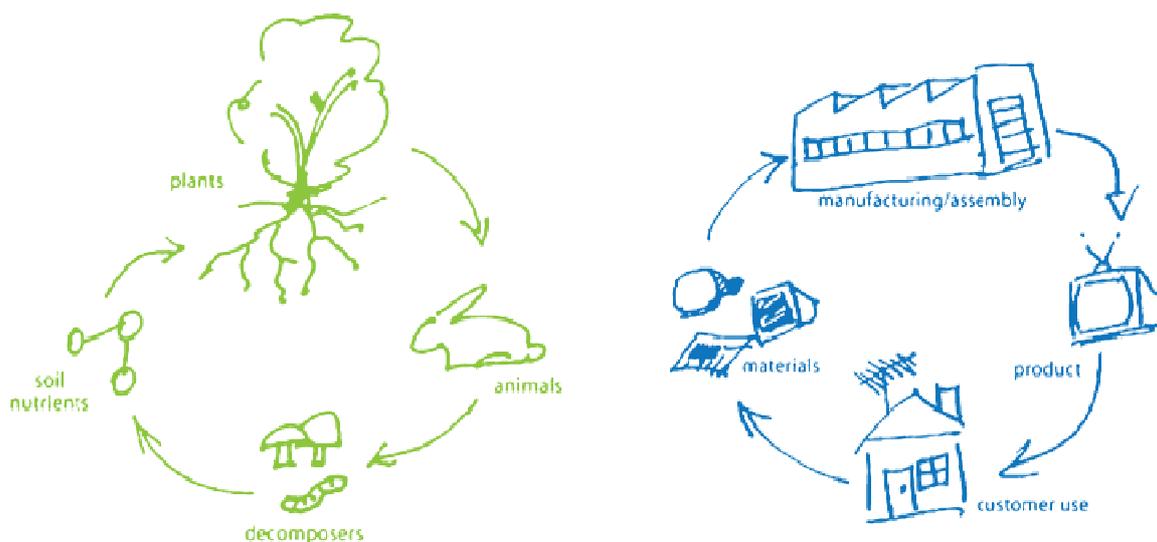


Université Libre de Bruxelles
Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire
Faculté des Sciences
Master en Sciences et Gestion de l'Environnement



Cradle to Cradle : Une approche d'écoconception des produits Analyse Critique

Mémoire de Fin d'étude présenté par
VAN DEN ABEELE, Patrick
En vue de l'obtention du grade académique de
Master en Sciences et Gestion de l'Environnement
Année Académique : 2010-2011

Directeur : Prof. Marc Degrez

RESUME

Le présent mémoire a pour but de présenter et de faire une évaluation critique d'une théorie récente du développement durable, l'éco-bénéficine et son modèle de production Cradle to Cradle. William McDonough et Michael Braungart, les auteurs de cette nouvelle approche, souhaitent offrir une alternative à l'approche éco-efficace qui est appliquée au modèle de production Cradle to Grave.

Le Cradle to Grave correspond à un cycle de vie pour les produits et les matières qui s'arrêtent au moment où les produits cessent d'être utilisés pour être jetés, enfouis ou incinérés. C'est un modèle qui détruit les ressources naturelles en accumulant déchets et émissions polluantes.

L'éco-efficacité tente de minimiser les impacts de ce modèle mais, pour les inventeurs de la théorie du Cradle to Cradle, ce n'est pas suffisant. Leur approche éco-bénéfique propose, elle, de recycler les produits indéfiniment et de produire des déchets et des émissions qui sont bénéfiques pour l'environnement et les êtres humains.

Le présent mémoire analysera ces deux approches et tentera de vérifier si l'éco-bénéficine peut, à elle seule, servir de modèle adéquat pour le développement durable de la société.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	11
CHAP 1. CRADLE TO CRADLE : PHILOSOPHIE GLOBALE.....	13
1.1. LES SYMPTÔMES DE NOTRE SYSTÈME INDUSTRIEL : UN MODÈLE CRADLE TO GRAVE.....	13
1.1.1. Pénurie des ressources et accumulation des déchets.....	14
1.1.2. Des produits toxiques et polluants	16
1.1.3. Monoculture, destruction de la biodiversité.....	17
1.2. LA RÉPONSE : L'ÉCO-EFFICACITÉ, ÊTRE MOINS MAUVAIS.....	18
1.2.1. Etre éco-efficace c'est seulement être moins mauvais	19
1.2.2. Incompatibilité de l'éco-efficacité avec la croissance à long terme et l'innovation	21
1.2.3. L'éco-efficacité ne répond pas aux problèmes de toxicité des produits	21
1.2.4. L'éco-efficacité détruit le lien entre la nature et les hommes et contribue à culpabiliser les hommes.....	22
1.3. CRADLE TO CRADLE : DE L'ÉCO-EFFICACITÉ À L'ÉCO-BÉNÉFICIENCE	22
1.3.1. Déchet = ressource	23
1.3.1.1. Un design des produits s'inspirant de la nature.....	24
1.3.1.2. Un design des produits basés sur des nutriments biologiques et techniques.....	24
1.3.1.3. <i>Upcycling</i> pour les nutriments techniques plutôt que <i>downcycling</i>	27
1.3.1.4. Nutriments sains et non toxiques	27
1.3.2. Connexion aux flux d'énergie naturels	28
1.3.3. Célébrer la diversité.....	28
1.3.4. Une croissance continue est compatible avec le Cradle to Cradle	29
1.3.5. Les produits services.....	29
1.4. LA CERTIFICATION CRADLE TO CRADLE.....	31
1.4.1. Organismes de certification et de consultance.....	31
1.4.2. Les documents à fournir pour la certification.....	32
1.4.3. Les critères de certification.....	33
1.4.3.1. Critère 1 : Toxicité des matériaux utilisés	33
1.4.3.2. Critère 2 : Réutilisation des matériaux	35
1.4.3.3. Critère 3 : Utilisation d'énergie renouvelable	35
1.4.3.4. Critère 4 : Gestion des ressources en eau	35
1.4.3.5. Critère 5 : Responsabilité sociale de l'entreprise.....	36
1.4.4. Prix de la certification	38
1.5. LE CRADLE TO CRADLE DANS LA CONSTRUCTION	38
1.6. CONCLUSION	38
CHAP 2. ETAT DES LIEUX DU CRADLE TO CRADLE.....	40
2.1. LES PRODUITS CERTIFIÉS.....	40

2.2. CRADLE TO CRADLE DANS LE MONDE.....	41
2.3. LA HOLLANDE : PAYS MODÈLE DU DÉVELOPPEMENT CRADLE TO CRADLE.....	42
2.4. LE CRADLE TO CRADLE EN BELGIQUE.....	44
2.5. CONCLUSION	45
CHAP 3. LES THÉORIES PRÉCURSEURS DU CRADLE TO CRADLE	46
3.1. LES THÉORIES D'ÉCOCONCEPTION	46
3.1.1. <i>Economie circulaire</i>	46
3.1.2. <i>Biomimétisme</i>	48
3.1.3. <i>Écologie industrielle</i>	49
3.1.4. <i>Capitalisme Naturel</i>	50
3.2. QU'EST CE QUI FAIT LA FORCE DU CRADLE TO CRADLE PAR RAPPORT À L'ÉCO-EFFICACITÉ ET LES AUTRES THÉORIES D'ÉCOCONCEPTION?	51
3.2.1. <i>Force de la stratégie de communication</i>	51
3.2.2. <i>Un message attrayant et déculpabilisant</i>	52
3.2.3. <i>Stimulation à l'innovation</i>	53
3.2.4. <i>Tentative de diffusion d'un message non utopique</i>	54
3.2.5. <i>Une image sous contrôle des fondateurs du Cradle to Cradle</i>	54
3.3. CONCLUSION :	55
CHAP 4. ANALYSE CRITIQUE DU CRADLE TO CRADLE.....	56
4.1. MÉTHODOLOGIE	56
4.2. CRITIQUE DES HYPOTHÈSES ET PRINCIPES DE L'APPROCHE ÉCO-BÉNÉFICIENTE	56
4.2.1. <i>La philosophie C2C</i>	57
4.2.1.1. Notre progrès technique est-il suffisant pour envisager une société Cradle to Cradle à court ou moyen terme?	57
4.2.1.2. Le Cradle to Cradle est-il réellement compatible avec le modèle de croissance de la société de consommation actuelle ?.....	60
4.2.1.3. La nature est-elle toujours un bon modèle à suivre ?.....	66
4.2.1.4. Les nutriments biologiques et techniques sont-ils toujours dissociables ?.....	66
4.2.1.5. Concevoir les produits pour des boucles de matière fermées a-t-il uniquement des effets bénéfiques pour l'environnement ?	67
4.2.1.6. Les nutriments techniques toxiques sont-ils vraiment toujours isolables de l'environnement ?	68
4.2.1.7. Les nutriments biologiques sont-ils toujours bons pour la nature?.....	69
4.2.1.8. La différence entre <i>downcycling</i> et <i>upcycling</i> est-elle toujours claire ?	72
4.2.2. <i>La certification C2C</i>	73
4.2.2.1. Les substances chimiques dans les produits certifiés C2C sont-elles vraiment non toxiques et bénéfiques pour l'environnement ?	73
4.2.2.2. Y a-t-il des points communs entre la certification et une approche éco-efficace ?.....	75
4.2.2.3. La certification signifie-t-elle que le produit sera toujours recyclé en fin de vie ?.....	76
4.2.2.4. La certification prend-elle en compte toutes les phases du cycle de vie des produits certifiés?.....	77
4.2.2.5. Aspect énergie de la certification : énergie renouvelable	77
4.2.2.6. La certification C2C va-t-elle de pair avec une éducation des différents intervenants dans la chaîne Cradle to	

Cradle?.....	79
4.2.2.7. La certification correspond-elle bien aux hautes ambitions de la philosophie Cradle to Cradle	80
4.2.2.8. Le niveau Platinum de la certification est-il atteignable?.....	83
4.2.2.9. La partie responsabilité sociale de la certification va-t-elle assez loin ?.....	83
4.2.2.10. Manque d'indépendance et de transparence du programme de certification	85
4.2.2.11. Le certificat C2C est-il vraiment accessible à tous ?	87
4.2.3. <i>Le C2C au sens de l'ACV</i>	89
4.2.3.1. L'ACV : définition, principes et limites	89
4.2.3.2. Objectifs et méthodologie du Cradle to Cradle	95
4.2.3.3. L'approche par seuil vs l'approche par quantification.....	97
4.2.3.4. Les différentes étapes de la vie dans le Cradle to Cradle	98
4.3. CONCLUSION	109
CHAP 5. RECOMMANDATIONS :.....	111
5.1. VERS UN NOUVEAU SYSTÈME DE CERTIFICATION.....	111
5.1.1. <i>Intégrer les phases du cycle de vie dans l'analyse</i>	111
5.1.2. <i>Structure du label et critères plus stricts</i>	113
5.1.3. <i>Des catégories de produits fonctionnelles et distinctes</i>	113
5.2. DES NOUVEAUX INSTITUTS OU ORGANISMES DE CERTIFICATION LOCAUX ET INDÉPENDANTS	114
5.3. UNE NOUVELLE STRATÉGIE DE COMMUNICATION ENVERS LE MARCHÉ	114
5.3.1. <i>Communication plus transparente au niveau de la méthodologie de certification</i>	114
5.3.2. <i>Communication plus transparente envers les consommateurs</i>	115
5.3.3. <i>Un message de rationalisation des ressources</i>	115
CONCLUSION	117
BIBLIOGRAPHIE	121
ANNEXES	129

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: réserves minérales mondiales calculées en années de production et de consommation (Chalmin, 1999 p.96).....	15
Tableau 2: documents et données à fournir pour la certification C2C (MBDC, 2008, p.14)	32
Tableau 3: catégories de couleur du MBDC Material Assessment Protocol (EPEA Hamburg, 2008d)	34
Tableau 4: liste de tous les critères à remplir par domaines et pour les différents niveaux de certification (MBDC, 2008) :	37
Tableau 5: quantité d'énergie produite par les technologies renouvelables en unité de surface (MacKay, 2008 p.4).....	58
Tableau 6: matières premières nécessaires pour la fabrication des technologies renouvelables (US Department of Energy, 2010, p.98).....	59
Tableau 7: calcul des scores de dommages pour les substances de référence (Jolliet, 2005 p. 103).....	92
Tableau 8: comparaison des bilans énergétique du PHA et des polymères pétrochimiques pour la production de plastique (Narayan et al., 2003 p.3).....	100
Tableau 9: émissions de CO2 pour la construction d'1m ² de deux types de revêtement de parking (Zmerzlaya, 2010 p.23)	103
Tableau 10: catégories d'impacts pour un PLA composté ou recyclé chimiquement (Detzel et al., 2006, p.134).....	108

LISTE DES FIGURES

Figure 1: métabolismes technique et biologique en fonction de leur type d'utilisation	25
Figure 2: cycles techniques et biologiques du fabricant de tapis Desso (Bati'life, 2010b p.1).....	26
Figure 3: étapes du programme de certification (EPEA Hamburg, 2008d p.3):	33
Figure 4: catégories de couleur du MBDC Material Assessment Protocol (EPEA Hamburg, 2008a).....	34
Figure 5: produits certifiés C2C par niveau de certification (MBDC, 2010).....	40
Figure 6: système d'auto-reconstitution de cycle d'un produit (l'extension de vie d'un produit) (Product Life Institute, 2008).	47
Figure 7: DFE et Green Chemistry au cœur de la théorie de l'Ecologie industrielle (Anastas et al., 1997 p.97).....	50
Figure 8: horizon de rupture à court terme des réserves de matières premières critiques pour les technologies renouvelables (US Department of Energy, 2010 p.98)	61
Figure 9: évolution mondiale entre 1990 et 2007 de l'extraction de quatre métaux différents (Jackson, 2010 p.84).....	62
Figure 10: les nutriments « jumeaux » (Bjorn, 2011 p.53).....	67
Figure 11: relation entre la dose de nutriment biologique et le bénéfice pour un organisme (Reijnders, 2008 p.1139)	70
Figure 12: schéma général du cadre d'impact 2002+ (Jolliet, 2005 p. 98).....	93
Figure 13: les différentes étapes du cycle de vie d'un tapis (Interface Global, 2008).....	98
Figure 14: composition du ciment traditionnel et du ciment à base de LFA (Zmerzlaya, 2010 p.19)	103
Figure 15: poste de consommation d'énergie primaire pour le Terraskin et quatre types de papier à base de cellulose (Bjorn, 2011 p.150)	107

REMERCIEMENTS

Merci à Pierre D'Ans pour tous ses conseils et tout le temps qu'il m'a consacré.

Merci à M. Marc Degrez pour sa patience et sa disponibilité.

Merci à ma mère et à ma sœur pour leur soutien.

Merci à ma kiné pour m'avoir remis en état de travail à plusieurs reprises.

Merci à Lucas et Valentin pour tous les bons moments passés à l'IGEAT.

Merci à Jean-Jacques, Elodie, Jamila, Bérénice, Angelina, Sophie, Valérie, Johann, Marjan pour leur contribution et pour leur amitié indéfectible.

Citations

« L'âge de la pierre a pris fin non pas pour cause d'un manque de pierres, et l'ère pétrolière prendra fin non pas pour cause d'un manque de pétrole » (CHEIKH AHMED ZAKI YAMANI, ancien ministre saoudien du pétrole)

« Les musées préservent notre passé ; le recyclage préserve notre avenir » (ANSONS T.)

LISTE DES ACRONYMES ET ABREVIATIONS

ACV : Analyse du cycle de vie

C2C: Cradle to Cradle

C2CN: Cradle to Cradle Network

C2CPII: Cradle Products Innovation Institute

DFE : Design For Environment (conception pour l'environnement)

EPA: Environmental Protection Agency

EPEA: Environmental Protection Encouragement Agency

LFA : Lignite Fly Ash (cendre volante de lignite)

MBDC: McDonough Braungart Design Chemistry

PHA : Polyhydroxyalcanoates

PLA : acide polylactique

INTRODUCTION

La prise de conscience par notre société de consommation que notre planète était un système fini dont les ressources étaient exploitées de façon irraisonnée, a incité de nombreux théoriciens à remettre en question les modèles de production en vigueur. En effet, l'épuisement des richesses naturelles, la dégradation de l'environnement, la pollution sont autant des conséquences néfastes qui découlent directement de notre civilisation industrialisée.

