3.3.2 Résultats et conclusions

La conception du produit d'emballage et du système de logistique pour la livraison a été faite de manière à ce que la réduction des impacts environnementaux soit perceptible sur un cycle de vie prolongé. En effet, les stratégies d'écoconception qui ont été privilégiées sont la durabilité et la réutilisation des composantes. D'un côté, les mêmes composantes du produit d'emballage GENERIC sont réutilisées plusieurs fois et de l'autre, il faut utiliser une nouvelle enveloppe de carton pour chaque nouvelle livraison.

La Figure 70 illustre la progression des impacts environnementaux selon différents scénarios d'envois postaux et ce, en comparant le nombre de réutilisation de l'emballage GENERIC avec le nombre d'enveloppes de carton nécessaires à tous ces envois. Les colonnes gris foncé correspondent aux étapes un, deux, trois, quatre et treize du cycle de vie décrivant le service de livraison et la fabrication du produit d'emballage GENERIC (voir Figure 69). Les impacts environnementaux

engendrés par ces étapes, soit 90.8 mPt au total, sont calculés une seule fois, car ce sont les mêmes composantes qui sont réutilisées d'une fois à l'autre. Par contre, les colonnes gris pâle représentent les impacts engendrés aux étapes dix et douze, soit celles où les composantes du produit d'emballage GENERIC font l'aller-retour de l'entreprise de commerce électronique jusqu'au consommateur.

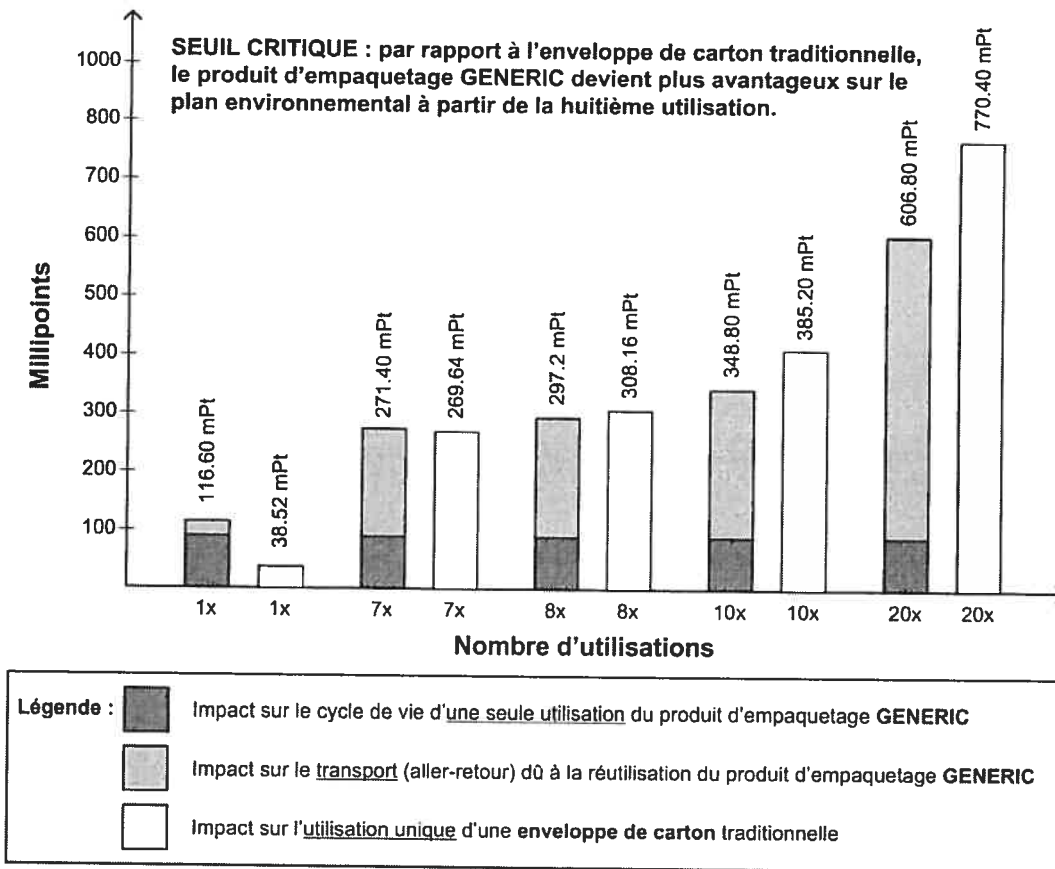


Figure 70 : Comparaison des impacts pour chaque produit d'emballage.

Ainsi, les impacts environnementaux occasionnés par le transport par camion sont comptabilisés à chaque utilisation (25.8 mPt x nb d'utilisation). Les étapes cinq, six, sept, huit, neuf et onze du cycle d'emballage et de livraison impliquent des manipulations humaines et des infrastructures qui sont exclues de l'étude. Donc, aucun impact environnemental n'a été considéré par rapport à ces étapes.

Les colonnes blanches quant à elles correspondent aux impacts associés à l'utilisation d'enveloppes de carton généralement employées pour ce type de livraison. Chaque livraison engendre un impact environnemental de 38.52 mPt. Ce calcul inclut la production de matière première pour le carton et l'adhésif, leur

transport et leur mise en décharge. Le calcul des impacts environnementaux pour chacun des services de livraison de livres ou disques laser apparaît à l'annexe F.

### 3.4 Discussion et conclusion sur les trois études de cas

Ces trois études de cas ont d'abord permis de se familiariser avec la méthode *Eco-Indicator 99*. Cette méthode s'est avérée très efficace dans chacun des cas. Dans un premier temps, l'analyse des résultats a fait émerger les points forts et les points faibles de chacun des murs antibruit et a permis de cibler les matériaux et les procédés qui sont les plus dommageables, autant pour l'ÉAB que pour l'ÉACR. Le béton a comme principal avantage d'être peu énergivore comparativement au caoutchouc recyclé, qui requière beaucoup d'énergie pour être déchiqueté. Par contre, l'utilisation du caoutchouc recyclé contribue à développer de nouveaux marchés afin de pallier le problème des pneus hors d'usage, un enjeu environnemental important au Québec. Par ailleurs, l'utilisation de l'acier galvanisé engendre des impacts environnementaux très importants dans les deux cas, pour les colonnes pour l'ÉACR et pour armer le béton dans l'ÉAB. À la vue de ces considérations, l'ACVS a permis d'orienter la conception future d'un mur antibruit tirant avantage du béton et du caoutchouc recyclé. En effet, il convient d'éliminer les colonnes d'acier de l'ÉACR et d'augmenter le pourcentage de caoutchouc recyclé dans des panneaux hybrides fabriqués avec les deux matériaux. Sans cette étude, il aurait été presque impossible de tirer de telles conclusions.

Dans un deuxième temps, l'ACVS menée sur l'appareil de débosselage a révélé que les impacts environnementaux majeurs provenaient de la phase d'utilisation plutôt que n'importe où ailleurs dans son cycle de vie. Cette seule information permet d'orienter les efforts vers une direction précise qui est souvent insoupçonnée des entreprises manufacturières. En effet, la plupart des gens croient souvent que les impacts environnementaux sont surtout engendrés par les matériaux ou les procédés durant la fabrication du produit ou lors de son élimination. Une telle croyance aurait sûrement amené les entreprises à s'attarder sur des aspects du produit qui en réalité ne sont pas les plus cruciaux.

Dans un troisième temps, l'ACVS comparative menée dans le cadre du concours a permis de valider les choix d'écoconception orientés vers des matériaux durables et recyclables, ainsi que sur une stratégie de réutilisation. En effet, l'étude démontre

qu'après huit utilisations, il devient plus avantageux au plan environnemental d'utiliser le produit d'emballage GENERIC que les enveloppes de carton traditionnelles. La méthode *Eco-Indicator 99* s'est avérée rapide et efficace compte tenu du nombre limité de matériaux et de procédés impliqués dans les deux cas.

Les principaux obstacles rencontrés varient selon les études de cas. Tout d'abord, certaines informations demandées aux entreprises ont été relativement difficiles à obtenir. Dans la première étude de cas, le fabricant de l'ÉAB a été quelque peu retissant à fournir les données demandées au départ. Il a donc fallu se contenter des informations dont la divulgation était permise. Lors de la deuxième étude de cas, le fabricant a fait preuve d'une très grande collaboration. Par contre, la difficulté majeure est survenue lors de la recherche d'informations auprès des fournisseurs. Il a fallu insister à maintes reprises afin d'obtenir les réponses et ce, grâce à la collaboration des acheteurs. Cette deuxième étude de cas a été plus laborieuse que les deux autres à cause du très grand nombre de composantes dans le produit. Une analyse plus sommaire préalable (ex.: liste de contrôle ou matrice d'ACV qualitative) aurait peut-être permis d'identifier les mêmes points faibles du produit et de mieux orienter les travaux d'analyse avec la méthode *Eco-Indicator 99* de manière à réduire la tâche d'analyse de l'inventaire.

Bien que la méthode *Eco-Indicator 99* soit facile d'utilisation, il n'en demeure pas moins que les indicateurs disponibles ne sont pas encore assez nombreux. Cette situation oblige les concepteurs à opter pour l'indicateur qui semble le plus approprié, et ce, au meilleur de ses connaissances. Dans ces cas précis, l'avis d'un expert en environnement serait souhaité, mais cette ressource n'est pas à la portée de toutes les entreprises. Il est à espérer que de nouveaux indicateurs soient disponibles pour l'Amérique du Nord et d'autres pays internationaux.

## Partie 4 : Sondages sur le terrain

À la suite d'études de cas, il convenait également d'aller voir sur le terrain quelle était la perception des concepteurs par rapport à l'environnement et l'écoconception afin d'identifier les systèmes de valeurs sous-jacents et faire apparaître des enjeux. Ainsi, cette démarche avait comme objectif d'identifier des conditions de succès et des obstacles pour la mise en œuvre de l'écoconception en effectuant une enquête auprès des concepteurs oeuvrant dans différents domaines.

C'est ainsi que plusieurs designers industriels ont été contactés afin qu'ils répondent à un questionnaire. Après avoir procédé à l'analyse des questionnaires, quelques candidats ont été sélectionnés selon des critères définis afin qu'ils participent à une entrevue orchestrée par l'étudiant-chercheur. Cette deuxième étape a permis d'approfondir les thèmes et les sous-thèmes déjà abordés dans le questionnaire.

Contrairement aux études de cas qui est davantage d'ordre quantitatif, cette partie du mémoire relève plutôt de la recherche qualitative. Bien que cette dernière ne soit pas l'objet principal de ce mémoire, il convient tout de même de la résumer brièvement afin de comprendre les raisons qui ont motivé son utilisation.

D'une part, la recherche quantitative est bien connue des milieux dits « scientifiques traditionnels » où la mesure prédomine et à travers laquelle on tente de rendre les résultats reproductibles. D'autre part, la recherche qualitative est demeurée longtemps une activité nébuleuse et critiquée par les sciences de la nature. Pierre Paillé renchérit cette idée en affirmant ceci :

« Selon les points de vue, [l'analyse qualitative] a été considérée tantôt comme une démarche approximative de synthèse plus ou moins valable sur le plan scientifique, tantôt comme une activité hautement complexe accessible uniquement au terme d'un long apprentissage initiatique. »  
(PAILLÉ, 1994, p. 148)

Ces différentes prises de position ne sont ni bonnes, ni mauvaises; elles ne sont que des positions particulières qui tendent à se nuancer et qui finissent par s'estomper à mesure que ce type d'analyse se fait mieux connaître. De ce fait, la recherche qualitative est de plus en plus reconnue aujourd'hui.



Bien qu'il existe plusieurs manières de décrire la recherche qualitative, Tesch propose une synthèse d'idées qui concourent à la définir globalement :

« De manière littérale, la recherche qualitative correspond à n'importe quelle recherche utilisant des données qualitatives. (...) Une donnée qualitative correspond à n'importe quelle information que le chercheur recueille et qui n'est pas exprimée en chiffre. Si nous acceptons cette définition, l'éventail de données qualitatives inclut autre chose que les mots. Les images sont également des données qualitatives. Un dessin, une peinture, une photographie, un film, une vidéocassette sont des données qualitatives dans la mesure où elles sont utilisées à l'intention du chercheur, et même la musique ou les bandes sonores peuvent être considérées comme des données qualitatives. Il n'y a presque pas de limites à la créativité de l'humaine. » (TESCH, 1990, p.55)

Il existe différents types de recherches qualitatives, en passant par les méthodes très structurées qui sont surtout basées sur l'analyse du langage, jusqu'aux approches plutôt holistiques, c'est-à-dire celles où chaque énoncé scientifique est tributaire du domaine d'étude et où l'analyse est construite sur l'intuition et la perspicacité du chercheur qui se trouve en immersion dans une réalité vécue. Indépendamment du type de recherche qualitative, le chercheur s'intéresse à la signification des données et s'efforce de trouver les principaux thèmes, lesquels ne sont pas nécessairement exprimés, mais émergent plutôt d'une analyse plus poussée. Il est alors possible de décrire globalement le phénomène et de faire ressortir les principaux points saillants, par exemple les convergences et les divergences, les points forts et les faiblesses et les mots clés. Aussi, les différents types de recherche qualitative peuvent être métissés afin de créer une méthode particulière qui sera définie et justifiée par le chercheur lui-même qui répondra à des besoins particuliers. Fondamentalement, il n'y a qu'une seule exigence pour affirmer qu'il s'agit bel et bien d'une activité de recherche : c'est de persuader les autres de la crédibilité d'une certaine découverte qui vaut la peine qu'on lui porte une attention particulière (TESCH, 1990).

Ainsi, l'analyse des résultats de cette recherche qualitative a permis de mieux comprendre la réalité des concepteurs, en particulier celle des designers industriels, et de faire des liens avec la littérature scientifique et les études de cas. Pour ce faire, cette partie de ce mémoire tente de répondre aux questions suivantes :

- Quel rang occupe le critère environnemental dans leur cahier des charges ?
- À quoi ressemble ou à quoi devrait ressembler un produit « vert » ?

- Est-ce que les idées véhiculées dans la littérature scientifique de niveau international correspondent à la réalité vécue par les designers industriels au Québec ?
- Quelles sont les conditions favorables à l'adoption de nouvelles pratiques d'écoconception ?
- Quels sont les obstacles anticipés ou généralement rencontrés au cours d'une démarche de conception intégrant des aspects environnementaux ?
- Quels sont les incitatifs qui motiveraient les designers à adopter ces nouvelles pratiques ?
- Quel est le niveau de connaissance des designers industriels par rapport aux outils d'écoconception (ACV, ACVS, matrices, listes de contrôle, guides d'écoconception, etc.) ?
- À quoi ressemblerait l'outil « idéal » pour les designers industriels afin qu'ils puissent faire des choix judicieux sur le plan environnemental ?
- Dans quelles mesures les indicateurs (*Eco-indicator 99*) correspondent aux besoins des designers industriels pratiquant au Québec ?

Une demande a été faite auprès de l'université afin d'être conforme aux codes d'éthique en vigueur lors de recherches impliquant des sujets humains.

#### **4.1 Le questionnaire**

Le questionnaire a été construit afin de connaître le niveau de connaissance et de sensibilité vis-à-vis les questions d'ordre environnemental en général et la pratique de l'écoconception en particulier. Ce questionnaire, présenté à l'annexe G, a fourni dans un premier temps des réponses courtes et précises indiquant par exemple si les répondants ont déjà réalisé un projet d'écoconception, ou encore révélant les outils d'écoconception les mieux connus et les plus utilisés. D'autres questions ont permis d'établir différents degrés d'appréciation sur une échelle prédéterminée par rapport à une réalité vécue ou appréhendée. Dans un deuxième temps, l'évaluation des réponses a permis à l'étudiant-chercheur de sélectionner quatre candidats dont le niveau de connaissance a été jugé suffisamment élevé pour participer à une entrevue semi-dirigée portant sur les mêmes thèmes. Ce questionnaire comporte différentes parties élaborées selon des thèmes précis, soit les informations générales, le niveau de connaissance par rapport à l'environnement et l'écoconception, ainsi que les incitatifs reliés à l'adoption de nouvelles mesures environnementales.

#### 4.1.1 L'échantillonnage des sujets

Le choix des sujets reposait sur des critères précis. Premièrement, les candidats sélectionnés, hommes ou femmes, devaient être en lien « direct » ou « indirect »<sup>19</sup> avec la conception de produits ou de services. Ceux-ci devaient au moins avoir complété une formation académique de niveau collégial ou universitaire en design industriel, ou tout autre formation équivalente dans le domaine de la conception (ex. : ingénierie mécanique) qui a été jugée pertinente par l'étudiant-chercheur et son directeur de maîtrise. Il était également souhaitable d'avoir des répondants ayant une expérience professionnelle de durée variée.

Deuxièmement, le choix de ces professionnels s'est fait de manière à ce que l'éventail de spécialisations représenté soit le plus large possible et ce, en fonction des types de produits et services qu'ils conçoivent (ex. : appareils électroniques, mobiliers).

Troisièmement, les candidats retenus devaient représenter les trois principaux milieux de travail dans lesquels oeuvrent les professionnels en conception de produits et services, soit les travailleurs autonomes, les concepteurs employés dans les bureaux de consultation, ainsi que ceux qui sont employés par les entreprises manufacturières (concepteurs « captifs »). Les deux premiers milieux de pratique ont été jumelés en une seule catégorie sous la bannière « services contractuels ».

Parmi toutes les tentatives de contact avec les concepteurs afin de leur soumettre le questionnaire d'écoconception, dix-sept ont véritablement été rejoints et onze ont accepté d'y répondre. Le Tableau 21 à la page suivante présente le profil de tous les concepteurs contactés au début de ce projet. Il est à noter que le nombre d'années d'expérience ne figure pas pour les candidats n'ayant pas participé au questionnaire puisque cette information provenait d'une question posée dans le questionnaire.

---

<sup>19</sup> C'est-à-dire soit les concepteurs eux-mêmes, soit les personnes responsables d'un département dédié au développement des produits ou des services dans une entreprise (département de conception ou de recherche et développement).

Tableau 21 : Profil des concepteurs contactés pour participer au questionnaire de recrutement.

	Services contractuels	Entreprise manufacturière	Années d'expérience	Mobilier	Luminaire	Appareils électroniques	Objets utilitaires	Produits industriels	Produits médicaux	Équipements sportifs	Produits récréatifs	Divers
1	x		13			x	x			x	x	x
2	x		9	x	x		x					
3	x		20	x	x	x	x					
4	x		16	x	x		x					
5		x	15	x								
6	x		35	x	x	x	x				x	x
7	x		10					x	x			
8		x	10					x				
9		x	20	x								
10		x	4			x						x
11	x		5	x	x	x	x	x	x	x	x	x
12	x		-	x	x	x	x	x	x	x	x	x
13	x		-	x	x	x	x	x	x	x	x	x
14	x		-	x	x	x	x	x	x	x	x	x
15		x	-	x								
16		x	-							x	x	
17		x	-							x	x	

Légende : Cases **blanches** - participants ayant **accepté** de répondre au questionnaire.  
Cases **grises** : participants ayant **refusé** de répondre au questionnaire.

#### 4.1.2 La collecte et l'analyse des données

Les concepteurs ont été contactés par téléphone directement sur leur lieu de travail. Après entente verbale, une version électronique du questionnaire (fichier Microsoft Word) leur a été acheminée par courriel. Dix-sept candidats ont accepté de répondre au questionnaire. Une fois le questionnaire complété, chaque répondant a sauvegardé son document informatisé sous un nouveau nom afin qu'il soit facilement identifiable pour ensuite le réacheminer à l'étudiant-chercheur par l'entremise d'Internet. À la suite de la lecture et de l'analyse des questionnaires complétés, l'étudiant-chercheur a sélectionné quatre candidats ayant un niveau de connaissances élevé sur le sujet. Toutefois, ce choix devait se faire parmi ceux qui avaient fait part de leur intérêt à participer à une entrevue semi-dirigée. Une synthèse des résultats obtenus par l'entremise du questionnaire est présentée à l'annexe H.

## 4.2 Les entretiens semi-directifs

Ces entretiens constituent un complément d'information aux études de cas et à la revue de littérature réalisées au préalable. Le principal objectif est de mieux connaître la perception des concepteurs quant au rôle qu'ils peuvent remplir dans la réduction des impacts environnementaux liés à leur pratique professionnelle. Les entretiens consistent donc à approfondir les questions traitées dans le questionnaire.

Selon Savoie-Zajc, la planification de l'entretien semi-dirigé doit reposer sur une question de recherche (SAVOIE-ZAJC, 1998). Pour la présente expérimentation, la question principale est: « **dans quelle mesure les concepteurs, en l'occurrence les designers industriels, peuvent-ils contribuer à réduire les impacts environnementaux occasionnés par les produits et services qu'ils conçoivent ?** »

À partir de cet énoncé, l'étudiant-chercheur a élaboré les critères de sélection afin de choisir les participants appropriés et faire ensuite la planification du schéma de l'entretien qu'il a construit à partir des thèmes et des sous-thèmes abordés dans le questionnaire.

### 4.2.1 Le contexte et l'échantillonnage des sujets

Parmi les onze répondants au questionnaire, huit ont accepté de poursuivre le projet de recherche en répondant positivement à la dernière question. Le Tableau 22 présente les candidats faisant encore partie du projet à cette étape.

Tableau 22 : Liste des concepteurs ayant accepté de participer à l'entrevue semi-dirigée.

	Services contractuels	Entreprise manufacturière	Années d'expérience	Mobilier	Luminaire	Appareils électroniques	Objets utilitaires	Produits industriels	Produits médicaux	Équipements sportifs	Produits récréatifs	Divers
1	x		13			x	x			x	x	x
2	x		9	x	x		x					
3	x		20	x	x	x	x					
4	x		16	x	x		x					
5		x	15	x								
6	x		35	x	x	x	x				x	x
7	x		10					x	x			
8		x	10					x				
9		x	20	x								
10		x	4			x						x
11	x		5	x	x	x	x	x	x	x	x	x
12	x		-	x	x	x	x	x	x	x	x	x
13	x		-	x	x	x	x	x	x	x	x	x
14	x		-	x	x	x	x	x	x	x	x	x
15		x	-	x								
16		x	-							x	x	
17		x	-							x	x	

Légende : Cases **blanches** : participants ayant **accepté** de participer à l'entrevue semi-dirigée.  
Cases **grises pâles** : participants ayant **refusé** de participer à l'entrevue semi-dirigée.  
Cases **grises foncées** : participants exclus du projet de recherche.

Les critères de sélection pour le choix des quatre candidats retenus pour les entrevues semi-dirigées étaient :

- Être familier avec les termes reliés au domaine de l'environnement et de l'écoconception;
- Avoir plus de cinq années d'expérience professionnelle en conception de produits et services;
- L'échantillon devait être représenté par des candidats, hommes ou femmes, ayant des expériences professionnelles différentes, c'est-à-dire en terme d'expertise et de nombre d'années d'expérience;

Les quatre candidats retenus (candidats #1, 2, 6 et 7) pour participer à une entrevue semi-dirigée apparaissent au Tableau 23.

Tableau 23 : Profil des candidats retenus pour l'entrevue semi-dirigée.

	Services contractuels	Entreprise manufacturière	Années d'expérience	Mobilier	Luminaire	Appareils électroniques	Objets utilitaires	Produits industriels	Produits médicaux	Équipements sportifs	Produits récréatifs	Divers
1	x		13			x	x			x	x	x
2	x		9	x	x		x					
3	x		20	x	x	x	x					
4	x		16	x	x		x					
5		x	15	x								
6	x		35	x	x	x	x				x	x
7	x		10					x	x			
8		x	10					x				
9		x	20	x								
10		x	4			x						x
11	x		5	x	x	x	x	x	x	x	x	x
12	x		-	x	x	x	x	x	x	x	x	x
13	x		-	x	x	x	x	x	x	x	x	x
14	x		-	x	x	x	x	x	x	x	x	x
15		x	-	x								
16		x	-							x	x	
17		x	-							x	x	
17		x	-							x	x	

Légende : Casés **blanches** : participants ayant été retenus pour une entrevue semi-dirigée.  
Casés **gris pâle** : participants n'ayant pas été retenus pour une entrevue semi-dirigée.  
Casés **gris foncé** : participants exclus du projet de recherche.

Il est à noter que les quatre candidats, soit trois hommes et une femme, proviennent du milieu des services contractuels et sont tous des designers industriels. Aucun concepteur employé dans les entreprises manufacturières n'a été retenu pour les entrevues semi-dirigées, soit parce qu'ils ne répondaient pas aux critères de sélection, soit parce qu'ils ont refusé volontairement d'y participer.

#### 4.2.2 La collecte et l'analyse des données

Avant d'amorcer les entrevues, chaque candidat a été informé sur les objectifs de recherche et a signé une lettre de consentement éclairée afin de prendre connaissance des différentes mesures de confidentialité et des conditions qui s'appliquent à leur participation. Le formulaire de consentement éclairé est présenté à l'annexe I. Les résultats sont présentés selon les thèmes et les sous-thèmes correspondant au schéma d'entrevue (voir annexe J).

## A – L'environnement

Les répondants ont eu de la difficulté à définir clairement le terme environnement. Ils ont néanmoins apporté plusieurs aspects qui lui sont généralement associés et qui ont permis de mieux cerner les perceptions qu'ils ont de ce vaste concept. Ainsi, ils conçoivent tous que l'environnement s'apparente au milieu, c'est-à-dire aux éléments naturels et artificiels qui nous entourent sur lequel l'homme exerce une pression et peut modifier sa nature. L'environnement, généralement associé à « la nature », procure les matières premières nécessaires à l'assouvissement de nos besoins matériels. Les quatre designers industriels interviewés sont conscients de la portée de leurs actions et des responsabilités qui s'y rattachent. Selon eux, il est impossible de rester insensible vis-à-vis les problématiques environnementales si on exerce le métier de designer industriel. Par contre, ils s'accordent en disant que les moyens pour réduire les impacts environnementaux reliés aux produits et services qu'ils conçoivent sont difficilement applicables.

Par ailleurs, trois des candidats ont élargi la définition du mot environnement. Ils ont insisté sur l'importance de la santé humaine et des conditions de travail des employés. En effet, ils ont évoqué les conditions de travail désastreuses des employés travaillant dans certains pays en voie de développement considérés aujourd'hui comme des endroits de prédilection pour la production manufacturière à cause de la main d'œuvre bon marché. Ils affirment que les problèmes environnementaux sont intimement reliés aux conditions sociales considérant, par exemple, la santé des individus, la pauvreté et les mauvaises conditions de travail des salariés. Les propos du premier candidat résument cette vision de l'environnement :

« L'environnement, c'est très global. Ça inclut les conditions sociales des travailleurs. Il y a un lien entre la pauvreté et la qualité de l'environnement de tous les points de vue. Il y a aussi un coup social lorsque l'environnement est dégradé. Le monde est plus malade et ultimement ils vont tous à l'hôpital. Tout est relié et ce n'est pas possible de séparer ou de compartimenter tout ça. » (candidat 1)

Il est intéressant de faire le parallèle entre cette vision de l'environnement et le concept de développement durable qui se définit comme suit :

« Le concept de développement durable intègre à la fois des préoccupations de développement de l'ensemble des sociétés des diverses régions du monde, d'équité sociale, de protection de l'environnement local, régional et global, de protection du patrimoine planétaire et de solidarité vis-à-vis des générations futures. » (BRODHAG, 2001, p.16)



De par leurs valeurs et leurs convictions personnelles, les répondants prônent davantage une approche plus globale que l'aspect écologique pris isolément, soit l'environnement, l'une des trois sphères d'intérêt du développement durable.

### **B – L'écoconception**

L'analyse a permis de faire apparaître un consensus fort intéressant quant à l'isolement de l'aspect environnemental dans une « spécialisation » du design industriel. Les candidats ont avoué ne pas être d'accord sur le fait que les critères environnementaux ne fassent pas partie intégrante de leur pratique professionnelle. Les propos du candidat 6 traduisent parfaitement le malaise et le mécontentement exprimés par les quatre candidats :

« L'environnement, c'est quelque chose qu'il faut assumer. Ça fait partie de notre métier, mais ça c'est détaché de notre métier. (...) Ce qui m'ennuie c'est que tout à coup, l'environnement est une option à la profession. » (candidat 6)

Un autre aspect intéressant de l'analyse montre que les candidats font une nette distinction entre le *green design* et l'écodesign, même s'ils n'ont pas tous utilisé les termes spécifiques à la discipline. Ils s'accordent sur le fait que les objets fabriqués à partir de matières récupérées, ce qu'ils appellent véritablement du *green design*, ne sont pas nécessairement écologiques. À titre d'exemple, le candidat 2 faisait une critique sévère de cette pratique en citant comme exemple une lampe faite à partir de vieux pots de margarine ou des casseroles usagés :

« Il y a très peu de compagnies (...) qui peuvent se vanter d'être hyper écolo à part quelques « baba cool » qui font un 'ardèche' avec deux ou trois 'woks' recyclés. Moi je n'appelle pas ça de l'écodesign. (...) Ce que l'on appelait le **green design** en Angleterre c'était récupérer des pots de yaourt et mettre une guirlande dedans. » (candidat 2)

Ce même candidat définit ensuite ce à quoi devrait correspondre réellement la pratique de l'écoconception :

« Moi, le jour où je dirais que je fais de l'**écodesign** c'est quand qu'il y aura un type spécialisé là-dedans qui dit : ça, c'est le matériau qui devrait être utilisé, ça, c'est le procédé que vous devriez utiliser, ça, c'est le nombre de transports qu'il faut que tu élimines. Dessine quelque chose maintenant ! Là, c'est un challenge ! Là, c'est de l'écodesign ! » (candidat 2)

Pour les candidats interviewés, la perception des termes *green design* et écodesign semble concorder avec les définitions généralement acceptées dans les milieux

scientifiques. En outre, ils reprochent à beaucoup de designers de s'entourer de gloire par rapport à des produits futiles supposément écologiques. Ils accusent principalement le manque ainsi que la mauvaise diffusion d'informations véridiques qui entraînent inévitablement, comme le mentionne le candidat 6, une culture de l'ignorance : « C'est toute cette confusion que l'ignorance entraîne et ensuite une certaine démobilité. »

D'un point de vue éthique, et méthodologique par la même occasion, les candidats ont affirmé que la première chose à faire avant d'accepter un projet est d'évaluer la pertinence du besoin. Dans le cas où ils le jugeraient inutile et injustifié, ils refuseraient tout simplement de travailler sur ce projet. Cette prise de décision reposerait surtout sur leurs connaissances et leurs convictions personnelles. À titre d'exemple, le candidat 7 affirmait : « Déjà de créer un nouveau besoin, je trouve que ce n'est pas vraiment écologique dans le sens qu'on rajoute un produit parmi tant d'autres. » Le candidat 2 quant à lui évaluerait la situation en s'informant sur la recyclabilité du produit et le niveau de pollution qu'il engendre, ou sur les intérêts écologiques de la direction de l'entreprise. Le candidat 7 disait : « Je me suis donné ça comme mandat; je ne prends pas de projet auquel je ne crois pas ou qui ne va pas répondre à un réel besoin. » Le candidat 6, quant à lui, affirmait : « Avant d'ajouter un autre produit, il faut voir s'il n'y aurait pas une autre manière de faire. » Bien que les candidats aient affirmé qu'ils auraient toujours le choix d'accepter ou de refuser les projets qui leur sont proposés, les plus « petits », c'est-à-dire les candidats ayant moins d'expérience et de notoriété, ont précisé qu'ils ne seraient pas en mesure de refuser une offre lucrative qui leur procurerait un minimum de sécurité financière. Voici quelques extraits qui montrent l'impuissance des candidats vis-à-vis les décideurs dans les entreprises qui semblent détenir un certain pouvoir :

« Il y a des produits que je n'utiliserais pas, il y a des matériaux, il y a des objets que je refuserais de dessiner. Par exemple, je ne sais pas si je dessinerais un objet beaucoup plus polluant par rapport à un autre, ou un appareil jetable. (...) C'est paradoxal, car je voudrais refuser, mais je suis petit et j'ai besoin de survivre. » (candidat 2)

« On n'obtient pas toujours la latitude nécessaire pour transformer un projet complètement. Ça dépend avec qui tu travailles ! » (candidat 6)

« Je vois que ça dépend de la sensibilité du client. Le consultant est un petit peu à la merci, il doit servir son client. » (candidat 7)

Mise à part la remise en question du projet, d'autres critères se sont avérés importants aux yeux des candidats. Tout d'abord, la pérennité des produits est revenue implicitement et explicitement dans toutes les discussions. En effet, tous les candidats estiment qu'un produit « écologique » est avant tout un produit qui dure dans le temps et qui conserve sa valeur aux yeux des consommateurs. Il faut donc non seulement prolonger le plus possible la vie technique du produit, mais aussi sa vie esthétique, car les gens jettent trop souvent des produits qui fonctionnent du simple fait qu'ils ne les aiment plus. Face à ce constat, les candidats ont accusé sévèrement le phénomène de la mode. Le candidat 2 exprime cette idée en disant : « J'essaie de dessiner des choses qui vont avoir une certaine pérennité dans le temps avec un dépouillement d'esthétisme. Je ne dessine pas des choses qui sont à la mode. » Les autres candidats renchérisent cette prise de position :

« J'ai vu des plans de match pour faire des objets (surtout en électronique) dont la durée de vie est prévue d'avance. L'obsolescence est inscrite dans le cahier des charges du produit. C'est terrible ! » (candidat 1)

« Dans le sens le plus strict du design, c'est-à-dire de donner forme à quelque chose, les produits qui sont les plus « verts » sont probablement les produits qui vieillissent le mieux. «  
 (...)»  
 » Il y a moyen de faire en sorte que dans vingt ans, ce soit encore le bon produit, au point où ils sont difficilement remplaçables.» (candidat 6)

« J'ai fait de l'habillage de boîtiers d'aluminium et je m'arrangeais pour que ça soit démontable facilement et recyclable. Malgré que, j'ai toujours travaillé sur des produits de longue durée. Les gens vont garder ça dix ans. » (candidat 7)

Le deuxième critère cité à maintes reprises comprend le choix des procédés et des matériaux. Par exemple, leur perception d'un « bon » matériau est qu'il doit être recyclé et recyclable, et celle d'un « bon » produit est que ses composantes puissent être démontables facilement. Les candidats 7 et 2 définissent respectivement un « bon » produit : « Ça inclut les procédés de fabrication, les assemblages, à la base : le choix des matériaux. », « Un seul cycle de vie n'est pas suffisant. Ça doit être recyclé et recyclable ! ». Certains ont également souligné l'importance des installations de récupération et de recyclage. Par exemple, le candidat 6 a critiqué sévèrement les infrastructures actuelles en affirmant que ces dernières sont inefficaces et inadéquates. Selon lui, l'identification des plastiques est inadéquate et ne correspond aucunement à la réalité; il estime que la qualité des plastiques est

trop inégale. Même s'ils sont classés selon leur nature (ex. : PE, PP, ABS, PC)<sup>20</sup>, il y a trop de grades différents pour le même type de plastique et il est impensable que la qualité de la matière puisse être contrôlée.