Dès 1970 le Club de Rome tirait sur la sonnette d'alarme pour mettre en évidence les limites de la croissance économique et appelait à sortir de l'ère du gaspillage des ressources. Dans le même temps, l'économiste et mathématicien Nicholas Georgescu Roegen introduisait déjà le terme de « décroissance ».

Depuis, de nombreuses propositions de modèles industriels alternatifs et durables ont vu le jour. Parmi ces propositions, la théorie de l'éco-efficacité est aujourd'hui largement utilisée. C'est une approche qui prône la minimisation des impacts pouvant nuire à l'environnement par le découplage de la nature et des activités humaines. Elle a pour vocation de corriger, réduire ou annuler complètement certains dommages que les systèmes de production industrielle peuvent causer aux écosystèmes et à la santé des êtres humains.

Avec l'approche éco-efficace sont nés des instruments d'analyse emblématiques tels que les bilans d'énergie, outils de rationalisation de l'énergie consommée au cours des différentes étapes de vie d'un produit. Ensuite sont venus leurs successeurs, les Analyses du Cycle de vie qui avaient pour objectif plus global de minimiser la consommation des ressources et toutes les émissions liées aux phases de vie des produits. De nos jours l'Analyse du Cycle de vie joue un rôle important dans l'évaluation des impacts environnementaux des produits et systèmes de production.

Plus tard, de nouvelles théories de refonte des processus industriels se sont efforcées d'aller plus loin que l'éco-efficacité en n'appliquant pas seulement des solutions en vue de réduire les impacts écologiques en bout de chaîne mais aussi une réflexion en amont sur ces impacts, c'est-à-dire dès la conception des produits. Ces théories se regroupent sous le terme « d'écoconception ». Parmi celles-ci on compte : l'écologie industrielle, le bio-mimétisme, l'économie circulaire... L'originalité de ces approches venait également du fait qu'elles proposaient de s'inspirer du modèle naturel pour les activités de production humaine et la conception des produits.

Récemment est apparu un nouveau-né parmi ces approches d'écoconception. William McDonough et

Michael Braungart prétendent avoir développé une méthode qui va encore plus loin en renversant complètement la perspective de l'éco-efficacité. Ils ne proposent plus de minimiser les impacts négatifs mais plutôt de rendre ces mêmes impacts bénéfiques pour l'environnement. C'est une théorie qu'ils ont baptisée « Cradle to Cradle » et dont le présent mémoire se fixe pour objectif de faire une analyse critique.

Nous commencerons par situer le contexte dans lequel est née cette théorie du Cradle to Cradle en revenant plus en détail sur les dégâts causés par l'industrie contemporaine et l'approche éco-efficace développée pour minimiser ces dégâts. Nous vérifierons si l'éco-efficacité était suffisante pour remplir cette mission.

Après cela nous pourrions nous atteler à la définition et à la description de l'approche Cradle to Cradle et des ses principes. Nous ferons également un bref état des lieux du développement du Cradle to Cradle dans le monde et en Belgique afin de vérifier le niveau d'adhésion dont bénéficie cette approche.

Nous reviendrons aussi sur les théories d'écoconception évoquées ci-dessus. Nous en comparerons la substance avec la théorie de McDonough et Braungart pour analyser l'apport de cette dernière et juger du caractère inédit des idées qu'elle développe.

Ensuite, nous évaluerons de façon critique l'approche Cradle to Cradle, le bon fondement de ses principes, des instruments et des critères d'analyse qu'elle utilise. A la suite de cela, nous tenterons de formuler des recommandations tant au niveau de la forme que du fond.

Enfin, nous concluons en apportant des éléments de réponse aux questions principales de ce mémoire en ouvrant le champ de réflexion vers d'autres perspectives.

Chap 1. Cradle to Cradle : Philosophie globale

Le Cradle to Cradle est une nouvelle approche pour la création d'un modèle de production industrielle durable. William McDonough et le chimiste allemand Michael Braungart¹, les créateurs de cette approche, expriment leur vision de cette nouvelle industrie de la manière suivante :

« Imaginez un monde dans lequel l'industrie, chaque usine et chaque bâtiment, sont aussi fertiles et utiles qu'un cerisier en plein floraison. Un monde dans lequel les bâtiments, tout comme les arbres, utilisent l'énergie du soleil, produisent des nutriments et de l'oxygène, fournissent un espace de vie pour les autres créatures, purifient l'eau et l'air ; et s'adaptent même aux saisons. Un monde sans pollution de l'environnement et sans déchets. Un monde où seuls des produits dont les matières sont bénéfiques à la fois aux hommes et à l'environnement sont fabriqués. Un monde dans lequel les matières sont d'une telle valeur qu'elles circulent dans des cycles de matières spécialement conçus pour elles » (EPEA Hamburg, 2008b).

McDonough et Braungart ont décrit leur théorie dans un livre best-seller « Cradle to Cradle : remake the way we make things » paru en 2002 (McDonough et al., 2002a). Lors de la première édition du livre en version française ; en février 2011 ; le journal français « La tribune » annonçait en première page un dossier de plusieurs pages sur le concept qu'il présentait comme « un principe qui donne des pistes aux entreprises mais aussi aux villes et aux États pour concilier croissance et écologie » (Pialot, 2011).

Ce chapitre sera consacré à la description des idées exposées par les auteurs du livre fondateur de la philosophie Cradle to Cradle dans sa version en langue française et se basera sur la structure même de l'ouvrage (McDonough et al., 2011). Les auteurs commencent par élaborer un diagnostic des symptômes de l'infrastructure industrielle contemporaine, font ensuite une analyse critique de l'approche développée pour y remédier, et enfin présentent les principes de leur approche. Nous appuierons l'argumentation faite par McDonough et Braungart par des exemples concrets et des données chiffrées.

1.1. Les symptômes de notre système industriel : un modèle Cradle to grave

Avant de présenter leur approche, McDonough et Braungart font un diagnostic du modèle industriel contemporain et des différents travers qui le caractérisent, à savoir :

¹ Une biographie des deux fondateurs du Cradle to Cradle est disponible en annexe

- La disparition des ressources et l'augmentation des déchets;
- La pollution et les problèmes de santé publique;
- La destruction des écosystèmes et de la biodiversité.

1.1.1. Pénurie des ressources et accumulation des déchets

La pénurie grandissante de certaines ressources naturelles et l'accumulation des déchets (et de l'espace qu'ils occupent) auxquelles nous assistons de nos jours sont deux phénomènes intrinsèquement liés.

Selon le Living Planet Report depuis 1970 (WWF, 2010, p.18), l'humanité a franchi le seuil de dépassement écologique et ne cesse de s'en éloigner avec une empreinte écologique de plus en plus supérieure à la biocapacité de la planète. Nous consommons, depuis ce moment, les ressources renouvelables plus rapidement qu'elles ne peuvent se régénérer. En 2007, le rapport entre les deux mesures indiquait une utilisation par l'humanité de plus d'une planète et demie (WWF, 2010, p.18).

La durée de vie d'emploi des biens durables est de plus en plus courte. Ceci est principalement dû à deux types de stratégies des fabricants dont l'objectif est d'augmenter la vente de leurs marchandises :

- D'une part une stratégie d'obsolescence programmée à laquelle les fabricants soumettent leurs produits et qui a pour effet d'augmenter le taux de remplacement des produits;
- D'autre part, une stratégie de marketing qui pousse les consommateurs à consommer toujours plus et à renouveler rapidement leurs produits avec de nouvelles versions. L'effet de mode peut donner lieu à des remplacements des produits avant même une réelle perte de fonctionnalité des produits.

Un exemple frappant de ces deux pratiques est celui du fabricant Apple qui sort une mise à jour de ses produits presque chaque année, créant ainsi un besoin de remplacement frénétique chez les utilisateurs de la marque. Le fabricant a d'ailleurs été condamné par la justice américaine mettant en cause la durée de vie (un à deux ans) des batteries de certains de ses Ipods (Dannoritzer, 2010). Plus globalement, sur le marché des biens électroniques la durée de vie d'emploi observée pour les petits appareils portables (Gsm, lecteur MP3, ...) est d'un an et demi à deux ans et pour les télévisions et ordinateurs, de cinq à sept ans (Pike Research, 2009 p.4).

Ces taux de remplacement élevés nous amènent au second problème qui est la gestion en fin de vie de ces produits. Partout dans le monde l'accumulation des déchets devient inquiétante. En 2010, une masse de

déchets flottants de la taille d'un continent a été découverte dans l'océan atlantique (Dupont, 2010).

La quantité de déchets et l'espace qu'ils occupent ne constituent pas le seul problème. En effet, certains de nos déchets contiennent des matières précieuses qui risquent d'être définitivement perdues lorsqu'ils sont mis en décharge. Pour revenir à l'exemple des produits électroniques, parmi les vingt à cinquante millions de tonnes de déchets créés chaque année, 75 à 85% terminent dans un centre d'enfouissement ou d'incinération (Pike Research, 2009 p.2). Ce modèle industriel, qui laisse les produits être jetés sans chercher à récupérer et recycler les matières et les produits en fin de vie, peut être qualifié de « Cradle to grave » (berceau à la tombe).

Parmi les problèmes de lente disparition des ressources naturelles, l'amenuisement des énergies fossiles est connu de tous. Cependant d'autres matières sont également appelées à disparaître si nous continuons à les consommer sans nous préoccuper de les récupérer en fin de vie. Le tableau ci-dessous montre le niveau de certaines ressources minérales calculées en années de réserve restante (Chalmin, 1999 p.96).

Tableau 1: réserves minérales mondiales calculées en années de production et de consommation (Chalmin, 1999 p.96)

Diamant	10
Zinc/plomb	20
Cuivre	35
Etain/manganèse	40
Uranium	40
Nickel/molybdène	50
Tungstène	60
Phosphates	80
Chrome	100
Fer	175
Platinoïde/cobalt/bauxite	200
Vanadium	300

Pour remédier à cette situation la Commission Européenne a récemment lancé une initiative « Matières premières » afin de consigner les matières critiques (lanthanides, métaux précieux, ...) pour l'Union Européenne et tenter de les gérer de manière plus durable (Commission Européenne, 2010).

Selon les fondateurs du Cradle to Cradle le manque de récupération des matières précieuses contenues dans les produits est dû à la fabrication de « produits Frankenstein » ou « hybrides monstrueux » contenant différents matériaux qui du fait de leur mélange ne peuvent pas être recouverts une fois terminé

le cycle de consommation du produit (McDonough 2011, p.132). Ils illustrent ce problème avec l'aluminium contenu dans les canettes et qui même avec un système de récupération avancé ne peut pas être récupéré correctement à cause de l'interaction avec d'autres substances.

1.1.2. Des produits toxiques et polluants

McDonough et Braungart qualifient la plupart des produits conçus par l'industrie contemporaine de « produits plus », des produits mal conçus d'un point de vue environnemental et toxicologique. Ils contiennent des additifs dissimulés qui, une fois relâchés, peuvent causer des dégâts importants aux écosystèmes et à la santé humaine (McDonough 2011, p.60). Les acheteurs de ces « produits plus » ne souhaitent probablement pas se rendre acquéreurs des additifs qu'ils contiennent (par exemple, les teintures toxiques contenues dans un t-shirt en polyester).

De surcroît, les fabricants eux-mêmes ne sont pas toujours informés du contenu de leurs propres produits car la mondialisation des approvisionnements brouille les pistes. En effet, un bien peut être manufacturé à partir de diverses pièces provenant de multiples pays. Certaines substances interdites sur les marchés nationaux peuvent se retrouver dans les produits (appareils électroniques par exemple) parce qu'ils ont été assemblés avec des pièces produites dans différents pays. Un produit dont l'assemblage final se fait en Belgique, peut très bien combiner des composants fabriqués à Taiwan ou en Inde et comportant des substances toxiques interdites en vertu de la directive REACH au sein de l'Union Européenne.

McDonough et Braungart citent de nombreux exemples de ces produits « plus » et « Frankenstein » dans leur ouvrage principal, parmi lesquels (McDonough et al., pp.1-230):

- Les chaussures : Le cuir des chaussures est tanné la plupart du temps dans des pays en voie de développement grâce une technique bon marché qui utilise du chrome, une substance reconnue comme cancérigène sous certaines formes d'exploitation par l'Agence américaine de Protection Environnementale (EPA, 2000). La plupart du temps les pays en voie de développement où se déroule le tannage ont une réglementation moins stricte. Sans contrôle régulier les déchets de fabrication de chaussure peuvent terminer déversés dans des rivières ou brûlés à même le sol, diffusant dans les deux cas des toxines dans l'environnement. Un autre composant des chaussures, la semelle en caoutchouc, contient fréquemment du plomb et du plastique. Une fois la chaussure jetée ces substances toxiques peuvent s'immiscer dans les écosystèmes;
- Les bouteilles de plastique : elles contiennent des toxines comme l'antimoine, des stabilisateurs d'ultraviolet ou des plastifiants. Des substances qui n'ont pas été élaborées pour un contact

dermique.

Le nombre et la complexité des substances utilisées par l'industrie sont un obstacle important à la réalisation de profil détaillé pour chacune d'entre elles. Aux Etats-Unis, parmi les 80000 substances chimiques enregistrées par l'EPA, seules 200 ont été vraiment testées (Bauers, 2010). La nocivité de ces éléments n'est pas toujours évidente à prouver et les publications donnent parfois lieu à des débats intenses. Les recherches en matière de nocivité des substances prennent du temps et de l'argent pour être réalisées. De plus, elles font l'objet de conflits d'intérêts car les équipes de recherche sont souvent financées par des grands groupes qui sont eux-mêmes exploitants des substances étudiées. Ces derniers n'ont pas toujours avantage à être remis en question. Quand le professeur Tyrone B Hayes de l'université de Berkeley en Californie a réussi à démontrer l'effet perturbateur endocrinien des pesticides à base d'Atrazine (Hayes et al., 2001), le groupe Syngenta qui finançait jusque là son étude a immédiatement cessé de subventionner ses recherches (Gilman et al., 2007).

Même les substances, dites inoffensives à faibles doses, peuvent quand même avoir des effets négatifs importants. Des perturbateurs endocriniens, comme le Bisphénol A, contenu dans de nombreux produits sont susceptibles d'avoir des effets même à faible dose en fonction du moment et de la durée de l'exposition.

En outre, l'interaction d'une substance avec d'autres a fait l'objet de peu de recherches jusqu'à présent. Les molécules sont, la plupart du temps, analysées une seule à la fois (Gilman et al., 2007). L'équipe de chercheurs du docteur Ulla Hass de l'Institut National de l'Alimentation à Copenhague a pourtant réussi à démontrer les risques importants d'amplification des effets lorsque plusieurs substances étaient mélangées. Elle a pour cela inoculé, à un échantillon de rats, trois substances à des doses qui, si elles avaient été administrées séparément, n'auraient eu aucun effet. Les résultats de l'étude ont montré de graves malformations chez les rats (National Research Council, 2008 p.113).

1.1.3. Monoculture, destruction de la biodiversité

L'industrialisation combinée à l'urbanisation, la croissance démographique et d'autres phénomènes a mené à une destruction massive des paysages naturels. L'industrialisation de l'agriculture entre autres a créé des monocultures et des paysages aseptisés qui n'ont plus l'immunité des écosystèmes complexes et qui exigent désormais pour leur survie l'intervention de l'homme.

Le Living Planet Index (LPI) calculé par le WWF montre un déclin de 30% de la biodiversité sur la planète entre 1970 et 2007 (WWF, 2010 p.18).

1.2. La réponse : l'éco-efficacité, être moins mauvais

Le World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) est le premier à avoir utilisé le terme d'éco-efficacité (WBCSD, 2000 p.3). Ce terme se réfère à un modèle où la production de biens et services se ferait en utilisant le moins de ressources possible tout en générant le moins de déchets et de pollution tout au long du cycle de vie. Cette approche a donc pour objectif premier de créer plus de valeur avec moins d'impacts : des machines avec des moteurs plus rapides et plus propres, une utilisation plus efficace et rationnelle des matériaux...