Le troisième critère souligné, qui est d'abord apparu dans la définition de l'environnement, est la prise en compte de la santé humaine et des conditions des employés travaillant dans les usines de production. Cette considération qui préoccupe la plupart des candidats interviewés s'applique tout particulièrement aux produits fabriqués dans les pays en voie d'industrialisation comme l'Asie et l'Amérique du Sud. Le candidat 1 s'explique sur cet aspect de la réalité :

« On fait ça le moins cher possible, donc on produit en Chine... parce qu'en Chine, il n'y a pas de normes environnementales, pas d'assurance maladie, pas d'assurance-emploi, etc. Bref, les conditions sociales sont mauvaises... et on ne parle même pas des conditions environnementales. »

(...)

» Je serais curieux de voir la condition de santé des personnes qui travaillent à fabriquer les produits électroniques et qui sont en contact avec des matériaux nocifs pour la santé. La santé des travailleurs, c'est abominable. » (candidat 1)

Pour le candidat 7, la santé devrait être le critère le plus important. Il affirme :

« Ça devrait être le principal critère (santé) pour qu'un produit soit écologique. (...) L'environnement, ce n'est pas une question de coût, c'est la santé de l'individu, la santé de la planète. Mais l'individu fait partie de la nature, et c'est souvent oublié. » (candidat 7)

Leurs définitions d'un produit « vert » reprennent en partie les propos tenus dans leurs définitions de l'écoconception. Selon le candidat 1, il s'agit d'un produit qui, au meilleur de nos connaissances scientifiques actuelles, a été manufacturé avec des technologies environnementales reconnues. Selon le candidat 7, un produit « vert » devrait être conçu de manière à prioriser la santé des individus. Les quatre candidats interviewés rappellent que les produits « verts » sont probablement les produits qui vieillissent le mieux et qui perdurent dans le temps. En effet, certains produits, par exemple les meubles antiques ou les objets artisanaux, acquièrent une certaine valeur sentimentale aux yeux de leur propriétaire avec le temps. Le candidat 6 disait que ce caractère distinctif et impalpable demeure toujours un mystère aux yeux des concepteurs qui aimeraient bien le transmettre aux produits fabriqués en industrie

---

<sup>20</sup> PE (poluéthylène), PP (polypropylène), ABS (acrylobutadiène styrène), PC (polycarbonate)

pour augmenter le sentiment d'appartenance des consommateurs. Enfin, le candidat 2 affirmait que la « qualité environnementale » d'un produit ne devrait pas être visible. Ainsi, le consommateur ne devrait pas savoir qu'il s'agit d'un produit « vert ». Il faudrait plutôt sensibiliser le manufacturier, et non les consommateurs, car celui-ci se trouve en amont de la chaîne de consommation.

Les quatre candidats émettent de sérieux doutes quant à la validité et la pertinence des logos environnementaux. Voici comment s'est exprimé le candidat 2 sur ce sujet : « Les labels écologiques, c'est écologique à combien ? Comment ? On ne le dit pas. » Ce même candidat juge inacceptable que des personnes redorent leur image en se gratifiant d'acheter écologique : « Aux US, les logos environnementaux sont très populaires par les gens qui ont de l'argent parce que ça fait cool de dire ça. » Selon la plupart des candidats, le champ des écologos a été politisé trop vite et ceux-ci sont trop facilement manipulables. En résumé, les candidats interviewés n'ont pas confiance en ces logos et cet incitatif demeure non persuasif à leurs yeux.

L'analyse des verbatim a confirmé le fait que la grande majorité des outils d'écoconception sont ignorés des designers industriels. Seule la méthode *Eco-Indicator 99* était à peine connue des candidats interviewés. Les candidats 1 et 2 se disaient très favorables à son utilisation et lui accordaient toute leur confiance. Par contre, le candidat 6 affirmait que les données disponibles n'étaient pas encore assez complètes et que même si ce type d'outil pouvait s'avérer utile, le plus important était d'être conscient des problèmes environnementaux en général et de veiller à être toujours bien informé sur le sujet. Enfin, le candidat 7 exprimait une grande crainte vis-à-vis l'utilisation d'indicateurs d'impacts environnementaux pour la conception de produits. Les prochains paragraphes précisent chacune de ces trois prises de position.

Les candidats 1 et 2 sont favorables aux outils d'écoconception comme la méthode *Eco-indicator 99*. Contrairement aux deux autres, ils disent avoir confiance en la validité des méthodes et des données, tout en étant conscients qu'elles sont très souvent incomplètes. Aussi, ils s'entendent en disant que les évaluations environnementales des produits doivent être menées par des experts aux meilleurs de leurs connaissances du moment. L'évolution des connaissances scientifiques et le

développement de nouvelles technologies permettront d'améliorer la qualité des analyses et de parfaire progressivement les méthodologies d'écoconception.

Le candidat 6, quant à lui, est un peu plus pessimiste, car il a été témoin du découragement de nombreuses initiatives pour le développement d'outils d'évaluation d'impacts environnementaux. De plus, ses expériences antérieures avec ce type d'outils n'ont pas été couronnées de succès. Il critique principalement le grand manque de données en disant :

« Il n'y a pas encore assez d'informations sur toutes les conséquences. La plupart du temps, lorsque tu t'adresses aux gens qui se disent spécialistes dans le cycle de vie, ils te répondent qu'ils vont étudier la question. Finalement, tu n'as pas la réponse, alors qu'on a besoin de réponses. »  
(candidat 6)

Néanmoins, ce même candidat poursuit plus loin en disant qu'il n'est pas découragé pour autant et qu'il est très important que quelqu'un se penche sur cette question : « Quand l'effort n'est pas fait, il n'y a rien de fait ! ». Il termine en disant que « jusqu'à maintenant, c'est ce qu'il y a de meilleur et qu'il faut tout de même faire l'effort de décomposer les gestes et les classer ».

Enfin, le candidat 7 manifeste une véritable crainte par rapport à l'utilisation d'outils comme les « éco-indicateurs ». Premièrement, il leur reproche d'utiliser des banques de données incomplètes et il doute de la validité des calculs sous-jacents à leur agrégation. En outre, il appréhende l'utilisation d'indicateurs qui conduirait les gens à cesser de se questionner sur leur pertinence et sur la valeur écologique réelle des produits. Cette peur va jusqu'à inclure les personnes ayant travaillé sur le développement de ces éco-indicateurs. Voici comment il s'exprime là-dessus :

« Quelqu'un qui fume, qui ne fait pas attention et qui développe un système comme ça, pour moi, ce n'est pas cohérent. Ça veut dire que si elle n'est pas consciente de sa propre santé et qu'elle n'en prend pas soin, comment peut-elle vraiment construire quelque chose qui est vraiment écolo et santé d'une façon globale incluant l'être humain? Elle pourrait biaiser les données d'une façon inconsciente. » (candidat 7)

Il s'agissait également d'avoir leur avis sur ce à quoi devrait ressembler un outil d'écoconception pour qu'il soit facilement utilisable par les designers industriels. Les candidats ont tous abondé dans le même sens. Selon eux, cet outil devrait ressembler à une « banque » d'informations concernant la qualité écologique des matériaux et des procédés de fabrication. Cette base de données pourrait prendre

différentes formes : site Internet, grand magasin de matériaux recyclés, logiciel informatique, fiches d'informations, livre, etc. Cependant, le critère jugé essentiel pour cette base de données serait son aspect évolutif, c'est-à-dire qu'elle devrait être mise à jour régulièrement au fur et à mesure que de nouvelles informations deviennent disponibles. Voici comment des candidats ont décrit cet outil :

« Ça prendrait un site Internet qui est mis à jour régulièrement par un organisme qui s'en occupe de façon quotidienne, où on retrouve des outils d'analyse (matériaux, la provenance des matériaux, savoir si l'aluminium du Québec est plus polluant que celui de la Norvège, etc.) « (...)

» Il devrait y avoir un organisme qui certifie ça (1 à 5 étoiles) au meilleur de nos connaissances et de nos technologies actuelles : parce que c'est une réalité qui change au fur et à mesure que nos connaissances avancent et de la disponibilité des technologies. » (candidat 1)

« Ça prendrait une banque de données : 'Human Scale' version écolo; un petit lexique ou un programme informatique pour dire tant de kg, tant par année avec tel procédé, et 'pouit', ça apparaît ! » (candidat 2)

« J'aimerais ça qu'il y ait vraiment une banque, ou une ressource de toutes ces études-là, qu'elles soient compilées. Que quelqu'un se penche sur toutes ces études-là, et fasse un genre de synthèse » (candidat 7)

Les candidats 1, 2 et 6 ont fait savoir qu'ils souhaiteraient consulter des experts en écoconception connaissant les impacts environnementaux reliés aux produits et services. Seul le candidat 7 croit qu'il est préférable de faire soi-même les recherches, bien qu'il estime très difficile d'assumer une tâche aussi lourde. Quant aux candidats 1 et 2, ils se sont exprimés de la manière suivante :

« Je consulterais c'est certain, si c'est vraiment l'objectif du client. On essaierait d'établir une stratégie ensemble. (...) Seuls les gens qui ont une connaissance suffisante devraient utiliser ces outils. Je pense même que ça peut devenir dangereux si c'est mal utilisé et mal interprété. Ça prend des gens spécialisés. Ce n'est pas pour tout le monde. » (candidat 1)

« J'aimerais mieux me fier sur le travail d'experts. On devrait faire confiance aux gens qui se sont penchés sur la question, comme on se fie sur l'ingénieur pour un calcul de charges. Mais je veux pouvoir poser des questions pour avoir des réponses durant la conception d'un produit. » (candidat 2)

Selon eux, en plus de participer aux divers événements professionnels en environnement et en écoconception, ces experts auraient la tâche de réaliser des études de cas afin de rester à l'affût des derniers résultats scientifiques publiés dans le domaine des impacts environnementaux, des nouvelles technologies propres et

des matériaux recyclés et recyclables. En plus des consultations privées, ils devraient organiser des présentations sur des thèmes spécifiques reliés à l'environnement afin d'informer les professionnels de la conception.

L'un des derniers points abordés durant les entrevues semi-dirigées concernait les acteurs susceptibles d'être impliqués dans un projet d'écoconception. En général, les candidats estiment que pour chaque projet, la formation d'une équipe de travail devrait faire l'objet d'un choix particulier d'intervenants en fonction de la nature des activités et du domaine concerné. Une telle équipe devrait minimalement intégrer le client, soit habituellement une entreprise manufacturière, un designer industriel et un ingénieur ayant une spécialité pertinente au projet (mécanique, électrique, etc.). Trois candidats sur quatre ont admis que faire appel à un spécialiste en écoconception serait un atout indispensable, car les designers en général n'ont pas le temps de s'investir dans de longues études. « C'est trop difficile d'être autodidacte dans ce domaine là ! » affirmait le candidat 2. Il ajoute également : « Il faut que ces gens-là soient dans le coup le plus tôt possible pour ne pas perdre de temps ! ». La liste suivante énumère les acteurs potentiels que les candidats ont jugés pertinents pour former une équipe de travail lors d'un projet d'écoconception :

- Designer industriel;
- Graphiste;
- Ingénieur (divers spécialités : mécanique, informatique, etc.);
- Spécialiste en sciences sociales (ex. : anthropologue);
- Entreprise : directeur ou président, directeur Recherche & Développement, directeur de production, directeur des opérations, acheteur, etc.;
- Autres (ex. : informaticien programmeur pour un projet en informatique).

Enfin, il est intéressant de noter que le candidat 7 faisait remarquer que parmi tous les intervenants généralement impliqués dans un projet de conception, c'est souvent le designer qui dirige les réunions et qui pose le plus de questions portant sur les relations existantes entre l'utilisateur et le produit/service.

### **C – Les obstacles**

En général, les quatre candidats interviewés ont surtout désapprouvé les valeurs sociales déplorable qui sont véhiculées aujourd'hui comme, par exemple l'individualisme, et ce, tant au niveau des individus que des grandes entreprises. En



effet, ils s'attaquent aux modes de pensée à court terme présentes dans toutes les sphères sociales (ex. : la famille, le travail, l'entreprise). Le candidat 6 résume cette situation: « Ce qui est rare aujourd'hui, c'est de voir quelqu'un faire les choses de manière à en faire profiter aux autres cent ans plus tard. (...) On ne voit plus les projets à long terme. » Cette vision a anéanti la volonté de prévoir et ensuite de prévenir, et a fait oublier les valeurs socioculturelles au profit de l'individualisme. Les entreprises fondées sur le gain immédiat et ce, à tout prix, suivent ainsi la même tendance et semble même vouloir freiner toutes les initiatives visant la conception de produits plus respectueux de l'environnement et socialement plus acceptables. Pour le candidat 7: « La pensée est très court terme. Chacun est centré sur son profit. » Le candidat 2 renchérit : « Tout est à court terme ! Une compagnie ça s'appelle un start-up ! (...) Donc, les notions d'écodesign sont obsolètes dans l'esprit des gens, parce que tu vas leur demander de voir à long terme. » Ce dernier ajoute : « Nous sommes tributaires de la société de consommation, d'un système où on peut toujours faire plus vite que toi, et moins cher que toi. Je reproche le manque de support aux entreprises locales et qu'il y a tellement de taxation. »

Les candidats laissaient également entendre que si ces entreprises étaient contraintes à des normes environnementales trop sévères, elles déménageaient leurs usines de production dans les pays moins exigeants sur cet aspect législatif. De plus, tous les candidats pointaient du doigt le critère économique comme étant le seul responsable de cet exode, car ce critère avait toujours le dessus sur les autres. Ils ont même blâmé le gouvernement de ne pas se prendre en main pour contrer cette situation fâcheuse : « Le gouvernement ne fait pas sa job ! Les usines polluent et si le gouvernement resserre, elles s'en vont en Asie. » (candidat 2) Le candidat 7 affirmait également que personne ne prenait ses responsabilités et que tout le monde se renvoyait la balle, ce qui ne facilitait pas les choses lorsque celui-ci tentait de s'informer sur la qualité environnementale des matériaux qu'il voulait achetés.

Les candidats ont également fait savoir que la relation avec le client était un facteur déterminant pour l'accomplissement d'un projet d'écoconception. Le candidat 6 affirmait : « On n'obtient pas toujours la latitude nécessaire pour transformer un projet complètement. Ça dépend avec qui tu travailles ! » De plus, le candidat 1 s'étonnait encore aujourd'hui de devoir éduquer les entreprises sur la profession du design industriel : « Il y a beaucoup d'éducation à faire à la base. (...) Nous donnons même

des cours de design à l'entreprise au début du projet. » Le candidat 1 précise que ce serait davantage difficile de les éduquer sur les aspects environnementaux compte tenu de tout le reste. Le candidat 2 ajoute : « C'est sûr qu'il y a des clients à qui tu peux en parler, mais quand tu vois tout le trouble que tu as à leur faire accepter un design! » De plus, le contexte du milieu industriel oblige les designers à s'engouffrer dans une roue de performance où les délais et les budgets sont toujours plus serrés. À ce sujet, le candidat 7 disait : « Nous sommes pris dans une roue de performance et de vitesse. Le client a des délais à faire respecter et il ne faut pas que ça coûte plus que tant ! » Une fois de plus, le critère économique vient à l'encontre des efforts consentis pour réduire les impacts environnementaux. Malheureusement, le coût engendré par ces impacts, financier ou social, est exclu du type de comptabilité pratiquée aujourd'hui. De plus, les quatre candidats interviewés ne semblent pas convaincus des économies potentiellement réalisables avec la mise en œuvre des principes d'écoconception. Ce point sera traité dans les paragraphes traitant des incitatifs de l'écoconception.

Les candidats 6 et 7 ont également fait remarquer que les infrastructures en place pour la récupération et le recyclage ne sont pas adéquates pour recycler convenablement. À titre d'exemple, ils disent que même si les différents plastiques sont récupérés, ceux-ci ne pourront jamais offrir les propriétés initiales du matériau une fois recyclé. L'un des candidats s'explique en disant :

« Nous on marque nos produits en plastique, sauf que ça ne correspond à aucune réalité; Il faudrait avoir trois cents numéros (ex. : 5 pour le PP). Or il y a en a que six, et le numéro six égal « autres ». Si tu écris PP, à quoi ça sert ? Ce n'est pas sûr que tu puisses t'en resservir comme PP parce que tu n'es pas sûr qu'il s'agisse de la qualité de PP dont tu as besoin ! »  
(candidat 6)

Donc, cela vaut-il la peine de concevoir les produits de manière à ce qu'ils soient recyclables lorsque les infrastructures semblent mal adaptées ? Selon le candidat 6, le seul bon exemple est celui du recyclage en boucle fermée : les bouteilles fabriquées en polyéthylène sont recyclées en vue d'être réutilisées pour fabriquer d'autres bouteilles de polyéthylène.

Voici une liste qui résume les principaux obstacles à l'écoconception relatés par les quatre candidats interviewés (l'ordre n'est pas significatif) :

- Client fermé;
- Manque de ressources (temporelles et financières);
- Critère économique qui prime sur les autres;
- Vision dominante est à court terme;
- Infrastructures pour la récupération mal adaptées;
- Incomplétude des données.

#### **D – Les incitatifs**

En répondant aux questions de l'entrevue, les candidats ont également soumis divers incitatifs ou solutions qui, selon eux, contribueraient à améliorer la situation. La majorité croit que le gouvernement devrait jouer un rôle beaucoup plus important afin de forcer les entreprises à se responsabiliser et éviter qu'elles déménagent dans d'autres pays sous prétexte que les normes environnementales sont trop sévères en Amérique du Nord. À ce titre, les candidats espèrent qu'un jour les entreprises deviennent responsables de leurs produits et de leurs emballages et ce, même jusqu'à leur fin de vie utile. Selon eux, la responsabilité élargie des entreprises comme, par exemple l'obligation de reprendre leurs produits en fin de vie, serait un incitatif important pour que la pratique de l'écoconception soit plus répandue. Le candidat 2 affirmait clairement : « Il faudrait que les compagnies soient responsables de leurs produits. »

Le point qui est de loin le plus important concerne l'aspect économique. Les candidats estiment tous que les efforts pour développer des solutions viables devraient être consentis pour que le critère économique soit conciliable avec les stratégies d'écoconception. Voici comment ils s'expriment sur ce point :

« Il faut des arguments économiques ou marketing pour que la conscience environnementale se vende bien. »

(...)

» Il faut vraiment trouver des solutions originales qui sont tout simplement plus attrayantes, et économiquement plus valables que la solution polluante, juste par altruisme environnemental. » (candidat 1)

« Si le facteur économique, c'est le critère le plus sensé dans l'industrie, il faudrait aller jouer dans ce critère là. Ça fait que oui, s'il y avait des subventions pour des produits écolos, des concours, une visibilité pour des compagnies qui sont écolos, (...) Je pense que les gouvernements peuvent avoir beaucoup d'impact là-dessus. » (candidat 7)

Le candidat 1 donne une piste de solution en proposant ceci :

« Je pense qu'il faut d'abord leur montrer de bons exemples, il faudrait être outillés, avec des études de cas qui ne montrent pas seulement l'aspect environnemental, mais aussi les bénéfices concrets. »

Il semble que l'argument économique représente unanimement la clé du succès pour faire adopter des pratiques plus respectueuses de l'environnement telle que l'écoconception.

Les candidats ont finalement déclaré que la volonté du client ou l'intérêt de la haute direction pour améliorer leurs performances environnementales constituait un facteur pouvant être très déterminant. « Si c'est la direction qui décide d'entreprendre un projet d'écodesign, alors c'est jouable » disait le candidat 1. Le cas contraire s'avérerait un obstacle majeur selon eux.

### **4.3 Discussion et conclusion sur l'enquête**

À la lumière des résultats, il convient maintenant d'élaborer un peu plus sur certains aspects importants qui ressortent de l'analyse des questionnaires de recrutement et des quatre entrevues semi-dirigées. Cette démarche permettra d'évaluer l'atteinte des objectifs et de vérifier l'hypothèse émise un peu plus tôt.

Il ne fait aucun doute que tous les individus ayant participé au questionnaire d'écoconception et aux entrevues semi-dirigées ont un intérêt marqué pour les problématiques environnementales en général. En effet, l'analyse du questionnaire de recrutement a montré que plusieurs répondants avaient déjà réalisé un projet tentant d'intégrer des critères environnementaux. De plus, la grande majorité des incitatifs pouvant les encourager à adopter des pratiques rattachées à l'écoconception ont été jugés significatifs (moyennement à fortement). Ainsi, il ne fait plus aucun doute que la volonté de concevoir des produits plus respectueux de l'environnement est réellement présente parmi les candidats ayant participé à ce projet de recherche. Le candidat 1 faisait part de son intérêt : « C'est mon plus beau souhait de voir cette conscience prendre place dans la profession et j'aimerais en faire partie. »

Par contre, les quatre candidats sont quelque peu agacés de constater que les questions environnementales sont maintenant traitées séparément de leur profession. Paradoxalement, ils avouent qu'il est très difficile de considérer cet aspect en plus de

tous les autres critères de conception. De plus, les rares initiatives environnementales de ces concepteurs demeurent imprécises et non représentatives du cycle de vie des produits. Aucune démarche systématique n'a été appliquée, sans compter le fait que l'analyse de cycle de vie n'a jamais été utilisée par aucun des candidats. À défaut d'avoir recours à des méthodes d'écoconception reconnue, leurs actions étaient surtout orientées vers le choix des matériaux ou des procédés et ce, en ayant beaucoup de difficultés à trouver des informations pertinentes :

« C'est trop compliqué tout ça et faire la recherche soi-même, c'est trop exigeant. On n'y arriverait jamais. » (candidat 1)

« J'aimerais mieux me fier sur le travail d'experts. » (candidat 2)

« C'est difficile de rester à jour, il faut tout faire soi-même. » (candidat 6)

« C'est sûr, il faudrait que je connaisse la démarche. Mais je trouve que ce n'est pas évident. C'est un tour de force ! » (candidat 7)

L'avis des candidats sur l'option de consulter des experts est partagé. Les candidats 1 et 2 vont jusqu'à dire qu'il vaudrait mieux se fier à des experts en écoconception ou en environnement, parce que leurs ressources sont trop souvent limitées et qu'ils ne possèdent pas assez de connaissances sur le sujet. Les deux autres aimeraient plutôt que des études soient disponibles afin qu'ils puissent les consulter et rester à jour, sans pour autant avoir besoin systématiquement de consulter des experts.

Dans son ensemble, la définition de l'écoconception est relativement bien comprise par les quatre concepteurs interviewés. En effet, ils sont conscients que le mouvement « *green design* » n'est pas représentatif des impacts environnementaux. En gros, leurs définitions du « *green design* » et de l'écoconception correspondent à ce qui se trouve dans la littérature. Ils comprennent bien que l'écoconception est une approche beaucoup plus globale et qu'il ne s'agit pas simplement de récupérer des objets pour en fabriquer de nouveaux. Selon eux, un produit « vert » est d'abord un objet qui a une longue durée de vie. Plus la pérennité du produit est grande, moins le produit risque d'être dommageable pour l'environnement. Même si cette perception est quelque peu simpliste, le critère de durabilité demeure important en écoconception. L'ACV pourrait contribuer à mettre en perspective certaines idées préconçues vis-à-vis l'importance relative de la durée de vie par rapport aux impacts environnementaux. En effet, il s'avère parfois qu'un produit ayant une durée plus courte est quand même moins dommageable envers l'environnement,

dépendamment par exemple de la toxicité des intrants et des extrants impliqués dans son cycle de vie.

L'utilisation de matériaux recyclés et la recyclabilité du produit sont également des critères importants pour caractériser un produit « vert ». Ici, la recherche d'informations devient laborieuse et constitue un obstacle majeur à leur volonté de faire des écoproduits. Une fois de plus, il n'est pas certain qu'un matériau recyclé soit moins polluant qu'un matériau neuf tant et aussi longtemps qu'une étude ACV comparative n'a pas été réalisée sur ces deux matériaux. Au-delà de cette situation, le manque d'information demeure le plus grand obstacle à leurs tentatives pour faire un meilleur produit.

Les principaux obstacles à l'intégration du critère environnemental qui ont été identifiés lors des entrevues semi-dirigées étaient l'attitude non réceptive des entreprises, le manque de ressources financières et humaines, ainsi que le manque d'informations par rapport aux problématiques environnementales pouvant être reliées à la pratique de la conception de produits et services. Cette lacune au niveau des informations semble plus importante que les aspects méthodologiques de l'écoconception. De plus, l'incompréhension des enjeux liés à l'écoconception et le doute quant à sa pertinence semblent créer une divergence d'opinions, freinant ainsi la mise en œuvre d'une telle démarche. En effet, deux courants de pensée émergent de l'analyse des entrevues semi-dirigées; il y a ceux qui favorisent la consultation auprès d'experts en écoconception et ceux qui préfèrent trouver l'information eux-mêmes pour orienter leur pratique. Ce phénomène est probablement tributaire du manque de connaissance par rapport au domaine de l'évaluation d'impacts environnementaux et des diverses démarches d'écoconception.

En outre, cette étude révèle quelques enjeux économiques qui apparaissent selon différents niveaux. Premièrement, et contrairement à ce qui était attendu, le manque de ressources financières n'a pas été jugé explicitement comme étant un obstacle majeur. Par contre, puisque le manque de temps a été évoqué à plusieurs reprises, tout porte à croire que les besoins financiers devraient de ce fait s'accroître. Deuxièmement, l'incitatif concernant la réduction des coûts par l'application des principes d'écoconception paraissait difficile à concevoir aux yeux des concepteurs,

et incidemment, d'autant plus difficile à inculquer aux dirigeants d'entreprises. Le manque d'information et d'exemples contraires contribue à entretenir ce préjugé fortement ancré dans la mentalité des concepteurs et des dirigeants d'entreprise. Troisièmement, les quatre candidats interviewés croient qu'il faudrait allier le critère économique à l'environnement de manière à convaincre les entreprises qu'il vaut la peine d'investir à ce niveau. L'obstacle financier pourrait ainsi devenir un facteur de persuasion très important s'il était possible de leur démontrer le contraire à l'aide d'exemples concrets, ce qui est maintenant le cas.

L'analyse des questionnaires de recrutement indique que les répondants sont tous sensibles aux incitatifs internes et aux incitatifs externes qui les motiveraient à concevoir des produits et services plus respectueux de l'environnement. Malgré tout ce bon vouloir, des obstacles semblent prendre le dessus, car aucun véritable projet d'écoconception n'a été réalisé jusqu'à présent. Même si certains candidats ont indiqué avoir déjà réalisé un projet pour lequel des critères environnementaux étaient pris en considération, ceux interviewés n'avaient pas appliqué de méthode reconnue s'appuyant sur des outils d'analyses d'impacts pertinents considérant le cycle de vie complet des produits et services.

Le questionnaire de recrutement a permis de constater que même si cinq répondants sur onze ont dit avoir déjà réalisé un projet de conception intégrant des critères environnementaux, aucun n'avait utilisé d'outil d'évaluation environnementale auparavant. Cependant, trois d'entre eux ont affirmé connaître les outils *Eco-it* et *Eco-Indicator* (95 ou 99), deux outils d'écoconception basés sur les résultats d'analyse de cycle de vie, sans pour autant s'en être servis. Cette situation laisse croire que les projets dits « environnementaux » ont été menés de manière instinctive avec l'aide d'informations recueillies ponctuellement. Les entrevues semi-dirigées ont d'ailleurs révélé que ces efforts ont surtout été concentrés sur la recherche de matériaux « écologiques ».

À ce titre, deux candidats sur quatre semblent persuadés que des recherches personnelles sont tout aussi valables que les informations fournies par des outils d'évaluation environnementale tels que *Eco-indicator* (95 ou 99). Le candidat 6 affirme : « Les connaissances d'un designer bien éduqué et son expérience sont largement suffisantes pour faire du design responsable. » Tel que mentionné

précédemment, le candidat 7 ne fait pas confiance aux Éco-indicateurs et préfère faire des recherches lui-même :

« Je lis beaucoup sur les plastiques, on entend plus parler des plastiques qui sont polluants ou qui sont toxiques pour l'être humain, des choses qui sortent récemment. Ça pour moi, ça prend plus de place que le coût du transport, des choses comme ça. » (candidat 7)

Il y a donc deux courants de pensée qu'il faudrait rallier afin d'uniformiser les efforts consentis à l'environnement en conception de produits et services. Pour ce faire, il faudrait mieux informer les candidats sur la nature des outils d'écoconception afin qu'ils puissent en faire une critique plus éclairée et, par le fait même, fournir des indices fort utiles pour les améliorer.

La perception générale de « l'outil idéal » en écoconception correspond à une banque de données regroupant les plus récentes informations concernant, par exemple, les matériaux et procédés propres, le nombre de transports ou le kilométrage acceptable pour la manutention, ou bien les infrastructures disponibles pour le recyclage. Les candidats interviewés aimeraient pouvoir consulter une « bibliothèque » à vocation environnementale constamment mise à jour. Cet outil devrait être facilement accessible et donner des réponses immédiates. Concernant la forme, différentes options sont apparues durant les entrevues semi-dirigées : logiciels, sites Internet, livres ou revues spécialisés, etc. Par contre, une meilleure connaissance des enjeux de l'écoconception pourrait modifier cette idée et amener de nouvelles solutions ou approfondir cette dernière.



## Discussion générale

À la suite des discussions sur chacune des parties de l'expérimentation, soit les trois études de cas et l'enquête sur le terrain, il convient de réunir toutes ces informations et d'analyser les principaux enjeux émergents. Cette expérimentation, qui s'est déroulée en quatre temps, a permis d'identifier et de préciser des conditions favorables ainsi que des obstacles à la mise en œuvre de l'ACV et de l'écoconception. D'une part, les études de cas ont permis de confirmer l'efficacité de l'ACVS selon la méthode *Eco-Indicator 99* et ce, indépendamment des objectifs spécifiques à chacune d'elles. D'autre part, l'enquête menée auprès des concepteurs a permis d'identifier certaines craintes qui freinent l'adoption de pratiques respectueuses de l'environnement en conception, mais aussi de connaître leur perception d'une pratique encore méconnue au Québec.

Contrairement à plusieurs pays européens, la majorité des entreprises manufacturières québécoises et canadiennes tardent à adopter une démarche d'écoconception. D'après l'enquête menée dans le cadre de cette maîtrise, il semble que les designers industriels n'aient guère fait mieux. Pourtant, tous les paliers d'associations professionnelles qui représentent les designers industriels, au Québec comme à l'international, incluent les considérations environnementales dans la définition de la profession. Par exemple, la définition du design industriel adoptée par l'ACID (*Association of Canadian Industrial Designers*) est la suivante :

« Grâce au design, nous cherchons à découvrir et à évaluer les diverses relations structurelles, organisationnelles, fonctionnelles, expressives et économiques, et ce, dans le but de mettre en valeur la pérennité mondiale et **la protection de l'environnement** (éthique globale). » (ACID, 2003)

Le troisième de cinq articles compris dans le code d'éthique professionnel de l'ICSID (*International Council of Societies of Industrial Design*) est entièrement consacré à la protection des écosystèmes. Voici les cinq principes directeurs faisant partie de cet article tout récent auxquels les designers industriels devraient se conformer :

- « Recommandation pour des produits et services sécuritaires;
- Protection de la biosphère;
- Utilisation durable des ressources naturelles;
- Réduction des déchets et augmentation du recyclage;

- Utilisation judicieuse de l'énergie;
- Utilisation de nouvelles technologies propres. » (ICSID, 2001)

Le code de déontologie de l'Association des Designers Industriels du Québec (ADIQ) aborde également l'aspect environnemental à l'article 2.01 au Chapitre 2 - Devoirs et obligations envers le public : « Le designer industriel doit éviter, dans ses démarches, toute atteinte à la sécurité et à la santé des individus, de la société et de l'environnement » (ADIQ, 2004). Il apparaît clairement qu'aujourd'hui, l'aspect environnemental devrait, en principe, déjà faire partie intégrante des préoccupations de la pratique des designers industriels.

Le peu de projets rigoureux en écoconception semble indiquer qu'il existe un décalage important entre la volonté exprimée par les associations professionnelles et la pratique sur le terrain et ce, sans compter l'écart qui les sépare de l'avancement des connaissances diffusées dans la littérature scientifique. Fait troublant, les raisons qui expliquent cette situation sont peu connues et les moyens pour remédier à la situation sont mal identifiés. La présente étude tente d'éclaircir les raisons qui expliquent l'état actuel de la situation.

L'étude de cas des deux **écrans antibruit** a souligné que le poids d'un produit peut avoir une importance marquée lors de l'étape de transport. La distance devient donc un enjeu crucial dans la comparaison de deux produits de poids différent répondant à la même fonction. Cette étude a démontré également que l'utilisation de matériaux recyclés n'était pas automatiquement plus avantageuse au niveau environnemental. En effet, selon la conception des écrans antibruit analysés, le caoutchouc recyclé s'avère plus dommageable pour l'environnement par rapport au béton parce qu'il requiert beaucoup d'énergie pour sa transformation et sa mise en forme. Il serait toutefois intéressant de vérifier si, à volume égal, le béton génère toujours moins d'impacts, car c'est le design qui détermine la quantité de matériau nécessaire pour que le produit soit fonctionnel. Il conviendrait enfin de rappeler que cette étude ne tient pas compte des « crédits environnementaux » obtenus par le recyclage du caoutchouc qui, dans une analyse plus exhaustive, contribueraient à réduire la valeur de l'impact global. Somme toute, l'ACVS a permis d'évaluer les impacts écologiques de chacun des écrans et d'orienter le développement d'un écran antibruit optimal au niveau environnemental.

L'**appareil de débosselage CompuSpot 150** constitue de loin l'analyse la plus exhaustive des trois. En effet, ce produit a été entièrement démonté afin que chaque pièce soit identifiée, mesurée et/ou pesée. Malgré la très grande quantité de données recueillies et analysées, le temps requis pour l'évaluation s'est avéré raisonnable. De plus, la méthode *Eco-Indicator 99* s'est avérée très utile pour orienter la recherche de solutions et définir les futures améliorations à apporter au produit. Cette étude de cas a également démontré que les designers industriels peuvent jouer un rôle important dans la mise en œuvre de l'écoconception à l'aide d'outils d'ACV. Parmi tous les résultats obtenus, celui qui retient particulièrement l'attention concerne la phase d'utilisation. En effet, l'étape d'utilisation occasionne à elle seule 75% des impacts environnementaux engendrés tout au long du cycle de vie du produit. Ce résultat confirme les propos de plusieurs chercheurs estimant que cette étape s'avère souvent la plus importante au niveau des impacts environnementaux (LEWIS & GERTSAKIS, 2001; PNUE, 2002). Les choix et les comportements des usagers durant l'usage, par exemple l'utilisation de consommables, l'entretien et la réparation du produit, occasionnent les impacts les plus significatifs. Graedel et Allenby (1996) soulignent l'importance du rôle que peut jouer le concepteur afin de diminuer ces impacts :

« Contrairement à l'extraction des matières ou à la fabrication, lesquels demeurent sous contrôle des entreprises, l'utilisation et l'entretien d'un produit après qu'il soit passé aux mains du consommateur ne peuvent présentement être contraints que par le design du produit. » (traduction libre) (GRAEDEL & ALLENBY, 1996, p.80)

Dans ce cas-ci, c'est la quantité énorme de consommables qui est principalement responsable des impacts liés à la phase d'utilisation. Les consommables devraient être conçus de manière à être recyclés le plus efficacement possible et une stratégie de récupération devrait être mise sur pied afin d'encourager les utilisateurs à opter pour une alternative autre que de les jeter.

Les jugements de valeur par rapport aux mesures environnementales constituent en général un obstacle majeur à la mise en œuvre de l'écoconception. Par exemple, l'inquiétude des employés de voir leur charge de travail augmenter, ou encore la crainte exprimée par les cadres de devoir assumer des coûts supplémentaires sont assez importantes pour freiner une telle initiative. Or, cette étude de cas réalisée à l'interne d'une entreprise a permis de démystifier ce point auprès des employés en

les informant progressivement sur les enjeux environnementaux reliés à leur entreprise, en particulier ceux qui relèvent de la mise en marché des produits. Si au départ la notion de cycle de vie était inconnue des employés, sa connaissance a assurément contribué à ouvrir des horizons et peut-être à faire tomber quelques préjugés.

L'estimation de la durée de vie d'un produit devient un enjeu important pour l'application de l'ACVS. La complexité de la tâche d'évaluation des impacts réside dans les difficultés de prévoir les habitudes de consommation des utilisateurs. Les impacts reliés aux consommables varient considérablement selon le scénario de durée de vie retenu. Or, la durée de vie d'un produit demeure toujours une hypothèse, même dans les cas où celle-ci se base sur des statistiques. En général, les entreprises ne connaissent pas la durée de vie de leur produit, car elles n'ont aucun contrôle après sa mise en marché. Si les politiques de reprise des produits en fin de vie peuvent contribuer à réduire les impacts environnementaux, elles permettraient également d'obtenir des informations précises sur la durée de vie moyenne de ses produits. Pour cette raison, l'estimation de la durée de vie du produit (scénario ou hypothèse), ainsi que le choix de l'unité fonctionnelle deviennent décisifs dans les résultats d'une étude d'ACV.

Le développement du concept d'emballage **GENERIC** qui a permis d'obtenir un prix au concours *EPA's Cradle to Cradle Design Awards: E-Commerce Shipping Packaging and Logistics* (2003) a permis de démontrer que l'utilisation de la méthode *Eco-Indicator 99* dans la conception d'un produit et d'un service peut se montrer très utile et efficace. En effet, la comparaison avec le système de livraison actuel (enveloppe de carton) a permis de cibler les stratégies globales d'écoconception, soit la durabilité, la réutilisation et la recyclabilité. Il a été démontré que, sur le plan environnemental, le nouveau concept est plus avantageux que l'enveloppe de carton traditionnelle dès la huitième utilisation. La durabilité peut devenir très avantageuse, même si à première vue, l'impact d'une seule utilisation est plus important. Par ailleurs, la présentation des autres concepts gagnants montre qu'il n'existe pas de solution ultime pour réduire les impacts, mais plutôt plusieurs options valables qui présentent chacune des avantages et des inconvénients (EPA, 2003). À ce titre, il serait avantageux de comparer chacune des

propositions sur une même base comme, par exemple, les résultats d'une ACVS réalisée selon la méthode *Eco-Indicator 99*.

Ces trois études de cas sont d'ordre strictement écologique, c'est-à-dire qu'elles considèrent seulement les impacts environnementaux. Il convient alors de les appeler « projets écoconception ou écodesign », car les aspects sociaux n'ont pas été considérés. Dans le cas contraire, il s'agirait de « design durable ». À titre d'exemple, un tel projet pourrait tenir compte de l'équité entre les pays du Nord et ceux du Sud, ou encore considérer les conditions de travail des employés. Le design durable demeure un défi de taille pour les prochaines années, car il nécessite des efforts supplémentaires par rapport à ce qui est fait en écoconception. De plus, si l'ACV est considéré comme l'un des outils les plus efficaces pour évaluer des produits du point de vue écologique, elle ne permet pas l'intégration des aspects sociaux. Étant donné la trop grande quantité de facteurs sociaux et la difficulté de les quantifier, il n'est pas encore possible de les inclure dans l'ACV et de les analyser. Cependant, des chercheurs se penchent sérieusement sur la question et tentent de fixer des balises de manière rigoureuse (FORGET, 2004).

Par ailleurs, l'analyse du **questionnaire** de recrutement a dévoilé que moins de la moitié des répondants avaient déjà participé à un projet intégrant des critères environnementaux. Parmi ceux-ci, un seul avait tenté d'appliquer une méthode rigoureuse avec l'aide d'un outil d'écoconception et ce, il y a plusieurs années déjà. Il s'était toutefois découragé à cause du manque de données disponibles. Pour les autres, leurs actions étaient surtout orientées vers l'utilisation de matériaux recyclés et/ou recyclables. Si un matériau recyclé est habituellement recyclable (sauf s'il a été altéré par une autre matière), un matériau recyclable n'est pas forcément recyclé. Il est donc important de faire la distinction entre ces deux termes, car ils soulèvent des interrogations différentes. Boeglin et al. (1999) soulignent cette importance :

« Notez la différence entre recyclable et recyclé (...) : l'un est potentiel et correspond aux caractéristiques intrinsèques des matériaux (suffixe en « -ble »), alors que l'autre est effectif : existence de structures aptes à collecter et valoriser le produit et ses composants (suffixe en « -é »). » (Boeglin et al., 1999, p.16)

Bien que salubre, l'utilisation de matériaux recyclés n'est pas forcément la meilleure des actions environnementales. Le choix de matériaux recyclés et recyclables rejoint

principalement deux étapes du cycle de vie, soit la production de matériaux et la fin de vie. En ne considérant pas le cycle de vie complet des produits, ce type d'intervention peut engendrer des déplacements de pollution sans que le concepteur en soit conscient. À titre d'exemple, l'utilisation d'un matériau recyclé peut augmenter le poids d'un produit et engendrer des impacts encore plus importants à l'étape de la distribution. Si cette augmentation est plus importante que les gains réalisés par l'utilisation de matériaux recyclés, le produit devient alors désavantagé au niveau des impacts environnementaux. Une approche plus globale intégrant la pensée du cycle de vie aurait probablement permis de prévoir une telle conséquence. Ainsi, cette notion devrait être l'une des premières à être inculquée à tous les concepteurs afin qu'ils adoptent une vision plus large de la problématique environnementale. La Figure 71 illustre cet exemple de déplacement de pollution entre les produits A et B.

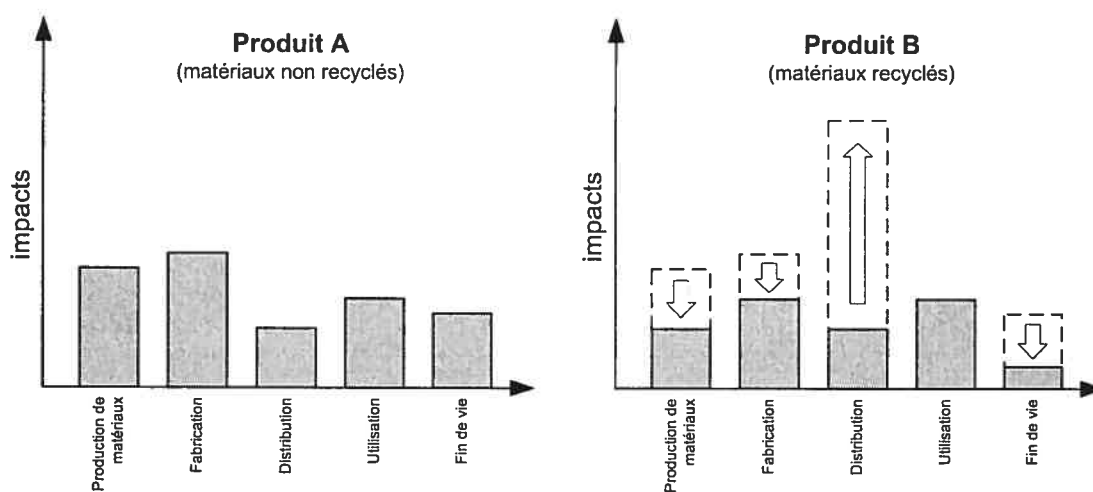


Figure 71 : Exemple de déplacement de pollution.

L'analyse des questionnaires a également révélé que la grande majorité des répondants pensent qu'ils seraient fortement ou moyennement influencés par chacun des incitatifs internes et externes proposés (voir annexe H). Ainsi, les concepteurs semblent prêts et motivés à emboîter le pas dans cette nouvelle direction et attendent en quelque sorte que les conditions leur soient favorables.

Le document du PNUE, L'industrie : un partenaire pour le développement durable, souligne l'importance de la participation de l'entreprise : « L'industrie doit s'engager plus fermement dans la mise en œuvre du cycle de vie complet, de la gestion des produits et des pratiques de conception écologique en partenariat avec ses parties

prenantes.» (PNUE, 2002) Il importe donc que les acteurs ayant un grand pouvoir décisionnel, les gouvernements et les entreprises, adoptent des comportements proactifs. En attendant, les designers industriels peuvent être des porte-paroles du développement durable, tout comme le sont de plus en plus d'ingénieurs.

Par contre, l'enquête révèle également que les concepteurs ne possèdent pas toutes les connaissances nécessaires à la mise en oeuvre d'un projet d'écoconception, du moins tel qu'il est généralement défini dans la littérature scientifique. Certains avouent qu'ils ne connaissent rien à ce domaine, tandis que d'autres croient savoir de quoi il s'agit; leur vision est partielle ou partielle. Ils ne sont ni familiers avec les méthodes, ni avec les outils propres à l'écoconception. Cette réalité traduit la nécessité de mener une campagne d'information et de formation afin que les concepteurs soient au fait des principes de base et des enjeux (ex. : développement durable, pensée du cycle de vie, stratégies d'écoconception), ainsi que des nouveaux développements technologiques et méthodologiques dans ce domaine. Un certain consensus sur la définition de l'écoconception et sur les moyens pour sa mise en oeuvre apparaît essentiel afin que les efforts consentis par chaque concepteur puissent se faire le plus efficacement possible.

Les **entrevues semi-dirigées** ont permis d'esquisser la perception de quelques concepteurs vis-à-vis la venue de l'écoconception comme nouvelle pratique. Ces derniers s'indignent notamment devant le fait que les considérations environnementales se soient détachées de la pratique du design industriel pour se retrouver dans une certaine « spécialisation ». Si le terme écoconception est largement connu, il demeure que ces concepteurs ont de la difficulté à cerner les différentes notions et à les différencier. Cette situation s'explique principalement par le manque de connaissance et les fausses croyances qui sont véhiculées dans le milieu : « l'écoconception c'est trop complexe! », « ça coûte cher! » et « ça prend du temps! ». Il est évident que plus la tâche est complexe, plus le temps d'exécution est long et plus les dépenses seront grandes. Cette perception partagée par plusieurs a fait en sorte que l'écoconception, ainsi que l'utilisation de l'ACV, sont devenus des champs d'expertise.

Bien qu'aucun ne soit insensible aux enjeux environnementaux, tous s'entendent pour dire que les notions d'écoconception sont difficiles à appliquer. Ceci est dû

entre autres à la complexité de la tâche, conséquence de l'aspect multifactoriel de la discipline et au contexte manufacturier qui est réfractaire aux initiatives environnementales. Or, les experts estiment qu'environ 80% des impacts environnementaux peuvent être déterminés dès la phase de conception (GRAEDEL, 1998; UNEP, 1997). Le rôle des designers industriels devient alors déterminant.

En général, la perception des concepteurs par rapport à un produit écologique est tournée vers sa pérennité et sa recyclabilité (matériaux recyclés et recyclables). Selon eux, plus un produit est utilisé longtemps, meilleur il est pour l'environnement. Si cette vision est généralement justifiable, il demeure que tous les produits ayant une longue durée de vie ne sont pas forcément écologiques. Comme pour l'utilisation de matériaux recyclés, cette caractéristique n'assure en rien la qualité environnementale d'un produit car un déplacement de pollution peut toujours survenir.

Certains répondants ont insisté sur la santé des individus, en particulier celle des travailleurs et des usagers. Ils ont également abordé d'autres aspects sociaux comme, par exemple, les mauvaises conditions de travail dans certains pays défavorisés. Si les concepteurs sont soucieux du caractère écologique des produits (écoconception), ils se sentent également concernés par des enjeux plus globaux rattachés au développement durable (design durable). Par contre, ils se sentent bien souvent impuissants, car les décisions à ce niveau ne leur reviennent que rarement.

Le niveau de confiance que les quatre candidats interviewés accordent aux outils d'évaluation environnementale ou aux moyens pour déterminer si un produit est « vert » (ex. : écologo) ne semble pas être unanime. Certains critiquent, voire s'opposent, à l'utilisation d'outils d'écoconception systématique, par exemple l'ACV, tandis que d'autres encouragent leur utilisation dans la mesure où ces derniers sont mis à jour régulièrement. Il conviendrait de mieux informer les concepteurs par rapport aux différents outils disponibles afin qu'ils puissent juger et choisir de façon plus éclairée. Ce constat confirme une fois de plus la nécessité de mettre des mesures en place afin de sensibiliser et de mieux informer les concepteurs de produits et services.



Les principaux **incitatifs** évoqués lors des entrevues sont principalement la motivation de l'entreprise et la rentabilité financière. L'analyse des questionnaires et des entrevues révèle que la saine relation avec le client ainsi que l'attitude positive de l'entreprise en général et de ses dirigeants en particulier constituent la clé du succès d'un projet de design intégrant des critères environnementaux. L'enquête confirme également que l'argument économique demeure le meilleur moyen de convaincre la communauté industrielle du bien-fondé de l'écoconception. Il s'agit de démontrer que l'intégration de l'écoconception permet de réduire les coûts, autant pour l'entreprise que pour l'utilisateur, et qu'elle contribue à augmenter la valeur du produit. À titre d'exemple, l'entreprise Apple aux États-Unis a initié une démarche d'écoconception pour le développement d'un ordinateur qui a permis de réduire de 25% sa consommation d'énergie et de diminuer son coût de production de 15 à 20% par rapport à l'ancien modèle (BOEGLIN et al., 1999). De plus, cette démarche a contribué à la suppression des matières toxiques, à la réduction du nombre de vis d'assemblage et à faire en sorte que 85% des composantes en masse soient facilement recyclables. Par ailleurs, l'entreprise 3M a analysé les coûts de fabrication des abrasifs traditionnels et de son système Trizact, un abrasif constitué de microstructures pyramidales (BOEGLIN et al., 1999). Une analyse comparative des coûts de fabrication a permis de constater des économies de 38.5% avec le nouveau produit de 3M. Ainsi, les études entreprises au cours des dernières années montrent de plus en plus clairement que la considération environnementale n'est plus nécessairement coûteuse; au contraire, elle s'avère de plus en plus rentable et ce, même à court et moyen terme. Dans un de ses articles portant sur le développement durable, Trudel (2004) rapporte les paroles de William McDonough<sup>21</sup> : « Il n'y a pas que la question de l'image qui pousse les Nike de ce monde à adopter l'approche du développement durable. Elles le font aussi à cause de l'avantage concurrentiel qu'elle procure. » (TRUDEL-b, 2004, p.3) Si encore aujourd'hui les vieux mythes semblent persister, cette tendance contribue à les briser un à un.

Quant aux **obstacles**, les candidats interviewés pointent principalement les valeurs individualistes favorisant une vision à court terme, l'attitude négative et les préjugés ancrés dans les entreprises, le manque de temps et de ressources financières,

---

<sup>21</sup> William McDonough est un architecte reconnu mondialement pour son implication dans la cause du développement durable. Il a co-fondé avec Michael Braungart *Greenblue*, une agence de consultation qui promeut les pratiques intégrant la philosophie « berceau à la tombe ». Le lecteur intéressé pourra consulter le site Internet <http://www.greenblue.org/about.html>.

l'incomplétude des données environnementales et les infrastructures jugées mal adaptées au recyclage de produits. Plusieurs obstacles relèvent a priori des comportements qu'adoptent les acteurs dans l'entreprise. En effet, les valeurs individualistes et l'attitude pessimiste des entreprises relèvent davantage des individus, de leur culture ou de leur vision, contrairement par exemple, aux infrastructures inadéquates ou au manque de données qui sont plutôt d'ordre opérationnel. Aujourd'hui, les gens privilégient souvent des solutions à court terme basées sur leurs propres bénéfices immédiats qui vont à l'encontre d'un mode de développement durable. De surcroît, les décideurs entretenant des préjugés face aux initiatives environnementales diminuent les chances que leur entreprise adopte une démarche d'écoconception. Conséquemment, les concepteurs soucieux de l'environnement sont souvent découragés par les cadres d'entreprise et, dans la majorité des cas, ne possèdent pas les arguments nécessaires pour convaincre ces derniers des bienfaits environnementaux et économiques de l'écoconception, sans compter les autres bénéfices potentiels (ex. : stimulation de l'innovation, meilleure image, réduction des risques, etc.). Ainsi, le manque d'information de chaque côté demeure encore l'enjeu principal. Pour le reste, le manque de ressources contribue à essouffler plusieurs initiatives, que ce soit à cause de l'argent, du temps, ou encore de l'incomplétude des données ou de l'insuffisance des infrastructures. Certaines mesures d'aide à différents niveaux, par exemple les subventions gouvernementales et les partenariats entre l'entreprise et les universités, devraient venir pallier cette situation.

Les projets d'écoconception auxquels certains concepteurs interrogés ont participé correspondent tout au plus au premier niveau d'écoconception (voir Figure 10). En effet, même si leur approche n'intégrait pas d'outils spécifiques à l'écoconception, elle visait du moins l'amélioration de produits existants par l'application de principes de base, par exemple la réduction de matière et de vis ou le choix de matériaux recyclés. Sans pour autant discréditer les efforts consentis, la qualité environnementale de ces produits peut être remise en question étant donné que le cycle de vie n'a pas été considéré, ce qui implique que des impacts importants ont pu être négligés ou que des déplacements de pollution ont pu survenir. La méthode *Eco-Indicator 99* aurait sans aucun doute permis d'éviter ce genre de situation et de s'assurer que leurs efforts de conception sont orientés convenablement, même si celle-ci ne suffit pas à développer un produit plus écologique. Une bonne

connaissance des principes et des stratégies du Design pour l'Environnement (DpE) est essentielle à la transposition des conclusions de l'évaluation vers les décisions de conception.

## Conclusion générale

L'écoconception constitue le thème principal de cette maîtrise. Ce mémoire se divise en quatre parties. Après avoir fait la lumière sur les révélateurs de la crise environnementale et l'avènement du développement durable en guise d'introduction, la seconde partie se penche sur le vaste domaine de l'écoconception, en présentant ses origines historiques, ses acteurs, son processus et ses outils. La troisième partie présente trois études de cas qui ont permis d'éprouver l'ACVS avec la méthode *Eco-Indicator 99* et ce, selon trois contextes différents : une analyse comparative de deux produits, l'analyse d'un produit existant en vue de l'améliorer et le développement d'un Système Produit-Service à partir de données d'ACV. À la suite de ces expérimentations, la quatrième partie relate les résultats d'enquête auprès de concepteurs afin de mieux connaître leur perception de l'environnement et de l'écoconception, et d'identifier les obstacles et les conditions favorables à l'intégration des critères environnementaux aux projets de conception. L'approche originale adoptée par ce mémoire était de confronter trois perspectives d'une même problématique, soit celle de la littérature scientifique, celle de l'étudiant-chercheur par l'entremise d'études de cas et celle de professionnels de la conception de produits et services.

Au niveau international, la littérature portant sur l'écoconception a connu une extraordinaire « explosion » ces dernières années, de même que les initiatives diverses provenant des milieux scientifiques, gouvernementaux et industriels. Depuis une quarantaine d'années, l'écoconception a concentré ses efforts sur les performances écologiques des produits en négligeant les autres caractéristiques. Même si l'écoconception a beaucoup évolué, il persiste encore aujourd'hui une croyance que pour faire un projet d'écoconception, il faut nécessairement faire des compromis importants sur la qualité d'un produit (ex. : économiques ou esthétiques). Or, les entreprises qui pratiquent l'écoconception savent aujourd'hui que l'intégration de cette démarche augmente non seulement la qualité du produit, mais aussi la rentabilité tout en améliorant l'image de l'entreprise.

Si au cours des dernières années, quelques universités canadiennes ont développé des axes de recherche portant sur les ACV et l'écoconception, les entreprises tardent encore à suivre la tendance, particulièrement au Québec. La venue du

CIRAIG à titre de centre de recherche sur l'ACV constitue l'une des initiatives les plus marquées dans ce domaine. Elle entraîne dans sa foulée d'autres universités et centres de recherche, par exemple le CIRANO (Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations) (2004). Or, la participation des entreprises aux recherches théoriques demeure un enjeu majeur pour la mise en oeuvre de l'ACV et l'écoconception. Les entreprises doivent partager leur expérience pratique avec les chercheurs afin d'identifier les besoins, cerner leur conjoncture et définir les obstacles et les incitatifs à l'ACV et à l'écoconception. Il est également essentiel de créer des précédents en multipliant les études de cas qui serviront à persuader de plus en plus d'entreprises que cette tendance est non seulement avantageuse à un niveau environnemental, mais aussi à un niveau économique. Il serait très intéressant de suivre l'exemple du programme australien (*EcoReDesign™*) qui a nécessité une collaboration entre le RMIT et les entreprises, laquelle a permis de développer une ressource pratique pour les concepteurs et les entreprises (LEWIS & GERTSAKIS, 2001).

Les projets de collaboration entre universités et entreprises semblent être l'un des moyens les plus efficaces pour faire avancer les connaissances dans le domaine de l'écoconception. L'expérience pratique permet de vérifier les connaissances théoriques dans la complexité de la réalité comme, par exemple les tensions entre les acteurs ou encore l'efficacité des outils. Un transfert des connaissances doit s'effectuer entre les milieux scientifiques et professionnels. Pour ce faire, il serait important d'établir un contexte législatif et économique favorable aux entreprises et aux groupes de recherche afin qu'ils puissent mettre sur pied des projets pilotes. Il est donc urgent de rallier ces deux partis et de faire bénéficier mutuellement l'expérience de chacun afin d'opérationnaliser l'écoconception. Ce type d'initiative pourrait contribuer à amener les entreprises à poursuivre et à adopter des comportements plus responsables vis-à-vis l'environnement.

Si l'ACV apparaît comme l'un des meilleurs outils pour évaluer le caractère écologique des produits, des services et des procédés, elle ne garantit en rien la conception d'un produit à moindre impact environnemental. Complète ou simplifiée, l'ACV est avant tout un outil d'aide à la décision qui permet d'orienter les efforts à partir de l'identification des principales faiblesses du produit et de trouver des solutions visant la réduction des impacts environnementaux. Toutefois, elle ne

peut pas être perçue comme la panacée pour la conception de produits durables. Dans son article, Forget affirme ceci :

« L'entreprise qui réalise une ACV et prend des mesures adéquates pour réduire les impacts de ses activités sur l'environnement ne fait pas pour autant du développement durable. » (FORGET, 2004, p.46)

Dans sa version actuelle, l'ACV ne considère pas les aspects sociaux et économiques en même temps qu'elle dresse un bilan écologique d'un produit. Elle ne donne pas une vision complète d'un produit ou d'un service, et nécessite d'autres considérations plus globales. Plusieurs constructeurs automobiles ont intégré l'ACV à leur pratique (ex. : Volvo et Volkswagen). En revanche, si l'analyse était faite sur un gigantesque véhicule sport utilitaire, les besoins réels devraient également être évalués, ce que ne permet pas l'ACV. Celle-ci demeure donc un outil d'écoconception, et non de design durable; par contre, il est juste de dire que l'ACV demeure un levier important pour l'opérationnalisation du développement durable, sans toutefois garantir l'atteinte de ses objectifs de manière globale. Il conviendrait alors de garder à l'esprit que l'écoconception est intimement lié au domaine de la consommation durable. Un profond changement de valeur est donc essentiel à l'opérationnalisation de ce mode de développement.

À l'heure actuelle, l'ACV n'est pas encore très utilisée au Québec. Peu d'entreprises ont tenté d'appliquer cet outil afin d'évaluer les impacts environnementaux reliés à leurs activités, en particulier les PME. Beaucoup d'entre elles sont toujours persuadées que l'utilisation de l'ACV, comme l'intégration de l'écoconception à l'entreprise, n'est pas rentable. Or, il a été démontré que cette croyance est fautive; plusieurs études de cas démontrent en effet que l'utilisation de l'ACV permet d'optimiser les investissements et d'obtenir de bons rendements, même à court ou moyen terme. Il apparaît qu'une certaine éducation par le biais de présentations d'études de cas permettrait d'éliminer ces préjugés. En outre, l'ACV devrait être généralisée à différents domaines, par exemple, l'architecture ou l'approvisionnement. Des applications concrètes à plus grande échelle contribueraient à étoffer les bases de données et à parfaire les techniques d'analyse. Les experts gagneront en temps et diminueront, par le fait même, les coûts d'analyse. La présente recherche a également démontré que l'approche ACV n'est pas un luxe pour les designers industriels; la familiarisation avec ses outils leur procure une large vision d'ensemble sur les impacts environnementaux d'un produit. C'est en partie avec l'aide d'outils

comme l'ACV que les designers pourront devenir proactifs dans la mise en oeuvre d'un développement durable.

Quant à la méthode *Eco-Indicator 99*, elle s'est avérée très utile pour mener convenablement à terme les trois études de cas présentées dans ce mémoire. Celle-ci a été conçue principalement pour les designers de produit qui désirent mettre en pratique les principes d'écoconception (GOEDKOOOP, 2000). Tout comme l'ACV générale, cette méthode ne garantit pas forcément l'aboutissement à un produit écologique. Par contre, pour les designers industriels initiés aux principes de l'écoconception, elle s'avère très efficace et permet d'effectuer une ACV simplifiée dans des délais acceptables. Pour cette raison, il est important de sensibiliser et d'informer la communauté professionnelle du design industriel afin de mettre à niveau les connaissances générales en écoconception. Une fois cela accompli, les concepteurs seront en mesure de parfaire leurs connaissances et de choisir les méthodes et les outils qui leur conviennent de façon plus éclairée.

La définition de l'écoconception semble être floue aux yeux des concepteurs interviewés. Celle-ci intègre les notions de recyclage, de transport, de choix des matériaux, et même celles de la santé et des conditions humaines. Même si leur perception recouvre plusieurs aspects, elle ne rejoint pas la pensée du cycle de vie de façon systématique, laquelle est à la base de l'écoconception. Somme toute, celle-ci semble a priori opérationnalisable par les designers industriels au Québec. L'ACVS, en particulier la méthode *Eco-Indicator 99*, apparaît comme étant l'un des outils les mieux adaptés pour les designers industriels. De plus, le CIRAIG travaille présentement à développer des éco-indicateurs propres au contexte québécois, confirmant ainsi l'intérêt marqué pour cette méthode d'analyse d'impact. C'est une raison de plus pour former les concepteurs avec l'aide de cette méthode. Ceux qui désireront parfaire leurs connaissances en ACV et effectuer des analyses plus poussées pourront envisager l'utilisation d'outils informatiques plus avancés (ex. : Simapro, GaBi, etc.<sup>22</sup>). Par ailleurs, les candidats interviewés ont fait savoir qu'ils aimeraient avoir à leur disponibilité une banque d'informations utiles pour écoconcevoir. La création d'un tel outil avec une participation des principaux intéressés pourrait faire l'objet d'un projet de recherche.

---

<sup>22</sup> Le lecteur intéressé pourra consulter les sites Internet suivants : [www.pre.nl](http://www.pre.nl). et [www.gabi-software.com](http://www.gabi-software.com).

Malgré leur bon vouloir, les concepteurs dépendent largement des autres acteurs impliqués dans un tel projet. De fait, sans la motivation des cadres et des employés d'une entreprise, un projet d'écoconception est voué à l'échec. C'est pourquoi les enjeux d'un projet d'écoconception sont fortement liés ceux de la multidisciplinarité. Beaucoup d'acteurs et de partis intéressés doivent être en mesure d'établir un dialogue et de se consulter afin d'optimiser les chances de réussite.

Bien que l'ACV ne garantisse pas le développement durable, elle peut du moins contribuer à atteindre le plus haut niveau d'écoconception possible (voir Figure 10). L'ACV, tel qu'elle existe aujourd'hui, n'est pas en mesure à elle seule de servir d'outil pour faire du design durable. Il faudra considérer également des critères d'acceptabilité sociale ainsi que des indicateurs d'ordre économique. Cette modification ne peut s'effectuer que par la mise en œuvre de l'écoconception; elle nécessite également des changements au niveau technologique, mais aussi au niveau culturel et social afin d'influencer les habitudes de production et de consommation.

L'approche Système Produit-Service (SPS) est une tendance forte en recherche. Bien que plusieurs entreprises (ex. : Xerox et Interface) soient devenues des exemples à suivre, il reste que l'approche SPS ne garantit pas forcément la réduction des impacts. Ce type d'approche ne s'applique pas toujours. Par contre, le fait de considérer cette option augmente les chances d'innover. Ce thème constitue un nouvel axe de recherche qui deviendra un incontournable d'ici les prochaines années.

Au terme de cette recherche, il est possible d'élaborer plusieurs recommandations qui reflètent la vision bicéphale de l'auteur de ce mémoire, c'est-à-dire selon le point de vue du praticien et celui du chercheur. Au niveau de la recherche, l'intégration de critères environnementaux dans la pratique du design industriel se fait de manière plutôt intuitive, donc sur des impressions personnelles. La formation après des professionnels apparaît comme l'une des priorités. Pour ce faire, l'approche ACV s'avère un vecteur intéressant, car elle permet de rationaliser la démarche de l'écoconception. L'étude approfondie du processus et des outils d'écoconception contribuerait à définir une approche intégrée pour former les concepteurs.