Les grandes lignes d'une approche éco-efficace incluent (WBCSD, 2000 p.15):

- Une amélioration de la productivité des ressources (réduction de l'utilisation de ressources et d'énergie pour la production de biens et services);
- Une réduction de l'émission de substances toxiques;
- Une augmentation du recyclage;
- L'optimisation de l'utilisation de ressources renouvelables ;
- Une augmentation de la durée de vie des produits;
- Une dématérialisation (plus de services et moins de biens physiques).

Au rang des stratégies emblématiques de l'éco-efficacité se trouvent les « 3 R » (Réduire, Réutiliser et Recycler) et la stratégie « Zéro Emission ». Cette dernière est l'ultime déclinaison de l'éco-efficacité qui vise des émissions et des impacts nuls sur les systèmes écologiques. L'initiative « Ciment Durable » et son objectif clair de zéro déchets pour l'industrie du ciment compte parmi ce type de stratégie (WBCSD, 2010 p.2). Le projet « Zéro-net » du Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC) visant à réduire au maximum l'impact environnemental global des bâtiments en Belgique en est un autre exemple (CSTC, 2010 p.3).

L'éco-efficacité prône donc un véritable découplage entre économie et écologie, ce qui est selon McDonough et Braungart un pas dans la mauvaise direction. En effet, ils adressent à son égard plusieurs critiques, que nous allons développer les points suivants.

1.2.1. Etre éco-efficace c'est seulement être moins mauvais

McDonough et Braungart déclarent au sujet de l'éco-efficacité:

« L'éco-efficacité est une approche réactionnaire qui n'aborde pas la nécessité de refonte fondamentale des flux industriels de matières ... L'éco-efficacité est principalement une stratégie de gestion des dégâts et de réduction de la culpabilité. Elle part du postulat que l'industrie est 100% mauvaise, et se fixe pour objectif de la rendre moins mauvaise » (McDonough et al., 2007 p.1340).

Les stratégies des « 3R » et de « Zéro émission » s'apparentent donc pour eux à une stratégie de gestion des dommages causés par l'industrie à l'environnement et la santé des êtres humains. D'après McDonough et Braungart, la réduction des déchets, de l'utilisation de ressources, et des émissions toxiques apporte un avantage économique temporaire dans le court terme mais, sur le long terme, elle ne permet pas de créer une relation positive entre l'industrie et la nature. Elle mène seulement à un ralentissement de la destruction de l'environnement puisque les problèmes fondamentaux de conception de l'industrie contemporaine ne sont d'aucune façon abordés.

Pour illustrer le propos de McDonough et Braungart, prenons le cas de l'industrie automobile. La pratique, qui cherche à construire des automobiles de plus en plus légère, a des effets positifs en termes d'émissions de CO₂. D'un autre côté si les ventes de voitures continuent à augmenter dans le même temps cela risque de ne pas altérer de manière significative la progression linéaire de la quantité de ressources naturelles utilisées et détruites afin de construire la voiture.

Une efficacité accrue en termes de consommation énergétique, quand elle ne se base pas sur une source d'énergie renouvelable, ne mène pas automatiquement à une diminution des stocks d'énergie fossile si, dans le même temps, les quantités fabriquées du produit augmentent. Ce phénomène est désigné dans la littérature comme le « paradoxe de Jevon » : les progrès techniques améliorant l'efficacité d'exploitation d'une ressource ont tendance à faire augmenter son taux de consommation plutôt que l'inverse (Alcott, 2005 p.1). Ce paradoxe provient du fait qu'une efficacité accrue va d'une part réduire le coût d'utilisation d'une certaine ressource et d'autre part accentuer la croissance économique ; ces deux réactions auront pour effet d'augmenter la demande globale pour la ressource.

La volonté de recyclage des matières est reconnue comme un point positif dans les approches éco-efficaces mais McDonough et Braungart considèrent que dans leur large majorité les techniques de recyclage utilisées ont pour effet pervers de dégrader la qualité des matériaux à mesure qu'ils circulent dans les systèmes industriels (McDonough et al., 2007 p.1340). Au fil des recyclages les matériaux se

détériorient et terminent inévitablement recyclés dans des applications de plus faible valeur. C'est ce que les auteurs désignent par « *downcycling* » (McDonough et al., 2007 p.1340). Si des métaux rares et précieux comme le cuivre sont mélangés au cours des processus de recyclage, leur valeur qualitative initiale risque d'être à jamais perdue (McDonough et al., 2007 p.1340).

Qui plus est, les techniques de recyclages éco-efficaces ne se soucient pas, selon eux, du caractère toxique des matières recyclées et ; pire encore, la toxicité du matériau en question peut parfois être même aggravée du fait du recyclage. Ils citent l'exemple du papier recyclé : le papier que nous trouvons sous forme de journal ou de livre est un exemple typique d'un « produit plus » car il contient un mélange de différents composants tels que le plastique, la pulpe de bois, les encres et les additifs chimiques (McDonough et al., 2007 p.1340). Des substances qui vont devoir entraîner un blanchiment intensif pour recycler et rendre le papier réutilisable. Le blanchiment se fera dans la plupart des cas à l'aide de produits chimiques encore plus toxiques comme le chlore (McDonough et al., 2007 p.1340)..

Pour illustrer la toxicité du papier recyclé, ils se réfèrent à un article paru dans le New-York times dans lequel l'auteur affirme que la production de papier recyclé produit plus d'eau polluée que celle du papier traditionnel, 5000 gallons supplémentaires d'eau polluée par tonne de papier recyclé (Tierney, 1996 p.16). L'auteur de l'article souligne également que le papier final aura énormément perdu de sa qualité originelle puisque les fibres deviennent de plus en plus courtes à chaque recyclage. Il n'y a donc pas vraiment de valeur ajoutée au recyclage quand il faut consommer plus d'énergie ou opérer des traitements chimiques susceptibles d'être encore plus toxiques. Surtout si le résultat final est un papier de moindre qualité et qui ne sera pas recyclable *ad vitam aeternam*.

La difficulté majeure de l'approche éco-efficace est qu'elle apporte des solutions dites *end-of pipe*² en abordant les problèmes et leurs conséquences plutôt que leurs sources directes (McDonough et al., 2007, p.1337). Elles ne prennent pas en compte, comme le font les solutions d'écoconception, la perspective d'un recyclage futur. En d'autres termes, l'éco-efficacité n'adapte pas les produits à une utilisation ultérieure à leur première vie utile. Un recyclage en bout de chaîne des matériaux consiste seulement à augmenter la durée de vie du matériau et retarder son retour à une dynamique linéaire *Cradle to grave*. Au bout de quelques nouvelles vies en tant qu'élément recyclé le matériau est tellement détérioré qu'il termine sa course incinéré ou en décharge.

L'éco-efficacité, aux yeux de McDonough et Braungart, fixe des objectifs et met en œuvre des techniques qui soutiennent un système fondamentalement imparfait. Rendre plus efficace des procédés ou des

² En bout de chaîne

produits qui sont déjà mauvais dès le départ ne revient, pour McDonough et Braungart, qu'à les rendre « moins mauvais » (McDonough et al., 2010, p.69). Ils utilisent, par ailleurs, une phrase sans équivoque pour désigner les réglementations qui se basent sur le modèles éco-efficaces: « les normes à appliquer en bout de chaîne telle que la distillation par les fabricants des émissions à des taux plus acceptables consistent à confier des permis de blesser à l'industrie» (McDonough et al., 2011 p.88).

1.2.2. Incompatibilité de l'éco-efficacité avec la croissance à long terme et l'innovation

Un système éco-efficace finit toujours par atteindre ses limites Il ne peut pas indéfiniment réduire le nombre d'entrées ou de sorties dans le système. Pour McDonough et Braungart, l'objectif final du « Zéro émission » est, par définition, inatteignable puisqu'il existe des limites à la dématérialisation : « les biens et services auront toujours besoin d'un minimum de ressources matérielles » (McDonough et al., 2007, p.1340). La dématérialisation a un effet pervers puisqu'elle détourne les recherches des pratiques innovantes et créatives qui encouragent à repenser la conception dont découle la pollution.

De plus, une approche éco-efficace est en contradiction avec la croissance économique puisque elle engendre une consommation supplémentaire des ressources et des émissions accrues.

1.2.3. L'éco-efficacité ne répond pas aux problèmes de toxicité des produits

Une démarche de simple minimisation des substances toxiques dans la fabrication des produits ne va pas assez loin selon les auteurs. En effet, comme nous l'avons déjà indiqué dans ce rapport, même des quantités réduites de substances toxiques peuvent avoir des effets importants en raison de leur caractère bio-accumulatif.

Dans le domaine du bâtiment, l'approche éco-efficace a également un effet pervers. En appelant au « tout isolé » et au « tout étanche » afin de réduire la consommation énergétique, les polluants risquent d'être piégés à l'intérieur des maisons, phénomène que l' EPA définit comme Sick building syndrome (EPA, 1991 p.1).

1.2.4. L'éco-efficacité détruit le lien entre la nature et les hommes et contribue à culpabiliser les hommes

En tentant de gommer toutes les émissions qui résultent des activités humaines, l'application de l'éco-efficacité a pour effet de rompre le lien naturel qui unit les êtres humains à leur contexte environnemental.

L'objectif de rendre moins mauvaises les activités humaines découle du postulat que l'industrie est « 100% mauvaise » pour la nature (McDonough, 2007, p.1340). L'activité économique est alors coupable de détruire la nature.

Selon McDonough et Braungart l'approche efficace remet en question la fécondité de la nature. Ils utilisent à plusieurs reprises la métaphore d'un arbre cerisier lorsqu'ils sont amenés à confronter leur propre théorie à celle de l'éco-efficacité (McDonough et al., 2011 p.102). C'est un arbre que nous pourrions qualifier de « non efficace » car parmi toutes les fleurs qu'il produit, une faible proportion seulement deviendra à son tour un cerisier. Pourtant en prenant l'écosystème de l'arbre dans son ensemble nous constatons que les fleurs qui paraissaient superflues servent à nourrir les micro-organismes qui en retour nourriront le sol et favoriseront la croissance de l'arbre. La vision éco-efficace de la nature est celle d'un monde de parcimonie absolue. Un monde que Van Gogh, dans un souci d'efficacité, n'aurait pu représenter dans ses tableaux que de façon monochrome (McDonough et al., 2011 p. 130).

L'adoption des principes éco-efficaces dans notre société a contribué à mettre en avant une vision de désolation du rôle de l'espèce humaine dans le monde. L'homme est coupable et l'absolution de ses péchés l'exhorte à devenir invisible en minimisant ses activités de production, en se sacrifiant, en nettoyant tout ce qu'il fait pour atteindre une empreinte écologique nulle.

McDonough et Braungart considèrent que l'éco-efficacité aura toutefois eu le mérite de sensibiliser les êtres humains aux dégâts qu'ils pouvaient causer à la nature et qu'elle était certainement nécessaire comme stratégie de transition. Cependant, ils affirment qu'elle est loin d'inspirer une vision excitante du changement.

1.3. Cradle to Cradle : de l'éco-efficacité à l'éco-bénéficine

Avec leur nouvelle approche McDonough et Braungart veulent proposer une alternative à l'éco-efficacité :

« La méthode de production Cradle to Cradle est en contraste directe avec le modèle Cradle to grave ...plutôt que de tenter de réduire le flux linéaire de matières et les méthodes de production actuelles, le Cradle to Cradle conçoit des flux circulaires où les matières gardent leur valeur à la fois pour l'homme et pour la nature » (Epea Hamburg, 2008c).

Les idées fondatrices de cette approche ont initialement été décrites séparément en 1992 par Michael Braungart pour la partie Biens durables dans sa publication « *An Intelligent Product System to replace Waste Management* » (Braungart et al., 1992) et par William McDonough pour la partie Bâtiment dans son manifeste « *The Hannover Principles: Design for Sustainability* » (McDonough, 1992). Les deux géniteurs du Cradle to Cradle ont ensuite réunis toutes leurs idées dans l'ouvrage déjà cité, « *Cradle to Cradle : remaking the way we make things* ». Dans cet ouvrage ils affirment qu'il est possible, au lieu d'être juste moins mauvais, de produire d'une manière positive qui non seulement ne cause aucun dégât à l'environnement mais qui est bénéfique pour celui-ci. C'est une approche qui en opposition à l'éco-efficacité sera appelée « éco-bénéfique » (McDonough et al., 2011 p.97).

L'éco-bénéficine est basée sur un cycle de production qui n'est plus Cradle to grave mais Cradle to Cradle (berceau à berceau). Ce nouveau mode de production Cradle to Cradle de l'approche éco-bénéfique est basé sur cinq principes fondamentaux (McDonough et al., 2011 pp.124-197) :

- Déchet = ressource;
- Se connecter à l'énergie d'origine solaire;
- Célébrer la diversité;
- Une croissance continue possible;
- Des produits services.

Synthétisons à présent les idées sur lesquelles se fondent ces cinq différents principes.

1.3.1. Déchet = ressource

McDonough et Braungart exposent dans leur théorie la possibilité d'éliminer complètement le concept de déchet, non pas en produisant moins mais plutôt en produisant un déchet qui pourra devenir une nouvelle matière première ou qui pourra alimenter un autre processus, une autre partie des systèmes industriels ou naturels. Il s'agira de construire un cycle clos des flux de matière qui pourra dès lors être qualifié de boucle Cradle to Cradle.

1.3.1.1. Un design des produits s'inspirant de la nature

La nature, en l'absence de l'intervention de l'homme, ne produit aucun déchet superflu. Elle opère dans des métabolismes au sein desquels tout est en permanence recyclé et dans lesquels tout les nutriments tels que le carbone, l'hydrogène, l'azote circulent dans des cycles fermés (McDonough et al., 2011 p.125).

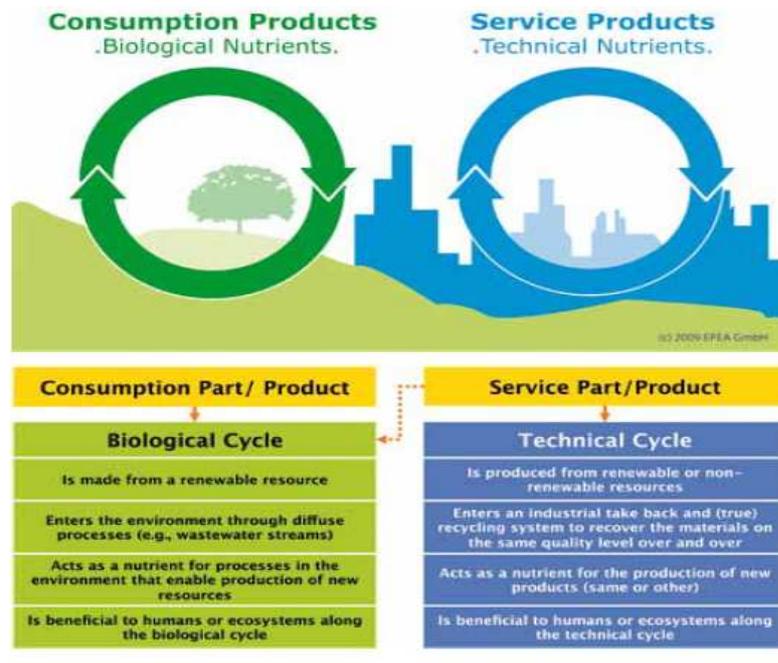
McDonough et Braungart suggèrent de prendre exemple sur ce modèle circulaire de production en restituant à la nature tous les nutriments plutôt que de les jeter, les brûler ou les enfouir comme le fait le plus souvent l'industrie moderne. Une façon d'imiter l'arbre cerisier que nous évoquions plus tôt et qui vient puiser des éléments nutritifs dans l'écosystème qui l'entoure tout en le nourrissant. Il puise les nutriments qu'il trouve dans le sol tout en soutenant le système productif de la nature grâce aux fleurs qu'il perd, au cycle de l'eau auquel il participe, à l'oxygène qu'il produit, ... Les industriels éco-bénéfiques pourraient calquer leurs activités sur cette interaction et cette productivité sans cesse renouvelée des écosystèmes.

Par ailleurs, l'industrie n'a pas besoin de créer des objets plus durables que nécessaire ; du moins pas plus que la nature ne le fait (McDonough et al., 2011 p.139).

1.3.1.2. Un design des produits basés sur des nutriments biologiques et techniques

Le Cradle to Cradle définit un cadre général pour la conception de produits et de procédés industriels dans lequel les matériaux sont transformés en nutriments qui circulent en permanence dans deux types de métabolismes distincts: le métabolisme biologique (la biosphère) et le métabolisme technique (la technosphère) (McDonough et al., 2011 p.138). Pour pouvoir circuler sans obstacles et en toute sécurité les produits ne peuvent plus être des hybrides monstrueux mais doivent être des produits composés de seulement deux sortes de matériaux (voir fig. 1).

Figure 1: métabolismes technique et biologique en fonction de leur type d'utilisation
(C2C Network, 2010a, p.10)



- **Les nutriments biologiques**

Les nutriments biologiques sont des matériaux biodégradables provenant de matériaux naturels ou à base de plantes mais également de matériaux synthétiques comme les biopolymères. Ce sont des substances sans danger pour les êtres humains et la biosphère et qui peuvent donc être retournés après en toute sécurité pour alimenter les métabolismes biologiques.

Des produits conçus uniquement à base de nutriments biologiques peuvent être considérés comme de réels produits de consommation puisqu'ils peuvent être entièrement consommés au cours de leur durée de vie via biodégradation. Il n'y a pas de raison pour McDonough et Braungart « que certains contenants comme les tubes de dentifrice ou les bouteilles de shampoing durent parfois des centaines d'années de plus que leur contenu » (McDonough et al., 2011, p.139). Le Cradle to Cradle propose notamment de réélaborer les tissus des vêtements ou les emballages de telle manière qu'en fin de vie, ils puissent servir de fertilisant ou de compost dans nos jardins.

McDonough et Braungart vont encore plus loin que la simple réintégration des éléments pris à la nature puisqu'ils souhaitent que les produits, fabriqués selon le mode Cradle to Cradle, apportent des bénéfices supplémentaires à la nature. Ils soumettent quelques propositions qui vont dans ce sens :

- Des cartons de glace, ayant préalablement été rendu facilement liquéfiables à température ambiante, dans lesquels seraient insérées des graines. Ces graines donneraient naissance à des plantes qui viendraient participer au développement de la biodiversité ;
- Des savons et autres produits d'entretien conçus comme des nutriments biologiques qui pourraient être déversés sans aucun risque dans les systèmes aquatiques en leur servant de nutriments ;
- Des nutri-véhicules, voitures dont les émissions de NOx seraient maximisées au lieu d'être minimisées, comme actuellement. Il faudrait alors inventer un système qui permette de fixer et récolter facilement l'azote qui servirait de fertilisant dans l'agriculture.

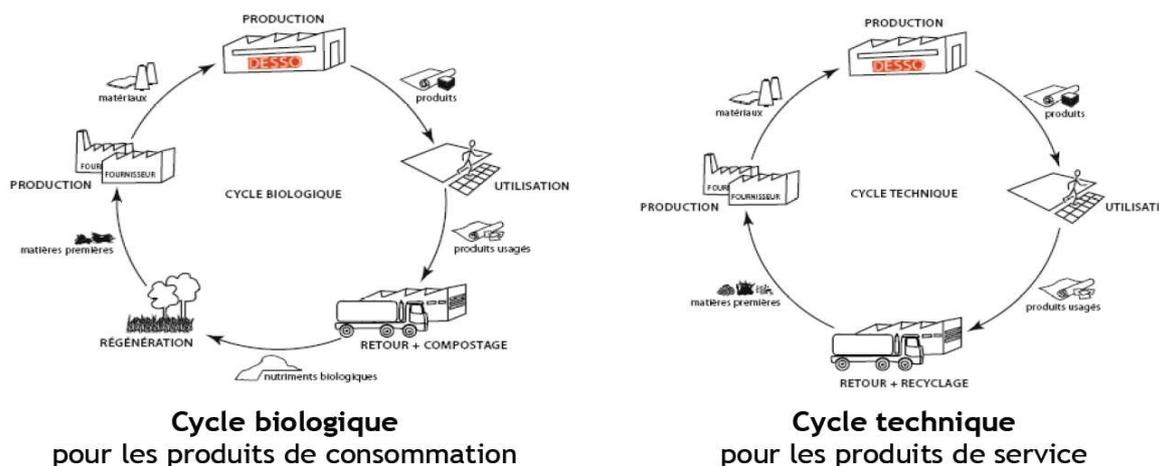
- **Les nutriments techniques**

Les nutriments techniques sont souvent des matériaux d'origine synthétique ou minérale qui peuvent circuler indéfiniment et en toute sécurité dans le métabolisme industriel. Ils font partie intégrante d'un cycle technique clos au sein duquel les produits sont fabriqués, récupérés et réutilisés en les maintenant à un haut niveau de qualité le long des différents cycles de vie.

McDonough et Braungart proposent par exemple de réélaborer les téléviseurs de façon à pouvoir isoler facilement, lors de leur mise au rebut, les nutriments techniques précieux pour les industries.

La figure ci-dessous illustre la circulation en boucle des nutriments biologiques et techniques pour un fabricant de tapis.

Figure 2: cycles techniques et biologiques du fabricant de tapis Desso (Bati'life, 2010b p.1)



Les fondateurs du Cradle to Cradle mettent l'accent sur le fait qu'il faut éviter les mélanges entre nutriments techniques et biologiques dans les produits finis afin qu'ils ne se contaminent pas l'un l'autre. Un mélange est toujours possible mais à condition que les deux différents éléments soient facilement séparables et récupérables en fin de vie. Une attention particulière doit dès lors être portée lors de la phase de développement des produits sur un démontage aisé en fin de vie.

1.3.1.3. *Upcycling* pour les nutriments techniques plutôt que *downcycling*

Le cœur du principe « déchet = ressource » repose sur le fait que tout type de nutriments, utilisé dans un produit puisse réintégrer, en fin de vie, le cycle de vie d'un autre produit ou un cycle biologique. Cela doit pouvoir s'effectuer de manière indéfinie mais également sans la moindre perte de qualité pour la technosphère ou sans le moindre danger pour la biosphère.

McDonough et Braungart souhaitent à tout prix éviter un phénomène de « *downcycling* » tels que nous l'avons expliqué précédemment pour le recyclage du papier qui devient inutilisable après un certain nombre de vies. Il en va de même de l'acier dans l'industrie automobile. En effet, McDonough et Braungart accusent les fabricants automobiles de faire l'amalgame lors du recyclage d'une voiture entre les composants en acier de qualités diverses et les câbles de cuivre (McDonough et al., 2007, p.1347). Cela donne un mélange générique de moindre qualité par rapport à la matière originelle. McDonough et Braungart souhaiterait voir l'ingénierie industrielle élaborer les véhicules de manière à préserver la qualité des matériaux qu'ils contiennent au-delà de leur première vie. Chaque pièce pourrait alors être fondue avec les éléments de même nature pour ne pas en détériorer la qualité.

Au-delà d'un simple maintien qualitatif des matériaux, le Cradle to Cradle ambitionne même d'augmenter la qualité des matériaux dans les cycles de vie suivants, c'est-à-dire faire de l'*upcycling*. Le modèle de référence pour illustrer l'*upcycling* est la première édition du livre « Cradle to Cradle : remaking the way we make things » qui a été imprimée sur de la résine de plastique. McDonough et Braungart donne également l'exemple des enveloppes de riz de Corée, riches en silice, dont la première utilisation est de servir de conditionnement de composants stéréo et électronique et qui terminent ensuite transformées en matériau pour fabriquer des briques en Europe (McDonough et al., 2011, p.145).

1.3.1.4. Nutriments sains et non toxiques

Pour que les déchets puissent devenir nourriture ils ne doivent contenir aucune substance toxique

(mutagène, carcinogène, rémanente, ...) susceptible de contaminer les systèmes naturels. Les fabricants doivent pour se faire, au moment de la phase de développement de leurs produits et de leur composition, les délester au maximum des matériaux dangereux. McDonough et Braungart insistent particulièrement dans leur livre sur le bannissement du PVC. Ils souhaitent l'élaboration de produits faits de matériaux purs (en opposition aux produits « plus ») et qui peuvent de manière simple et réversible retourner à l'état de matières premières à la fin de la vie utile du produit.

1.3.2. Connexion aux flux d'énergie naturels

Le deuxième principe central du Cradle to Cradle est la reconnexion aux flux naturels d'énergie (énergie éolienne, marine, hydroélectrique, géothermale et énergie tirée de la biomasse) (McDonough et al., p166). Selon McDonough et Braungart toute notre alimentation en énergie doit être repensée en fonction des énergies renouvelables tant au niveau des processus d'électricité qu'au niveau du chauffage et de la climatisation des bâtiments.

Quel que soit la source d'énergie renouvelable elle doit être exploitée de manière à ne pas mettre en péril le capital énergétique des générations futures et être non toxique pour l'environnement.

1.3.3. Célébrer la diversité

Le troisième principe du Cradle to Cradle consiste à célébrer la diversité dans tous ses états: écologique, culturelle, économique...

Toutes les activités humaines doivent servir les écosystèmes et non plus les détruire. La formule utilisée par les créateurs du Cradle to Cradle est « des immeubles-arbres et des villes-forêts » (McDonough et al., 2011 p.179).

Du point de vue de la construction cela se traduirait par des maisons qui rendraient de nombreux services à leur écosystème environnant en fournissant un habitat supplémentaire aux espèces environnantes grâce à des toitures vertes, en purifiant l'air, en fournissant ombre et lumière naturelle, en enrichissant le sol de nutriments biologiques et en fournissant plus d'énergie que nécessaire à sa propre consommation grâce à des panneaux solaires par exemple.

Du point de vue de la production industrielle cela se manifesterait par un abandon de la stratégie de la finalité unique pour la conception des produits d'une plus grande flexibilité en matière de design. Un

design qui porterait une attention accrue à « l'utilisation qui sera faite des produits au cours de différents cycles de vie, des différentes générations d'utilisateurs possibles et de l'évolution possible de leurs goûts » (McDonough et al., 2011, p.179).

Des modèles évolutifs et reconfigurables tels que la chaise Tripp trapp, créée par l'architecte Peter Opsvik en 1972 et fabriqué par le norvégien Stokke à laquelle il est possible d'ajouter ou d'enlever des composants facilement pour un usage de 7 à 77 ans (Stokke, 2011) ou encore les cloisons mobiles pour bureaux de la société italienne Sorin qui permettent une adaptation permanente aux besoins de réaménagement intérieur d'une compagnie (C2C Network, 2011b p.20). D'après McDonough et Braungart cette stratégie de flexibilité pourrait continuer à intégrer des éléments préfabriqués customisés en masse mais devrait en contrepartie prévoir des modules adaptables en fonction des traditions et des goûts locaux.

1.3.4. Une croissance continue est compatible avec le Cradle to Cradle

L'un des éléments forts de la théorie de McDonough et Braungart est l'affirmation que la civilisation humaine pourrait continuer à produire et consommer autant qu'elle le fait aujourd'hui et même toujours plus si les trois principes que nous venons d'énoncer étaient suivis. En effet, tout ce qui sera produit et consommé par les êtres humains serait non toxique, pourrait nourrir l'environnement ou être en permanence recyclé à 100%.

La croissance économique et démographique continue est donc, à leurs yeux, compatible avec l'écologie. Pour argumenter le point démographique, il donne l'exemple de cohabitation harmonieuse des fourmis avec la nature. En effet, la biomasse totale des fourmis est bien supérieure à celle de la biomasse totale des êtres humains sur la planète et pourtant elles ne causent pas des dégâts immenses à la nature : « la densité et la productivité des fourmis ne posent pas de problème au reste du monde parce que tout ce qu'elle fabriquent et exploitent fonctionne selon des cycles naturels berceau à berceau » (McDonough et al., 2011, p.110)

1.3.5. Les produits services

Au lieu de jeter un bien lorsqu'il est en fin de vie ou que le consommateur veut en changer ou se mettre à jour en acquérant une version plus récente, l'alternative proposée par McDonough et Braungart consiste à vendre des produits dits « de service » (McDonough et al., 2007, p.1343).

Ils partent de l'idée qu'en achetant un certain produit le consommateur souhaite avant tout se rendre acquéreur du service qu'il comprend et pas vraiment des matériaux ou substances qu'il contient. Alors plutôt que donner au consommateur la propriété d'un objet dont il devra se débarrasser lui-même en fin de vie utile, les fabricants pourraient lui offrir la location du service que fournit ce produit pendant une période déterminée et pour un usage défini. Par exemple un forfait de cinquante-mille kilomètres de déplacement en voiture, cinq mille heures de visionnage télévisuel ou cinq années d'utilisation d'une machine à laver.

Le client aurait l'usufruit du produit mais le fabricant en garderait l'entière propriété et pourrait venir le récupérer à l'échéance du contrat de location pour se charger de son élimination. C'est un système qui présente des avantages mutuels dans la relation fabricant-client. Le bénéfice est double pour le fabricant. Il peut d'une part récupérer et conserver la propriété des matériaux précieux, des matériaux bruts qui ont parfois été extraits à grand frais et d'autre part, il peut favoriser le développement d'une relation à long terme avec ses clients en leur permettant de revenir à chaque nouveau cycle de vie du produit.

Quant aux clients, ils bénéficient du service voulu sans plus devoir assumer la responsabilité matérielle de matériaux complexes contenant des substances potentiellement dangereuses et leurs mises au rebut. La qualité des produits ne peut qu'en être améliorée puisqu'à la différence du système classique et de sa pratique courante d'obsolescence programmée, le fabricant n'a plus intérêt à construire des appareils d'une durée de vie limitée pour faire en sorte que les clients achètent rapidement un nouveau produit. Dans un format « produit service », les fabricants seront d'après les fondateurs du Cradle to Cradle plutôt susceptibles de construire des produits de la meilleure qualité possible afin de satisfaire au mieux le client et le garder au terme de la période définie du service (McDonough, 2007, p.1345).

Ce système de « produit service » pourrait être parfaitement applicable à des moquettes ou des tapis de bureaux (Chaudron, 2007). A l'heure actuelle, lorsque des clients souhaitent changer de moquette, ils doivent payer pour son enlèvement et les matériaux précieux contenus dans la moquette ne représentent qu'une charge. Pour les fabricants toute l'énergie et les matériaux investis dans la confection de la moquette seront en quelque sorte définitivement perdus lorsque le client jettera sa moquette.

Le concept de « produit service » n'est pas à confondre avec le principe de dématérialisation des approches éco-efficaces. Les produits utilisés restent des produits physiques mais c'est le transfert de propriété qui n'a plus lieu. C'est la même différence qu'entre un contrat de vente et de location.

1.4. La certification Cradle to Cradle

En 2005, McDonough et Braungart ont créé un label intitulé « C2C ». Ce label est destiné aux sociétés qui souhaitent adopter un cadre de conception pour un produit qui soit proche des principes du Cradle to Cradle.

La marque, le logo Cradle et le programme de certification C2C sont déposés. McDonough et Braungart possèdent donc des droits de propriétés intellectuelles.

Voyons à présent plus en détail la procédure à respecter pour obtenir le label et les différents intervenants dans cette procédure.

1.4.1. Organismes de certification et de consultance

C'est la société McDonough Braungart Design Chemistry (MBDC) créée par les deux fondateurs du Cradle to Cradle qui délivre le label.

L'Environmental Protection Encouragement Agency (EPEA) est une autre société qui a été créée par Braungart dans le but d'opérer des audits et aider les entreprises à obtenir le label. C'est MBDC qui prend la décision finale de labellisation d'un produit.

MBDC et EPEA sont les seules à pouvoir conseiller les entreprises pendant le déroulement du programme de certification. Howell Fendley, scientifique travaillant chez MBDC confirme qu'aucun autre organisme ne peut intervenir au cours de la certification (Atlee, 2007). L'exécution du programme de labellisation ne subit aucun contrôle externe pendant son déroulement (Atlee, 2007).

Les entreprises qui obtiennent le label C2C pour leurs produits gardent la propriété intellectuelle des produits et inventions voyant le jour au cours du programme de certification mais EPEA garde la propriété intellectuelle de la méthodologie et des résultats (notamment les listes de préférences des matières premières et des substances chimiques).

Le système de certification via MBDC et EPEA est toujours d'actualité mais depuis 2009 le Cradle to Cradle Products Innovation Institute (C2CPII) a été créé par Braungart et McDonough. Il sera amené à reprendre les rennes de la certification dans l'avenir. Il s'agit d'une organisation sans but lucratif qui sera également chargée de créer une communauté d'experts en évaluation de certificat C2C. Cet institut situé

en Californie ne s'occupera, dans un premier temps, que du marché américain. A l'heure qu'il est rien n'a encore été prévu pour le reste du monde.