Il conviendrait aussi de faire des études comparatives entre différents outils ACV, particulièrement les méthodes simplifiées quantitatives et qualitatives, afin de vérifier leur efficacité et déterminer lesquelles sont les mieux adaptées aux designers industriels. Cette comparaison pourrait être basée sur des critères quantitatifs comme les délais d'opérationnalisation, et sur une expérimentation impliquant des concepteurs dans des projets concrets.

Il conviendrait également d'approfondir l'enquête menée afin de connaître la perception des concepteurs vis-à-vis l'environnement et l'écoconception. Étant donné les limites de la présente étude, notamment le nombre de participants, il conviendrait de mener une enquête sur une plus grande échelle (plus de concepteurs, designers industriels et ingénieurs) afin de valider les premières conclusions de cette étude. Il serait également intéressant de mieux connaître la perception des entreprises par rapport à l'écoconception et à l'ACV.

Au niveau de la pratique, il serait très souhaitable que les entreprises s'impliquent davantage dans la recherche en mettant sur pied des projets pilotes où des étudiants pourraient réaliser des études de cas, comme l'ont fait Millet (1995) et Janin (2000) lors de leur projet de thèse. En plus de parfaire les connaissances scientifiques, ces exemples concrets contribueraient à diffuser davantage la pratique de l'écoconception dans les milieux manufacturiers. Ceci permettrait de faire le pont entre la théorie et la pratique, lequel contribuerait au partage des connaissances entre les deux partis.

Si l'appropriation des aspects environnementaux a engendré une spécialisation, l'écoconception, celle-ci apparaît aujourd'hui comme un des leviers importants pour l'opérationnalisation du développement durable. De par sa position à cheval entre les considérations techniques et culturelles, il apparaît hors de tout doute que les designers industriels auront un rôle significatif à jouer pour opérationnaliser le développement durable. Étant plus tangible, l'écoconception semble a priori plus facilement cernable, et pourrait devenir un pôle attracteur afin opérationnaliser concrètement le développement durable.

## Bibliographie

ACID. (2004) [<http://www.designcanada.org/index.html>]

ADIQ. (2004) [<http://www.adiq.qc.ca>]

AMH Canada Ltée. (2003). [<http://www.amh.com>].

BEHRENDT, S., JASCH, C., PENEDA, M. C., WEENEN, H. V. (1997). Life Cycle Design. A manual for small and Medium-Sized Enterprises. Amsterdam-Berlin-Lisbonne-Vienne, Springer, 190 pages.

BELMANE, I., CHARTER, M. (1999). Integrated product policy (IPP) and eco-product development (EPD). The Journal of Sustainable Product Design, Vol. 10, July, pp. 17-29.

BOEGLIN, N., KAZAZIAN, T., PUYOU, J.-B. (1999). Conception de produits et environnement. 90 exemples d'éco-conception. ADEME Éditions, Paris, 140 pages.

BOIRAL, O. (1996). La dimension humaine et préventive de la gestion environnementale : une étude de cas dans trois usines chimiques québécoises. Thèse de doctorat, Montréal, École des Hautes Études Commerciales, 650 pages.

BOVEA, M. D., VIDAL, R. (2000). Streamlining techniques applied to furniture design. Toronto, R'2000 – Recovery, Recycling, Re-integration, 6 pages.

BREZET, H., ROMBOUTS, Je., STEVELS, A. (1999). Application of LCA in eco-design : a critical review. The Journal of Sustainable Product Design, Vol. 9, avril, pp. 20-26.

BREZET, H., VAN HEMEL, C. (1997). ECODESIGN : A promising approach to sustainable production and consumption. Paris, UNEP (United Nation Environmental Program), 347 pages.

BRODHAG, C. (2001). Glossaire pour le développement durable. Saint-Étienne, Agora 21, 62 pages. [<http://www.agora21.org>].

CARSON, R. L. (1962). Silent spring. Boston, Houghton Mifflin, 368 pages.

CEUTERICK, D., VERCALSTEREN, A. (1999). Experiences with the Implementation of Ecodesign in Small and Medium Sized Enterprises. Belgique, R'99 Congress (Recovery, Recycling, Re-integration), Environmental Expert, 6 pages.  
[<http://www.environmental-expert.com/events/r2000/r2000.htm>].

CIRAIG (Centre Interuniversitaire de Référence sur l'Analyse, l'Interprétation et la Gestion des cycles de vie des produits, procédés et services) (2004).  
[[http://www.polymtl.ca/ciraig/ciraig\\_fr.html](http://www.polymtl.ca/ciraig/ciraig_fr.html)].

CIRANO (2004) [<http://www.cirano.qc.ca>].

CMED. (1988) Notre avenir à tous. Montréal, Éditions du Fleuve/Les publications du Québec, 432 pages.

CNRC (2003). Guide de la Stratégie de conception écologique : de la découverte à l'innovation.  
[<http://dfe-sce.nrc-cnrc.gc.ca>].

CRETIAZ, P., JOLLIET, O. (2001). Analyse environnementale du cycle de vie : De la critique à la réalisation d'un écobilan. Lausanne, École Polytechnique Fédérale de Lausanne - Institut d'aménagement des terres et des eaux, 121 pages.

CURRAN, M. A., TODD, J. Ann. (1999). Streamlined Life-Cycle Assessment : A Final Report from SETAC North America Streamlined LCA Workgroup. Washington D.C., Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), 31 pages.

DAVIS, J. B. (1998). Lifecycle Assessment Reborn : Trends in Use and Abuse of LCA. Arlington, Cutter Information Corp., 52 pages.

DELÉAGE, J.-P. (1992). Histoire de l'écologie. Une science de l'homme de la nature. Paris, Éditions La Découverte, 330 pages.

DE ROSNAY, J. (1975.) Le macroscopie. Vers une vision globale. Paris, Éditions du Seuil, 321 pages.

DURAND, D. (1979) La systémique. Paris, Presse Universitaire de France, collection Que sais-je?, 126 pages.

EPA & MDBC. (2003). EPA's Cradle to Cradle Design Award : E-commerce Shipping Packaging and Logistics. [<http://www.mdbc.com/challenge>].

ERM. (2001). Streamlined Life Cycle Assessment Study. Oxford, Study prepared for Airdri Ltd. and Bobrick Washroom Equipment Inc., 23 pages.

ESAB. (1999). Environmental report : Our path to sustainable development. ESAB, Suède, 24 pages. [www.esab.com](http://www.esab.com)

FIKSEL, J. (1996). Design for environment, Creating Eco-Efficient Products and processes. Californie, McGraw-Hill, 513 pages.

FIVE WINDS INTERNATIONAL. (2000). Le rôle de l'éco-efficacité : Problèmes et possibilités au 21e siècle à l'échelle mondiale – Partie 1 : aperçu et analyse. 214 pages.

FORGET, D. (2004). « Les défis du développement durable ». Découvrir, Vol. 25, numéro 2, ACFAS (Association francophone pour le savoir), pp. 36-48.

GOEDKOOOP, M. EFFTING, S., COLLIGNON, M. (2000). The Eco-indicator 99 – A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment – Manual for Designers. Amersfoort, Pré Consultants B.V., 22 pages.

GOEDKOOOP, M., SPRIENSMA, R. (2000). The Eco-indicator 99 – A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment – Methodology Report. Amersfoort, Pré Consultants B.V., 132 pages.

GOEDKOOP, M., VAN HALEN, C., TE RIELE, H., ROMMENS, P. (1999). Product Service system – Ecological and Economic Basics. The Netherlands, Dutch ministries of Environment and Economic Affairs, 50 pages.

GRAEDEL, T. E. (1998). Streamlined Life-Cycle Assessment. New Jersey, Prentice Hall, 310 pages.

GRADEAL, T.E., ALLENBY, B.R. (1996) Design for environment. New Jersey, Prentice Hall, 175 pages.

HEISKANEN, E., TIMONEN, P., NIVA, M. & AALTO, K. (2002). Promoting Sustainable Product Culture and Consumption. In: Hertwich, E. (ed.) *Lifecycle Approaches to Sustainable Consumption. Workshop Proceedings, 22 Novembre 2002*. Luxembourg: International Institute for Applied Systems Analysis, Interim Report pp.57-62. [<http://www.iiasa.ac.at/~hertwich/docs/Heiskanen.pdf>].

ICSID. (2001). Code of Professional Ethics. ICSID, 5 pages. [<http://www.icsid.org>].

ISO 14 040. (1997). Management environnemental – Analyse de cycle de vie – Principes généraux et cadre. Genève, ISO : première édition, 12 pages.

ISO 14 041. (1998). Management environnemental – Analyse de cycle de vie – Définition de l'objectif et du champ d'étude et l'analyse de l'inventaire. Genève, ISO : première édition, 22 pages.

ISO 14 042. (2000). Management environnemental – Analyse de cycle de vie – Évaluation de l'impact du cycle de vie. Genève, ISO : première édition, 17 pages.

ISO 14 043. (2000). Management environnemental – Analyse de cycle de vie – Interprétation du cycle de vie. Genève, ISO : première édition, 19 pages.

ISO 14 049. (2000). Management environnemental – Analyse de cycle de vie – Interprétation du cycle de vie. Genève, ISO : première édition, 70 pages.

ISO 14 050. (1998). Management environnemental – Vocabulaire. Genève, ISO : première édition, 8 pages.

ISO 14 062. (2002). Management environnemental – Intégration des aspects environnementaux dans la conception et le développement de produit. . Genève, ISO : première édition, 26 pages.

JANIN, M. (2000). Démarche d'éco-conception en entreprise – un enjeu : construire la cohérence entre outils et processus. Paris, École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM), 423 pages.

JENSEN, A.A., HOFFMAN, L., MØLLER, B. T., SCHMIDT, A., CHRISTIANSEN, K., ELKINGTON, J. (1997). Life Cycle Assessment (LCA). A guide to approaches, experiences and information sources. European Environment Agency (EPA), Environmental Issues Serie no. 6, 119 pages.

JURDANT, M. (1984). Le défi écologiste. Montréal, Les Éditions du Boréal Express, 432 pages.

LAGADEC, P. (1981). La civilisation du risque : catastrophes technologiques et responsabilité sociale. Paris, Éditions du Seuil, 236 pages.

LECOURT, D. (1993). À quoi sert donc la philosophie? Des sciences de la nature aux sciences politiques. Paris, Presses Universitaires de France, 302 pages.

LEWIS, H., GERTSAKIS, J. (2001). Design + environment. A global guide to designing greener goods. Sheffield, Greenleaf Publishing, 200 pages.

LUTTROP, C. (1999). « *Eco-Design in Early Product Development* ». R'99 Congress (Recovery, Recycling, Re-integration), Environmental Expert, S.L., pp. 1-6  
[<http://www.environmental-center.com/articles/article708/article708.htm>].

MADGE, P. (1997). « *Ecological Design : A new critique* ». *Design Issues*, Vol. 13 no.2, pp. 44-54.

MEADOWS, D. H. (1972). The limits to growth : A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind. New York, Universe book, 205 pages.

MILLET, D. (1995). Prise en compte de l'environnement en conception : Proposition d'une démarche d'aide à la conception permettant de limiter les ponctions et les rejets engendrés par un produit. Thèse de doctorat, Paris, École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, 185 pages.

NICOLAY, S. (2000). A Simplified LCA for Automotive sector : Comparison of ICE (Diesel and Petrol), electric and hybrid vehicles. Liège, 8<sup>th</sup> LCA Case studies Symposium SETAC – Europe, 5 pages.

NUIJ, R. (2001). « Eco-innovation : Helped or hindered by Integrated Product Policy ». *The Journal of Sustainable Product Design*, Vol. 13 no.2, pp. 49-51.

OCDE (2001). Le rapport annuel de l'Organisation de coopération et de développement économiques. Paris, OCDE Publication, 161 pages.

PAILLÉ, P. (1994). L'analyse par théorisation ancrée. Cahiers de recherche sociologique : Critiques féministes et savoirs. no. 23., pp. 147-180.

PLOUFFE, S. (1999). L'importance de l'usage dans l'analyse de cycle de vie des produits. Faculté des études supérieures, Université de Montréal, Montréal, 134 pages.

PNUE (2002). L'industrie : un partenaire pour le développement durable – 10 ans après Rio : l'évaluation du PNUE – Une contribution au Sommet mondial sur le développement durable. Royaume-Uni, Programme des Nations Unies pour l'Environnement, 73 pages.

QUARANTE, D. (2001). Éléments de design industriel. Polytechnica, 3<sup>e</sup> édition, Paris, 686 pages.

SACHS, I. (1997). L'écodéveloppement : Stratégies pour le XXI<sup>e</sup> siècle. Paris, Éditions La Découverte & Syros, 123 pages.

SAVOIE-ZAJC, L. (1998). Recherche sociale : De la problématique à la collecte de données. Chapitre 11 : L'entrevue semi-dirigée. Sainte-Foy, Les Presses de l'Université du Québec, 3<sup>e</sup> édition, pp. 262-265

STEVENS, Ab L.N. (1997). « *Moving companies towards sustainability through eco-design : conditions for success* » *The Journal of Sustainable Design*, Vol. 3, october, pp. 47-55

TESCH, R. (1990). Qualitative Research Analysis Types and software tools. New York, The Falmer Press, pp. 55-76

THIBAUT, M. (2002). Écoconception d'un panneau antibruit fabriqué à partir de caoutchouc recyclé provenant du recyclage des pneus hors d'usage et évaluation des impacts environnementaux associés. Sherbrooke, Université de Sherbrooke, 166 pages.

TISCHNER, U., SCHMINCKE, E., RUBIK, F., PRÖSLER, M. (2000). How to do EcoDesign? A guide for environmentally and economically sound Design. Berlin, German Federal Environmental Agency, 197 pages.

TRANSPORT CANADA. (2002). Les transports au Canada 2002. [[www.tc.gc.ca](http://www.tc.gc.ca)].

TRNEE (2001). Indicateurs de l'éco-efficacité : guide à l'intention de l'industrie. Ottawa, Éditions Renouf Ltée, 65 pages.

TRUDEL, J.-S. (2004-a) « L'analyse cycle de vie deviendra courante. » *Les affaires*, Vol. 76, no. 16, Cahier D, Média Transcontinental S.E.N.C., Montréal p.3

TRUDEL, J.-S. (2004-b) « Vers une économie de service. » *Les affaires*, Vol. 76, no. 16, Cahier D, Média Transcontinental S.E.N.C., Montréal, p.4

UNEP (2002). Product-Service Systems and Sustainability – Opportunities for sustainable solutions. Paris, UNEP, 31 pages.



WBCSD (2000). Eco-efficiency : creating more value with less impact. Genève,  
WBCSD (World Business Council for Sustainable Development), 36 pages.

## Annexes





## **Annexe A**

Matrice des stratégies et des critères d'écoconception selon Tischner et al.

(1/3)	FABRICATION	UTILISATION	RECYCLAGE	DISPOSITION	DISTRIBUTION
<p><b>1. Optimiser les entrants en matières</b></p> <p><b>a. quantitativement (qté de matière)</b></p> <p><b>b. qualitativement (type de matière)</b></p>	<p>1.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- réduire la quantité de matières</li> <li>- augmenter le rendement de matière sur la chaîne de production</li> <li>- réduire le taux de rejets</li> </ul> <p>2.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- utiliser des matières locales</li> <li>- utiliser des procédés qui peuvent être réapprovisionnés en matières secondaires</li> <li>- utiliser des matières disponibles en bonne quantité</li> <li>- utiliser des matières secondaires</li> </ul>	<p>1.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- réduire les intrants de matières pendant l'usage et l'entretien</li> <li>- réduire les pertes de matières</li> </ul> <p>2.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- utiliser des matières de réapprovisionnement remplacé</li> <li>- utiliser des matières disponibles en bonne quantité</li> <li>- utiliser des matières secondaires</li> </ul>	<p>1.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- réduire la quantité de matières</li> <li>- réduire les intrants de matières dans les procédés de recyclage</li> </ul> <p>2.</p> <p>Pour le produit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- utiliser des matières recyclables</li> <li>- utiliser des matières reconnues par un éco-logo</li> <li>- utiliser une seule matière</li> <li>- si plusieurs matières, s'assurer qu'elles sont compatibles</li> <li>- utiliser des matières standards</li> </ul> <p>Pour le procédé de recyclage</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- utiliser des matières locales</li> <li>- utiliser des matières renouvelables</li> <li>- utiliser des matières disponibles en bonne quantité</li> <li>- utiliser des matières secondaires</li> </ul>	<p>1.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- réduire la quantité de matières</li> <li>- réduire les intrants de matières dans les procédés de recyclage</li> </ul> <p>2.</p> <p>Pour le produit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- utiliser</li> <li>- reconnues par un éco-logo</li> <li>- utiliser des matières standards</li> </ul> <p>Pour le procédé de disposition</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- utiliser des matières locales</li> <li>- utiliser des matières renouvelables</li> <li>- utiliser des matières disponibles en bonne quantité</li> <li>- utiliser des matières secondaires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sélectionner des matériaux efficaces pour le moyen de transport utilisé</li> <li>- éviter les emballages</li> <li>- réduire la dimension des emballages et les adapter aux moyens de transport</li> <li>- optimiser les emballages en fonction de sa fabrication, son utilisation et son recyclage)</li> </ul>
<p><b>2. Optimiser les entrants en énergie</b></p> <p><b>a. quantitativement (qté de matière)</b></p> <p><b>b. qualitativement (type de matière)</b></p>	<p>1.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- choisir des procédés de fabrication sont peu énergivores</li> <li>- augmenter l'efficacité énergétique dans la fabrication et dans la chaîne d'approvisionnement</li> <li>- utiliser des matières énergétiquement efficaces</li> </ul> <p>2.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- améliorer la gestion énergétique</li> <li>- favoriser des sources d'énergie efficaces (co-génération)</li> <li>- recycler et régénérer l'énergie</li> <li>- utiliser des sources d'énergie renouvelables</li> </ul>	<p>1.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- minimiser l'utilisation d'énergie pendant l'usage et l'entretien</li> <li>- augmenter l'efficacité énergétique à l'usage</li> <li>- utiliser des matériaux éco-efficaces au niveau de l'énergie</li> </ul> <p>2.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- utiliser des sources d'énergie renouvelables</li> <li>- recycler et régénérer l'énergie</li> </ul>	<p>1.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- augmenter l'efficacité énergétique des procédés de recyclage</li> <li>- choisir des procédés de recyclage énergétiquement efficaces</li> </ul> <p>2.</p> <p>Pour le produit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- garder le contenu énergétique à un niveau élevé (voir aussi l'étape de recyclage à la stratégie "augmenter le rendement du service")</li> </ul> <p>Pour le procédé de recyclage</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- utiliser des sources d'énergie renouvelables</li> <li>- recycler et régénérer l'énergie</li> </ul>	<p>1.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- augmenter l'efficacité énergétique des procédés de disposition</li> <li>- choisir des procédés de disposition énergétiquement efficaces</li> </ul> <p>2.</p> <p>Pour le produit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- utiliser des matériaux ayant un contenu énergétique recyclable et de haut niveau</li> <li>- recycler le contenu énergétique du produit au plus haut niveau possible (combustion, production de méthane, etc.)</li> </ul> <p>Pour le procédé de recyclage</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- utiliser des sources d'énergie renouvelables</li> <li>- recycler et régénérer l'énergie</li> </ul>	<p>1.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- réduire l'intensité du transport</li> <li>- augmenter l'efficacité du transport</li> <li>- réduire le poids et le format du produit</li> <li>- choisir des moyens de transport énergétiquement efficaces</li> <li>- choisir des trajets de transport énergétiquement efficaces</li> <li>- réduire la dimension des emballages et les adapter aux moyens de transport</li> <li>- optimiser les emballages (voir toutes les autres stratégies)</li> </ul> <p>2.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- améliorer la logistique du système</li> </ul>
<p><b>3. Réduire la superficie quant à l'utilisation des sols</b></p> <p><b>a. quantitativement (qté de terre)</b></p> <p><b>b. qualitativement (type de terre)</b></p>	<p>1.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- minimiser l'utilisation des sols pour la production de plantes</li> </ul> <p>2.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- améliorer le système d'entreposage</li> <li>- minimiser l'occupation hermétique de la surface du sol (par des bâtiments), dégradation ou l'érosion des sols</li> <li>- cultiver les sols de manière durable (agriculture et foresterie)</li> </ul>	<p>1.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- minimiser l'utilisation des sols pour l'usage et l'entretien</li> </ul> <p>2.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- minimiser l'occupation hermétique de la surface du sol (par des rues)</li> </ul>	<p>1.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- minimiser l'utilisation des sols pour le recyclage des plantes (collecte, tri, entreposage, recyclage)</li> </ul> <p>2.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- améliorer l'entreposage des composantes et du matériel</li> <li>- minimiser l'occupation hermétique de la surface du sol (par le recyclage des plantes)</li> </ul>	<p>1.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- minimiser l'utilisation des sols pour la disposition des plantes (collecte, entreposage, disposition)</li> </ul> <p>2.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- améliorer l'entreposage des déchets</li> <li>- minimiser l'occupation hermétique de la surface du sol (par des sites d'enfouissement)</li> </ul>	<p>1.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- réduire le volume de transport</li> <li>- augmenter l'efficacité du transport</li> </ul> <p>2.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- éviter l'utilisation intensive des sols par le transport</li> </ul>

(Suite : 2/3)

	FABRICATION	UTILISATION	RECYCLAGE	DISPOSITION	DISTRIBUTION
4. Augmenter le rendement du service	-	<p>1. qualité du produit (tâche : prolonger la vie utile du produit)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- adapter le produit aux besoins du consommateur</li> <li>- offrir de bons services</li> <li>- créer de valeur</li> <li>- design classique et non mode</li> <li>- augmenter la durabilité</li> <li>- design pour faciliter l'entretien</li> <li>- design pour faciliter la réparation</li> <li>- produit modulaire</li> <li>- design pour faciliter la remise à neuf</li> <li>- diminuer les coûts de nettoyage</li> <li>- augmenter la résistance à la corrosion</li> </ul> <p>2. qualité de la fonction (tâche : augmenter l'intensité d'utilisation)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- analyser le marché, adapter aux habitudes de l'utilisateur</li> <li>- produit multifonctionnel</li> <li>- augmenter la flexibilité des fonctions</li> <li>- inclure des fonctions qui se contrôlent et qui s'optimisent par eux-mêmes</li> <li>- design pour la facilité d'utilisation</li> </ul> <p>3. qualité du service (tâche : augmenter le service offert par le produit)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- analyser le marché, recherches de nouvelles options de services</li> <li>- privilégier les concepts de partage et de location au lieu de la propriété individuelle</li> <li>- faciliter plusieurs types d'utilisation: <ul style="list-style-type: none"> <li>- usage partagé;</li> <li>- usage multiple.</li> </ul> </li> </ul>	<p>(tâche : recycler les produits de la manière la plus efficiente, rendre possible la recyclabilité à répétition)</p> <p>1. recycler les composantes d'un produit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ré-utiliser les produits comme un tout (ex.: pot de moutarde devient un verre pour boire)</li> <li>- ré-utiliser les composantes d'un produit (remplacement d'un moteur)</li> <li>- faciliter la reprise des produits par l'entreprise</li> <li>- design pour des utilisations ultérieures</li> <li>- modularité de la structure des produits</li> <li>- design pour faciliter la réparation</li> <li>- identifier les composantes</li> <li>- fournir les instructions pour le désassemblage</li> <li>- établir un marché secondaire</li> </ul> <p>2. matériaux recyclables</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- recyclage à boucle fermée (ex.: produire du verre à partir de verre recyclé)</li> <li>- recyclage à boucle ouverte (ex.: huile synthétique à partir de plastique recyclé)</li> <li>- concentrer les matériaux précieux dans un produit</li> <li>- design pour faciliter le démontage</li> <li>- identifier les matériaux</li> <li>- faciliter la séparation et le tri rapide des différents matériaux</li> <li>- réduire la complexité des matériaux</li> <li>- établir un marché pour les matières recyclables</li> </ul> <p>3. (disposition, voir colonne de droite)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- faciliter la combustion environnementalement acceptable, utiliser le contenu énergétique des produits</li> <li>- améliorer les méthodes de compostage et de biodégradabilité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- combiner la distribution et la redistribution (système de reprise en charge des produits)</li> </ul>
5. Réduire les polluants	<ul style="list-style-type: none"> <li>- utiliser des matières "propres"</li> <li>- éviter les matières dangereuses</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- utiliser des matières "propres" pour l'usage et l'entretien</li> <li>- éviter les matières auxiliaires dangereuses lors de l'usage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- utiliser des matériaux qui peuvent être recyclés sans émettre d'émissions toxiques</li> <li>- éviter les matières dangereuses</li> <li>- permettre la séparation rapide des substances et des composantes dangereuses avant le recyclage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- éviter les déchets dangereux</li> <li>- permettre la séparation rapide des substances et des composantes dangereuses avant la disposition</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- utiliser des moyens de transport "propres" (ex.: faible consommation d'énergie, pas d'émissions dangereuses)</li> </ul>
6. Réduire les déchets	<ul style="list-style-type: none"> <li>- diminuer le taux de rejets</li> <li>- éviter la production de déchets</li> <li>- trier et recycler la production de déchets</li> <li>- identifier les matériaux</li> <li>- standardiser les matériaux</li> <li>- éviter les emballages</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- éviter la production de déchets pendant l'usage et l'entretien</li> <li>- éviter les emballages</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- recycler autant que possible</li> <li>- réduire les déchets restant</li> <li>- ces déchets doivent être jetables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- privilégier le compostage et la combustion</li> <li>- jeter le moins de déchets possible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- utiliser des moyens de transport qui minimisent la production de déchets</li> <li>- éviter les emballages</li> <li>- utiliser des systèmes d'emballages ré-utilisables</li> <li>- éviter que les produits puissent être endommagés durant le transport</li> </ul>

(Suite : 3/3)

	FABRICATION	UTILISATION	RECYCLAGE	DISPOSITION	DISTRIBUTION
<b>7. Réduire les émissions toxiques pour l'humain et l'écosystème (air, eau, sol)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sélectionner des procédés de production à faibles émissions</li> <li>- sélectionner des matériaux à faibles émissions</li> <li>- réduire les émissions contribuant au réchauffement de la planète, à la dégradation de la couche d'ozone ou à l'acidification</li> <li>- éviter les émissions d'odeurs nuisibles</li> <li>- diminuer l'émission de bruits</li> <li>- réduire le <i>smog électrique</i></li> <li>- éviter les émissions radioactives</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- éviter les émissions pendant l'usage et l'entretien</li> <li>- sélectionner des matières auxiliaires à faibles émissions</li> <li>- réduire les émissions contribuant au réchauffement de la planète, à la dégradation de la couche d'ozone ou à l'acidification</li> <li>- éviter les émissions d'odeurs nuisibles</li> <li>- diminuer l'émission de bruits</li> <li>- réduire le <i>smog électrique</i></li> <li>- éviter les émissions radioactives</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- éviter les émissions dans le procédé de recyclage</li> <li>- utiliser des matériaux qui peuvent être recyclés sans émettre d'émissions</li> <li>- utiliser des matériaux auxiliaires à faibles émissions</li> <li>- réduire les émissions contribuant au réchauffement de la planète, à la dégradation de la couche d'ozone ou à l'acidification</li> <li>- éviter les émissions d'odeurs nuisibles</li> <li>- diminuer l'émission de bruits</li> <li>- réduire le <i>smog électrique</i></li> <li>- éviter les émissions radioactives</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- choisir des matériaux qui peuvent être incinérés, compostés et/ou jetés sans occasionner d'émissions</li> <li>- faciliter la séparation rapide des composantes et des matériaux qui peuvent occasionner des émissions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- utiliser des moyens de transport à faibles émissions</li> </ul>
<b>8. Réduire les risques pour la santé et l'environnement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rendre sécuritaires les procédés de fabrication, les infrastructures et les installations</li> <li>- minimiser les risques d'accidents et de défectuosité</li> <li>- organiser des sessions d'information et d'entraînement pour les employés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rendre les produits plus sécuritaires</li> <li>- Concevoir des produits intelligibles afin que les problèmes se règlent facilement</li> <li>- préparer et offrir des informations sur le produit, les instructions d'utilisation et de consultation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rendre sécuritaire les procédés, les infrastructures et les installations pour le recyclage</li> <li>- minimiser les risques d'accidents</li> <li>- <i>design</i> pour le désassemblage sécuritaire</li> <li>- fournir l'information sur la façon de recycler et de désassembler les composantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rendre la disposition sécuritaire</li> <li>- minimiser les risques d'accidents et de défectuosité</li> <li>- fournir l'information sur la sécurité pendant la disposition du produit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- utiliser des moyens de transport sécuritaires</li> <li>- optimiser les emballages afin d'éviter les risques d'accidents</li> </ul>



## **ANNEXE B**

Liste des indicateurs pour la méthode *Eco-Indicator 99*.