1.4.2. Les documents à fournir pour la certification

Il y a quatre niveaux de certification différents, dans l'ordre hiérarchique : Basic, Silver, Gold et Platinum.

Les critères de certification couvrent cinq domaines différents. Pour chacun d'entre eux, des documents précis sont exigés des entreprises souhaitant certifier un certain produit, avec des informations additionnelles en fonction des niveaux de certification :

Tableau 2: documents et données à fournir pour la certification C2C (MBDC, 2008, p.14)

	Basic/Silver	Gold	Platinum
Toxicité des matières utilisées	Formulation exhaustive de tous les ingrédients des matériaux composant le produit	Données d'émissions en matière de qualité d'air intérieur	Données d'émissions en matière de qualité d'air intérieur
Réutilisation des matières	Poids et contenu recyclé des matériaux	Poids et contenu recyclé des matériaux	Poids et contenu recyclé des matériaux
Energie	Consommation énergétique annuelle pour la fabrication du produit et source de cette énergie	Données démontrant 50% au moins d'énergie renouvelable pour l'assemblage et la fabrication	Données démontrant 100% au moins d'énergie renouvelable pour l'assemblage et la fabrication
Eau	Lignes directrices en matière de gestion d'eau	Un audit complet de gestion d'eau	Document décrivant les stratégies innovantes employées pour améliorer qualité des rejets et pour réduire consommation d'eau
Responsabilité sociale	Lignes directrices en matière de gestion équitable du personnel et de responsabilité sociétale	Document prouvant qu'un audit interne social a été réalisé	Document d'accréditation sociale par un tiers

La certification obtenue est valable pour un an. Chaque produit certifié peut faire l'objet d'une demande de renouvellement de certificat. Dans le cas d'un renouvellement, le fabricant devra fournir toutes les informations qui ont changées par rapport à l'année précédente :

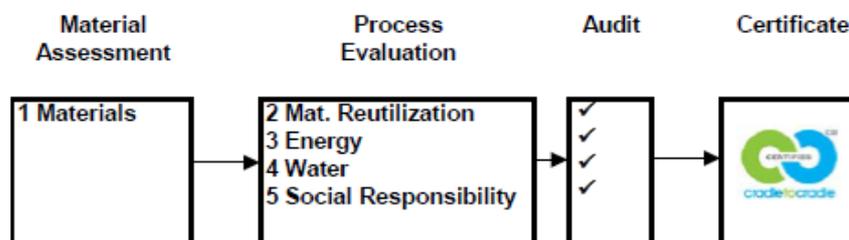
- Changements de matériaux, de fournisseurs ou de chiffres de consommation énergétique

- Progrès en matière de suppression des substances problématiques (si nécessaire)

1.4.3. Les critères de certification

Le programme de certification concerne des matériaux, des composants et des produits finis. Aucune distinction n'est faite en termes de fonctionnalité et de secteur (matériaux de constructions, textiles, appareils électroniques, ...) ou de catégorie de clients finaux (enfants, adultes, femmes, hommes, ...).

Figure 3: étapes du programme de certification (EPEA Hamburg, 2008d p.3):



Le produit candidat à la certification est examiné selon 5 familles de critères liées aux principes du Cradle to Cradle. Nous allons les passer en revue dans le point suivant sous forme de synthèse. Une description plus détaillée de la procédure de certification est disponible sur le site de MBDC (MBDC, 2008).

1.4.3.1. Critère 1 : Toxicité des matériaux utilisés

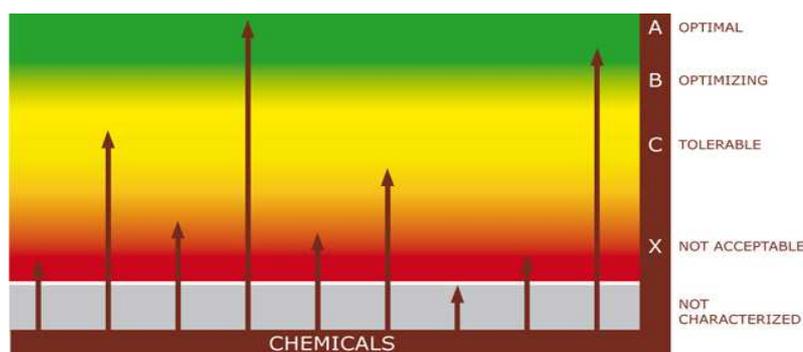
- **Mention obligatoire de toutes les substances présentes à 100ppm ou plus dans le produit fini** : à l'exception de certaines substances qui doivent être signalées même en dessous de ce niveau (métaux lourds toxiques comme le mercure, cadmium ou le chrome hexavalent, les phtalates, les composés organiques halogénés, les colorants et pigments). Des matériaux comme le PVC sont totalement interdits ;
- **Identification de la source d'origine du bois pour les produits contenant du bois** : il faut mentionner si cette source est une forêt en danger. Pour le niveau Platinum le bois doit être certifié par le Forest Stewardship Council (FSC) ;
- **Catégorisation de chaque composant du produit comme nutriment biologique ou technique** : si les deux types de nutriments sont présents, ils devront être marqués d'un signe distinctif et séparables facilement ;
- **Caractérisation des ingrédients en fonction de leurs impacts sur la santé humaine et environnementale** : cette partie est réalisée par EPEA selon le MBDC Material Assessment

Protocol. Celui-ci consiste en une évaluation chimique de tous les ingrédients mentionnés sur bases d'une liste de différents critères (par exemple : cancérogénicité, toxicité pour les poissons, ...). Chaque substance obtiendra un score qui en fonction du dépassement de certaines valeurs *cutoff*³ (non communiquée par MBDC) correspondra à une certaine catégorie de couleur (les substances citées précédemment comme les métaux lourds seront directement classées en rouge). La méthodologie de classement en couleur est représentée dans le tableau et la figure ci-dessous.

Tableau 3: catégories de couleur du MBDC Material Assessment Protocol (EPEA Hamburg, 2008d)

GREEN (A-B)	Little to no risk associated with this substance. Preferred for use in its intended application.
YELLOW (C)	Low to moderate risk associated with this substance. Acceptable for continued use unless a GREEN alternative is available.
RED (X)	High hazard and risk associated with the use of this substance. Develop strategy for phase out.
GREY	Incomplete data. Cannot be characterized.

Figure 4: catégories de couleur du MBDC Material Assessment Protocol (EPEA Hamburg, 2008a)



- **Elaboration d'un plan d'optimisation pour la suppression progressive des substances rouges** : pour les niveaux Basic/Silver, les fabricants devront établir un plan avec un budget et un planning pour la suppression progressive des substances « rouges ». Pour les niveaux Gold et Platinum les fabricants devront démontrer que toutes les substances « rouges » ont bien disparues du produit fini. Certaines substances toxiques mais importantes pour l'industrie en raison de leur qualité comme le cadmium ou l'argent sont autorisées dans le cas de produits techniques mais seulement à condition qu'une chaîne bien définie de contrôle et d'évaluation des risques soit mise en place
- **Contenu d'au moins 50% de composants « verts » dans le produit fini pour le niveau Platinum ;**

³ Valeur cutoff = valeur seuil

1.4.3.2. Critère 2 : Réutilisation des matériaux

- **Formulation du produit en tant que nutriment biologique ou technique ;**
- **Elaboration d'un plan d'optimisation du nutriment :** pour le niveau basic tandis que pour tous les autres niveaux le nutriment devra avoir été effectivement optimisé;
- **Définition d'un plan de récupération pour le produit en fin de vie :** pour les niveaux Gold et Platinum. Par exemple, la société Hollandaise Ahrend⁴ qui reprend sa chaise contre un prix de rachat garanti ;
- **Démonstration de la bonne implémentation du plan de récupération :** pour le niveau Platinum ;
- **Score de réutilisation du nutriment :** c'est une mesure prenant en compte la recyclabilité ou compostabilité du produit (même si l'infrastructure pour la récupération n'existe pas encore). Le contenu recyclé ou renouvelable du produit doit être supérieur à 50 pour le Silver, à 65 pour le Gold et à 80 pour le Platinum (mais n'est pas nécessaire pour le Basic). La formule est la suivante :

$$\frac{(\% \text{ of the product considered Recyclable or Compostable}) * 2 + (\% \text{ Recycled or Rapidly Renewable Content})}{3} * 100$$

1.4.3.3. Critère 3 : Utilisation d'énergie renouvelable

- **Définition d'un plan de développement de l'utilisation d'énergie renouvelable :** requis pour tous les niveaux sauf le Basic ;
- **Démonstration de l'implémentation de ce plan :** pour les niveaux Gold et Platinum ;
- **Pour le niveau Platinum :** consommation de 50% d'énergie solaire obligatoire pour la fabrication de tous les composants et le produit fini (excepté l'énergie utilisée pour le transport) et consommation de 100 % d'énergie solaire pour l'assemblage du produit final. L'énergie renouvelable peut provenir de l'achat de certificats d'électricité verte.

1.4.3.4. Critère 4 : Gestion des ressources en eau

- **Adoption des principes visant à préserver la qualité des ressources en eau :** par exemple ceux du World Business Council for Sustainable Development, pour tous les niveaux sauf le

⁴ http://www.ahrend2020.com/sites/default/files/media/LR_Ahrend2020_NED_v3.pdf

Basic ;

- **Audit** : requis pour les niveaux Gold et Platinum ;
- **Démonstration de l'adoption de mesures de conservation innovantes** : seulement pour le niveau Platinum.

1.4.3.5. Critère 5 : Responsabilité sociale de l'entreprise

- **Déclaration d'éthique** : qui concerne les objectifs de performance sociale et éthique que l'entreprise a définis (pratiques de travail équitable, de participation dans les communautés locales, ...), pour tous les niveaux sauf le Basic ;
- **En cours d'accréditation sociale par un tiers** : pour le niveau Gold alors que pour le niveau Platinum cette accréditation devra être déjà obtenue ;

Tableau 4: liste de tous les critères à remplir par domaines et pour les différents niveaux de certification (MBDC, 2008) :

CRADLE TO CRADLE CERTIFICATION ^{CM} CRITERIA				
	Basic	Silver	Gold	Platinum
1.0 Materials				
All material ingredients identified (down to the 100 ppm level)	•	•	•	•
Defined as biological or technical nutrient	•	•	•	•
All materials assessed based on their intended use and impact on Human/Environmental Health according to the following criteria:				
Human Health:				
Carcinogenicity				
Endocrine Disruption				
Mutagenicity				
Reproductive Toxicity	•	•	•	•
Teratogenicity				
Acute Toxicity				
Chronic Toxicity				
Irritation				
Sensitization				
Environmental Health:				
Fish Toxicity				
Algae Toxicity				
Daphnia Toxicity				
Persistence/Biodegradation				
Bioaccumulation				
Ozone Depletion/Climatic Relevance				
Material Class Criteria:				
Content of Organohalogens				
Content of Heavy Metals				
Strategy developed to optimize all remaining problematic ingredients/materials	•	•		
Product formulation optimized (i.e., all problematic inputs replaced/phased out)			•	•
No wood sourced from endangered forests			•	•
Meets Cradle to Cradle emission standards			•	•
All wood is FSC certified				•
Contains at least 25% GREEN assessed components				•
2.0 Material Reutilization/Design for Environment				
Defined the appropriate cycle (i.e., Technical or Biological) for the product and developing a plan for product recovery and reutilization	•	•	•	•
Well defined plan (including scope and budget) for developing the logistics and recovery systems for this class of product			•	•
Recovering, remanufacturing or recycling the product into new product of equal or higher value				•
Product has been designed/manufactured for the technical or biological cycle and has a nutrient (re)utilization score >= 50		•	•	•
Product has been designed/manufactured for the technical or biological cycle and has a nutrient (re)utilization score >= 65			•	•
Product has been designed/manufactured for the technical or biological cycle and has a nutrient (re)utilization score >= 80				•
3.0 Energy				
Characterized energy use and source(s) for product manufacture/assembly	•	•	•	•
Developed strategy for using current solar income for product manufacture/assembly		•	•	•
Using 50% current solar income for product final manufacture/assembly			•	•
Using 50% current solar income for entire product				•
4.0 Water				
Created or adopted water stewardship principles/guidelines		•	•	•
Characterized water flows associated with product manufacture			•	•
Implemented water conservation measures				•
Implemented innovative measures to improve quality of water discharges				•
5.0 Social Responsibility				
Publicly available corporate ethics and fair labor statement(s), adopted across entire company		•	•	•
Identified third party assessment system and begun to collect data for that system			•	•
Acceptable third party social responsibility assessment, accreditation, or certification				•

Un cas concret de certification, la chaise Mira du fabricant Herman Miller est disponible en annexe, c'est un cas réel de produit certifié mais avec des chiffres fictifs (pour raison de confidentialité).

1.4.4. Prix de la certification

Le prix d'un certificat C2C dépend de la complexité du produit et des procédés de fabrication. Au plus un produit contiendra de composants ou nécessitera des procédés différents au plus la certification sera onéreuse (EPEA Hamburg, 2008d p.5). Le calcul des prix est disponible en annexe.

1.5. Le Cradle to Cradle dans la construction

Pour ce qui est des domaines de l'architecture et de l'aménagement urbain le Cradle to Cradle joue plus un rôle de modèle que de vademecum (OVAM, 2011, p.66). Les grands principes et lignes à suivre pour l'application de l'approche Cradle to Cradle à la construction de bâtiments ont bien été décrits dans le manifeste "Cradle to Cradle in Architecture"⁵ et dans une brochure d'une vingtaine de pages intitulées « Cradle to Cradle Criteria for the Built Environment » (Braungart, 2010 pp.1-21) mais il s'agit uniquement de grandes lignes qui ne peuvent servir de manuel pratique aux architectes ou ingénieurs du bâtiment. D'autre part, à la différence de la structure à quatre niveaux de certification pour les produits et composants, il n'existe aucun label C2C pour les bâtiments et encore moins pour les projets d'aménagement urbain.

1.6. Conclusion

L'éco-efficacité, comme méthode de refonte du modèle industriel Cradle to Grave vers des modèles plus durables, a montré ses limites selon McDonough et Braungart. Elle se contente de culpabiliser les êtres humains en exigeant d'eux d'être moins mauvais pour la nature et se borne à corriger les impacts après qu'ils aient eu lieu. Ils pointent le doigt sur la « non compatibilité » de l'éco-efficacité avec un monde productif et fécond à l'image du monde naturel. Si l'être humain suit le raisonnement de l'éco-efficacité jusqu'au bout et cherche à réduire son impact sur la nature au maximum, il pourrait finalement aboutir à la conclusion absurde que la seule société durable c'est une société sans hommes.

En présentant l'éco-bénéficine comme alternative à l'éco-efficacité, McDonough et Braungart prétendent pouvoir rétablir le lien nature et homme en conciliant croissance économique et développement de la biodiversité. L'approche éco-bénéfique se base sur un système industriel qui fabrique les produits de telle manière qu'en fin de vie ils ne soient plus jetés ou partiellement récupérés

⁵ "Cradle to Cradle in architecture", consultable en ligne, <http://c2carchitecture.org/>

mais recyclés indéfiniment en suivant des cycles berceau à berceau (Cradle to Cradle).

Si ce recyclage illimité est possible, c'est grâce à la proposition des fondateurs de la théorie Cradle to Cradle de fabriquer des produits au moyen d'une énergie entièrement renouvelable et à base de nutriments biologiques ou techniques purs qui peuvent être respectivement recyclés dans la biosphère et la technosphère. L'éco-bénéficine s'inspire en cela des cycles biogéochimiques qui œuvrent en permanence au recyclage des nutriments circulant dans les écosystèmes naturels.

Pour supporter le développement et l'adoption de leur approche par le monde industriel, McDonough et Braungart ont créé un programme de certification intitulé Cradle to Cradle (label C2C). Ils ont également fondé deux sociétés de consultance (MBDC et EPEA). Le programme de certification doit aider les entreprises qui souhaitent adopter les principes d'une approche éco-bénéfique. Le label C2C doit servir de vitrine commerciale aux entreprises ayant réussi à obtenir l'un des quatre niveaux de certification.