### Production of plastic granulate (in millipoints per kg)

	Indicator	Description	
ABS	400		3
HDPE	330		1
LDPE	360		1
PA 6.6	630		3
PC	510		1
PET	380		3
PET bottle grade	390	used for bottles	3
PP	330		3
PS (GPPS)	370	general purposes	3
PS (HIPS)	360	high impact	1
PS (EPS)	360	expandable	3
PUR energy absorbing	490		3
PUR flexible block foam	480	for furniture, bedding, clothing	3
PUR hardfoam	420	used in white goods, insulation, construction material	1
PUR semi rigid foam	480		3
PVC high impact	280	Without metal stabilizer (Pb or Ba) and without plasticizer (see under Chemicals)	1
PVC (rigid)	270	rigid PVC with 10% plasticizers (crude estimate)	1
PVC (flexible)	240	Flexible PVC with 50% plasticizers (crude estimate)	1
PVDC	440	for thin coatings	3

### Processing of plastics (in millipoints)

	Indicator	Description	
Blow foil extrusion PE	2.1	per kg PE granulate, but without production of PE. Foil to be used for bags	2
Calendering PVC foil	3.7	per kg PVC granulate, but without production of PVC	2
Injection moulding - 1	21	per kg PE, PP, PS, ABS, without production of material	4
Injection moulding - 2	44	per kg PVC, PC, without production of material	4
Milling, turning, drilling	6.4	per dm <sup>3</sup> machined material, without production of lost material	4
Pressure forming	6.4	per kg	4
React. Inj. Moulding-PUR	12	per kg, without production of PUR and possible other components	4
Ultrasonic welding	0.098	per m welded length	4
Vacuum-forming	9.1	per kg material, but without production of material	4

### Production of rubbers (in millipoints per kg)

	Indicator	Description	
EPDM rubber	360	Vulcanised with 44% carbon, including moulding	1

### Production of packaging materials (in millipoints per kg)

	Indicator	Description	
Packaging carton	69	CO <sub>2</sub> absorption in growth stage disregarded	1
Paper	96	Containing 65% waste paper, CO <sub>2</sub> absorption in growth stage disregarded	1
Glass (brown)	50	Packaging glass containing 61% recycled glass	2
Glass (green)	51	Packaging glass containing 99% recycled glass	2
Glass (white)	58	Packaging glass containing 55% recycled glass	2



## Production of chemicals and others (in millipoints per kg)

	Indicator	Description	
Ammonia	160	NH <sub>3</sub>	1
Argon	7.8	Inert gas, used in light bulbs, welding of reactive metals like aluminium	1
Bentonite	13	Used in cat litter, porcelain etc.	1
Carbon black	180	Used for colouring and as filler	1
Chemicals inorganic	53	Average value for production of inorganic chemicals	1
Chemicals organic	99	Average value for production of organic chemicals	1
Chlorine	38	Cl <sub>2</sub> . Produced with diaphragm production process (modern technology)	1
Dimethyl p-phthalate	190	Used as plasticizer for softening PVC	1
Ethylene oxide/glycol	330	Used as industrial solvent and cleaning agent	1
Fuel oil	180	Production of fuel only. Combustion excluded!	1
Fuel petrol unleaded	210	Production of fuel only. Combustion excluded!	1
Fuel diesel	180	Production of fuel only. Combustion excluded!	1
H <sub>2</sub>	830	Hydrogen gas. Used for reduction processes	1
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	22	Sulphuric acid. Used for cleaning and staining	1
HCl	39	Hydrochloric acid, used for processing of metals and cleaning	1
HF	140	Fluoric acid	1
N <sub>2</sub>	12	Nitrogen gas. Used as an inert atmosphere	1
NaCl	6.6	Sodium chloride	1
NaOH	38	Caustic soda	1
Nitric acid	55	HNO <sub>3</sub> . Used for staining metals	1
O <sub>2</sub>	12	Oxygen gas.	1
Phosphoric acid	99	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> . Used in preparation of fertiliser	1
Propylene glycol	200	Used as an anti-freeze, and as solvent	1
R134a (coolant)	150	Production of R134a only! Emission of 1 kg R134a to air gives 7300 mPt	1
R22 (coolant)	240	Production of R22 only! Emission of 1 kg R22 to air gives 8400 mPt	1
Silicate (waterglass)	60	Used in the manufacture of silica gel, detergent manufacture and metal cleaning	1
Soda	45	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> . Used in detergents	1
Ureum	130	Used in fertilisers	1
Water decarbonized	0.0026	Processing only; effects on groundwater table (if any) disregarded	1
Water demineralized	0.026	Processing only; effects on groundwater table (if any) disregarded	1
Zeolite	160	Used for absorption processes and in detergents	1

## Production of building material (in millipoints per kg)

	Indicator	Description	
Alkyd varnish	520	Production + emissions during use of varnish, containing 55% solvents	5
Cement	20	Portland cement	1
Ceramics	28	Bricks etc.	1
Concrete not reinforced	3.8	Concrete with a density of 2200 kg/m <sup>3</sup>	1
Float glass coated	51	Used for windows, Tin, Silver and Nickel coating (77 g/m <sup>2</sup> )	1
Float glass uncoated	49	Used for windows	1
Gypsum	9.9	Selenite. Used as filler.	1
Gravel	0.84	Extraction and transport	1
Lime (burnt)	28	CaO. Used for production of cement and concrete. Can also be used as strong base	1
Lime (hydrated)	21	Ca(OH) <sub>2</sub> . Used for production of mortar	1
Mineral wool	61	Used for insulation	1
Massive building	1500	Rough estimate of a (concrete) building per m <sup>3</sup> volume (capital goods)	1
Metal construction building	4300	Rough estimate of a building per m <sup>3</sup> volume (capital goods)	1
Sand	0.82	Extraction and transport	1
Wood board	39	European wood (FSC criteria); CO <sub>2</sub> absorption in growth stage disregarded	1
Wood massive	6.6	European wood (FSC criteria); CO <sub>2</sub> absorption in growth stage disregarded	1
Land-use	45	Occupation as urban land per m <sup>2</sup> yr	1

## Heat (in millipoints per MJ)

	Indicator	Description	
		Including fuel production	
Heat coal briquette (stove)	4.6	Combustion of coal in a 5-15 kW furnace	1
Heat coal (industrial furnace)	4.2	Combustion of coal in a industrial furnace (1-10MW)	1
Heat lignite briquet	3.2	Combustion of lignite in a 5-15kW furnace	1
Heat gas (boiler)	5.4	Combustion of gas in an atmospheric boiler (<100kW) with low NOx	1
Heat gas (industrial furnace)	5.3	Combustion of gas in an industrial furnace (>100kW) with low NOx	1
Heat oil (boiler)	5.6	Combustion of oil in a 10kW furnace	1
Heat oil (industrial furnace)	11	Combustion of oil in an industrial furnace	1
Heat wood	1.6	Combustion of wood; CO <sub>2</sub> absorption and emission disregarded	1

## Solar energy (in millipoints per kWh)

	Indicator	Description	
Electricity facade m-Si	9.7	Small installation (3kWp) with monocrystalline cells, used on building facade	1
Electricity facade p-Si	14	Small installation (3kWp) with polycrystalline cells, used on building facade	1
Electricity roof m-Si	7.2	Small installation (3kWp) with monocrystalline cells, used on building roof	1
Electricity roof p-Si	10	Small installation (3kWp) with polycrystalline cells, used on building roof	1

## Electricity (in millipoints per kWh)

	Indicator	Description	
		Including fuel production	
Electr. HV Europe (UCPTE)	22	High voltage (> 24 kVolt)	1
Electr. MV Europe (UCPTE)	22	Medium voltage (1 kV - 24 kVolt)	1
Electr. LV Europe (UCPTE)	26	Low voltage (< 1000Volt)	1
Electricity LV Austria	18	Low voltage (< 1000Volt)	1
Electricity LV Belgium	22	Low voltage (< 1000Volt)	1
Electricity LV Switzerland	8.4	Low voltage (< 1000Volt)	1
Electricity LV Great Britain	33	Low voltage (< 1000Volt)	1
Electricity LV France	8.9	Low voltage (< 1000Volt)	1
Electricity LV Greece	61	Low voltage (< 1000Volt)	1
Electricity LV Italy	47	Low voltage (< 1000Volt)	1
Electricity LV the Netherlands	37	Low voltage (< 1000Volt)	1
Electricity LV Portugal	46	Low voltage (< 1000Volt)	1

## Transport (in millipoints per tkm)

	Indicator	Description	
		Including fuel production	
Delivery van <3.5t	140	Road transport with 30% load, 33% petrol unleaded, 38% petrol leaded, 29% diesel (38% without catalyst) (European average including return)	1
Truck 16t	34	Road transport with 40% load (European average including return)	1
Truck 28t	22	Road transport with 40% load (European average including return)	1
Truck 28t (volume)	8	Road transport per m <sup>3</sup> km. Use when volume in stead of load is limiting factor	1*
Truck 40t	15	Road transport with 50% load (European average including return)	1
Passenger car W-Europe	29	Road transport per km	1
Rail transport	3.9	Rail transport, 20% diesel and 80% electric trains	1
Tanker inland	5	Water transport with 65% load (European average including return)	1
Tanker oceanic	0.8	Water transport with 54% load (European average including return)	1
Freighter inland	5.1	Water transport with 70% load (European average including return)	1
Freighter oceanic	1.1	Water transport with 70% load (European average including return)	1
Average air transport	78	Air transport with 78% load (Average of all flights)	6
Continental air transport	120	Air transport in a Boeing 737 with 62% load (Average of all flights)	6
Intercontinental air transport	80	Air transport in a Boeing 747 with 78% load (Average of all flights)	6
Intercontinental air transport	72	Air transport in a Boeing 767 or MD 11 with 71% load (Average of all flights)	6

## Recycling of waste (in millipoints per kg)

	Indicator			Description	
	Total	Process	Avoided product		
				Environmental load of the recycling process and the avoided product differs from case to case. The values are an example for recycling of primary material.	
Recycling PE	-240	86	-330	if not mixed with other plastics	7*
Recycling PP	-210	86	-300	if not mixed with other plastics	7*
Recycling PS	-240	86	-330	if not mixed with other plastics	7*
Recycling PVC	-170	86	-250	if not mixed with other plastics	7*
Recycling Paper	-1,2	32	-33	Recycling avoids virgin paper production	2*
Recycling Cardboard	-8,3	41	-50	Recycling avoids virgin cardboard production	2*
Recycling Glass	-15	51	-66	Recycling avoids virgin glass production	2*
Recycling Aluminium	-720	60	-780	Recycling avoids primary aluminium.	1*
Recycling Ferro metals	-70	24	-94	Recycling avoids primary steel production	1*

## Waste treatment (in millipoints per kg)

	Indicator	Description	
<b>Incineration</b>		Incineration in a waste incineration plant in Europe. Average scenario for energy recovery. 22% of municipal waste in Europe is incinerated	
Incineration PE	-19	Indicator can be used for both HDPE and LDPE	2*
Incineration PP	-13		2*
Incineration PUR	2,8	Indicator can be used for all types of PUR	2*
Incineration PET	-6,3		2*
Incineration PS	-5,3	Relatively low energy yield, can also be used for ABS, HIPS, GPPS, EPS	2*
Incineration Nylon	1,1	Relatively low energy yield	2*
Incineration PVC	37	Relatively low energy yield	2*
Incineration PVDC	66	Relatively low energy yield	2*
Incineration Paper	-12	High energy yield CO <sub>2</sub> emission disregarded	2*
Incineration Cardboard	-12	High energy yield CO <sub>2</sub> emission disregarded	2*
Incineration Steel	-32	40% magnetic separation for recycling, avoiding crude iron (European average)	2*
Incineration Aluminium	-110	15% magnetic separation for recycling, avoiding primary aluminium	2*
Incineration Glass	5,1	Almost inert material, indicator can be used for other inert materials	2
<b>Landfill</b>		Controlled landfill site. 78% of municipal waste in Europe is landfilled	
Landfill PE	3,9		2
Landfill PP	3,5		2
Landfill PET	3,1		2
Landfill PS	4,1	Indicator can also be used for landfill of ABS	2
Landfill EPS foam	7,4	PS foam, 40 kg/m <sup>3</sup> , large volume	2*
Landfill foam 20kg/m <sup>3</sup>	9,7	Landfill of foam like PUR with 20kg/m <sup>3</sup>	2*
Landfill foam 100kg/m <sup>3</sup>	4,3	Landfill of foam like PUR with 100kg/m <sup>3</sup>	2*
Landfill Nylon	3,6		2*
Landfill PVC	2,8	Excluding leaching of metal stabilizer	2
Landfill PVDC	2,2		2
Landfill Paper	4,3	CO <sub>2</sub> and methane emission disregarded	2
Landfill Cardboard	4,2	CO <sub>2</sub> and methane emission disregarded	2
Landfill Glass	1,4	Almost inert material, indicator can also be used for other inert materials	2
Landfill Steel	1,4	Almost inert material on landfill, indicator can be used for ferro metals	2
Landfill Aluminium	1,4	Almost inert material on landfill, indicator is valid for primary and recycled alu.	2
Landfill of 1 m <sup>3</sup> volume	140	Landfill of volume per m <sup>3</sup> , use for voluminous waste, like foam and products	*
<b>Municipal waste</b>		In Europe, 22% of municipal waste is incinerated, 78% is landfilled. Indicator is not valid for voluminous waste and secondary materials	
Municipal waste PE	-1,1		2*
Municipal waste PP	-0,13		2*
Municipal waste PET	1		2*
Municipal waste PS	2	Not valid for foam products	2*
Municipal waste Nylon	3,1		2*
Municipal waste PVC	10		2*
Municipal waste PVDC	16		2*
Municipal waste Paper	0,71		2*
Municipal waste Cardboard	0,64		2*
Municipal waste ECCS steel	-5,9	Valid for primary steel only!	2*
Municipal waste Aluminium	-23	Valid for primary aluminium only!	2*
Municipal waste Glass	2,2		2*
<b>Household waste</b>		Separation by consumers of waste for recycling (average European scenario)	
Paper	-0,13	44% separation by consumers	2*
Cardboard	-3,3	44% separation by consumers	2*
Glass	-6,9	52% separation by consumers	2*



## **ANNEXE C**

Quantification et association des procédés et matériaux aux indicateurs de ÉAB/ÉACR.



**ACVS - ÉCRAN ANTIBRUIT EN BÉTON (ÉAB)**

\*calculs effectués pour une section d'écran (1 panneau + 1 colonne)

Calculs		éco-indicateur 99	unité	indicateur	quantité	millipoints
---------	--	-------------------	-------	------------	----------	-------------

**PRODUCTION DE MATÉRIAUX :**

**BÉTON ACOUSTIQUE**

panneau densité : équivalent à 40-60% du béton structural  
 donc, 960 kg/m<sup>3</sup> à 1440 kg/m<sup>3</sup> = moyenne: 1200 kg/m<sup>3</sup> (50%)  
 volume : 6m x 3.6576m x 0.1m +  
 (6m x 3.6576m x 0.04m) / 2 = 2.63m<sup>3</sup>  
 poids : 1200 kg/m<sup>3</sup> x 2.63m<sup>3</sup> = 3156 kg

poids d'un pneu : 21 lbs = 9.52544 kg  
 25 pneus/section de 1.53m<sup>2</sup> (6m x 2.55m x 0.1m)  
 donc, 42.81 pneus/section de 2.63m<sup>2</sup>  
 42.81 x 9.52544 kg = 407.79 kg

X + Y + 407.79 = 3156 et 2.57X = Y  
 X + 2.57X = 2748.21  
 3.57X = 2748.21 donc, Y = 1978.4  
 X = 769.81

X = ciment : 769.81 kg  
 Y = agrégats : 1978.4 kg

caoutchouc recyclé : 407.79 kg  
 125 kwh sont nécessaires pour déchiqueter 1 tonne de  
 pneus en morceaux de 1" x 1"  
 125 kwh/tonne x 1tonne/1000kg = 0.125 kwh / kg  
 0.125 kwh/kg x 407.79 kg = 50.97 kwh

> Production of building material - cement - portland cement	kg	20	769.81	15386
> Production of building material - gravel - extraction and transport	kg	0.84	1978.4	1662
> Electricity - electr. HV Europe (UCPTE) - high voltage (>24 kVait)	kwh	22	50.97	1121

**PRODUCTION DE MATÉRIAUX :**

**BÉTON STRUCTURAL**

panneau densité : 2400 kg/m<sup>3</sup>  
 volume : 6m x 3.6576m x 0.1m = 2.19m<sup>3</sup>

ciment (17.6%) : 427.83 kg/m<sup>3</sup> x 2.19 m<sup>3</sup> = 936.95 kg  
 sable (37.2%) : 892.17 kg/m<sup>3</sup> x 2.19 m<sup>3</sup> = 1953.85 kg  
 agrégats (45%) : 1080 kg/m<sup>3</sup> x 2.19 m<sup>3</sup> = 2365.2 kg

> Production of building material - cement - portland cement	kg	20	936.95	18739
> Production of building material - sand - extraction and transport	kg	0.82	1953.85	1602
> Production of building material - gravel - extraction and transport	kg	0.84	2365.2	1987

colonne

poids : 1027.58 kg (sans l'acier)

ciment (17.6%) : 182.81 kg/m<sup>3</sup>  
 sable (37.2%) : 382.25 kg/m<sup>3</sup>  
 agrégats (45%) : 462.40 kg/m<sup>3</sup>

> Production of building material - cement - portland cement	kg	20	182.81	3658
> Production of building material - sand - extraction and transport	kg	0.82	382.25	313
> Production of building material - gravel - extraction and transport	kg	0.84	462.4	388

# ACVS - ÉCRAN ANTIBRUIT EN BÉTON (ÉAB)

\*calculs effectués pour une section d'écran (1 panneau + 1 colonne)

calculs		éco-indicateur 99		unité		indicateur		quantité		millipoints	
<b>PRODUCTION DE MATÉRIAUX : ACIER</b>											
Tige - treillis (panneau)	pois : 53.07 kg					kg	94	53.07		4889	
		> Production of building material - converter steel - block material containing only primary steel									
Barre d'armature (colonne)	pois : 70.87 kg					kg	94	70.87		6662	
		> Production of building material - converter steel - block material containing only primary steel									
Écrou (8x)	volume : $(\pi(0.015m)^2 - \pi(0.01m)^2) \times 0.016m$ 0.00006283 m <sup>3</sup> densité : 7850 kg/m <sup>3</sup> 0.00006283 m <sup>3</sup> x 7850 kg/m <sup>3</sup> = 0.4932 kg 8 unités : 0.4932 kg x 8 = 0.39456 kg					kg	94	0.39456		37	
		> Production of building material - converter steel - block material containing only primary steel									
Rondelle (8x)	volume : $(\pi(0.0185m)^2 - \pi(0.011m)^2) \times 0.008m$ m <sup>3</sup> densité : 7850 kg/m <sup>3</sup> 0.00003047 m <sup>3</sup> x 7850 kg/m <sup>3</sup> = 0.2392 kg 8 unités : 0.2392 kg x 8 = 0.19137 kg					kg	94	0.19137		18	
		> Production of building material - converter steel - block material containing only primary steel									
<b>FABRICATION - USINAGE : QUINCAILLERIE</b>											
Écrou (8x)	trou : $\pi(0.01m)^2 \times 0.016m = 0.00005027m^3$ (matière enlevée) $\pi(0.1dm)^2 \times 0.16dm = 0.005027dm^3$ 0.005027dm <sup>3</sup> x 8 = 0.04021 dm <sup>3</sup>					kg	800	0.04021		32	
		> Processing of metals - milling, turning, drilling - per dm <sup>3</sup> removed material, without production of lost material									
Rondelle (8x)	trou : $\pi(0.011m)^2 \times 0.008m = 0.00003041m^3$ (matière enlevée) $\pi(0.11dm)^2 \times 0.08dm = 0.003041dm^3$ 0.003041dm <sup>3</sup> x 8 = 0.02433 dm <sup>3</sup>					kg	800	0.02433		19	
		> Processing of metals - milling, turning, drilling - per dm <sup>3</sup> removed material, without production of lost material									

## ACVS - ÉCRAN ANTIBRUIT EN BÉTON (ÉAB)

Calculs	éco-indicateur \$9	unité	indicateur	quantité	millipoints
---------	--------------------	-------	------------	----------	-------------

### FABRICATION - BRASSAGE : BÉTON

béton acoustique  
 temps : 5 minutes  
 quantité : 1100 kg  
 puissance : 40 HP = 29.8 kwh  
 énergie : 29.8 kwh x 5 min. x 1h/60 min. = 2.48 kwh

pois / section : 3156 kg

nb de brassages / section : 3156 kg / 1100 kg = 2.87

énergie / section : 2.48 kwh x 2.87 = 7.1176 kwh

béton structural  
 temps : 4 minutes  
 quantité : 2300 kg  
 → 410 kg de ciment  
 → 855 kg de sable  
 → 1035 kg d'agrégat  
 puissance : 40 HP = 29.8 kwh  
 énergie : 29.8 kwh x 4 min. x 1h/60 min. = 1.99 kwh

qté pour 1 panneau : 2.16m<sup>2</sup> x 2400 kg/m<sup>2</sup> = 5256 kg

qté pour 1 colonne : 1027.56 kg

pois / section : 6283.56 kg

nb de brassages / 1 section : 6283.56 kg / 2300 kg = 2.73

énergie / section : 1.99 kwh x 2.73 = 5.4327 kwh

### FABRICATION - ROULAGE : FEUILLE

Plaque d'ancrage - - - - -  
 > Processing of metals - cold roll into sheet - per thickness reduction of 1 mm of 1 m<sup>2</sup> plate  
 Exclut de l'étude - règle d'exclusion B (ou C)  
 kg 18 - - - 0

### FABRICATION - PERÇAGE : FEUILLE

Plaque d'ancrage - - - - -  
 > Processing of metals - milling, turning, drilling - per dm<sup>2</sup> removed material, without production of lost material  
 Exclut de l'étude - règle d'exclusion A (ou C)  
 mm<sup>2</sup> 800 - - - 0

### FABRICATION - DÉCOUPE : FEUILLE

Plaque d'ancrage - - - - -  
 > Indicateur non-disponible pour la découpe de feuilles d'acier  
 > Exclut de l'étude - règle d'exclusion A (ou C)  
 m<sup>2</sup> n.d. - - - 0



## ACVS - ÉCRAN ANTIBRUIT EN BÉTON (ÉAB)

	calculs	éco-indicateur \$9	unité	indicateur	quantité	millipoints
<b>FABRICATION - EXTRUSION : TIGE</b>						
tiges (treillis)	-	> Indicateur non-disponible pour l'extrusion d'acier	kg	n.d.	-	0
tige (armature)	-	> Indicateur non-disponible pour l'extrusion d'acier	kg	n.d.	-	0
tige (ancrage)	-	> Indicateur non-disponible pour l'extrusion d'acier	kg	n.d.	-	0
<b>FABRICATION - COUPE : TIGE</b>						
tige (armature)	-	> Indicateur non-disponible pour la coupe de tiges d'acier	m <sup>2</sup>	n.d.	-	0
tiges (treillis)	-	> Indicateur non-disponible pour la coupe de tiges d'acier	m <sup>2</sup>	n.d.	-	0
<b>FABRICATION - FILETAGE : TIGE</b>						
tige (armature)	-	> Indicateur non-disponible pour le filetage de tiges	-	n.d.	-	0
<b>FABRICATION - SOUDURE PAR POINT : TIGE</b>						
tiges (treillis)	-	> Indicateur non-disponible pour la soudure de l'acier	-	n.d.	-	0
<b>FABRICATION - GALVANISATION : TIGE + QUINCAILLERIE</b>						
tige (armature)	diamètre : 2 pouce = 0.0508 m, donc r : 0.0254 longueur : 3.6576 m quantité : 8 tiges / colonne surface : $2\pi \times 0.0254\text{m} \times 3.6576\text{m} = 0.5837 \text{ m}^2$ $2\pi (0.0254\text{m})^2 \times 2 = 0.0081 \text{ m}^2$ (extrémités) $(0.5837 \text{ m}^2 + 0.0081 \text{ m}^2) \times 8 = 4.7344 \text{ m}^2$	> Processing of metals - hot galvanising - per m <sup>2</sup> , 100µm thick, including zinc	m <sup>2</sup>	3300	4.73	15609
écrou (8x)	surface : $\pi(0.015\text{m})^2 - \pi(0.01\text{m})^2 \times 2 = 0.0007854 \text{ m}^2$ $2\pi 0.015\text{m} \times 0.016\text{m} = 0.00150786 \text{ m}^2$ $2\pi 0.01\text{m} \times 0.016\text{m} = 0.00100531 \text{ m}^2$ $0.0007854 \text{ m}^2 + 0.00150786 \text{ m}^2 + 0.00100531 \text{ m}^2 = 0.00259181 \text{ m}^2$ 8 unités : $0.00259181 \text{ m}^2 \times 8 = 0.02073448 \text{ m}^2$	> Processing of metals - hot galvanising - per m <sup>2</sup> , 100µm thick, including zinc	m <sup>2</sup>	3300	0.0207	68

## ACVS - ÉCRAN ANTIBRUIT EN BÉTON (ÉAB)

calculs		éco-indicateur 99	unité	indicateur	quantité	millipoints
rondelle (8x)	$\text{surface} : (\pi(0.0185\text{m})^2 - \pi(0.011\text{m})^2) \times 2 = 0.00139015 \text{ m}^2$ $2\pi \times 0.0185\text{m} \times 0.008\text{m} = 0.00092991 \text{ m}^2$ $2\pi \times 0.011\text{m} \times 0.008\text{m} = 0.00055292 \text{ m}^2$ $0.00139015 \text{ m}^2 + 0.00092991 \text{ m}^2 + 0.00055292 \text{ m}^2 = 0.00287298 \text{ m}^2$	> Processing of metals - hot galvanising - per m², 100µm thick, including zinc	m²	3300	0.023	76
	8 unités : 0.00287298 m² x 8 = 0.02298384 m²					
Plaque d'ancrage		> Exclus de l'étude - règle d'exclusion C	m²	n.d.	-	0
calculs		éco-indicateur 99	unité	indicateur	quantité	millipoints
DISTRIBUTION - TRANSPORT :	PANNEAU + COLONNE + QUINCAILLERIE					
transport		> (Cette partie fait l'objet de scénarios de transport)	km	-	-	0
calculs		éco-indicateur 99	unité	indicateur	quantité	millipoints
USAGE - INSTALLATION :	PANNEAU + COLONNE + QUINCAILLERIE					
		> Exclus de l'étude - règle d'exclusion G	-	-	-	0
calculs		éco-indicateur 99	unité	indicateur	quantité	millipoints
FIN DE VIE- SITE D'ENFOUSSEMENT :	PANNEAU + COLONNE + QUINCAILLERIE					
panneau			kg			0
colonne			kg			0
quincaillerie			kg			0

## ACVS - ÉCRAN ANTIBRUIT EN CAOUTCHOUC RECYCLÉ (ÉACR)

\*calculs effectués pour une section d'écran (3 panneaux + 1 colonne)

Calculs		éco-indicateur 99	unité	indicateur	quantité	millipoints
<b>PRODUCTION DE MATÉRIAUX :</b>						
<b>PRODUCTION DE PNEUS</b>						
panneau	quantité : -	> Exclut de l'étude - règle d'exclusion J	kg	-	-	0
<b>PRODUCTION DE MATÉRIAUX :</b>						
<b>EVA (MOUSSE D'ÉTHYLENE-ACÉTATE DE VINYLE)</b>						
panneau	quantité : 5% utilisé dans le composé	> Indicateur non-disponible pour la production d'EVA Exclut de l'étude - règle d'exclusion A	kg	n.d.	-	0
<b>PRODUCTION DE MATÉRIAUX :</b>						
<b>SOUFRE</b>						
panneau	quantité : 2% utilisé dans le composé	> Indicateur non-disponible pour la production de soufre Exclut de l'étude - règle d'exclusion A	kg	n.d.	-	0
<b>PRODUCTION DE MATÉRIAUX :</b>						
<b>BÉTON</b>						
panneau	quantité : -	> Exclut de l'étude - règle d'exclusion H	kg	-	-	0
<b>PRODUCTION DE MATÉRIAUX :</b>						
<b>ACIER</b>						
colonne	densité : 7900 kg/m <sup>3</sup> volume : $(\pi(0,1524m \times 0,14605m) - 2(0,10795m \times 0,066675)) \times 3,6576m$ $(0,022258m^2 - 0,014395m^2) \times 3,6576m$ $0,0287597m^3$ $0,0287597m^3 \times 7900 \text{ kg/m}^3 = 227,20163 \text{ kg}$	> Production of building material - converter steel - block material containing only primary steel	kg	94	227,2	21357
Écrou (33x)	volume : $(\pi(0,015m)^2 - \pi(0,01m)^2) \times 0,016m$ $0,000006283 \text{ m}^3$ densité : 7850 kg/m <sup>3</sup> $0,000006283 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 0,04932 \text{ kg}$ 33 unités : $0,04932 \text{ kg} \times 33 = 1,62756 \text{ kg}$	> Production of building material - converter steel - block material containing only primary steel	kg	94	1,63	153

# ACVS - ÉCRAN ANTIBRUIT EN CAOUTCHOUC RECYCLÉ (ÉACR)

\*calculs effectués pour une section d'écran (3 panneaux + 1 colonne)

calculs		éco-indicateur 99		unité	indicateur	quantité	millipoints
Boulon (33x)	<p>volume : <math>\pi(0.015m)^2 \times 0.016m + \pi(0.01m)^2 \times 0.07m</math>  <math>0.00001131 m^3 + 0.00002199 m^3</math>  <math>0.00003333 m^3</math>                      densité : 7850 kg/m<sup>3</sup></p> <p>0.0000333 m<sup>3</sup> x 7850 kg/m<sup>3</sup> = 0.261405 kg</p> <p>33 unités : 0.261405 kg x 33 = 8.626365 kg</p>	> Production of building material - converter steel - block material containing only primary steel	kg	94	8.63	811	
Rondelle (66x)	<p>volume : <math>\pi(0.0185m)^2 \times \pi(0.011m)^2 \times 0.008m</math>                      m<sup>3</sup></p> <p>densité : 7850 kg/m<sup>3</sup></p> <p>0.000003047 m<sup>3</sup> x 7850 kg/m<sup>3</sup> = 0.02392 kg</p> <p>66 unités : 0.02392 kg x 66 = 1.57672 kg</p>	> Production of building material - converter steel - block material containing only primary steel	kg	94	1.58	149	
<b>PRODUCTION DE MATÉRIAUX : PEINTURE</b>							
colonne	quantité : --	> Indicateur non-disponible pour la production de peinture Exclus de l'étude - règle d'exclusion A	kg	n.d.	--	0	
<b>FABRICATION - DÉCHIKUETAGE : POUURETTE</b>							
panneau (3x)	<p>quantité : 498.12 kg</p> <p>125 kwh sont nécessaires pour déchiqueter 1 tonne de pneus hors d'usage</p> <p>125 kwh/tonne x 1tonne/1000kg = 0.125 kwh / kg 0.125 kwh/kg x 498.12 kg = 62.265 kwh</p> <p>par section : 62.265 kwh x 3 = 224.295 kwh</p>	> Electricity - electr. HV Europe (UCPTE) - high voltage (>24 kVolt)	kwh	22	224.3	4935	
<b>FABRICATION - BRASSAGE : BÉTON</b>							
panneau	quantité : --	> Exclus de l'étude - règle d'exclusion H	kg	--	--	0	

## ACVS - ÉCRAN ANTIBRUIT EN CAOUTCHOUC RECYCLÉ (ÉACR)

calculs		éco-indicateur 99		unité	indicateur	quantité	millipoints
<b>FABRICATION - ROULAGE :</b>							
	FEUILLE						
Plaque d'ancrage	-	> Données non-disponible pour la découpe de feuilles d'acier Exclus de l'étude - règles d'exclusion B (ou C)		kg	n. d.	-	0
<b>FABRICATION - DÉCOUPE :</b>							
	FEUILLE						
Plaque d'ancrage	-	> Indicateur non-disponible pour la découpe de feuilles d'acier Exclus de l'étude - règle d'exclusion A (ou C)		m²	n. d.	-	0
<b>FABRICATION - PERÇAGE :</b>							
	FEUILLE						
Plaque d'ancrage	-	> Exclus de l'étude - règle d'exclusion C		mm²	n. d.	-	0
<b>FABRICATION - EXTRUSION :</b>							
	TIGE						
tige (ancrage)	-	> Indicateur non-disponible pour l'extrusion d'acier Exclus de l'étude - règle d'exclusion A		kg	n. d.	-	0
<b>FABRICATION - COUPE :</b>							
	TIGE						
tige (ancrage)	-	> Indicateur non-disponible pour la coupe de tiges d'acier Exclus de l'étude - règle d'exclusion A		m²	n. d.	-	0
<b>FABRICATION - FILETAGE :</b>							
	TIGE						
tige (ancrage)	-	> Indicateur non-disponible pour le filetage de tiges - règle d'exclusion C Exclus de l'étude - règle d'exclusion A		-	n. d.	-	0
<b>FABRICATION - GALVANISATION :</b>							
	TIGE + QUINCAILLERIE						
tige	-	périmètre : $(2 \times 0,1524 \text{ m}) + (2 \times 0,10795 \text{ m}) + (4 \times 0,01905 \text{ m}) + (4 \times 0,066675 \text{ m})$ 0,8636 m hauteur : 3,6576 m surface : $0,8636 \text{ m} \times 3,6576 \text{ m} = 3,15870336 \text{ m}^2$		m²	3300	3,16	10428

## ACVS - ÉCRAN ANTIBRUIT EN CAOUTCHOUC RECYCLÉ (ÉACR)

calculs		éco-indicateur 99			
		unité	indicateur	quantité	millipoints
écrou (33x)	$\text{surface} : (\pi(0.015\text{m})^2 - \pi(0.01\text{m})^2) \times 2 = 0.00007854 \text{ m}^2$ $2\pi(0.015\text{m} \times 0.016\text{m}) = 0.00150796 \text{ m}^2$ $2\pi(0.01\text{m} \times 0.016\text{m}) = 0.00100531 \text{ m}^2$ $0.00007854 \text{ m}^2 + 0.00150796 \text{ m}^2 + 0.00100531 \text{ m}^2 =$ $0.00259181 \text{ m}^2$	m <sup>2</sup>	3300	0.08653	282
	> Processing of metals - hot galvanising - per m <sup>2</sup> , 100µm thick, including zinc				
33 unités : 0.00259181 m <sup>2</sup> x 33 = 0.08552973 m <sup>2</sup>					
Bouillon (33x)	$\text{surface} : 2\pi(0.015\text{m})^2 + (2\pi(0.015\text{m} \times 0.016\text{m}) + (2\pi(0.01\text{m} \times 0.07\text{m})) =$ $0.00141372 \text{ m}^2 + 0.00150796 \text{ m}^2 + 0.00439823 \text{ m}^2 =$ $0.00731991 \text{ m}^2$	m <sup>2</sup>	3300	0.24156	797
33 unités : 0.00731991 m <sup>2</sup> x 33 = 0.24155703 m <sup>2</sup>					
rondelle (66x)	$\text{surface} : (\pi(0.0185\text{m})^2 - \pi(0.011\text{m})^2) \times 2 = 0.00139015 \text{ m}^2$ $2\pi(0.0185\text{m} \times 0.008\text{m}) = 0.00092991 \text{ m}^2$ $2\pi(0.011\text{m} \times 0.008\text{m}) = 0.00055292 \text{ m}^2$ $0.00139015 \text{ m}^2 + 0.00092991 \text{ m}^2 + 0.00055292 \text{ m}^2 =$ $0.00287298 \text{ m}^2$	m <sup>2</sup>	3300	0.18962	626
66 unités : 0.00287298 m <sup>2</sup> x 66 = 0.18961698 m <sup>2</sup>					
	> Processing of metals - hot galvanising - per m <sup>2</sup> , 100µm thick, including zinc				
Plaque d'ancrage	> Exclue de l'étude - règle d'exclusion C	m <sup>2</sup>	n. d.	-	0
<b>FABRICATION - MÉLANGE : CAOUTCHOUC</b>					
mélangeur	> Données non-disponibles pour le mélange de caoutchouc Exclue de l'étude - règle d'exclusion B	kwh	n. d.	-	0
<b>FABRICATION - MOULAGE : CAOUTCHOUC</b>					
panneau (3x)	presse : 180°C = 0.085 kwh/kg (chauffage) 0.003 kwh/kg (opérations mécaniques) quantité : 498.12 kg par section : 498.12 kg x 0.088 kwh/kg x 3 = 131.50 kwh	kwh	22	131.5	2893
	> electricity - electr. HV Europe (UCPTE) - high voltage (24 kVolt)				
	ASSOCIATION CANADIENNE DE L'INDUSTRIE DU CAOUTCHOUC, 1997. <i>Occasion de publier l'efficacité énergétique dans l'industrie canadienne du caoutchouc, Association canadienne de l'industrie du caoutchouc, ISBN: 0-862-25757-x, p.68</i>				

**ACVS - ECRAN ANTIBRUIT EN CAOUTCHOUC RECYCLE (EACR)**

calculs		éco-indicateur 99	unité	indicateur	quantité	millipoints
<b>DISTRIBUTION - TRANSPORT :</b>						
	transport	PANNEAU + COLONNE + QUINCAILLERIE	km	-	-	0
> (Cette partie fait l'objet de scénarios de transport)						

calculs		éco-indicateur 99	unité	indicateur	quantité	millipoints
<b>USAGE - INSTALLATION :</b>						
		PANNEAU + COLONNE + QUINCAILLERIE		-	-	0
> Exclue de l'étude - règle d'exclusion G						

calculs		éco-indicateur 99	unité	indicateur	quantité	millipoints
<b>FIN DE VIE - SITE D'ENFOUISSEMENT :</b>						
	panneau	PANNEAU + COLONNE + QUINCAILLERIE	kg	-	-	0
	colonne		kg	-	-	0
	quincaillerie		kg	-	-	0

## Étape de DISTRIBUTION - quatre scénarios pour le transport des deux types d'écran antibruit

Les impacts sont calculés selon les mêmes flux de référence, c'est-à-dire 100 sections d'ÉAB et 253 sections d'ÉACR

Poids des infrastructures à transporter :				x 100	TOTAL
	ÉAB :	panneau(x) 8412 kg	colonne 1064 kg		
	ÉACR :	1494	227 kg	11.83265 kg	x 253
					947.7 tonnes
					438.4 tonnes

DISTANCES PARCOURUES (KILOMÈTRES)	ÉTUDE 1		ÉTUDE 2		ÉTUDE 3		ÉTUDE 4	
	Montréal jusqu'à Montréal = 20km	Camion 40t (transport - truck 40t - road transport with 50% load (european average including return))	15 MP par Tonne x KM	Montréal jusqu'à Toronto = 440km	Camion 40t (transport - truck 40t - road transport with 50% load (european average including return))	15 MP par Tonne x KM	Montréal jusqu'à Vancouver = 3734km	Camion 40t (transport - truck 40t - road transport with 50% load (european average including return))
Montréal jusqu'à la station de chargement du train = 20km	Camion 40t (transport - truck 40t - road transport with 50% load (european average including return))	15 MP par Tonne x KM	Station de chargement du train jusqu'à Vancouver = 3694km	Train (transport - rail transport - rail transport, 20% diesel and 80% electric trains)	3.9 MP par Tonne x KM	Vancouver jusqu'au lieu d'installation = 20km	Camion 40t (transport - truck 40t - road transport with 50% load (european average including return))	15 MP par Tonne x KM

ÉTUDE 1 Montréal jusqu'à Montréal = 20km (camion 40t)			
ÉCRAN ANTIBRUIT EN BÉTON (ÉAB)		ÉCRAN ANTIBRUIT EN CAOUTCHOUC RECYCLÉ (ÉACR)	
TOTAL	7,146,281 MP	TOTAL	10,734,917 MP
Étape de distribution		Étape de distribution	
947.7 tonnes x 20km x 15MP =	284,310 MP	438.4 tonnes x 20km x 15MP =	131,520 MP
	<u>7,430,591 MP</u>		<u>10,866,437 MP</u>

ÉTUDE 2 Montréal jusqu'à Toronto = 440km (camion 40t)			
ÉCRAN ANTIBRUIT EN BÉTON (ÉAB)		ÉCRAN ANTIBRUIT EN CAOUTCHOUC RECYCLÉ (ÉACR)	
TOTAL	7,146,281 MP	TOTAL	10,734,917 MP
Étape de distribution		Étape de distribution	
947.7 tonnes x 440km x 15MP =	6,254,820 MP	438.4 tonnes x 440km x 15MP =	2,893,440 MP
	<u>13,401,101 MP</u>		<u>13,628,367 MP</u>

ÉTUDE 3 Montréal jusqu'à Vancouver = 3734km (camion 40t)			
ÉCRAN ANTIBRUIT EN BÉTON (ÉAB)		ÉCRAN ANTIBRUIT EN CAOUTCHOUC RECYCLÉ (ÉACR)	
TOTAL	7,146,281 MP	TOTAL	10,734,917 MP
Étape de distribution		Étape de distribution	
947.7 tonnes x 3734km x 15MP =	53,080,677 MP	438.4 tonnes x 3734km x 15MP =	24,554,784 MP
	<u>60,226,958 MP</u>		<u>35,289,701 MP</u>

ÉTUDE 4 Montréal jusqu'à la station de chargement du train = 20km (camion 40t) Station de chargement du train jusqu'à Vancouver = 3694km (train) Vancouver jusqu'au lieu d'installation = 20km (camion 40t)			
ÉCRAN ANTIBRUIT EN BÉTON (ÉAB)		ÉCRAN ANTIBRUIT EN CAOUTCHOUC RECYCLÉ (ÉACR)	
TOTAL	7,146,281 MP	TOTAL	10,734,917 MP
Étape de distribution		Étape de distribution	
947.78 tonnes x 20km x 15MP =	284,310 MP	438.4 tonnes x 20km x 15MP =	131,520 MP
947.7 tonnes x 3694km x 3,9MP =	13,653,134 MP	438.4 tonnes x 3694km x 3,9MP =	6,315,853 MP
947.7 tonnes x 20km x 15MP =	284,310 MP	438.4 tonnes x 20km x 15MP =	131,520 MP
	<u>21,368,036 MP</u>		<u>17,313,810 MP</u>



## **ANNEXE D**

Quantification et association des procédés et matériaux aux indicateurs - *CompuSpot 150*.

# ACVS - poste de débosselage Compuspot 150

## A - PRODUCTION DE MATÉRIAUX

description	calculs	facteur	quantité	millipoints
<b>Acier</b>				
> Production of building material - converter steel block material containing only primary steel				
boîtier haut		94	1 798000	189 01
vis (lepping screw)		94	0 008000	0 75
poignée de transport		94	0 324000	30 46
barre en "L"		94	0 220000	20 68
boulon		94	0 010560	0 99
rondelle		94	0 001760	0 17
rondelle dentellée		94	0 000640	0 06
boîtier arrière		94	1 646000	154 72
boulon		94	0 023680	2 23
écrou		94	0 008480	0 80
rondelle dentellée (étoilée)		94	0 001280	0 12
boîtier avant		94	0 828000	77 83
boulon		94	0 011840	1 11
écrou		94	0 004240	0 40
rondelle dentellée (étoilée)		94	0 000640	0 06
rondelle hexagonale pour bouton (25 unités pèsent 0 044 kg)		94	0 003520	0 33
terminaux		94	0 003360	0 32
marteau		94		
embout poignée		94	0 403000	37 88
poids		94	1 376000	129 34
autres (tige, adaptateur poignée)		94	0 591000	54 81
vis papillon pour adaptateur de la tige de carbone		94	0 005000	0 47
mandrin pour extraction - rondelles		94	0 104000	9 78
mandrin pour extraction - clous		94	0 184000	17 30
vis pour poignée d'opération		94	0 018000	1 69
vis hexagonale pour pointe - rondelles		94	0 002000	0 19
transformateur		94		
plaque dessous		94	0 338000	31 77
plaques		94	12 256000	1152 25
boulon		94	0 004640	0 44
écrou		94	0 011760	1 11
rondelle		94	0 005200	0 49
rondelle pour barrer		94	0 001680	0 16
consommables		94		
Étoiles (10)		94	0 106920	10 05
rondelles (100)		94	0 206910	19 45
rivets (100)		94	0 035640	3 35
clous (100)		94	0 142580	13 40
câble ondulé (environ 1/2 lbs, 227 kg)		94	0 228680	21 50
attache de courroie de nylon		94	0 001711	0 16
		94	20 908711	1966 42
		kg		

> Note 95% du poids total en Fe et le plaquage à 1%

0 0309 / 18 boîtes

**Aluminium**  
> Production of non temp metals - Aluminium 0% Recycled  
Block containing only primary material

support pour panneau électronique  
 petit  
 grand

kg 780 0.005040 3.93  
 kg 780 0.101600 79.25  
**kg 780 0.106640 83.18**

**Cuivre**

> Production of non ferrous metals - Copper  
 Block, containing only primary material

cylindre à l'intérieure de la poignée pour souder

kg 1400 0.498000 613.20

adaptateur pour tige de carbone

kg 1400 0.066000 92.40

plaque sur la tige de carbone

kg 1400 0.007918 11.09

$(\pi \times 0.384 - \pi \times 0.379) \times 4.5 = 0.05393 \text{ po.}^2 = 8.837544\text{e-}007 \text{ m}^2$

$8.837544\text{e-}007 \text{ m}^2 \times 8960 \text{ Kg/m}^2 = 0.007918439424 \text{ Kg}$

pointe - rivets

kg 1400 0.040000 56.00

pointe - clous

kg 1400 0.062000 86.80

pointe - rétreint

kg 1400 0.062000 86.80

pointe - électrode de soudage

kg 1400 0.045000 63.00

pointe - rondelles

kg 1400 0.046000 64.40

pointe demi-lune

kg 1400 0.038000 53.20

pièce pour la mise à terre (cylindre + "L")

kg 1400 0.138000 193.20

interrupteur (Rocker switch)

kg 1400 0.003000 4.20

contacts

consommables

étouilles (10)

rondelles (100)

rivets (100)

clous (100)

câble ondulé (environ 1/2 lbs. 227 kg)

tige ce Carbone  $(\pi(0.97536 \text{ cm})^2 - \pi(0.96286 \text{ cm})^2) \times 11.43 \text{ cm} = 0.883808 \text{ cm}^2 \times 0.00896 \text{ kg/cm}^2 = 0.007919 \text{ kg}$   
 (15.5 présent 0.240 kg) donc, 78" = 1.208 kg  
 (15.5 présent 0.240 kg) donc, 78" = 1.208 kg

câble - soudage

câble - mise à terre

câble - alimentation

gaine blanche

gaine noire

gaine verte

câble - interrupteur

gaine blanche

gaine noire

transformateur

bobine secondaire

fil de cuivre (12 gauge - 80 mil.)

terminaux gros

terminaux petits

> Note : 1% du poids total en Cu et le Fe a 99%

kg 1400 0.007919 11.09  
 kg 1400 1.208000 1691.20  
 kg 1400 1.208000 1691.20

kg 1400 0.237500 332.50  
 kg 1400 0.237500 332.50  
 kg 1400 0.237500 332.50

kg 1400 0.015000 21.00  
 kg 1400 0.015000 21.00

kg 1400 1.195000 1673.00  
 kg 1400 1.116000 1562.40  
 kg 1400 0.040667 56.93  
 kg 1400 0.003360 4.70  
**kg 1400 6.474644 9064.50**

<b>Laiton (Cu + Zn) ou la teneur en Cu varie entre 66% et 95%</b>			1400	
> Production of non ferro metals - Copper Block, containing only primary material				
> Production of non ferro metals - zinc Block, containing only primary material (plating quality)			3200	
donc, $(1400 \times 80 + 3200 \times 20) / 100 = 1760$ mpts		kg	1760	0.026000
prises bout du fil (3)				45.76
marteau				
adaptateur - étoile		kg	1760	0.283000
interrupteur (General purpose single pole)				498.08
composantes		kg	1760	0.008000
		<b>kg</b>	<b>1760</b>	<b>0.317000</b>
				<b>567.92</b>
<b>PVC</b>				
> Production of plastic granulate - PVC (flexible) Flexible PVC with 50% plasticizers (crude estimate)				
câble noir - soudage (15.5" li. pèsent 0.050 kg donc, 78" = 0.252 kg)		kg	240	0.252000
câble noir - mise à terre (15.5" li. pèsent 0.050 kg donc, 78" = 0.252 kg)		kg	240	0.252000
câble noir - interrupteur (60" pèsent 0.038 kg) donc, 82" = 0.052 kg)		kg	240	0.052000
gaine blanche (60" pèsent 0.005 kg) donc, 82" = 0.007 kg)		kg	240	0.007000
gaine noire (60" pèsent 0.005 kg) donc, 82" = 0.007 kg)		kg	240	0.007000
isolant (60" po. pèsent 0.001 kg) donc, 82" = 0.001367 kg)		kg	240	0.001367
câble noir - alimentation (24" pèsent 0.105kg) donc, 288" = 1.26 kg)		kg	240	1.260000
gaine blanche (24" pèsent 0.012 kg) donc, 300" = 0.15 kg)		kg	240	0.150000
gaine noire (24" pèsent 0.012 kg) donc, 300" = 0.15 kg)		kg	240	0.150000
gaine verte (24" pèsent 0.012 kg) donc, 300" = 0.15 kg)		kg	240	0.150000
prise		kg	240	0.080000
		<b>kg</b>	<b>240</b>	<b>2.361367</b>
				<b>566.73</b>
<b>Carbone</b>				
> Carbonblack Used for colouring and as filler				
lège de carbone		kg	180	0.018
				3.24
<b>Papier</b>				
> Production of packaging materials - Paper Containing 65% waste paper CO2 absorption in growth stage				
bande - autocollant SBR (41 mcx : pèse 0.0 kg)		kg	96	0.000000
support adhésif (10 mcx pèsent 0.001 kg)		kg	96	0.000100
emballage				
feuille check list		kg	96	0.001000
cahier d'instruction	cahier ang (0.084 kg) et cahiers franco (0.132 kg) [(0.084 kg + 0.132 kg) + 0.084 kg] / 2	kg	96	0.150000
		<b>kg</b>	<b>96</b>	<b>0.151100</b>
				<b>14.51</b>
<b>Carton</b>				
> Production of packaging materials - Packaging carton CO2 absorption in growth stage disregarded				
emballage		kg	69	0.250000
				17.25
<b>Polyéthylène basse densité + Lamine PP ou PE (60/60)</b>				
> Production of plastic granulate LDPE				
emballage - mousse de protection		kg	360	0.086000
				31.68

<b>Polyéthylène Basse densité - PEBD (HDPE)</b>		<i>&gt; Production of plastic granulate</i>	
		<i>LDPE</i>	
emballage - sacs pour consommables			
étouilles		360	0.002000
rondelles		360	0.002000
rivets		360	0.001000
clous		360	0.003000
câble ondulé		360	0.010000
emballage - sacs pour instruction		360	0.009786
emballage - sacs pour marteau		360	0.009655
to le pour transport 64" x 72" pèse 0 218079 kg	0.218079 kg / 18 boîtes	360	0.012116
		<b>360</b>	<b>0.049567</b>
			<b>17.84</b>

<b>Polypropylène</b>		<i>&gt; Production of plastic granulate</i>	
		<i>PP</i>	
emballage (saran wrap)	104" li. = 0.020 kg, donc : 1400" li. = 0 2692307 kg 0.2692307 kg / 18 boîtes	330	0.014957
		<b>330</b>	<b>0.014957</b>
			<b>4.94</b>

<b>SBR open cell sponge, medium density 2.5 lbs. par pouce<sup>3</sup></b>		<i>&gt; Production of rubbers</i>	
		<i>EPDM rubber - Vulcanised with 44% carbon, including moulding</i>	
coussins de mousse sur le boîtier		360	0.003625
		<b>360</b>	<b>0.003625</b>
			<b>1.31</b>

<b>ZYTEL®408HS (Nylon 6/6)</b>		<i>&gt; Production of plastic granulate</i>	
		<i>PA 6.6</i>	
poignée d'opération			
partie inférieure		630	0.036000
partie supérieure		630	0.036000
pambe pour interrupteur		630	0.034000
		<b>630</b>	<b>0.106000</b>
			<b>66.76</b>

<b>NOMEX® ou MPDl - poly(metaphénylène isophthalamide) aromatique polyamide ou fibre d'aramide (type de Nylon)</b>		<i>&gt; Production of plastic granulate</i>	
		<i>PA 6.6</i>	
langnette isolante dans le transformateur		630	0.050000
langnette isolante dans la poignée		630	0.005200
		<b>630</b>	<b>0.055200</b>
			<b>34.78</b>

<b>Nylon 6/6</b>		<i>&gt; Production of plastic granulate</i>	
		<i>PA 6.6</i>	
passe-clouison		630	0.008600
câble d'alimentation		630	0.004160
câble de soudage		630	0.001040
câble pour l'interrupteur		630	0.005000
interrupteur (Rocker switch)	(10 mcx pésent 0.015 kg)	630	0.001500
support-adhésif / attaches	(35 mcx pésent 0.014 kg)	630	0.000400
attaches		<b>630</b>	<b>0.020700</b>
			<b>13.04</b>

<b>Lamier (résine de polyester renforcé de fibres de verre)</b>		> indicateur non-disponible	
transformateur			
4 mcx : 1/16" x 7/8" x 4"	kg	n.d.	0.240000
10 mcx : 1/4" x 3/8" x 4"	kg	n.d.	0.106000
12 mcx : 1/8" x 3/8" x 4"	kg	n.d.	0.057000
	-	n.d.	<b>0.403000</b>
<b>Glass tape (ruban adhésif - fibre de verre)</b>		> indicateur non-disponible	
transformateur	kg	n.d.	0.012500
(10"3/4 présent 0.0015 kg donc, 88" = 0.0125kg)			
<b>Dracon tape (uban adhésif - polyester)</b>		> indicateur non-disponible	
transformateur	kg	n.d.	0.006257
(89.5 présent 0.005 kg) donc, 112" = 0.0063 kg)			
<b>Filament tape (uban adhésif - polyester + fibre de verre)</b>		> indicateur non-disponible	
transformateur	kg	n.d.	0.027813
(8" présent 0.0005 kg) donc, 445" = 0.0125kg)			
<b>Rubanautocollant double face</b>		> indicateur non-disponible	
support adhésif	kg	n.d.	0.000100
(10 mcx présent 0.001 kg)			
<b>Résine (verni type H) inod. polyester + xylol</b>		> indicateur non-disponible	
transformateur			
filage de cuivre	kg	n.d.	0.00
agraffe	kg	n.d.	0.00
	kg	n.d.	<b>0.000000</b>
<b>Peinture</b>		> indicateur non-disponible	
boîtier en acier	kg	n.d.	0.00
sériographie sur boîtier	kg	n.d.	0.00
	kg	n.d.	<b>0.00</b>
<b>Nylon</b>		> Production of plastic granulate PA 6.6	
courroie d'emballage			
204.5" li. présent 0.022 kg, donc 660" présent 0.071002 kg	kg	630	0.003945
0.071002 kg / 18 boîtes			
interrupteur (General purpose single pole)	kg	630	0.000000
bouton blanc (poids négligeable)	kg	630	<b>0.003945</b>
			<b>2.49</b>

<b>Bois franc</b>					
		> Production of building material - Wood massive - European wood (FSC criteria), CO2 absorption in growth stage disregarded			
palette de transport	bois dur = 63 kg. (50%) pour 18 appareils			kg	6.6
	bois mou = 35 kg. (50%) pour 18 appareils			kg	6.6
				<b>kg</b>	<b>17.97</b>
<b>Bois - panneau d'aggloméré</b>					
		> Production of building material - Wood board - European wood (FSC criteria), CO2 absorption in growth stage disregarded			
planche pour transport	0 5"x26 75"x11.5" (153 8125%) pèse 1 556 kg donc, 514.5 "pèsent 5.204792 kg/18 boîtes			kg	39
				<b>kg</b>	<b>11.28</b>
<b>Résine phénoliques</b>					
		> Indicateur non-disponible			
bouton (0 006 kg)				kg	n.d.
interrupteur (General purpose single pole)				kg	n.d.
				<b>kg</b>	<b>0.017000</b>
<b>Stainless Steel</b>					
		> indicateur non-disponible			
interrupteur (General purpose single pole)				kg	n.d.
ressorts				<b>kg</b>	<b>0.000000</b>
					<b>0.00</b>

# ACVS - poste de débosselage Compuspot 150

## B - FABRICATION

description	calculs	eco-indicateur B9	unité	indicateur	quantité	millipoints
-------------	---------	-------------------	-------	------------	----------	-------------

### Acier - mise en forme

#### Fabrication de feuilles

> Sheet production per kg production of sheet out of block material

boîtier			kg	30	4.272000	128.16
barre en L transformateur			kg	30	0.220000	6.60
plaque dessous			kg	30	0.336000	10.14
plaques			kg	30	12.256000	367.74
			kg	30	17.068000	512.64

#### Découpage

> Indicateur non-disponible

nd

-

0.00

#### Perçage

> Milling, turning, drilling

per dm3 removed material, without production of lost material

plaque acier transformateur			dm <sup>3</sup>	800	0.008837	7.07
5 trous de 15/64	$5\pi(0.02376563 \text{ dm})^2 \times 0.635 \text{ dm} =$	$0.008837 \text{ dm}^3$				

#### boîtier (0.0625")

6 trous dia. 0.125"	$6\pi(0.015875 \text{ dm})^2 \times 0.015875 \text{ dm} =$	$0.000075 \text{ dm}^3$
18 trous 0.25"	$18\pi(0.03175 \text{ dm})^2 \times 0.015875 \text{ dm} =$	$0.000905 \text{ dm}^3$
2 trous 0.375"	$2\pi(0.047625 \text{ dm})^2 \times 0.015875 \text{ dm} =$	$0.000226 \text{ dm}^3$
1 trou 0.5"	$\pi(0.0635 \text{ dm})^2 \times 0.015875 \text{ dm} =$	$0.000201 \text{ dm}^3$
1 trou 0.875"	$\pi(0.11125 \text{ dm})^2 \times 0.015875 \text{ dm} =$	$0.000616 \text{ dm}^3$
2 trous 1"	$2\pi(0.127 \text{ dm})^2 \times 0.015875 \text{ dm} =$	$0.001609 \text{ dm}^3$
2 trous 0.5"x0.75"	$0.127 \text{ dm} \times 0.1905 \text{ dm} \times 0.015875 \text{ dm} =$	$0.000384 \text{ dm}^3$
barre en "L" [2π(0.03175 dm + 0.0635 dm)] x 0.015875 dm =	$0.000229 \text{ dm}^3$	
	$0.004245 \text{ dm}^3$	

#### Embossage

> Processing of metals

Shearing/stamping – steel per mm<sup>2</sup> cutting surface

boîtier	$6 \times (127 \text{ mm} \times 19.05 \text{ mm})$	$14516.10 \text{ mm}^2$
	$4\pi(15.875 \text{ mm})^2$	$3166.92 \text{ mm}^2$
		$17683.02 \text{ mm}^2$

#### Usinage

> Milling, turning, drilling

per dm<sup>3</sup> removed material, without production of lost material

poignée de transport			dm <sup>3</sup>	800	0.000050	0.04
rondelle	$2 \times \pi(0.03175 \text{ dm})^2 \times 0.0079375 \text{ dm} =$	$0.000050 \text{ dm}^3$				



rondelle dentelée	$2 \times \pi \times 0.03175 \text{ dm}^2 \times 0.00396875 \text{ dm} = 0.000050 \text{ dm}^3$ $6 \times [\pi(0.0635 \text{ dm})^2 - \pi(0.03175 \text{ dm})^2] \times 0.00396875 \text{ dm} = \frac{0.000226 \text{ dm}^3}{0.000277 \text{ dm}^3}$	dm <sup>3</sup>	800	0.000277	0.22
boîtier					
rondelle					
rondelle dentelée	$6 \times \pi \times 0.03175 \text{ dm}^2 \times 0.0079375 \text{ dm} = 0.000151 \text{ dm}^3$ $6 \times \pi \times 0.03175 \text{ dm}^2 \times 0.00396875 \text{ dm} = 0.000151 \text{ dm}^3$ $6 \times [\pi(0.0635 \text{ dm})^2 - \pi(0.03175 \text{ dm})^2] \times 0.00396875 \text{ dm} = \frac{0.000226 \text{ dm}^3}{0.000377 \text{ dm}^3}$	dm <sup>3</sup>	800	0.000377	0.30
rondelle hexagonale					
écrou	$2 \times \pi \times 0.047625 \text{ dm}^2 \times 0.0238125 \text{ dm} = 0.000191 \text{ dm}^3$ $6 \times \pi \times (0.0238125 \text{ dm})^2 \times 0.047625 \text{ dm} = 0.000509 \text{ dm}^3$	dm <sup>3</sup>	800	0.000191	0.15
transformateur					
écrou	$2 \times \pi \times 0.03571875 \text{ dm}^2 \times 0.0635 \text{ dm} = 0.000509 \text{ dm}^3$	dm <sup>3</sup>	800	0.000509	0.41
rondelle	$4 \times \pi \times (0.04365625 \text{ dm})^2 \times 0.015875 \text{ dm} = 0.000380 \text{ dm}^3$	dm <sup>3</sup>	800	0.000380	0.30
rondelle (bloque)					
mandrin - rondelle	$2 \times \pi \times (0.0396875 \text{ dm})^2 \times 0.0238125 \text{ dm} = 0.000236 \text{ dm}^3$ $[\pi(0.1031875 \text{ dm})^2 \times 0.127 \text{ dm}] / 2 = 0.002124 \text{ dm}^3$ $\pi(0.047625 \text{ dm})^2 \times 0.41275 \text{ dm} = \frac{0.002941 \text{ dm}^3}{0.005065 \text{ dm}^3}$	dm <sup>3</sup>	800	0.000236	0.19
mandrin - clou	$\pi(0.047625 \text{ dm})^2 \times 0.508 \text{ dm} = 0.003620 \text{ dm}^3$ $\pi(0.015875 \text{ dm})^2 \times 0.111125 \text{ dm} = 0.000088 \text{ dm}^3$ $\pi(0.0079375 \text{ dm})^2 \times 0.142875 \text{ dm} = 0.000028 \text{ dm}^3$ $[(0.4445 \text{ dm} \times 0.127 \text{ dm}) / 2] \times 0.03175 \text{ dm} = \frac{0.000896 \text{ dm}^3}{0.004632 \text{ dm}^3}$	dm <sup>3</sup>	800	0.005065	4.05
marteau (energetic slide hammer)					
poids					
cylindre - paignée	$\pi(0.071755 \text{ dm})^2 \times 1.0668 \text{ dm} = 0.17256 \text{ dm}^3$ $[\pi(0.254 \text{ dm})^2 - \pi(0.23495 \text{ dm})^2] \times 0.8128 \text{ dm} = 0.023784 \text{ dm}^3$	dm <sup>3</sup>	800	0.004632	3.71
écrou-gros	$\pi(0.111125 \text{ dm})^2 \times 0.06985 \text{ dm} = 0.002710 \text{ dm}^3$	dm <sup>3</sup>			
écrou-petit	$\pi(0.05715 \text{ dm})^2 \times 0.10922 \text{ dm} = 0.001121 \text{ dm}^3$	dm <sup>3</sup>			
tige	$\pi(0.04445 \text{ dm})^2 \times 0.07874 \text{ dm} = 0.000489 \text{ dm}^3$ $[\pi(0.0635 \text{ dm})^2 - \pi(0.047625 \text{ dm})^2] \times 0.254 \text{ dm} = 0.001408 \text{ dm}^3$	dm <sup>3</sup>			

## adaptateur-poignée

$$\pi(0.034925 \text{ dm})^2 \times 0.15621 \text{ dm} = 0.000599 \text{ dm}^3$$

$$\pi(0.112395 \text{ dm})^2 \times 0.254 \text{ dm} = 0.010080 \text{ dm}^3$$

$$\pi(0.05715 \text{ dm})^2 \times 0.127 \text{ dm} = \frac{0.001303 \text{ dm}^3}{0.058749 \text{ dm}^3}$$

dm<sup>3</sup> 800 0.058749 47.00

## consommables

## rondelle

$$\pi(0.04365625 \text{ dm})^2 \times 0.015875 \text{ dm} = 0.000095 \text{ dm}^3$$

dm<sup>3</sup> 800 0.009505 7.60

## étai

$$3 \times (0.41275 \text{ dm} \times 0.047625 \text{ dm}) \times 0.015875 \text{ dm} = \frac{0.000154 \text{ dm}^3}{0.000936 \text{ dm}^3}$$

$$0.001090 \text{ dm}^3$$

dm<sup>3</sup> 800 0.010901 8.72**kg 800 0.091533 73.23**

## Pliage

&gt; Bending – steel

one sheet of 1mm over width of 1 metre, bending 90 degrees

## support pour la poignée

attache courroie de nylon

poignée transport - dia. 16mm

mandrin - rondelle - crochet dia. 6 mm

bottier (118.75" de pliage)

m ll.	0.00008	0.241300	0.00
m ll.	0.00008	0.076200	0.00
m ll.	0.00008	0.032000	0.00
m ll.	0.00008	0.006000	0.00
m ll.	0.00008	3.016250	0.00
<b>kg</b>	<b>0.00008</b>	<b>3.371750</b>	<b>0.00</b>

## Filetage

&gt; Indicateur non-disponible

- nd - 0.00

## Extrusion

&gt; Indicateur non-disponible

- nd - 0.00

**Acier - zincage**> Electrolytic galvanising per m<sup>2</sup>. 2.5 µm thick, double sided, data fairly unreliable

## poignée de transport

barre en "L"

$$2 \times (0.079375 \text{ m} \times 0.2413 \text{ m}) + (0.0762 \text{ m} \times 0.0016675 \text{ m}) = 0.019274 \text{ m}^2$$

x 2 unités

rondelle

$$2 \times [\pi(0.00635 \text{ m})^2 - \pi(0.003175 \text{ m})^2] = 0.000190 \text{ m}^2$$

$$2\pi(0.00635 \text{ m} \times 0.00079375 \text{ m}) = 0.000032 \text{ m}^2$$

$$2\pi(0.003175 \text{ m} \times 0.00079375 \text{ m}) = \frac{0.000016 \text{ m}^2}{0.000238 \text{ m}^2}$$

x 2 unités

rondelle dentelée

$$2 \times [\pi(0.00635 \text{ m})^2 - \pi(0.0047625 \text{ m})^2] / 2 = 0.000055 \text{ m}^2$$

$$2 \times [\pi(0.0047625 \text{ m})^2 - \pi(0.003175 \text{ m})^2] = 0.000079 \text{ m}^2$$

$$2 \times (2\pi(0.00635 \text{ m} \times 0.000396875 \text{ m}) = 0.000032 \text{ m}^2$$

$$2\pi(0.003175 \text{ m} \times 0.000396875 \text{ m}) = \frac{0.000008 \text{ m}^2}{0.000174 \text{ m}^2}$$

x 2 unités

m<sup>2</sup> 130 0.000475 0.06m<sup>2</sup> 130 0.038548 5.01m<sup>2</sup> 130 0.000348 0.05

boîtier							
boulon	$2x \pi(0.01349375 \text{ m})^2 = 0.001144 \text{ m}^2$						
	$6x(0.00714375 \text{ m} \times 0.0047625 \text{ m}) = 0.000204 \text{ m}^2$						
	$2\pi(0.00396875 \text{ m} \times 0.0206375 \text{ m}) = 0.000515 \text{ m}^2$						
	$0.001863 \text{ m}^2$						
écrous							
	$2x [\pi(0.01349375 \text{ m})^2 - \pi(0.00396875 \text{ m})^2] = 0.001045 \text{ m}^2$						
	$6x(0.00714375 \text{ m} \times 0.00635 \text{ m}) = 0.000151 \text{ m}^2$						
	$2\pi(0.00396875 \text{ m} \times 0.00635 \text{ m}) = 0.000158 \text{ m}^2$						
	$0.001355 \text{ m}^2$						
rondelles							
	$2x [\pi(0.00873125 \text{ m})^2 - \pi(0.00436625 \text{ m})^2] = 0.000359 \text{ m}^2$						
	$2\pi(0.00436625 \text{ m} \times 0.0015875 \text{ m}) = 0.000044 \text{ m}^2$						
	$2\pi(0.00873125 \text{ m} \times 0.0015875 \text{ m}) = 0.000087 \text{ m}^2$						
	$0.000490 \text{ m}^2$						
terminaux							
	$2x [\pi(0.005953125 \text{ m})^2 - \pi(0.003571875 \text{ m})^2] = 0.000143 \text{ m}^2$						
	$2\pi(0.005953125 \text{ m} \times 0.00079375 \text{ m}) = 0.000030 \text{ m}^2$						
	$2\pi(0.003571875 \text{ m} \times 0.00079375 \text{ m}) = 0.000018 \text{ m}^2$						
	$[0.01190625 + 3x(0.00655)] \times 0.00079375 \text{ m} = 0.000009 \text{ m}^2$						
	$0.000190 \text{ m}^2$						
vis							
	$2x \pi(0.00436625 \text{ m})^2 = 0.000120 \text{ m}^2$						
	$[2\pi(0.00436625 \text{ m} \times 0.003175) - \pi(0.0015875)^2] = 0.000079 \text{ m}^2$						
	$2\pi(0.0015875 \text{ m} \times 0.0127) = 0.000127 \text{ m}^2$						
	$0.000326 \text{ m}^2$						
rondelle hexagonale							
	$2x [\pi(0.007540625 \text{ m})^2 - \pi(0.0047625 \text{ m})^2] = 0.000215 \text{ m}^2$						
	$2\pi(0.0047625 \text{ m} \times 0.00238125 \text{ m}) = 0.000143 \text{ m}^2$						
	$6x(0.015875 \text{ m} \times 0.00238125 \text{ m}) = 0.000227 \text{ m}^2$						
	$0.000584 \text{ m}^2$						
mandrin pour extraction - rondelles							
	$6x(0.011125 \text{ m} \times 0.0381 \text{ m}) = 0.002540 \text{ m}^2$						
	$\pi(0.01031875 \text{ m})^2 = 0.000335 \text{ m}^2$						
	$6x(0.011125 \text{ m} \times 0.0127 \text{ m}) = 0.000847 \text{ m}^2$						
	$2\pi(0.003175 \text{ m} \times 0.053975 \text{ m}) = 0.001077 \text{ m}^2$						
	$\pi(0.003175 \text{ m})^2 = 0.000032 \text{ m}^2$						
	$2x \pi(0.009525)^2 = 0.000570 \text{ m}^2$						
	$6x(0.00555625 \text{ m} \times 0.0047625 \text{ m}) = 0.000159 \text{ m}^2$						
	$0.005559 \text{ m}^2$						
mandrin pour extraction - crous							
	$6x(0.011125 \text{ m} \times 0.0889 \text{ m}) = 0.005927 \text{ m}^2$						
	$2x \pi(0.01031875 \text{ m})^2 = 0.000669 \text{ m}^2$						
	$2\pi(0.00396875 \text{ m} \times 0.047625 \text{ m}) = 0.001188 \text{ m}^2$						
	$2\pi(0.0015875 \text{ m} \times 0.041275 \text{ m}) = 0.004117 \text{ m}^2$						
	$0.022225 \text{ m} \times 0.0428625 \text{ m} = 0.000953 \text{ m}^2$						
	$0.012854 \text{ m}^2$						