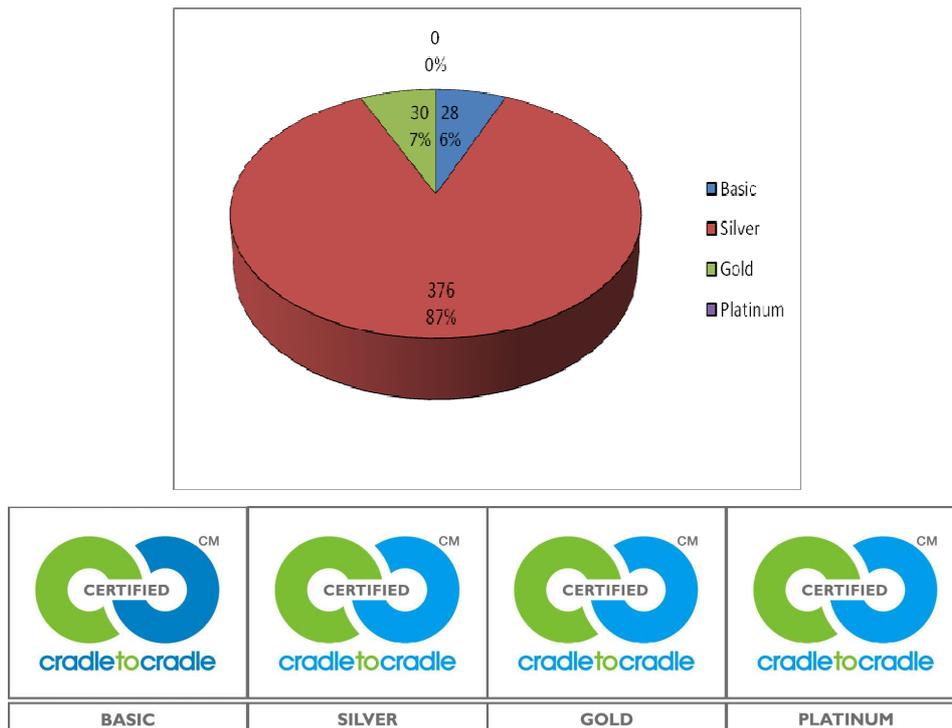
Chap 2. Etat des lieux du Cradle to Cradle

Dans ce chapitre nous ferons un bref état des lieux des produits et projets Cradle to Cradle dans le monde et en Belgique. Notre but est de vérifier si l'approche reste anecdotique ou si elle remporte un certain succès.

2.1. Les produits certifiés

Il y a au total 97 compagnies différentes certifiées et 404 produits certifiés dans le monde, la liste est disponible sur le site web de MBDC. Dans la figure suivante nous pouvons voir le nombre de produits certifiés par niveau de certification

Figure 5: produits certifiés C2C par niveau de certification (MBDC, 2010)



Nous remarquons sur la figure qu'aucun produit n'est certifié Platinum. Ce niveau de certification n'a encore jamais été atteint (OVAM, 2011 p.16).

Dans la liste sur le site web de MBDC nous observons que bien que les catégories de produits soient très diverses : produits d'entretien et de toilette, bouteilles d'eau, textiles et vêtements, matériaux de construction, composants de canette en aluminium, mobiliers, papiers, emballages, revêtements pour sol, ... les produits ne sont pas très sophistiqués. A l'exception d'un système d'éclairage (mais le certificat ne tient pas compte des ampoules et les fils électriques) et d'un set de ports pour prises électriques il n'existe aucun appareil électrique ou électronique ayant été certifié C2C à ce jour.

2.2. Cradle to Cradle dans le monde

La philosophie du Cradle to Cradle a eu un retentissement international. Des grands groupes internationaux tels Procter and Gamble, Nike, Ford, Saint-Gobain, Philips, Xerox, Steelcase, Océ ont développé des produits ou des projets selon ses principes. Il existe des produits labélisés C2C sur différents continents (Australie, Chine, ...) même si la plus grande partie des produits certifiés viennent des Etats Unis où se trouve le siège de MBDC.

Le développement international est également visible au niveau des projets basés sur les principes du Cradle to Cradle. Au rang des projets se trouvent :

- Le village de Huangbaiyu en Chine (McDonough Partners, 2011b) ;
- Le projet Alkimos de construction d'un village Cradle to Cradle sur le littoral australien (McDonough Partners, 2011a) ;
- Le projet de construction d'une haute école commerciale à Karachi au Pakistan (McDonough Partners, 2011d) ;
- La construction d'un Resort Cradle to Cradle actuellement à l'étude sur la plage Playa Carrillo au Costa Rica (McDonough Partners, 2011c) ;
- L'usine Ford « Rouge River » aux Etats-Unis (McDonough et al., 2002b) ;
- Le festival Cradle to Cradle à Berlin en mars 2011 (EPEA Hamburg, 2011) ;
- ...

La certification C2C a également gagné la reconnaissance d'un certain nombre d'acteurs d'influence dans le domaine de l'environnement et du développement durable :

- L'utilisation de matériaux de construction certifiés C2C permet de gagner des points pour le système de certification international LEED (leadership in Energy and Environmental Design) (USGBC, 2008 p.16) ;
- Les produits certifiés C2C font partie de la liste des produits repris dans le programme d'achat durable (EPP) de l'Agence Environnementale Américaine (EPA, 2011a). Un certain budget est

- alloué à toutes les agences fédérales américaines pour l'achat de produits repris dans cette liste ;
- La reconnaissance de la première partie de l'évaluation pour l'obtention du certificat C2C (toxicité des matériaux) est reconnue pour une certification BIFMA (Business and Institutional Furniture Manufacturers Association) valable pour des produits mobiliers (MBDC, 2011b) ;
 - La Chine qui fait énormément d'effort pour essayer de développer une économie circulaire a signé un accord de collaboration avec le Cradle to Cradle Products Innovation Institute pour la promotion de modèles de production innovant qui éliminent les substances toxiques et les impacts négatifs pour l'environnement (Zem, 2011) ;
 - Le C2C Network est un projet de regroupement en réseau de dix régions européennes pour partager des idées et des bonnes pratiques d'implémentation des principes Cradle to Cradle en matière de gestion et de prévention de déchet tout en stimulant le développement économique et le bien-être social (C2C Network, 2010a) ;
 - ...

2.3. La Hollande : pays modèle du développement Cradle to Cradle

Nos voisins hollandais sont extrêmement actifs pour tout ce qui concerne le Cradle to Cradle. Le documentaire « Afval is voedsel » diffusé en 2006 a eu un important écho médiatique auprès des chefs d'entreprise et des politiques (Tegenlicht, 2007). En 2007, soit une année après la diffusion du documentaire, rien que dans la ville de Venlo cinquante entreprises de secteurs diversifiées tels qu'industriels, agraires ou logistiques annonçaient se lancer dans des projets C2C. Au même moment les communes d'Almere et de Maastricht déclaraient qu'elles envisageaient l'adoption du concept pour la construction de chaque nouvelle maison sur leur territoire (Chaudron, 2007). Le concept du Cradle to Cradle a même eu un retentissement dans le monde académique hollandais puisque Braungart s'est vu offrir un siège à l'université Erasmus de Rotterdam.

La quantité de projets inspirés par les principes du Cradle to Cradle fait, en quelque sorte, de la Hollande un laboratoire à l'échelle d'un pays de l'application du Cradle to Cradle. Ellen MacArthur, fondatrice de la fondation Ellen MacArthur qui œuvre pour le développement d'une économie circulaire a récemment fait un tour de tous ces projets en Hollande (Ellen MacArthur Foundation, 2010a).

Voici quelques unes des réalisations C2C en Hollande :

1) Initiatives en matière de bâtiments construits selon les principes C2C :

- Le bâtiment Villa Flora pour l'exposition mondiale d'horticulture dans le Limburg en 2012 (C2C Network, 2011b p.56) ;
- Le bâtiment du NIOO Institut Néerlandais d'Ecologie qui est entièrement alimenté de sources d'énergies renouvelables, pourvu d'un cycle fermé d'utilisation d'eau, fabriqué en partie à partir matériaux C2C et aménagé de manière à stimuler la biodiversité ambiante (NIOO, 2010) ;
- Le siège de la municipalité de Venlo (C2C Network, 2011c) ;
- Le siège du gouvernement du Limbourg (C2C Network, 2011b p.54) ;
- ...

2) Initiatives d'éducation et d'échanges d'idées sur le Cradle to Cradle :

- La plateforme en ligne d'échange d'idées « Let's cradle » créée par la Planet Prosperity Foundation (Let's Cradle, 2010) ;
- Le C2C network : décrit ci-dessus et dont l'idée d'origine vient du Limburg qui a remis la proposition de projet à la Commission Européenne ;
- Le C2C community of practice: fondé par la chambre de commerce régionale du Limbourg et réunissant deux-cent entreprises, des agences gouvernementales et des institutions académiques ; Cette communauté C2C organise des réunions mensuelles où des cas pratiques de C2C sont présentés et débattus (C2C Network, 2011b p.90) ;
- Le C2C ExpoLAB, un centre de connaissances et de documentations reprenant des informations sur les applications C2C de produits, bâtiments, ou projets d'aménagement (C2C Network, 2011b p.91) ;
- Masters universitaires C2C : développés en collaboration avec EPEA dans l'université Fontys et la Haute Ecole Zuyd toutes deux de Sciences appliquées et reprenant selon la perspective C2C des domaines variés tels que la conception, l'analyse de matériaux, le transport, la logistique, l'énergie, l'économie, ... (C2C Network, 2011b p.92-93) ;
- ...

3) Initiatives politiques :

- Le gouvernement hollandais a décidé en mars dernier de supprimer les critères de politique d'achat durable en cours et prépare actuellement leur remplacement par des critères basés sur les

- principes C2C (Mulhall, 2011) ;
- La ville de Venlo et le Park 2020 près de Schiphol sont en train de mettre en place des critères d'adjudication pour les nouveaux bâtiments qui intégreront de nombreux éléments C2C (Mulhall, 2011) ;
 - LIOF C2C vouchers : il s'agit d'un système de subsides sous forme de coupon d'une valeur de 7500 euros mis en place par la Limburg Development and Investment Company (LIOF) et qui est offert à toute PME souhaitant réaliser un scan de ses produits pour vérifier la possibilité de les adapter aux principes C2C (C2C Network, 2011b p.95) ;
 - ...

2.4. Le Cradle to Cradle en Belgique

En Belgique, nous ne sommes pas aussi avancés que nos voisins hollandais. Pourtant, lors de la dernière présidence de l'Union Européenne de la Belgique, la ministre de l'environnement de la région flamande Joke Schauvliege appelait à mettre à l'agenda européen les principes C2C (Euractiv, 2010)

Chez nous, seules quatre entreprises et quatre produits sont certifiés et une cinquième entreprise est en voie de certification (MBDC, 2011c):

- Saint-Gobain pour ses plaques de plâtre **Gyproc** fabriquées en Belgique ;
- Imperbel SA pour son produit **Derbipure**, un revêtement de toiture fabriqué à partir d'huiles végétales ;
- Under-Cover pour ses appareils d'éclairage **Under-Cover Composite** ;
- PolyVision pour son acier émaillé **Polyvision** ;
- Wienerberger est en voie de certification à l'heure actuelle pour ses briques et tuiles en terre cuite.

Voici également quelques initiatives prises en Belgique dans la mouvance Cradle to Cradle :

- Le symposium C2C : c'est un symposium au sujet du Cradle to Cradle qui a eu lieu en 2008 dans le Parlement Flamand et auquel ont participé Michael Braungart, des représentants du monde des entreprises, des organisations environnementales et des institutions de recherches (Joke Schauvliege, 2011) ;
- Participation belge au C2C Network : la région flamande est l'une des régions partenaire du C2C network. C'est le VITO (Institut Flamand de Recherche Technologique) qui représente la Région Flamande dans le réseau (C2C Network, 2011b p.8) ;

- Financement de projets C2C par la Plateforme d’Innovation Environnementale (MPI2) : la Région Flamande a alloué 5 millions d’euros à cette plateforme dont une partie ira à des projets de fermeture de cycle de matières selon les principes du Cradle to Cradle (OVAM, 2011, p.14) ;
- La C2C-Platform: est une plateforme qui a été fondée avec le soutien du service public fédéral de programmation (PODDO) au début 2010 et qui aide les entreprises et les autorités publiques à vérifier la faisabilité de transition vers le Cradle to Cradle pour leurs produits et projets de développement (C2C Platform, 2011) ;
- ...

2.5. Conclusion

Le concept du Cradle to Cradle (2002) et la certification C2C (2005) sont relativement récents mais nous pouvons constater, à travers l’énumération des projets et des produits certifiés dans le monde, qu’il remporte un certain succès.

Il se décline dans différents domaines : des chaussures Nike et des plaques Gyproc certifiés C2C, à l’aménagement du village chinois de Huangbaiyu en passant par le festival Cradle to Cradle à Berlin. Nous pouvons également observer la formation de groupes et de plateformes officielles autour du concept et de ses principes, des plateformes appuyées par les pouvoirs et les organismes publics comme la Région Flamande ou l’EPA.

Des cas comme la Hollande, où des villes et des régions entières décident de mettre leur politique de développement durable au diapason avec les principes de la théorie du Cradle to Cradle, restent tout de même anecdotiques.

Chap 3. Les théories précurseurs du Cradle to Cradle

Nous pouvons être tenté d'associer le Cradle to Cradle à une philosophie résolument moderne et révolutionnaire mais est ce vraiment le cas ? Nous allons parcourir un certain nombre de théories d'écoconception, comparer leurs fondements avec ceux du Cradle to Cradle et vérifier si toutes les idées de McDonough et Braungart sont réellement inédites.

3.1. Les théories d'écoconception

3.1.1. Economie circulaire

En réalité, les véritables inventeurs du terme Cradle to Cradle ne sont ni McDonough ni Braungart. Même si cette question fait débat, il semblerait que ce soit Walter Stahel, un architecte suisse, qui, en premier, a utilisé le terme. En 1980, il a commencé par invoquer l'absence de réflexion « grave to cradle » en se référant au système de production linéaire « Cradle to grave » de l'époque qui se cantonnait aux phases allant de l'extraction des matières à l'élimination du produit fini (Product Life Institute, 2008). Il a ensuite, la même année, utilisé le terme « Cradle to Cradle » pour appeler au développement d'une économie circulaire (« *loop economy* ») en argumentant que l'élément primordial pour les consommateurs était la période d'utilisation des biens, c'est-à-dire le cycle qui s'écoule entre un berceau (« cradle ») et le berceau suivant (Stahel, 2010, p.223). A cette époque, Braungart et Stahel se sont rencontrés à plusieurs reprises pour parler de leurs positions proches au sujet du modèle traditionnel du Cradle to grave (Product Life Institute, 2008).

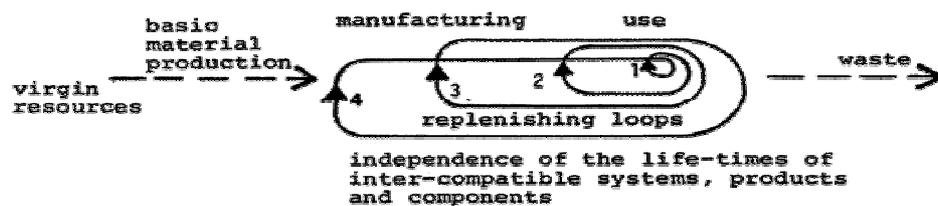
L'objectif d'une économie circulaire était décrit comme étant la réinsertion des produits en fin de vie (ou des substances contenues dans ces produits) dans une approche « Grave-to-cradle » avec pour résultat en bout de cycle une minimisation des volumes de déchets et en début de nouveau cycle une diminution d'utilisation de matières premières vierges (Product Life Institute, 2008).

De nos jours, le discours de l'économie circulaire a également été repris par la Fondation Ellen MacArthur et le lexique employé pour militer pour ce type de développement durable est très similaire à celui utilisé dans les discours de McDonough et Braungart : « repenser », « réinventer » et « nouvelle révolution industrielle » (Ellen MacArthur Foundation, 2010b).