m² 130 0.003726 0.48

x 2 unités

m² 130 0.002709 0.35

x 4 unités

m² 130 0.000348 0.05

x 4 unités

m² 130 0.000571 0.07

x 3 unités

m² 130 0.001954 0.25

x 6 unités

m² 130 0.001168 0.15

x 2 unités

m² 130 0.005559 0.72

x 1 unités

m² 130 0.012854 1.67

x 1 unités

vis papillon pour adaptateur de la tige de carbone	$2\pi \cdot 0.00238125 \text{ m} \times 0.009525 \text{ m} = 0.000143 \text{ m}^2$ $2 \times \pi(0.00396875 \text{ m})^2 = 0.000999 \text{ m}^2$ $2\pi \cdot 0.00396875 \text{ m} \times 0.00635 \text{ m} = 0.000158 \text{ m}^2$ $2 \times [2 \times \pi(0.00396875 \text{ m})^2] = 0.000198 \text{ m}^2$ $2 \times [2\pi \cdot 0.00396875 \text{ m} \times 0.00238125 \text{ m}] = 0.000119 \text{ m}^2$ $0.000717 \text{ m}^2$	x 1 unités	130	0.000717	0.09
vis pour poignée d'opération	$2 \times \pi(0.00396875 \text{ m})^2 = 0.000999 \text{ m}^2$ $[2\pi \cdot 0.00396875 \text{ m} \times 0.0015875 \text{ m}] - \pi(0.0015875 \text{ m})^2 = 0.000032 \text{ m}^2$ $2\pi \cdot 0.0015875 \text{ m} \times 0.04445 \text{ m} = 0.000443 \text{ m}^2$ $0.000574 \text{ m}^2$	x 4 unités	130	0.000574	0.07
marteau					
poëds	$2\pi \cdot 0.0508 \text{ m} \times 0.106426 \text{ m} = 0.033970 \text{ m}^2$ $2 \times [\pi(0.0508 \text{ m})^2 - \pi(0.014351 \text{ m})^2] = 0.014921 \text{ m}^2$ $2\pi \cdot 0.014351 \text{ m} \times 0.106426 \text{ m} = 0.009596 \text{ m}^2$ $0.058487 \text{ m}^2$	x 1 unités	130	0.058487	7.60
cylindre-poignée	$2\pi \cdot 0.0111125 \text{ m} \times 0.13335 \text{ m} = 0.009311 \text{ m}^2$ $2 \times \pi(0.0111125 \text{ m})^2 = 0.000776 \text{ m}^2$ $0.010067 \text{ m}^2$	x 1 unités	130	0.010067	1.31
adaptateur-poignée	$2\pi \cdot 0.01905 \text{ m} \times 0.0381 \text{ m} = 0.004560 \text{ m}^2$ $\pi(0.01905 \text{ m})^2 - \pi(0.0112395 \text{ m})^2 = 0.000743 \text{ m}^2$ $\pi(0.01905 \text{ m})^2 - \pi(0.005715 \text{ m})^2 = 0.001037 \text{ m}^2$ $\pi(0.0112395 \text{ m})^2 - \pi(0.005715 \text{ m})^2 = 0.000294 \text{ m}^2$ $2\pi \cdot 0.0112395 \text{ m} \times 0.0254 \text{ m} = 0.001794 \text{ m}^2$ $2\pi \cdot 0.005715 \text{ m} \times 0.0127 \text{ m} = 0.000456 \text{ m}^2$ $0.008865 \text{ m}^2$	x 1 unités	130	0.008865	1.16
tige	$2\pi \cdot 0.0047625 \text{ m} \times 0.3048 \text{ m} = 0.009121 \text{ m}^2$ $2 \times \pi(0.0047625 \text{ m})^2 = 0.000143 \text{ m}^2$ $0.009263$	x 1 unités	130	0.009263	1.20
écrou-petit	$2\pi \cdot 0.0064709 \text{ m} \times 0.007874 \text{ m} = 0.000419 \text{ m}^2$ $2\pi \cdot 0.004445 \text{ m} \times 0.007874 \text{ m} = 0.000220 \text{ m}^2$ $\pi(0.0084709 \text{ m})^2 - \pi(0.0044445 \text{ m})^2 = 0.000163 \text{ m}^2$ $0.000602 \text{ m}^2$	x 1 unités	130	0.000602	0.10
écrou-gras	$2\pi \cdot 0.009398 \text{ m} \times 0.010922 \text{ m} = 0.000645 \text{ m}^2$ $2\pi \cdot 0.005715 \text{ m} \times 0.010922 \text{ m} = 0.000392 \text{ m}^2$ $\pi(0.009398 \text{ m})^2 - \pi(0.005715 \text{ m})^2 = 0.000175 \text{ m}^2$ $0.001212 \text{ m}^2$	x 1 unités	130	0.001212	0.16

vis papillon

$2\pi \times 0.003175 \text{ m} \times 0.015875 \text{ m} = 0.000317 \text{ m}^2$   
 $2 \times \pi(0.00635 \text{ m})^2 = 0.000253 \text{ m}^2$   
 $2\pi \times 0.00635 \text{ m} \times 0.0079375 \text{ m} = 0.000317 \text{ m}^2$   
 $2 \times (\pi(0.00396875 \text{ m})^2) = 0.000198 \text{ m}^2$   
 $2 \times (2\pi \times 0.00396875 \text{ m} \times 0.00238125 \text{ m}) = 0.000119 \text{ m}^2$   
 $0.001203 \text{ m}^2$

x 1 unités

m<sup>2</sup> 130 0.001203 0.16  
 kg 130 0.169490 20.73  
**Total**

Acier - plaquage de cuivre		consommables		> indicateur non-disponible	
Acier - phosphatage		boulon - poignée/bâtier		> indicateur non-disponible	
rondelles pour barrier - transformateur		Acier - peinture		boîtier	
Aluminium - mise en forme		Fabrication de feuilles		support d'aluminium	
Peyage		support d'aluminium		Pilage	
support d'aluminium		support d'aluminium		support d'aluminium	
1 trou de 1/4		1 trou de 1/4		1 trou de 1/4	
2 trous de 3/16		2 trous de 3/16		2 trous de 3/16	
3 trous de 1/8		3 trous de 1/8		3 trous de 1/8	
Pilage		support d'aluminium		support d'aluminium	
support d'aluminium		support d'aluminium		support d'aluminium	
Culture - mise en forme		Poignantage		transformateur	
transformateur		bobine secondaire		(2 trous de 5/16)	
bobine secondaire		(2 trous de 5/16)		2π(0.0396875 dm) <sup>2</sup> x 0.03175 dm = 0.000314 dm <sup>2</sup>	

**Usinage**

cylindre à l'intérieure de la poignée pour souder

$$\pi(0.065725 \text{ dm})^2 \times 0.1524 \text{ dm} = 0.003518 \text{ dm}^3$$

$$\pi(0.0635 \text{ dm})^2 \times 0.3556 \text{ dm} = 0.004505 \text{ dm}^3$$

$$\pi(0.045085 \text{ dm})^2 \times 0.28575 \text{ dm} = 0.001825 \text{ dm}^3$$

$$\pi(0.047625 \text{ dm})^2 \times 0.254 \text{ dm} = \frac{0.000181 \text{ dm}^3}{0.010029 \text{ dm}^3}$$

adaptateur pour tige de carbone

$$[\pi(0.084488 \text{ dm})^2 - \pi(0.043815 \text{ dm})^2] \times 0.22225 \text{ dm} = 0.004893 \text{ dm}^3$$

$$\pi(0.022225 \text{ dm})^2 \times 0.047625 \text{ dm} = 0.000074 \text{ dm}^3$$

$$\pi(0.0508 \text{ dm})^2 \times 0.254 \text{ dm} = \frac{0.002059 \text{ dm}^3}{0.007026 \text{ dm}^3}$$

pointe - rivets

$$[\pi(0.078486 \text{ dm})^2 - \pi(0.045085 \text{ dm})^2] \times 0.22225 \text{ dm} = 0.002882 \text{ dm}^3$$

$$\pi(0.023749 \text{ dm})^2 \times 0.02921 \text{ dm} = 0.000052 \text{ dm}^3$$

$$\pi(0.02667 \text{ dm})^2 \times 0.0381 \text{ dm} = 0.000085 \text{ dm}^3$$

$$\pi(0.0238125 \text{ dm})^2 \times 0.22225 \text{ dm} = 0.000396 \text{ dm}^3$$

$$[\pi(0.078486 \text{ dm})^2 - \pi(0.055118 \text{ dm})^2] \times 0.1906 \text{ dm} = \frac{0.001868 \text{ dm}^3}{0.005283 \text{ dm}^3}$$

pointe - clous

$$[\pi(0.078486 \text{ dm})^2 - \pi(0.045085 \text{ dm})^2] \times 0.22225 \text{ dm} = 0.002882 \text{ dm}^3$$

$$\pi(0.04064 \text{ dm})^2 \times 0.41275 \text{ dm} = 0.002142 \text{ dm}^3$$

$$\pi(0.031754 \text{ dm})^2 \times 0.09525 \text{ dm} = 0.000302 \text{ dm}^3$$

$$[\pi(0.078486 \text{ dm})^2 - \pi(0.031754 \text{ dm})^2] \times 0.09525 \text{ dm} = \frac{0.001542 \text{ dm}^3}{0.006867 \text{ dm}^3}$$

pointe - rétreint

$$[\pi(0.078486 \text{ dm})^2 - \pi(0.045085 \text{ dm})^2] \times 0.22225 \text{ dm} = 0.002882 \text{ dm}^3$$

$$[\pi(0.078486 \text{ dm})^2 - \pi(0.015875 \text{ dm})^2] \times 0.015875 \text{ dm} = \frac{0.000295 \text{ dm}^3}{0.003176 \text{ dm}^3}$$

pointe - électrode de soudage

$$[\pi(0.078486 \text{ dm})^2 - \pi(0.045085 \text{ dm})^2] \times 0.22225 \text{ dm} = 0.002882 \text{ dm}^3$$

$$\pi(0.039243 \text{ dm})^2 \times 0.22225 \text{ dm} = \frac{0.001075 \text{ dm}^3}{0.003957 \text{ dm}^3}$$

pointe - rondelles

$$[\pi(0.078486 \text{ dm})^2 - \pi(0.045085 \text{ dm})^2] \times 0.22225 \text{ dm} = 0.002882 \text{ dm}^3$$

$$[\pi(0.078486 \text{ dm})^2 \times 0.254 \text{ dm}] / 2 = 0.002458 \text{ dm}^3$$

$$\pi(0.03175 \text{ dm})^2 \times 0.09525 \text{ dm} = \frac{0.000302 \text{ dm}^3}{0.005641 \text{ dm}^3}$$

pointe demi-lune

$$0.0635 \text{ dm} \times 0.06525 \text{ dm} \times 0.015875 \text{ dm} = 0.000095 \text{ dm}^3$$

> Milling, turning, drilling  
per dm<sup>3</sup> removed material, without production of lost material

dm<sup>3</sup> 800 0.010029 8.02

dm<sup>3</sup> 800 0.007026 5.62

dm<sup>3</sup> 800 0.005283 4.23

dm<sup>3</sup> 800 0.006867 5.49

dm<sup>3</sup> 800 0.003176 2.54

dm<sup>3</sup> 800 0.003957 3.17

dm<sup>3</sup> 800 0.005641 4.51

dm<sup>3</sup> 800 0.000095 0.08

pièce pour la mise à terre (cylindre + 'L')

cylindre

$$\pi(0.06636 \text{ dm})^2 \times 0.10287 \text{ dm} = 0.002410 \text{ dm}^3$$

$$\pi(0.07747 \text{ dm})^2 \times 0.27613 \text{ dm} = \frac{0.005244 \text{ dm}^3}{0.007654 \text{ dm}^3}$$

dm<sup>3</sup> 800 0.007654 6.12

'L'

$$0.047625 \text{ dm} \times 0.28575 \text{ dm} \times 0.0635 \text{ dm} = 0.000864 \text{ dm}^3$$

$$(0.0635 \text{ dm} \times 0.3175 \text{ dm} \times 0.0635 \text{ dm}) \times 2 = \frac{0.002560 \text{ dm}^3}{0.003425 \text{ dm}^3}$$

dm<sup>3</sup> 800 0.003425 2.74

dm<sup>3</sup> 800 0.053467 42.77

Pillage

> Indicateur non-disponible

**Laiton - mise en forme**

Usinage

marteau (energetic slide hammer)

adaptateur

pointe étoile

$$\pi(0.042545 \text{ dm})^2 \times 0.30861 \text{ dm} = 0.001755 \text{ dm}^3$$

$$[(0.127 \text{ dm} \times 0.0635 \text{ dm}) + (0.254 \text{ dm})^2] \times 0.015675 \text{ dm} = 0.001152 \text{ dm}^3$$

$$[(\pi(0.127 \text{ dm})^2 - \pi(0.03175 \text{ dm})^2) \times 0.0635 \text{ dm}] / 2 = 0.001506 \text{ dm}^3$$

écrou

$$(\pi(0.127 \text{ dm})^2 - \pi(0.06985 \text{ dm})^2) \times 0.142875 \text{ dm} = 0.005050 \text{ dm}^3$$

$$[(\pi(0.127 \text{ dm})^2 - \pi(0.048895 \text{ dm})^2) \times 0.047625 \text{ dm}] + \frac{0.002055 \text{ dm}^3}{0.011520 \text{ dm}^3}$$

dm<sup>3</sup> 800 0.011520 9.22

Pillage

> Indicateur non-disponible

**Chauffage de la résine**

four contient 20 transformateurs, chauffé à 250 degrés, pendant 4 heures

(22.5 kWh x 4h) / 20 transformateurs

kwh 22 4.500000 99.00

**Injection nylon 6/6**

> Injection moulding - l / per kg PE, PP, PS, ABS, without production of material

boîtier

passerelle (fil d'alimentation)

passerelle (fil interrupteur)

passerelle (fil câble poignée d'opération)

rocker switch

kg 21 0.008600 0.18

kg 44 0.008600 0.38

kg 21 0.001040 0.02

kg 44 0.001040 0.05

kg 21 0.004160 0.09

kg 44 0.004160 0.18

kg 21 0.005000 0.11

kg 44 0.005000 0.22

support adhésif

attache

poignée d'opération

kg	21	0.001500	0.03
kg	44	0.001500	0.07
kg	21	0.000400	0.01
kg	44	0.000400	0.02
kg	21	0.106000	2.23
kg	44	0.106000	4.66
kg	21	0.126700	2.66
kg	44	0.126700	5.57
<b>kg</b>	<b>32.5</b>	<b>0.126700</b>	<b>4.12</b>

Total 1  
Total 2  
avec indicateur médian :

**Injection PVC**

> Processing of plastics - Injection moulding - 2  
per kg PVC, PC, without production of material

câbles

gaines

prise fil d'alimentation

kg	44	2.280000	100.32
kg	44	0.090000	3.52
<b>kg</b>	<b>44</b>	<b>2.360000</b>	<b>103.84</b>

**Calendrage PEBD**

> Processing of plastics - Calendering PVC foil  
per kg PVC granulate, but without production of PVC

emballages

toile

filme (Saran wrap)

kg	3.7	0.218079	0.81
kg	3.7	0.269231	1.00
<b>kg</b>	<b>4.7</b>	<b>0.487310</b>	<b>2.29</b>

**Extrusion-soufflage PBDE**

> Processing of plastics - Blow foil extrusion PE  
per kg PE granulate, but without production of PE. Foil to be used for bags

emballages

sacs - consommables

sacs - autres

kg	2.1	0.018000	0.04
kg	2.1	0.019451	0.04
<b>kg</b>	<b>2.1</b>	<b>0.037451</b>	<b>0.08</b>



# ACVS - poste de débosselage Compuspot 150

## C - DISTRIBUTION

Description	Calculs	éco-Indicateur-99	millipoints
-------------	---------	-------------------	-------------

20 à 25 % est exporté à travers le monde (surtout l'Europe)

Ces 15 dernières années (1987-2001), la distance moyenne parcourue par l'voyage par les camions domiciliés au Canada à destination et en provenance Des États-Unis est passée de 800 à 1 100 km  
 Source : <http://www.tc.gc.ca>

### Poids de la marchandise

1 boîte pèse 62 lbs	28.12273 kg
palette de bois	2.722222 kg
panneau de bois	0.289155 kg
courroie d'emballage	0.003945 kg
filme PP	0.014957 kg
toile PEBD	0.012116 kg
attache-courroie	0.001710 kg
<b>total</b>	<b>31.166835 kg</b>

### Scénario : Amérique du Nord

Rimouski - Québec	300 km		
+ Québec - Halifax	1075 km	1375 km	> Camion 40t (transport - truck 40t - road transport with 50% load (european average including return))
Rimouski - Montréal	540 km		Indicateur = 15 MP par Tonne x KM
+ Montréal - Vancouver	3683 km	4223 km	
Montréal - Regina	4092 km	4632 km	
Montréal - Toronto	501 km	1041 km	
Montréal - Seattle	3674 km	4214 km	
Montréal - Los Angeles	4754 km	5294 km	
Montréal - Denver	2620 km	3160 km	
Montréal - Detroit	836 km	1376 km	
Montréal - Miami	2271 km	2811 km	
Montréal - New York	537 km	1077 km	
		<u>29203 / 10 trajets = 2920.3 km</u>	

pois, poste + accessoires + emballages = **0.4535924 kg** > (0.031166835 T x 2920 km) x 15 MP/T Km =

### Scénarios optimiste et pessimiste (à des fins comparatives seulement)

distance de 1100 km  
 0.4535924 kg > (0.031166835 T x 1100 km) x 15 MP/T Km = **514.25**

distance de 6000 Km  
 0.4535924 kg > (0.031166835 T x 6000 km) x 15 MP/T Km = **2805.02**

**1365.11**

## ACVS - poste de débosselage Compuspot 150

### D - USAGE

description	calculs	éco-indicateur 99	unité	indicateur	quantité	millipoints
<b>Energie consommée</b>						
Si l'appareil fonctionne à :						
100% (soudage)	17 Kva = 12 Kw	> Electricity - electr. HV Europe (UCPTE) - High voltage (>24 kV-olt)				
20% (débosselage)	3 Kva = 2 117647 Kw	> 11 25 sec./jour x 5 jours/sem x 50 sem./année x 25 ans = 70312 5 sec d'utilisation (19 53125 heures)	kwh	22	19.631250	429.69
225 prises par jour (180 minutes d'utilisation)						
5 jours sur 7						
50 semaines sur 52						
pendant 25 ans						

Si l'appareil fonctionne à :

100% (soudage) 17 Kva = 12 Kw  
 20% (débosselage) 3 Kva = 2 117647 Kw  
 225 prises par jour (180 minutes d'utilisation)  
 5 jours sur 7  
 50 semaines sur 52  
 pendant 25 ans

Scénario à l'étude - opération de débosselage

Si l'opérateur effectue 225 prises par jour  
 et que 1 prise nécessite 50 millièmes de sec  
 Donc, l'appareil nécessitera 11 25 sec de courant par jour

### Consommables

> L'impact est calculé selon le nombre de consommables utilisés - 1x lors du cycle de vie complet, soit sur 25 ans.  
 > Le nb de MP inclut la production des matières et la fabrication.

étoiles	0.3 paquets/mois (3 étoiles) = 3 6 paquets/an 11 56 MP + 8 72 MP = 20 28 MP/paquet	>	4421.04 MP
rondelles	20 28 MP/paquet x 3 paquets/an x 25 ans = 1 paquet/5ans	>	
rivets	22 38 MP + 7 60 MP = 29 98MP/paquet 29 98MP/paquet x 1 paquet/5 ans x 5ans = 1 paquet/5 ans	>	149.90 MP
	3 85 MP/paquet	>	
clous	3 85 MP/paquet x 1 paquet/5ans x 5 ans = 5 paquets/mois (500 clous) = 60 paquets/an 15 42 MP/paquet	>	19.25 MP
câble ondulé	15 42 MP/paquet x 60 paquets/an x 25 ans = 1.5 paquets/mois = 18 paquets/an 24 73 MP/paquet	>	23130.00 MP
tige de carbone	1 unité/5ans 14 33 MP/unité	>	11128.50 MP
	14 33 MP/unité x 1 unités/5 ans x 5 ans =	>	71.65 MP
sac-Étoiles	0 7242 MP/paquet		

38820.34

sac-Rondelles	0.7242 MP/paquet x 3.6 paquets/an x 25 ans = 0.7242 MP/sac	>	<b>55.18 MP</b>
sac-Rivets	0.3642 MP/paquet x 1 paquet/5 ans x 5ans = 0.3621 MP/sac	>	<b>1.82 MP</b>
sac-Clous	0.3621 MP/paquet x 1 paquet/5ans x 5 ans = 1.0863MP/sac	>	<b>1.81 MP</b>
sac-Câble ondulé	1.0863 MP/paquet x 60 paquets/an x 25 ans = 3.621MP/sac	>	<b>1629.45 MP</b>
	3.621 MP/paquet x 18 paquets/an x 25 ans =	>	<b>1629.45 MP</b>

<b>3327.71</b>
----------------

# ACVS - poste de débousselage Compuspot 150

E - FIN DE VIE

description	calculs	éco-indicateur 99	unité	indicateur	quantité	millipoints
<b>Acier</b>						
> Waste treatment - Landfill Steel Almost inert material on landfill, indicator can be used for ferro metals						
Aluminium		> Waste treatment - Landfill Aluminium Almost inert material on landfill, indicator is valid for primary and recycled	kg	1.4	20.908711	29.27
<b>Cuivre</b>						
> Waste treatment - Landfill of 1 m <sup>3</sup> volume Landfill of volume per m <sup>3</sup> , use for voluminous waste, like foam and						
termeaux						
petits	0.040667 kg / 8960 kg/m <sup>3</sup> = 0.000005 m <sup>3</sup>					
gros	0.00336 kg / 8960 kg/m <sup>3</sup> = 0.000000 m <sup>3</sup>					
accessoires						
Cylindre a l'intérieure de la poignée pour souder	0.438 kg / 8960 kg/m <sup>3</sup> = 0.000049 m <sup>3</sup>					
Adaptateur pour tige de carbone						
	0.068 kg / 8960 kg/m <sup>3</sup> = 0.000007 m <sup>3</sup>					
Pointe - rivets	0.04 kg / 8960 kg/m <sup>3</sup> = 0.000004 m <sup>3</sup>					
Pointe - clous	0.062 kg / 8960 kg/m <sup>3</sup> = 0.000007 m <sup>3</sup>					
Pointe - rétreint	0.062 kg / 8960 kg/m <sup>3</sup> = 0.000007 m <sup>3</sup>					
Pointe - électrode de soudage						
	0.045 kg / 8960 kg/m <sup>3</sup> = 0.000005 m <sup>3</sup>					
Pointe - rondelles	0.046 kg / 8960 kg/m <sup>3</sup> = 0.000005 m <sup>3</sup>					
Pointe demi-lune	0.038 kg / 8960 kg/m <sup>3</sup> = 0.000004 m <sup>3</sup>					
Pièce pour la mise à terre (cylindre + cylindre)						
	0.138 kg / 8960 kg/m <sup>3</sup> = 0.000015 m <sup>3</sup>					
câble - soudage	1.208 kg / 8960 kg/m <sup>3</sup> = 0.000135 m <sup>3</sup>					
câble - mise à terre	1.208 kg / 8960 kg/m <sup>3</sup> = 0.000135 m <sup>3</sup>					
câble - alimentation						
gaine blanche	0.2375 kg / 8960 kg/m <sup>3</sup> = 0.000027 m <sup>3</sup>					
gaine noire	0.2375 kg / 8960 kg/m <sup>3</sup> = 0.000027 m <sup>3</sup>					
gaine verte	0.2375 kg / 8960 kg/m <sup>3</sup> = 0.000027 m <sup>3</sup>					
câble - interrupteur						
gaine blanche	0.015 kg / 8960 kg/m <sup>3</sup> = 0.000002 m <sup>3</sup>					
gaine noire	0.015 kg / 8960 kg/m <sup>3</sup> = 0.000002 m <sup>3</sup>					
transformateur						
bobine secondaire	1.195 kg / 8960 kg/m <sup>3</sup> = 0.000133 m <sup>3</sup>					
fit de cuirve	1.116 kg / 8960 kg/m <sup>3</sup> = 0.000125 m <sup>3</sup>					
	0.000720 m <sup>3</sup>					
			m <sup>3</sup>	140	0.000720	0.10

Laiton			
3 prises sur la plogue			
> Waste treatment - Landfill of 1 m <sup>3</sup> volume Landfill of volume per m <sup>3</sup> . use for voluminous waste, like foam and			
0.05m x 0.013m x 0.02m = 0.000013 m <sup>3</sup>			
0.045m x 0.01m x 0.02m = 0.000009 m <sup>3</sup>			
0.06m x π(0.013m) <sup>2</sup> = 0.000010 m <sup>3</sup>			
manteau			
π(0.0254m) <sup>2</sup> x 0.0635m = 0.000129 m <sup>3</sup>			
0.000161 m <sup>3</sup>			
	m <sup>3</sup>	140	0.000161
0.02			
PVC			
> Waste treatment - Landfill PVC Excluding leaching of metal stabilizer			
	kg	2.8	2.361367
6.61			
Carbone			
> Waste treatment - Landfill of 1 m <sup>3</sup> volume Landfill of volume per m <sup>3</sup> . use for voluminous waste, like foam and			
π(0.0048133 m) <sup>2</sup> x 0.13335m = 0.000010 m <sup>3</sup>			
	m <sup>3</sup>	140	0.000010
0.00			
Papier			
> Recycling of waste - Recycling Paper Recycling avoids virgin paper production			
	kg	-1.2	0.151100
-0.18			
Carton			
> Recycling of waste - Recycling Cardboard Recycling avoids virgin cardboard production			
	kg	-8.3	0.250000
-2.08			
Polyéthylène Basse densité + Lamine PP ou PE (50/50)			
> Waste treatment - Landfill PE			
	kg	3.9	0.086000
0.34			
Polyéthylène Basse densité - PEBD (HDPE)			
> Waste treatment - Landfill PE			
	kg	3.9	0.049567
0.19			
Polypropylène			
> Waste treatment - Landfill PP			
	kg	3.5	0.014957
0.05			
SBR open cell sponge, medium density 2-5 lbs. par pouce <sup>3</sup>			
> Waste treatment - Landfill of 1 m <sup>3</sup> volume Landfill of volume per m <sup>3</sup> . use for voluminous waste, like foam and			
	m <sup>3</sup>	140	0.003625
0.51			
ZYTEL0408HS (Nylon 6/6)			
> Waste treatment - Landfill Nylon			

NOMEX® ou MPDI - poly(metaphénylène isophthalamide) aromatic polyamide ou fibre d'aramide (type de Nylon)	kg	3.6	0.106000	0.38
> Waste treatment - Landfill Nylon				
Nylon 6/6	kg	3.6	0.055200	0.20
> Waste treatment - Landfill Nylon				
Lamitor (résine de polyester renforcé de fibres de verre)	kg	3.6	0.020700	0.07
> Waste treatment - Landfill of 1 m³ volume Landfill of volume per m³, use for voluminous waste, like foam and				
0.009m x 0.035m x 0.1m = 0.000032 m³ 0.01m x 0.07m x 0.1m = 0.000070 m³ 0.023m x 0.006m x 0.1m = 0.000014 m³ 0.000115 m³	m³	140	0.000115	0.02
Glass tape (ruban adhésif - fibre de verre)	> Waste treatment - Landfill of 1 m³ volume Landfill of volume per m³, use for voluminous waste, like foam and			
0.000127m x 0.0254m x 2.2606m = 0.000007 m³	m³	140	0.000007	0.00
Dracon tape (uban adhésif - polyesteré)	> Waste treatment - Landfill of 1 m³ volume Landfill of volume per m³, use for voluminous waste, like foam and			
0.000127m x 0.0254m x 2.8448m = 0.000009 m³	m³	140	0.000009	0.00
Filament tape (uban adhésif - polyesteré + fibre de verre)	> Waste treatment - Landfill of 1 m³ volume Landfill of volume per m³, use for voluminous waste, like foam and			
0.000127m x 0.018m x 11.303m = 0.000026 m³	m³	140	0.000026	0.00
Résine (vernt type H) mod. polyester + xylo	> indicateur non-disponible			
Peinture	> indicateur non-disponible			
Nylon	kg	3.6	0.071002	0.26
> Waste treatment - Landfill Nylon				

<b>Bois franc</b>	> Palettes de bois sont récupérées - Indicateur non-disponible	-	n.d.	-	0.00
<b>Bois - panneau d'aggloméré</b>	> Waste treatment - Landfill of 1 m <sup>3</sup> volume Landfill of volume per m <sup>3</sup> , use for voluminous waste, like foam and				
	514.5 po. <sup>3</sup> = 0.008431 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	140	0.008431	1.18
<b>Résine phénoliques</b>	> Waste treatment - Landfill of 1 m <sup>3</sup> volume Landfill of volume per m <sup>3</sup> , use for voluminous waste, like foam and				
bouton (2)	$2\pi(0.0127\text{ m})^2 \times 0.01905\text{ m} = 0.000019\text{ m}^3$	m <sup>3</sup>			
interrupteur (General purpose single pole)	$0.0127\text{ m} \times 0.01905\text{ m} \times 0.0508\text{ m} = \frac{0.000012}{0.000032}\text{ m}^3$	m <sup>3</sup>	140	0.000032	0.00
<b>Stainless Steel</b>	> Waste treatment - Landfill of 1 m <sup>3</sup> volume Landfill of volume per m <sup>3</sup> , use for voluminous waste, like foam and				
interrupteur (General purpose single pole) ressort	$\pi(0.0015875\text{ m})^2 \times 0.0127\text{ m} = 0.000000\text{ m}^3$	m <sup>3</sup>	140	0.000000	0.00

## TABLEAU SYNTHÈSE - CompuSpot 150

<b>A - PRODUCTION DE MATÉRIAUX</b>	<b>sous-total</b>	<b>12474.93</b>
ACIER		1965.42
ALUMINIUM		83.18
CUIVRE		9064.50
LAITON		557.92
PVC		566.73
CARBONE		3.24
PAPIER		14.51
CARTON		17.25
POLYÉTHYLÈNE BASSE DENSITÉ (PEBD)		49.52
POLYPROPYLENE (PP)		4.94
SBR		1.31
NYLON ET SOUS-PRODUITS		117.08
BOIS FRANC		17.97
PANNEAU DE BOIS		11.28
<b>B - FABRICATION</b>	<b>sous-total</b>	<b>882.87</b>
ACIER - MISE EN FORME		597.39
ACIER - ZINCAGE		20.73
ALUMINIUM - MISE EN FORME		3.43
CUIVRE - MISE EN FORME		42.77
LAITON - MISE EN FORME		9.22
CHAUFFAGE - RÉSINE DE POLYESTER		99.00
INJECTION - NYLON		4.12
INJECTION - PVC		103.84
CALANDRAGE - PEBD		2.29
EXTRUSION/SOUFFLAGE - PEBD		0.08
<b>C - DISTRIBUTION - TRANSPORT</b>	<b>sous-total</b>	<b>1365.11</b>
		1365.11
<b>D - USAGE - UTILISATION</b>	<b>sous-total</b>	<b>42677.74</b>
ÉNERGIE		429.69
CONSOMMABLES		38920.34
CONSOMMABLES - EMBALLAGES		3327.71
<b>E - FIN DE VIE</b>	<b>sous-total</b>	<b>37.12</b>
ENFOUISSEMENT SANITAIRE		39.37
RECYCLAGE		-2.26
	<b>GRAND TOTAL</b>	<b>67437.67</b>



**TABLEAU SYNTHÈSE (sans les consommables) - CompuSpot 150**

<b>A - PRODUCTION DE MATÉRIAUX</b>		<b>sous-total</b>	<b>12358.05</b>
ACIER	(67.75 mp en moins)		1897.67
ALUMINIUM			83.18
CUIVRE	(10.19 mp en moins)		9021.95
LAITON			557.92
PVC			566.73
CARBONE			3.24
PAPIER			14.51
CARTON			17.25
POLYÉTHYLÈNE BASSE DENSITÉ (PEBD)	(6.48 mp en moins)		43.04
POLYPROPYLÈNE (PP)			4.94
SBR			1.31
NYLON ET SOUS-PRODUITS			117.08
BOIS FRANC			17.97
PANNEAU DE BOIS			11.28
<b>B - FABRICATION</b>		<b>sous-total</b>	<b>866.51</b>
ACIER - MISE EN FORME	(16.32 mp en moins)		581.07
ACIER - ZINCAGE			20.73
ALUMINIUM - MISE EN FORME			3.43
CUIVRE - MISE EN FORME			42.77
LAITON - MISE EN FORME			9.22
CHAUFFAGE - RÉSINE DE POLYESTER			99.00
INJECTION - NYLON			4.12
INJECTION - PVC			103.84
CALANDRAGE - PEBD			2.29
EXTRUSION/SOUFFLAGE - PEBD	(0.04 mp en moins)		0.04
<b>C - DISTRIBUTION - TRANSPORT</b>		<b>sous-total</b>	<b>1332.43</b>
sans consommables (0.746 kg en moins)	30.4208 kg	> (0.0304208 T x 2920 km) x 15 MP/T Km	1332.43
<b>D - USAGE - UTILISATION</b>		<b>sous-total</b>	<b>429.69</b>
ÉNERGIE			429.69
<b>E - FIN DE VIE</b>		<b>sous-total</b>	<b>36.03</b>
<b>ENFOUISSEMENT SANITAIRE (sans les consommables)</b>			
acier	27.25 mp (1.01 mp en moins)		38.29
cuivre	(idem - négligeable à cause de la règle du 1%)		
PEBD	0.12 mp (0.07 mp en moins)		
RECYCLAGE			-2.26
<b>GRAND TOTAL</b>			<b>15022.71</b>



## **ANNEXE E**

Produit d'emballage GENERIC.  
([www.mbdc.com/challenge/Winners.pdf](http://www.mbdc.com/challenge/Winners.pdf))



# GENERIC

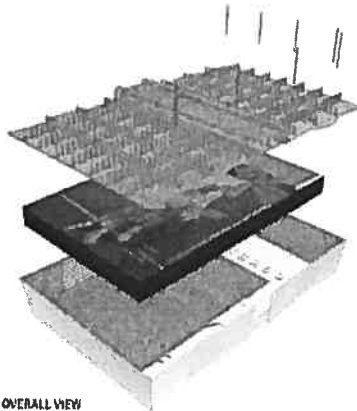
Category: Student entry

Credits: Alexandre LeClerc and Maxime Thibault, Montreal University

# RECOGNITION OF INNOVATION



01\_FRONT VIEW



03\_OVERALL VIEW

**GENERIC - BOOK SHIPPING PACKAGING SYSTEM**

*Design Challenge for E-Commerce Shipping Packaging and Logistics*

### NUTRIENT TYPE

- Technical Nutrient
  - Polypropylene and recycled aluminum
  - Water-based inks on polypropylene labels

### RECOVERY STRATEGY

- Reuse
  - Product of service—packaging owned by the vendor and leased to and recovered by the shipper
  - Monetary deposit from shipper to vendor to ensure control on the flow of packaging and maximize recovery rates
- Recycling

### DESCRIPTION

The Generic package consists of a re-usable and recyclable box for a single book. Each component is made of a single material—recycled aluminum and polypropylene—both of which are durable materials largely and easily recyclable. The top is made of recycled aluminum (Al). Semi-transparent polypropylene (PP) is used for the bottom. Those two parts snap together with round brackets and slits so that the top can fit the thickness of the merchandise. A system of snapped pins assembled in the bottom part holds the book inside the packaging and protects it. Then, a recyclable polypropylene label printed with water-based ink is wrapped around the packaging for use as a bill, a receipt, and a safety seal.