La grande différence avec la théorie du Cradle to Cradle telle qu'exposée par McDonough et Braungart

est le fort lien qui existe encore entre l'économie circulaire et l'approche éco-efficace (tant décrite par les fondateurs du Cradle to Cradle). Stahel a illustré dans le graphique suivant l'élément principal de sa théorie, la prolongation de vie d'un produit grâce à différentes solutions de fin de cycle pour un produit. Ces différentes solutions pour allonger la vie d'un produit peuvent être la réutilisation, la réparation, le reconditionnement ou le recyclage. Il y a une forte ressemblance à la stratégie des « 3R » qui est le cheval de bataille de l'éco-efficacité.

Figure 6: système d'auto-reconstitution de cycle d'un produit (l'extension de vie d'un produit) (Product Life Institute, 2008).



Cette relation forte entre les deux approches s'observe également sur le terrain. Adam Newman souligne dans son analyse du modèle chinois d'économie circulaire et son travail de comparaison avec la philosophie C2C que les lois d'application en Chine sont exclusivement basées sur une approche de rationalisation et de minimisation (Newman, 2007 pp.1-30). Jennifer Hinton dans une thèse sur le thème de l'économie circulaire chinoise fait le même constat de concentration exclusive du gouvernement chinois sur la stratégie des « 3R » et de dématérialisation de l'économie (Hinton, 2008 p.15).

Par ailleurs, l'économie circulaire, à la différence du Cradle to Cradle, ne cherche pas à servir la biosphère en lui fournissant des nutriments supplémentaires, elle cherche juste à ne pas avoir trop d'impacts environnementaux. Stahel met aussi l'emphase sur la minimisation des impacts provoqués par l'utilisation et la consommation des matières premières et de l'énergie mais beaucoup moins sur les impacts dus à la toxicité des produits. Il n'appelle pas à une réélaboration totale des produits pour qu'ils soient absolument inoffensifs pour les systèmes vivants.

Une différence majeure également est l'appel du Cradle to Cradle à se servir uniquement en énergie de source renouvelable (solaire). Sans l'alimentation en énergie renouvelable un modèle d'économie circulaire ne peut pas être tout à fait durable. Herman Daly explique cela en faisant appel aux lois de la thermodynamique et plus particulièrement la deuxième loi qui traite de l'entropie⁶ (Buckingham et al., 2008 p.69). Celle-ci stipule que, quand l'énergie est transformée d'un état à un autre, il y a toujours une

⁶ L'entropie est une fonction d'état qui caractérise l'état de désordre d'un système (Larousse, 2011)

perte d'énergie sous forme de chaleur et que toute augmentation de l'ordre quelque part provoquera automatiquement une augmentation du désordre (ou entropie) ailleurs.

De la même façon, une activité de fabrication d'un bien qui ne sera pas pourvue d'une source d'énergie externe pourra causer une augmentation de l'entropie par la production de déchets ou d'émissions polluantes (Buckingham et al., 2008 p.69). Prenons comme exemple la phase de recyclage qui est souvent nécessaire pour clore le système dans un modèle d'économie circulaire. Si cette phase de recyclage doit être alimentée en énergie par des centrales qui utilisent des énergies de type fossile (énergies internes au système), il y aura forcément création d'une pollution. Le recyclage résout un problème environnemental en recyclant un déchet mais en crée un autre ailleurs en créant de la pollution. Par conséquent Daly soutient qu'une économie circulaire, pour être entièrement durable, doit être alimentée complètement en énergie solaire, comme c'est le cas dans les préceptes du Cradle to Cradle (Buckingham et al., 2008 p.69).

3.1.2. Biomimétisme

Dans leur livre thématique sur le Cradle to Cradle McDonough et Braungart reprennent à plusieurs reprises l'exemple emblématique des fourmis pour illustrer une parfaite harmonie entre une activité de production d'une espèce terrestre et son écosystème. C'est un exemple qui est aussi souvent utilisé par les théoriciens du Biomimétisme. Avec une densité de population et une productivité très élevées, les fourmis arrivent à produire et consommer en faisant circuler les éléments sans provoquer aucun dégât irréversible à leur milieu ambiant.

C'est Janine Benyus qui est à l'origine de la théorie du Biomimétisme. Elle appelle les industriels à prendre la nature comme modèle au moment de la conception de tout produit (Benyus, 1997).

Les similarités avec les fondements de la philosophie C2C sont évidentes mais dans l'analyse du fonctionnement des systèmes naturels, le Biomimétisme va plus en profondeur que le Cradle to Cradle. Lorsque le Cradle to Cradle appelle à ce que les entreprises s'inspirent du fonctionnement de la nature, il évoque seulement l'aspect de cycle clos des systèmes de production naturels et le fait que la nature ne produise pas de déchets. Le Cradle to Cradle ne donne pas de modèle bien défini d'écoconception d'un certain produit alors que le Biomimétisme, après avoir observé méticuleusement un système naturel, peut proposer des nouvelles solutions de conception et de fabrication.

3.1.3. Écologie industrielle

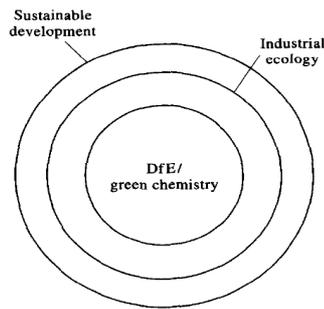
Le terme d'écologie industrielle était déjà cité à partir des années 1970 mais il n'a pris forme que sous l'impulsion de Robert Frosch et Nicholas Gallopoulos qui appelaient à une complète restructuration des industries en se basant sur le modèle des écosystèmes et en calquant des les flux naturels de matière et d'énergie (Ehrenfeld, 2004, p.826). Pour cela ils prônent une reconfiguration des flux de déchets dans des cycles clos entre différents processus de production afin de minimiser la consommation de matière première, de la pollution émise et de la quantité de déchets produits.

Tout comme l'économie circulaire et le Cradle to Cradle, il s'agit de théories axées sur le développement de cycles industriels de type clos. Cependant l'écologie industrielle est elle aussi en lien avec l'éco-efficacité par son appel à minimiser et à ne plus produire de déchets. Le Cradle to Cradle va plus loin en souhaitant la réalisation de cycle clos n'occasionnant aucune perte de qualité des matériaux (*downcycling*) et aucune pollution toxique, et une production de déchets qui soit plutôt bénéfique pour les écosystèmes.

L'écologie industrielle est considérée aussi comme étant l'agrégation de différents courants environnementaux dont l'analyse du cycle de vie (l'outil par excellence de l'approche éco-efficace), la Green Chemistry et le Design for Environnement (Anastas et al., 1997 p.97). Ces deux derniers courants sont le cœur de la théorie de l'écologie industrielle comme illustré sur la figure 6 et tous deux présentent beaucoup de similarités avec certains principes du Cradle to Cradle :

- **Design for environment:** le DFE prends en considération la prévention contre la pollution que peut engendrer un produit au moment de la phase de sa conception (Anastas et al., 1997 p.98). Il s'agit donc d'une tentative de minimiser les impacts environnementaux avant même qu'un produit entre en production. Tout comme dans le Cradle to Cradle, les considérations sur la fonction du produit précéderont les réflexions sur la forme du produit, « *the form follows function theory of design* » (Anastas et al., 1997 p.98).
- **Green Chemistry:** la chimie verte cherche à déterminer les meilleures options de substances en fonction d'un certain contexte de production en se servant de la connaissance actuelle sur les risques écologiques et sanitaires des substances chimiques. Elle cherche à réduire la production ou l'utilisation de sous-produits, déchets, solvants réactifs qui seraient potentiellement dangereux pour l'environnement ou la santé (Anastas et al., 1997 p.98). Les substances chimiques vertes doivent satisfaire à douze critères différents (Anastas et al., 1998).

Figure 7: DFE et Green Chemistry au cœur de la théorie de l'Ecologie industrielle (Anastas et al., 1997 p.97)



3.1.4. Capitalisme Naturel

Le capitalisme naturel est encore une théorie qui appelle à une révolution industrielle écologique. Cette théorie a été exposée dans l'ouvrage « *Natural Capitalism : creating the next industrial revolution* » de Amory Lovins, Hunter Lovins, et Paul Hawken (Hawken et al., 1999).

Elle est basée sur quatre principes interdépendants (Hawken et al., 1999 p.10) :

- Améliorer radicalement la productivité des ressources naturelles: améliorer les retours sur investissement en utilisant les ressources le plus longtemps possible et de manière plus efficace;
- Passer à un modèle de production d'inspiration biologique (Biomimétisme): redessiner les activités industrielles en se basant sur les modèles biologiques de cycles fermés et de déchets nuls;
- Passer à un modèle de business basé sur les services : passer d'un modèle commercial traditionnel basé sur la vente de marchandises (ex : ventes d'ampoules) à un modèle basé sur une offre de services (fourniture de lumière);
- Réinvestir dans le capital naturel : les activités économiques doivent contribuer à faire la prospérité des écosystèmes qui produiront ainsi davantage des services écosystémiques et de ressources naturelles.

Le troisième principe est tout à fait similaire au concept de produit « service » de McDonough et Braungart.

Plusieurs exemples de modèles de transition sont donnés dans le livre. A nouveau, le focus est mis sur les mêmes préceptes de minimisation que dans l'approche éco-efficace. Ces exemples font référence à des entreprises comme Interface Corporation, fabricant de tapis qui en remplaçant les tuyaux des pompes de leur usine par des tuyaux plus gros a fait d'énormes gains en termes de consommation d'énergie par les pompes (Hawken et al., 1999 pp.133-134). De même que l'entreprise Dow Europe qui a rationalisé sa

consommation de papier bureau en décourageant la diffusion d'informations non nécessaires (Hawken et al., 1999 pp.133-134).

3.2. Qu'est ce qui fait la force du Cradle to Cradle par rapport à l'éco-efficacité et les autres théories d'écoconception?

Qu'est ce qui a fait que le Cradle to Cradle est sorti du lot ? Qu'est ce qui fait que des pays comme la Hollande ou la Chine se sont engagés de manière très forte dans des projets Cradle to Cradle plutôt qu'une autre approche pour leur modèle de développement durable ? Nous allons tenter d'y donner quelques éléments de réponse.

3.2.1. Force de la stratégie de communication

L'engagement des fondateurs du Cradle to Cradle est très important. McDonough et Braungart ont d'ailleurs été récemment hissés au rang de "héros de l'environnement" par le magazine « The Times » (BATTILIFE, 2010a). La stratégie globale qu'ils ont mise en place les amène à être présents partout dans le monde entier. Ils collaborent simultanément, de près ou de loin, à de nombreux projets et participent à une grande quantité de conférences et d'interviews.

Tous les deux, ils emploient une stratégie de vulgarisation forte des idées et des principes du Cradle to Cradle afin que leurs discours soient facilement compréhensibles. Le livre, devenu best-seller, met un accent particulier sur des cas pratiques, les différents documentaires (comme par exemple la série de courtes émissions tournées pour le programme Tegenlicht de la chaîne hollandaise VPRO) et les innombrables courtes vidéos sur internet font également partie de cette tentative de populariser le sujet de manière pédagogique. Il semblerait que Steven Spielberg souhaiterait réaliser lui-même un documentaire sur le Cradle to Cradle (Duurzaamheid, 2010).

Néanmoins les considérations de forme ne suffisent pas à expliquer à elles seules le retentissement médiatique du Cradle to Cradle. Ellen MacArthur et sa fondation pour l'économie circulaire sont également très présentes et ne remportent pas le même franc succès. Le message diffusé au public est également important.

3.2.2. Un message attrayant et déculpabilisant

Le livre « Cradle to Cradle : let's remake the things we make » met en lumière une perspective éco-bénéfique qui contraste énormément avec les discours écologiques qui considèrent les êtres humains comme une menace pour la nature. Elle part du postulat que l'homme est cent pour cent bon et qu'il peut être à l'origine de la création d'activités industrielles qui participent aux cycles de régénération des écosystèmes. Loin des discours moralisateurs et culpabilisateurs, elle ne cherche pas à imputer à l'activité humaine des fautes irréversibles, elle n'invite pas les êtres humains à se faire tout petits ou à chercher à effacer complètement toutes les traces de leur présence en consommant le moins possible, en parcourant le moins de distance possible, en ne remplaçant pas leurs produits au gré des nouvelles modes ou quand ils n'en ont plus envie.

McDonough et Braungart ne diabolisent pas des termes comme libéralisme, croissance économique, consommation de masse, mondialisation ou globalisation, croissance démographique comme peuvent parfois le faire les écologistes et les altermondialistes. Le monde économique n'est pas non plus pointé du doigt comme étant le mal absolu. La théorie Cradle to Cradle va à l'encontre des discours qui soutiennent qu'en continuant avec le modèle économique actuel l'homme court à sa perte et à la destruction du monde dans lequel il vit.

La théorie du cradle n'est ni restrictive en matière de consommation ni en matière de production. Au contraire, elle engage à consommer et produire plus de matières qui circuleront et viendront nourrir les écosystèmes. Tant que la diversité est respectée dans tous ses aspects, le Cradle to Cradle ne pose aucun type de prohibition.

Le message est donc plutôt un agenda positif et rassurant qui affirme que non seulement les êtres humains pourraient être capables de ne plus faire de dégâts à la nature, mais que toutes leurs actions pourraient avoir un effet bénéfique pour la nature qui l'entoure et ceci sans devoir changer leurs modes de consommation. C'est un point fort dans les sociétés occidentales en grande majorité basées sur un modèle libéral en matière de consommation et dont la liberté de consommation est un fondement. Beaucoup de personnes peuvent avoir une attitude positive par rapport au discours écologique (par exemple être favorables à une réduction de CO₂) mais simultanément ne pas mettre en œuvre des comportements qui vont dans ce sens (en réduisant l'utilisation de leurs voitures). C'est ce qui est désigné en par l'écologie comme « l'ambivalence des attitudes » (Dardenne et al., 2011). La vision Cradle to Cradle permet d'aligner les attitudes et les comportements puisqu'elle diffuse le message « d'une nouvelle société de consommation sans entraves et simultanément bénéfique pour l'environnement et qui libère les consommateurs de leur sentiment de culpabilité » (OVAM, 2011 p.5). Quoi de plus ennuyant que de

sentir un doigt accusateur et s'entendre dire que ce que nous faisons est fondamentalement mauvais et que nous devrions le faire moins.

Le discours de McDonough et Braungart ne peut dans ces conditions que retentir comme une douce musique aux oreilles des consommateurs qui souhaitent pouvoir continuer à changer de vêtements ou d'Ipods quand ils le souhaitent. Les patrons d'entreprises peuvent aussi se sentir séduits par l'impression qu'ils ne seront plus en train d'endommager la planète avec leurs usines et qu'ils n'auront plus à constamment réadapter leur production et leurs installations aux exigences évolutives des normes environnementales.

L'éco-bénéficine souhaite une véritable alliance entre capitalisme et écologie et travaille à la réconciliation et la création de synergies entre la nature et les activités économiques. McDonough et Braungart considèrent « qu'elle respecte la nécessité du capitalisme à fonctionner dans un système productif tant que cette production vient aussi nourrir les écosystèmes » (McDonough et al., 2011 p.190).

3.2.3. Stimulation à l'innovation

Le discours et le lexique employés sont stimulants. McDonough et Braungart parlent de réinventer, de repenser notre manière de voir, de changer de paradigme là où aujourd'hui nous avons souvent l'impression d'un certain statu quo et d'une certaine impuissance à faire bouger les choses. Alors que l'opinion publique est souvent tentée d'associer les grands fabricants à des pollueurs coupables du trou dans la couche d'ozone, du changement climatique, des marées noires... le C2C nous propose d'être fiers des industries humaines.

Contre l'approche fataliste qui nous accuse de détruire notre capital naturel et qui soutient que tous les efforts ne sont que des vaines tentatives consistant plutôt à ralentir la destruction de l'environnement, le Cradle to Cradle stimule l'esprit de réforme. Il donne l'espoir que nous pouvons révolutionner complètement ce monde industriel présenté sans cesse comme un fléau pour le monde naturel.

Comme nous l'avons vu dans la première partie de ce travail, le C2C se décline sous différentes formes, il souffle des idées qui concernent des domaines aussi variés que la politique, le management, la gestion culturelle, l'environnement, ... C'est un véritable moteur pour l'innovation.

Jose Potting et Caroline Kroeze déclarent pour qualifier le phénomène de développement actuel du Cradle to Cradle en Hollande « le Cradle to Cradle fonctionne actuellement comme un cadre extrêmement

puissant pour communiquer et mobiliser l'action sociale et politique » (Potting, 2010 p.317).