The Generic concept promotes the re-use of the product until considerable damages prevent the packaging from fulfilling its function adequately. When this is the case, it is sent to the recycling plant where the materials return in the cycle of production to form a closed loop. In other words, the whole system creates a cyclical material flow.

The logistical system includes the existing distribution infrastructure. The only notable variation is the components of the packaging that are returned by the same delivery business to the warehouse in the e-commerce company. This involves modifications in the delivery trucks and the warehouses (spaces, compartments, etc.). A monetary deposit on each package, which implies that there is an agreement between the e-commerce and the shipping companies, ensures a tight control on the flow of packaging to ensure the highest possible rate of return.

### JUDGES' COMMENTS

- Very well thought out entry with clear understanding of life cycle issues.
- Liked the fact that the box could be compressed to fit any size book(s).
- A very innovative system is offered, where the packaging is a product of service, and the shipper leases the packaging from the vendor.



The Cradle to Cradle Design Challenge for *E-Commerce Shipping Packaging and Logistics* is sponsored by the U.S. Environmental Protection Agency in partnership with McDonough Braungart Design Chemistry (MBDC). Learn more about the design challenge at <[www.mbdc.com/challenge](http://www.mbdc.com/challenge)>.





## **ANNEXE F**

Le calcul des impacts environnementaux pour le produit d'emballage GENERIC.



## A – PRODUIT D'EMPAQUETAGE GENERIC

### Composantes :

1x boîtier (aluminium) = 0.5054 kg = 0.000557 t

1x couvercle (polypropylène) = 0.1549 kg = 0.000557 t

8x goupilles (polypropylène) = 0.0026 kg = 0.0000027 t

### Étapes 1 et 2 : Extraction des matières premières et production = 82.3 mPt

- *Production of non ferro metals\_Aluminium 100% Rec.*  
0.0504 kg x 60 mPt = **30.3 mPt**
- *Production of plastic granulate\_PP*  
0.1575 kg (couvercle et goupilles) x 330 mPt = **52.1 mPt**

### Étapes 3 : Fabrication = 8.4 mPt

- *Processing of metals\_Pressing*  
0.207 kg x 23 mPt = **4.8 mPt**
- *Processing of metals\_Shearing/stamping-aluminium*  
7096.76 mm<sup>2</sup> x 0.000036 mPt mPt = **0.3 mPt**
- *Processing of plaxtics\_Injection moulding-1*  
0.1575 kg (couvercle et goupilles) x 21 mPt = **3.3 mPt**

### Étape 4 : e-commerce – entreposage = 1.6 mPt

(incluant le transport des composantes GENERIC à partir du lieu de fabrication – étape 2 – jusqu'à l'entreprise de commerce électronique, soit 62 limes – 100 km)

- *Transport\_Truck 28 t*  
0.000557 t x 100 km x 22 mPt = **1.2 mPt**
- *Transport\_Truck 28 t*  
0.000173 t (couvercle et goupilles) x 100 km x 22 mPt = **0.4 mPt**

### Étape 5 : Consommateur

Non applicable – hors des frontières de l'étude

### Étape 6 : e-commerce : emballage (1)

Non applicable – hors des frontières de l'étude

**Étape 7 : e-commerce : emballage (2)**

Non applicable – hors des frontières de l'étude

**Étape 8 : e-commerce : emballage (3)**

Non applicable – hors des frontières de l'étude

**Étape 9 : Envoi**

Non applicable – hors des frontières de l'étude

**Étape 10 : Distribution (500 miles = 804.5km) = 12.9 mPt**

- *Transport\_Truck 28t*  
0.000557 t x 804.5 km x 22 mPt = **9.9 mPt**
- *Transport\_Truck 28t*  
0.000173 t x 804.5 km x 22 mPt = **3 mPt**

**Étape 11 : réception**

Non applicable – hors des frontières de l'étude

**Étape 12 : Retour de l'emballage (500 miles = 804.5km) = 12.9 mPt**

- *Transport\_Truck 28t*  
0.000557 t x 804.5 km x 22 mPt = **9.9 mPt**
- *Transport\_Truck 28t*  
0.000173 t x 804.5 km x 22 mPt = **3 mPt**

**Étape 13 : Réutilisation ou recyclage = -3.1 mPt**

(inclut le transport des composants GENERIC à partir de l'entreprise de commerce électronique jusqu'au lieu de fabrication -étape 2-, soit 62 miles - 100km)

- Recycling of waste\_Recycling Aluminium  
0.5054 kg x 60 mPt = **30 mPt**
- Recycling of waste\_Recycling PP  
0.1575 kg x -210 mPt = **-33.1 mPt**
- *Transport\_Truck 28t*  
0.000557 t x 100 km x 22 mPt = **1.2 mPt**
- *Transport\_Truck 28 t*  
0.000173 t ( couvercle et goupilles) x 100 km x 22 mPt = **0.4 mPt**

**Impacts sur le cycle de vie d'une seule utilisation (incluant le recyclage)****Étapes 1 + 2 + 3 + 4 + 13 = 90.8 mPt**

- Étapes 1 + 2 : Extraction des matières premières et production = 82.3 mPt
- Étape 3 : Fabrication = 8.4 mPt
- Étape 4 : e-commerce : entreposage = 1.6 mPt
- Étape 13 : Réutilisation et recyclage = -1.5 mPt

**Impacts à chaque réutilisation supplémentaire****Étapes 10 + 12 = 25.8 mPt**

Étape 10 : Distribution = 12.9 mPt

Étape 12 : Retour de l'emballage = 12.9 mPt

**Impacts selon le nombre d'utilisations**

1x 90.8 mPt + (1 x 25.8 mPt) = 116.6 mPt

7x 90.8 mPt + (7 x 25.8 mPt) = 271.4 mPt

8x 90.8 mPt + (8 x 25.8 mPt) = 297.2 mPt

10x 90.8 mPt + (10 x 25.8 mPt) = 348.8 mPt

20x 90.8 mPt + (20 x 25.8 mPt) = 606.8 mPt

**B - PRODUIT D'EMPAQUETAGE TRADITIONNEL EN CARTON****Composantes :**

1x enveloppe (carton) = 0.4128 kg = 0.000453 t = 0.000434 m<sup>3</sup>

1x adhésif (polypropylène) = 0.0026 kg = 0.000003 t = 0.000027 m<sup>3</sup>

**Étapes 1 et 2 : Extraction des matières premières et production = 29.4 mPt**

- *Production of packaging materials*  
0.4128 kg x 69 mPt = 28.5 mPt
- *Production of plastic granulate\_PP*  
0.0026 kg x 330 mPt = 0.9 mPt

**Étape 3 : Fabrication = 0 mPt**

Aucun indicateur disponible

**Étape 4 : e-commerce : entreposage = 1.01 mPt**

(inclut le transport des composantes GENERIC à partir du lieu de fabrication - étape 2 - jusqu'à l'entreprise de commerce électronique, soit 62 miles - 100km)

- *Transport\_Truck 28t*  
0.00045 t x 100 km x 22 mPt = 1 mPt
- *Transport\_Truck 28t*  
0.000003 t x 100 km x 22 mPt = 0.01 mPt

**Étape 5 : Distribution (500 miles = 804.5km) = 8.05 mPt**

- *Transport\_Truck 28t*  
0.00045 t x 804.5 km x 22 mPt = 8 mPt
- *Transport\_Truck 28t*  
0.000003 t x 804.5 km x 22 mPt = 0.05 mPt

**Étape 6 : Fin de vie = 0.06 mPt**

- *Waste treatment\_Landfill of 1m3 volume*  
0.000461 m<sup>3</sup> (enveloppe + adhésif) x 140 mPt = 0.06 mPt

**CYCLE DE VIE COMPLET = 38.52MPS****Impacts selon le nombre d'utilisations**

- 1 x 38.52 mPt = 38.52 mPt
- 7 x 38.52 mPt = 269.64 mPt
- 8 x 38.52 mPt = 308.16 mPt
- 10 x 38.52 mPt = 385.2 mPt
- 20 x 38.52 mPt = 770.4 mPt





## **ANNEXE G**

Questionnaire d'écoconception.



## Questionnaire d'écoconception

### Partie A : Informations générales

- a.1 Prénom et nom du répondant : \_\_\_\_\_ ,  
Fonction et position du répondant : \_\_\_\_\_  
Nombre d'années d'expérience : \_\_\_\_\_  
no. tél. : \_\_\_\_\_ poste : \_\_\_\_\_  
courriel : \_\_\_\_\_
- a.2 Nom de l'entreprise\* (ou bureau) pour laquelle vous travaillez : \_\_\_\_\_  
Adresse de l'entreprise : \_\_\_\_\_  
Nombre d'employés (total) : \_\_\_\_\_  
Dont, \_\_\_\_\_ designers : \_\_\_\_\_  
techniciens designer : \_\_\_\_\_  
ingénieurs : \_\_\_\_\_  
techniciens ingénieur : \_\_\_\_\_  
agents marketing : \_\_\_\_\_  
acheteurs : \_\_\_\_\_  
employés en usine : \_\_\_\_\_  
autres (précisez) : \_\_\_\_\_
- a.3 Quelle est la nature des services offerts par cette entreprise ?  
(vous pouvez cocher plus d'une réponse)
- services contractuels  
 manufacturier  
 autres, précisez : \_\_\_\_\_

\*tout au long du questionnaire, le terme entreprise se réfère à votre entreprise, où celle pour laquelle vous travaillez.

### Partie B : l'entreprise et la perception de l'écoconception

b.1 Dites si oui ou non vous êtes familiers avec les termes suivants en cochant la case appropriée ?

	oui	non
écoconception	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
écodesign	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
design « durable »	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Design pour l'environnement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Si vous avez répondu oui à au moins un des termes précédents, passez à la question suivante. Si vous avez répondu non à tous ces termes, passez directement à la question b.4.

b.2 Depuis quand connaissez-vous ces termes ?

- moins d'un an
- entre 1 et 5 ans
- entre 5 et 10 ans
- entre 10 et 15 ans
- entre 15 et 20 ans
- entre 20 et 25 ans
- plus de 25 ans

b.3 Dans quel contexte avez-vous pris connaissance de ces termes ?

(vous pouvez cocher plus d'une réponse)

- lors de vos études
- lors d'un événement professionnel (séminaire, congrès, etc.)
- lors de lectures (revue, Internet, livre, dépliant, etc.)
- par un collègue de travail
- autrement (précisez) :

b.4 Sur une échelle de 1 à 4, indiquez le degré de familiarité que vous avez avec les autres termes suivants ?

(très familier : 4, moyennement familier : 3, peu familier : 2, pas du tout familier : 1)

	1	2	3	4
Développement durable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rapport Brundtland	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Agenda 21	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Analyse de cycle de vie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Éco-étiquetage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Éco-indicateur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

b.5 Avez-vous déjà réalisé un projet de design pour lequel des critères environnementaux étaient pris en considération ?

oui       non (passez à la question 7)

b.6 Si oui, l'initiative provenait-elle d'une action :

interne à l'entreprise (ex. : politique « verte », plan d'affaire, etc.)

externe l'entreprise (ex. : demande d'un client, législation gouvernementale, etc.)

b.7 Classifier par ordre de priorité les incitatifs **internes** suivants qui vous motiveraient à intégrer des critères environnementaux à la conception de produits ?

(inscrire le rang dans l'espace prévu à cet effet, 1 étant le plus important)

- une responsabilisation volontaire de l'entreprise
- le besoin d'augmenter la qualité du produit
- le besoin d'améliorer l'image corporative du produit ou de l'entreprise
- le besoin de réduire des coûts, immédiats et futurs
- le besoin de percer de nouveaux marchés par une innovation marquée
- le besoin d'accroître la motivation des employés

b.8 Classifier par ordre de priorité les incitatifs **externes** suivants qui vous motiveraient à intégrer des critères environnementaux à la conception de produits ?

(inscrire le rang dans l'espace prévu à cet effet, 1 étant le plus important)

- l'anticipation de futures législations environnementales
- la demande provenant de la clientèle (acheteurs industriels ou consommateurs/utilisateurs) pour des produits « verts »
- la pression sociale pour une plus grande responsabilisation par rapport à l'environnement
- la pression exercée par la compétition qui adhère à des pratiques environnementales
- la pression exercée par les nouvelles exigences environnementales prônées par les organisations commerciales
- l'influence exercée par des fournisseurs ayant déjà adhéré à une politique environnementale

b.9 Dites si les changements sociaux suivants vous inciteraient fortement, moyennement, faiblement ou nullement à adopter des pratiques rattachées à l'écoconception :

(cocher une seule réponse pour chacun des exemples de changement social)

- L'instauration d'un système de gestion environnemental chez un fournisseur;  
 fortement     moyennement     faiblement     nullement
- L'opinion publique ressortant des tests de consommation intégrant des critères environnementaux;  
 fortement     moyennement     faiblement     nullement
- L'augmentation du coût de l'énergie;  
 fortement     moyennement     faiblement     nullement
- Les coûts engendrés par la gestion des déchets générés pendant le cycle de vie du produit;  
 fortement     moyennement     faiblement     nullement
- La responsabilisation prolongée du produit, c'est-à-dire l'obligation future de reprendre les produits et les emballages en fin de vie;  
 fortement     moyennement     faiblement     nullement
- L'obligation future de divulguer des informations environnementales (par rapport aux produits et/ou à la compagnie manufacturière);  
 fortement     moyennement     faiblement     nullement
- La présence grandissante de normes de standardisation dans l'industrie comprenant des exigences environnementales;

- fortement       moyennement       faiblement       nullement
- La présence grandissante de logos environnementaux (éco-logos) dans l'industrie manufacturière;
- fortement       moyennement       faiblement       nullement
- La création de programmes de subventions pour les organismes adoptant des pratiques d'écoconception;
- fortement       moyennement       faiblement       nullement
- La présence grandissante de compétiteurs adoptant des pratiques d'écoconception;
- fortement       moyennement       faiblement       nullement
- La présence grandissante de critères environnementaux dans différents tests de consommation (ou tests comparatifs);
- fortement       moyennement       faiblement       nullement
- La considération grandissante des critères environnementaux dans les différents concours (ex. : concours de design, exposition commerciale, etc.);
- fortement       moyennement       faiblement       nullement

b.10 Dites si oui ou non vous connaissez les outils (informatiques ou non) d'analyse environnementale suivants, et si vous les avez déjà utilisés lors d'un projet de design ?

	...vous connaissez?		...vous avez utilisés?	
	oui	non	oui	non
Eco-it				
Eco-indicator (95 ou 99)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Simapro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gabi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
KCL-ECO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TEAM	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DEAM	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Umberto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Empreinte écologique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Autres (nommez-le(s))	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Partie C : suite du questionnaire**

c.1 Seriez-vous intéressé à poursuivre ce projet par le biais d'une entrevue pour une durée maximale d'une (1) heure ?

oui       non

Si vous êtes intéressé à poursuivre ce projet de recherche, suivant la formule d'une entrevue semi-dirigée, le chercheur vous contactera dans les deux semaines suivant la réception de ce formulaire dûment rempli. Si pour une raison quelconque, vous n'êtes pas intéressé, nous vous remercions grandement pour votre participation. D'une manière ou d'une autre, votre aide est grandement appréciée car les informations recueillies contribueront à l'avancement de la recherche dans le domaine du design.

Merci de votre participation !

Alexandre Leclerc  
Étudiant au programme de maîtrise « DESCO »

Université de Montréal  
Faculté de l'aménagement  
École de design industriel



## **ANNEXE H**

Questionnaire d'écoconception : synthèse des résultats.





## Questionnaire d'écoconception

### Synthèse des résultats

#### Partie A : Informations générales

a.1 Nombre d'années d'expérience : 13, 9, 20, 16, 15, 35, 10, 10, 20, 4, 5

Moyenne : 14.3 années d'expérience

a.2 Participants :

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
<u>Nombre d'employés (total) :</u>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>550</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>45</b>	<b>650</b>	<b>250</b>	<b>4</b>
Dont, designers :	<b>3</b>	-	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	-	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>4</b>
techniciens designer :	-	-	<b>1</b>	-	-	-	<b>1</b>	-	-	<b>3</b>	<b>2</b> -
ingénieurs :	-	-	-	-	<b>10</b>	-	-	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	-
techniciens ingénieur :	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>30</b> -
agents marketing :	-	-	-	-	<b>5</b>	-	-	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	-
acheteurs :	-	-	-	-	<b>2</b>	-	-	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	-
employés en usine :	-	-	-	-	<b>553</b>	-	-	<b>30</b>	<b>390</b>	<b>150</b>	-
autres (précisez) :	-	-	-	-	-	-	-	<b>8</b>	-	<b>60</b>	-

a.3 Quelle est la nature des services offerts par cette entreprise ?

(vous pouvez cocher plus d'une réponse)

**7x** services contractuels (travailleur autonome ou bureau de consultants)

**4x** manufacturier (entreprise manufacturière de produits et services)

\* Tout au long du questionnaire, le terme « entreprise » se réfère à votre entreprise, où celle pour laquelle vous travaillez.

### Partie B : l'entreprise et la perception de l'écoconception

b.1 Dites si oui ou non vous êtes familiers avec les termes suivants en cochant la case appropriée ?

	oui	non
écoconception	3x	8x
écodesign	9x	2x
design « durable »	10x	1x
Design pour l'environnement	10x	1x

Si vous avez répondu oui à au moins un des termes précédents, passez à la question suivante. Si vous avez répondu non à tous ces termes, passez directement à la question b.4.

b.2 Depuis quand connaissez-vous ces termes ?

- 1x jamais
- 1x moins d'un an
- 2x entre 1 et 5 ans
- 6x entre 5 et 10 ans
- entre 10 et 15 ans
- entre 15 et 20 ans
- 1x entre 20 et 25 ans
- plus de 25 ans

b.3 Dans quel contexte avez-vous pris connaissance de ces termes ?

(vous pouvez cocher plus d'une réponse)

- 1x jamais
- 6x lors de vos études
- 6x lors d'un événement professionnel (séminaire, congrès, etc.)
- 4x lors de lectures (revue, Internet, livre, dépliant, etc.)
- 1x par un collègue de travail
- autrement (précisez) :

- b.4 Sur une échelle de 1 à 4, indiquez le degré de familiarité que vous avez avec les autres termes suivants ?

(très familier : 4, moyennement familier : 3, peu familier : 2, pas du tout familier : 1)

	1	2	3	4
Développement durable	1x	2x	7x	1x
Rapport Brundtland	9x	1x	-	1x
Agenda 21	9x	-	-	2x
Analyse de cycle de vie	2x	3x	5x	1x
Éco-étiquetage	6x	3x	2x	-
Éco-indicateur	5x	3x	2x	-

- b.5 Avez-vous déjà réalisé un projet de design pour lequel des critères environnementaux étaient pris en considération ?

5x oui      6x non (passez à la question 7)

- b.6 Si oui, l'initiative provenait-elle d'une action :

4x interne à l'entreprise (ex. : politique « verte », plan d'affaire, etc.)

1x externe l'entreprise (ex. : demande d'un client, législation gouvernementale, etc.)

- b.7 Classifier par ordre de priorité les incitatifs **internes** suivants qui vous motiveraient à intégrer des critères environnementaux à la conception de produits ?

(inscrire le rang dans l'espace prévu à cet effet, 1 étant le plus important)

PARTICIPANTS											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	1	1	2	3	1	1	5	5	4	1	▪ une responsabilisation volontaire de l'entreprise;
2	3	-	1	1	2	2	2	3	2	2	▪ le besoin d'augmenter la qualité du produit;
5	2	2	5	2	6	5	4	4	5	6	▪ le besoin d'améliorer l'image du produit ou de l'entreprise;
4	5	-	4	1	3	3	1	1	1	4	▪ le besoin de réduire des coûts, immédiats et futurs;
3	6	-	3	2	4	4	3	2	3	3	▪ le besoin de percer de nouveaux marchés par une innovation marquée;
6	4	-	6	3	5	6	6	6	6	5	▪ le besoin d'accroître la motivation des employés.

Les colonnes grises correspondent aux participants provenant d'une entreprise manufacturière.

Un trait (-) indique que le répondant n'a pas considéré cet incitatif.

b.8 Classifier par ordre de priorité les incitatifs **externes** suivants qui vous motiveraient à intégrer des critères environnementaux à la conception de produits ?

(inscrire le rang dans l'espace prévu à cet effet, 1 étant le plus important)

PARTICIPANTS											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
6	6	-	2	4	4	6	3	4	5	4	▪ l'anticipation de futures législations environnementales;
3	4	-	6	2	2	1	1	2	1	1	▪ la demande provenant de la clientèle (acheteurs industriels ou consommateurs/utilisateurs) pour des produits « verts »;
2	1	1	4	5	1	2	6	5	4	2	▪ la pression sociale pour une plus grande responsabilisation par rapport à l'environnement;
4	5	-	5	3	3	3	2	1	2	6	▪ la pression exercée par la compétition qui adhère à des pratiques environnementales;
5	3	3	1	1	5	4	4	3	3	3	▪ la pression exercée par les nouvelles exigences environnementales prônées par les organisations commerciales;
6	2	2	3	6	6	5	5	6	6	5	▪ l'influence exercée par des fournisseurs ayant déjà adhéré à une politique environnementale.

Les colonnes grises correspondent aux participants provenant d'une entreprise manufacturière.

Un trait (-) indique que le répondant 3 n'a pas considéré cet incitatif.

b.9 Dites si les changements sociaux suivants vous inciteraient fortement, moyennement,

faiblement ou nullement à adopter des pratiques rattachées à l'écoconception :

(cocher une seule réponse pour chacun des exemples de changement social)

- L'instauration d'un système de gestion environnemental chez un fournisseur;

**4x** fortement      **2x** moyennement      **2x** faiblement      **3x** nullement

- L'opinion publique ressortant des tests de consommation intégrant des critères environnementaux;

**6x** fortement      **2x** moyennement      **2x** faiblement      **0x** nullement

- L'augmentation du coût de l'énergie;

**6x** fortement      **3x** moyennement      **1x** faiblement      **1x** nullement

- Les coûts engendrés par la gestion des déchets générés pendant le cycle de vie du produit;

**5x** fortement      **6x** moyennement      **0x** faiblement      **0x** nullement

- La responsabilisation prolongée du produit, c'est-à-dire l'obligation future de reprendre les produits et les emballages en fin de vie;

**9x** fortement      **2x** moyennement      **0x** faiblement      **0x** nullement

- L'obligation future de divulguer des informations environnementales (par rapport aux produits et/ou à la compagnie manufacturière);  
**5x** fortement      **4x** moyennement      **1x** faiblement      **1x** nullement
- La présence grandissante de normes de standardisation dans l'industrie comprenant des exigences environnementales;  
**5x** fortement      **5x** moyennement      **1x** faiblement      **0x** nullement
- La présence grandissante de logos environnementaux (éco-logos) dans l'industrie manufacturière;  
**1x** fortement      **7x** moyennement      **1x** faiblement      **2x** nullement
- La création de programmes de subventions pour les organismes adoptant des pratiques d'écoconception;  
**2x** fortement      **6x** moyennement      **3x** faiblement      **0x** nullement
- La présence grandissante de compétiteurs adoptant des pratiques d'écoconception;  
**4x** fortement      **4x** moyennement      **3x** faiblement      **0x** nullement
- La présence grandissante de critères environnementaux dans différents tests de consommation (ou tests comparatifs);  
**5x** fortement      **5x** moyennement      **1x** faiblement      **0x** nullement
- La considération grandissante des critères environnementaux dans les différents concours (ex. : concours de design, exposition commerciale, etc.);  
**5x** fortement      **3x** moyennement      **3x** faiblement      **0x** nullement

- b.10 Dites si oui ou non vous connaissez les outils (informatiques ou non) d'analyse environnementale suivants, et si vous les avez déjà utilisés lors d'un projet de design?

	...vous connaissez?		...vous avez utilisés?	
	oui	non	oui	non
Eco-it	1x	10x	-	1x
Eco-indicator (95 ou 99)	2x	9x	-	2x
Simapro	-	11x	-	-
Gabi	-	11x	-	-
KCL-ECO	-	11x	-	-
TEAM	-	11x	-	-
DEAM	-	11x	-	-
Umberto	-	11x	-	-
Empreinte écologique	1x	10x	-	1x
Autres (nommez-le(s)) : « L'éducation, les connaissances, l'expérience sont suffisantes pour faire du design responsable »	-	-	1x	-

### Partie C : suite au questionnaire

- c.1 Seriez-vous intéressé à poursuivre ce projet par le biais d'une entrevue pour une durée maximale d'une (1) heure?

7x oui      3x non      1x non-mentionné



## **ANNEXE I**

Formulaire de consentement éclairé.



## Formulaire de consentement éclairé pour une entrevue semi-directive

Par la présente, je, soussigné(e), \_\_\_\_\_, déclare avoir été informé(e) que M. Alexandre Leclerc, étudiant à la maîtrise M.Sc.A. en aménagement option « Design & Complexité » à l'Université de Montréal, souhaite savoir quelles sont les conditions de succès pour l'intégration de l'aspect environnemental à la conception de produits et services \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Cette recherche se fait sous la supervision de M. Pierre De Coninck, Ph.D., professeur agrégé à la Faculté de l'aménagement, Université de Montréal.

L'objectif des entrevues vise essentiellement à connaître ma perception quant au rôle du designer industriel dans la réduction des impacts environnementaux reliés à sa pratique professionnelle, ainsi qu'aux conditions de succès pour intégrer des méthodes d'écoconception à la gestion de projet tel qu'elle se pratique dans mon milieu de travail. Il est à noter qu'il n'existe pas de bonne ou mauvaise réponse, mais seulement un avis personnel et professionnel en regard à mon niveau de connaissances sur le sujet traité.

Je comprends que je participerai à une rencontre d'une durée maximale d'une heure avec le chercheur.

Je comprends que je suis libre de m'abstenir de répondre à toute question qui me sera posée tout comme il est de mon droit le plus strict de mettre fin à ma participation à tout moment de la rencontre.

Je comprends que la confidentialité et l'anonymat des discussions tenues à huis clos seront assurés. Les enregistrements audio seront transcrits sans aucune référence au locuteur et seront sous la garde exclusive du chercheur. L'enregistrement de la discussion sur bande digitale ne débutera qu'avec la première question. Ces bandes audio seront détruites au terme du projet, soit après l'obtention du diplôme postulé.

Je reconnais que ma participation à ce projet est tout à fait volontaire et que je suis libre d'y participer.

Je certifie qu'on m'a expliqué verbalement, qu'on a répondu à toutes mes questions.

Je reconnais être libre de me retirer en tout temps sans que cela nuise aux relations avec les responsables du projet et sans préjudice d'aucune sorte.

En foi de quoi, je consens à participer à cette recherche sur les conditions de succès de l'intégration de l'aspect environnemental à la conception de produits et services.



**Participant (Concepteur)**

Nom (caractères d'imprimerie): \_\_\_\_\_

Signature: \_\_\_\_\_

**Chercheur (Alexandre Leclerc)**

Nom (caractères d'imprimerie): \_\_\_\_\_

Signature: \_\_\_\_\_

**Date :** \_\_\_\_\_



## ANNEXE J

Schéma d'entrevue.



## Présentation - introduction

- Quelles sont les motivations qui vous ont amené à devenir designer industriel?
- Depuis combien d'années pratiquez-vous ce métier?
- Pourriez-vous décrire vos principaux champs d'intérêt ou domaines d'expertise spécifiques à votre pratique professionnelle?
- Pourriez-vous décrire quelques projets que vous avez récemment accomplis?
- Qu'est-ce qui caractérise le plus votre approche du métier?

## Thème 1 – Environnement

### 1.1 Définition

- Quelle est votre conception de l'environnement?
- Comment définiriez-vous ce terme?

### 1.2 Impacts

- De quels aspects devrions-nous nous préoccuper lorsque l'on affirme que l'« environnement » est menacé?
- Quelle place occupent les considérations environnementales (au sens large du terme) dans vos projets en général?
- Quel peut être le rôle du designer industriel dans la réduction de ces impacts? Sur quoi peut-il intervenir?

## Thème 2 - Écoconception

### 2.1 Définition

- Qu'est-ce que signifie le terme écoconception?
- Dans quelle mesure est-il justifiable d'employer ce terme?

### 2.3 Produits « verts »

- Qu'est-ce qu'un produit « vert »?
- Comment peut-on reconnaître un produit respectueux de l'environnement?
- À quoi ressemble ou devrait ressembler un produit « vert »?
- Quelle est votre opinion sur l'octroi d'éco-logo pour les produits?
- Qu'est-ce qui distingue un bon matériau d'un mauvais, un bon procédé du mauvais, etc.?

### 2.3 Méthodologie et outils

- Si demain matin, une entreprise vous approchait afin d'améliorer un de leurs produits sur le plan environnemental, comment procéderiez-vous?

- Quelles sont les différentes stratégies pour réduire les impacts? (stratégies, outils, méthodes, etc. – produits, systèmes, services, etc.)
- Selon vous, à quoi ressemblerait l'outil d'aide à l'écoconception idéal?

#### **2.4 Les acteurs**

- Quelles sont les personnes clés que vous prendriez en considération tout au long du projet?
- Quels seraient leurs rôles dans le projet?

#### **Thème 3 - Obstacles**

- Dans quelle mesure le critère environnemental peut-il être intégré aux autres critères de conception généralement observés?
- Selon vous, quel est le niveau de complexité d'un projet d'écoconception
- Pourquoi, encore aujourd'hui, croyez-vous les designers industriels au Québec n'intègrent pas les contraintes environnementales à leur cahier des charges?

#### **Thème 4 – Incitatifs**

- Que faudrait-il faire pour que « tous » les designers adoptent des pratiques soucieuses de notre environnement?
- Comment croyez-vous qu'un designer industriel peut influencer une entreprise manufacturière à adopter des comportements plus respectueux de l'environnement?
- Quels sont les incitatifs qui vous motiveraient professionnellement à adopter les pratiques d'écoconception? Pourquoi?