3.2.4. Tentative de diffusion d'un message non utopique

L'aspect stimulant du C2C vient également du soin que ses fondateurs ont mis à donner une image non utopiste à leurs idées. Dans toutes leurs publications ils ont veillé à faire référence à des cas pratiques à valeur symbolique forte et réussis de projets C2C, comme par exemple, la chaussure Nike, la voiture concept Ford U (appelée ainsi pour faire référence au modèle Ford T qui avait révolutionné l'industrie automobile au début du siècle précédent) ou le cas de dépollution du site de production de Ford « River Rouge »(au moyen de toitures vertes notamment rendant le lieu à nouveau attractif pour les employés de l'usine et pour la faune environnante).

Dans le même esprit McDonough et Braungart n'ont de cesse de rappeler les sauts technologiques tels que les déplacements en voiture ou en avion que la civilisation humaine aurait eu du mal à imaginer à l'époque du cheval et de la lampe à huile.

La création d'un système de certification ainsi que d'un réseau de consultance a aidé à la diffusion vers le marché du signal que les idées du Cradle to Cradle n'étaient pas utopiques. Il faut dire à nouveau que le label C2C est le premier à être accordé sur la base d'une approche éco-bénéfique (OVAM, 2011 p.16). La marque ayant acquis une renommée et une reconnaissance internationale notamment par la certification de grands groupes multinationaux tels que Nike, Ford ou Nestlé, elle renforce encore cette image de faisabilité de la transition vers une approche éco-bénéfique.

3.2.5. Une image sous contrôle des fondateurs du Cradle to Cradle

Même si cette stratégie sera discutée plus tard dans ce rapport, le fait d'avoir gardé tous les droits de propriétés intellectuelles du logo C2C et du programme de certification aura permis de garder les rennes pendant toute la première phase de développement de la marque dans le monde et de garder le contrôle sur l'image globale de la marque C2C.

3.3. Conclusion :

Toutes les théories décrites ci-dessus appellent à une révolution industrielle, à un re-fondement des activités humaines en s'inspirant des écosystèmes. Ce sont théories d'écoconception que nous pourrions appeler « naturophiles » en raison de l'inspiration qu'elles tirent des cycles naturels. Nul doute que les géniteurs du Cradle to Cradle se sont inspirés d'éléments de ces différentes théories.

Cependant, dans toutes ces approches, la minimisation des impacts reste centrale quels que soient l'éventail de principes proposés ou le type d'améliorations apportées à l'élaboration des produits, procédés de fabrication ou logistique des flux de matières. Ce sont bien, en essence, des approches d'écoconception qui tentent de s'éloigner des stratégies « end-of-pipe » mais en réalité, pour la plupart, elles ne rompent pas complètement avec l'éco-efficacité.

En conclusion, même si bon nombres d'idées du Cradle to Cradle avait déjà fait l'objet de propositions parmi ces théories d'écoconception, l'effort de McDonough et Braungart aura consisté à en améliorer la substance et à poser des ambitions plus élevées. Cet effort c'est fait sur deux plans :

- Au niveau contenu : en ôtant aux théories d'écoconception les éléments qui les liaient encore à l'approche éco-efficace comme les discours de minimisation et de dématérialisation pour les remplacer par un discours plus positif d'un être humain capable de transformer tous les émissions et déchets qu'il génère en des nutriments bénéfiques pour la nature ;
- Au niveau forme : en tentant de diffuser les idées dans un langage plus pédagogique, et en mettant en valeur le caractère non utopique de la philosophie Cradle to Cradle par la création d'un label.

4.1. Méthodologie

Cette partie tentera de faire une analyse critique des origines du Cradle to Cradle et des différents principes qu'il met en avant ainsi que de la certification C2C mise en place par MBDC depuis 2005. Cette analyse se limitera aux principes qui concernent les produits et composants et fera très peu allusion aux principes du Cradle to Cradle liés aux projets de construction qui pourraient faire l'objet d'un autre mémoire.

Voici les différents outils qui seront mis en œuvre pour opérer cette analyse critique :

- Une revue de la littérature sur les critiques émises sur la philosophie du Cradle to Cradle et sur le label de certification C2C;
- Une analyse du cycle de vie d'un matériau de construction certifié C2C était prévue au départ mais n'a pas pu être réalisée par défaut d'entreprises souhaitant collaborer à l'analyse. Le présent mémoire sera néanmoins jalonné d'exemples d'analyses du cycle de vie réalisées pour des produits certifiés ou fabriqués selon des principes proches. Une analyse du cycle de vie des plaques de plâtres Gyproc certifiée C2C aurait certainement pu être intéressante mais des informations telles que les additifs ajoutés au produit C2C ou les informations sur toute la partie recyclage auraient exigé l'entière coopération de l'entreprise;
- Des interviews téléphoniques ont également été réalisées auprès de deux des fabricants certifiés en Belgique et auprès d'un fabricant allemand. Ce dernier fabricant n'a pas reçu l'autorisation d'EPEA Hambourg pour entamer une certification de son produit. Il sera fait référence à ces trois interviews plusieurs fois dans le présent mémoire.

4.2. Critique des hypothèses et principes de l'approche éco-bénéficiente

Nous allons maintenant, dans un premier temps, vérifier si les hautes ambitions de l'approche Cradle to Cradle sont réalisables en effectuant un travail de remise en question de toutes les hypothèses sur lesquelles elle se base. Puis dans un second temps, nous allons contrôler si la certification mise en place par McDonough et Braungart est bien fidèle à ces principes et ambitions. Nous examinerons aussi le programme de certification sous la loupe éco-efficace en faisant une comparaison avec l'outil d'analyse de cycle vie.

Au terme de cette analyse critique nous espérons pouvoir être en mesure de dire si le concept du Cradle to Cradle est utopique et si les produits qui se qualifient pour le label C2C peuvent réellement être qualifiés de Cradle to Cradle.

4.2.1. La philosophie C2C

Passons en revue les grands principes sous un angle plus critique et en nous servant d'une comparaison à l'approche éco-efficace lorsqu'elle peut nous permettre de mettre en lumière des points faibles de la théorie du Cradle to Cradle.

4.2.1.1. Notre progrès technique est-il suffisant pour envisager une société Cradle to Cradle à court ou moyen terme?

Les principes de la philosophie éco-bénéfique se basent sur un certain nombre d'hypothèses de futurs développements technique et culturels de la société. La mise en pratique de la philosophie éco-bénéfique sera limitée par le rythme de progression dans ces différents domaines.

- **L'ingénierie des énergies renouvelables**

Pour s'engager dans la voie d'une société C2C, il faudra un changement technologique massif dans le domaine des énergies renouvelables. Cependant niveau d'alimentation en énergie renouvelable dans le monde actuel et les perspectives dans un avenir proche restent encore faibles. D'après le physicien anglais David MacKay, rien que pour alimenter entièrement un pays entier comme l'Angleterre en énergie éolienne offshore et onshore il faudrait installer des éoliennes pour une capacité cinq fois plus grande que la capacité installée dans le monde actuellement (MacKay, 2008 p.4). En ce qui concerne la biomasse, rien que pour fournir le quart de l'énergie consommée actuellement en Angleterre, il faudrait que le territoire britannique soit couverts à 75% de cultures énergétiques (MacKay, 2008 p.4).

**Tableau 5: quantité d'énergie produite par les technologies renouvelables en unité de surface
(MacKay, 2008 p.4)**

Eolienne	2 W/m ²
Eolienne offshore	3 W/m ²
Bassins de marée	3 W/m ²
Courant de marée	6 W/m ²
Panneaux photovoltaïques	5-20 W/m ²
Biomasse	0.5 W/m ²
Eau de pluie (hauts plateaux)	0.24 W/m ²
Centrale hydroélectrique	11 W/m ²
Géothermie	0.017 W/m ²
Cheminée solaire	0.1 W/m ²
Océanothermie	5 W/m ²
Energie solaire concentrée (désert)	15 W/m ²

De plus, il y a un autre point critique pour un shift complet vers une société alimentée par les technologies renouvelables : la disponibilité très réduite des métaux rares. Ceux-ci seront nécessaires à la production de certains composants des technologies renouvelables (par exemple le lithium pour les batteries électriques qui stockeront l'énergie d'origine renouvelable). Le Département Américain de l'Énergie a publié en 2010 un rapport faisant état des réserves de certains métaux absolument indispensable à l'ingénierie des énergies renouvelables (US Department of Energy, 2010, p.98). Le tableau qui suit les reprend tous : notamment l'indium nécessaire à la construction des cellules photovoltaïques des panneaux solaires ou le dysprosium nécessaire aux turbines des éoliennes.

Tableau 6: matières premières nécessaires pour la fabrication des technologies renouvelables (US Department of Energy, 2010, p.98)

CLEAN ENERGY TECHNOLOGIES AND COMPONENTS						
	Solar Cells	Wind Turbines	Vehicles		Lighting	
MATERIAL	PV films	Magnets	Magnets	Batteries	Phosphors	
Rare Earth Elements	Lanthanum			•	•	
	Cerium			•	•	
	Praseodymium		•	•	•	
	Neodymium		•	•	•	
	Samarium		•	•		
	Europium					•
	Terbium					•
	Dysprosium		•	•		
	Yttrium					•
	Indium	•				
Gallium	•					
Tellurium	•					
Cobalt				•		
Lithium				•		

Bien sûr dans une société Cradle to Cradle idéale ces éléments seraient un maximum recyclés mais le problème c'est que le niveau des réserves actuelles n'est probablement pas compatible avec le principe de croissance continue de l'approche Cradle to Cradle. Ceci sera encore mis plus en lumière ultérieurement dans ce mémoire.

- **La Chimie verte**

Dans la théorie du Cradle to Cradle l'emphase est mise sur le développement de substances non toxiques et facilement assimilables par les écosystèmes. Mark Rossi qui dirige les recherches en matière de chimie verte au sein de l'institut américain Clean Production Action (CPA) indique le nombre encore très restreint de substances chimiques vertes (Rossi et al., 2006 p.16). Selon lui peu de substances présentes sur le marché à l'heure actuelle satisfont aux 12 principes de la chimie verte. Le nombre de substances susceptibles de remplir les conditions d'intégration à des produits Cradle to Cradle (par exemple le critère de non cancérogénicité du programme de certification) est par conséquent limité.

- **Infrastructure de recyclage**

Le développement d'un modèle de flux de matières circulaire va également dépendre de l'apparition

d'infrastructures performantes de récupération et de recyclage.

- **Ingénierie du bâtiment**

Le Cradle to Cradle et la philosophie des boucles de matières dépendent également des avancées en termes de conception de bâtiments démontables pour la récupération de chacun des matériaux en fin de vie.

4.2.1.2. Le Cradle to Cradle est-il réellement compatible avec le modèle de croissance de la société de consommation actuelle ?

Si la société Cradle to Cradle venait à prendre forme au niveau mondial, serait-elle réellement compatible avec la croissance illimitée telle que McDonough clame qu'elle le sera.

McDonough et Braungart ne disent pas à quoi ressemblera cette société, quel sera le standard de vie modèle du citoyen de cette société Cradle to Cradle et si tous les citoyens des pays du monde auront droit au même standard de vie. Dans une configuration de société équitable pour tous, nous serions en droit de nous interroger sur la soutenabilité pour la planète d'un mode de vie de sept milliards de personnes (Villeret, 2011) aligné sur celui des pays riches et avec ceci avec une croissance économique continue. Plusieurs éléments nous permettent d'en douter :

- **Ressources naturelles limitées :**

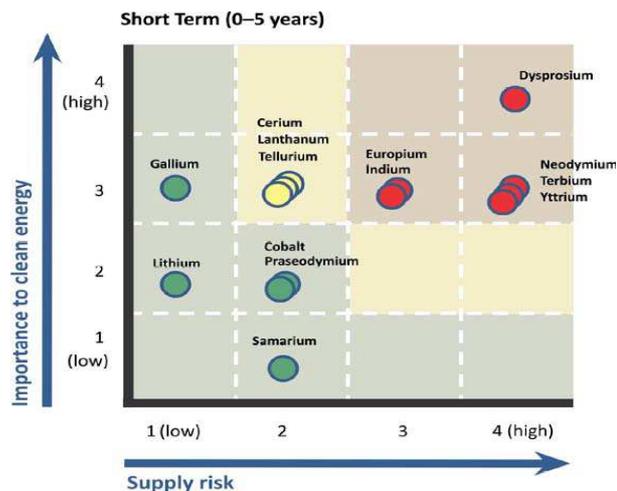
Dans le même esprit que McDonough et Braungart qui soulignent les frontières d'un système éco-efficace ne pouvant pas dématérialiser et minimiser indéfiniment, une approche éco-bénéfique se basant sur une croissance illimitée finit automatiquement par atteindre ses limites.

Tim Jackson déclare à propos de la croissance continue « en terme physiques, aucun sous-système d'un système fini ne peut croître indéfiniment » (Jackson, 2010 p.30). Notre planète n'est pas infinie, à un moment ou un autre si la croissance démographique se poursuivait sans s'arrêter, toutes les ressources naturelles que la planète possède seraient inévitablement épuiser.

La crainte que certaines matières disparaissent dans un futur relativement proche existe déjà à l'heure actuelle. Il a été calculé que les réserves naturelles de métaux tels l'antimoine, le cuivre, l'argent, le tantalum, le zinc mettraient dix à vingt ans à s'épuiser complètement si le monde entier avait le

rythme de consommation des Etats-Unis (Turner, 2007 p.5). Parmi ces matières se trouvent également ces matières stratégiques pour le fonctionnement des technologies renouvelables que nous avons évoqué plus haut. Celles-ci devraient être intensément exploitées dans une société Cradle to Cradle, ce qui pourrait mener à un niveau de réserves critique pour certaines d'entre elles, même à court terme comme représenté dans le graphique suivant.

Figure 8: horizon de rupture à court terme des réserves de matières premières critiques pour les technologies renouvelables (US Department of Energy, 2010 p.98)



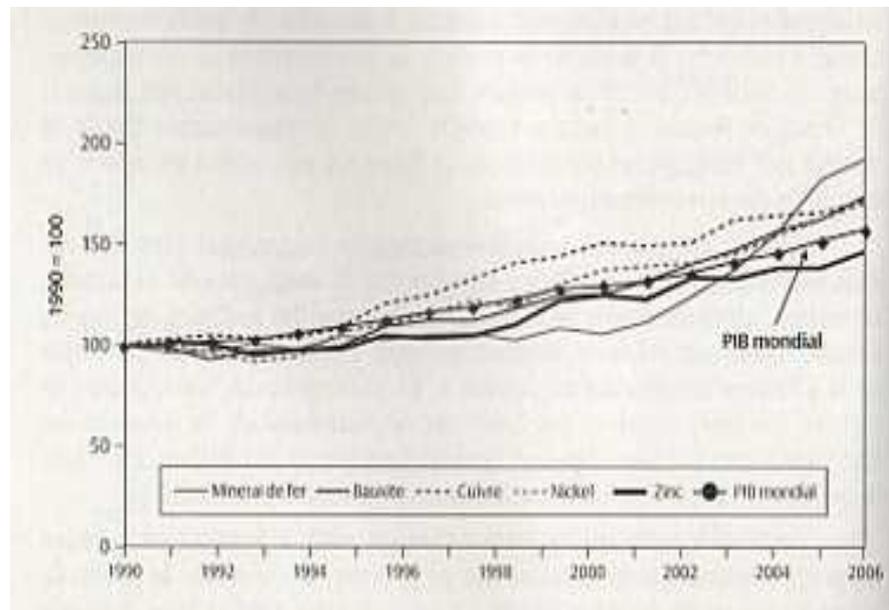
Le caractère critique à court terme des réserves d'indium utilisées pour les cellules photovoltaïques se distingue facilement, le dysprosium des turbines d'éoliennes encore plus. Par ailleurs, les réserves ne sont pas réparties équitablement dans le monde et l'approvisionnement de ces métaux rares dépend en grand partie de la Chine qui dans un contexte d'industrialisation forte s'accapare déjà énormément des stocks disponibles. Les stocks de ces matières risquent de constituer un sérieux frein au développement des énergies renouvelables.

Si tous les pays non encore développés commençaient à s'industrialiser en masse, une situation de pénurie de matières serait probablement rapidement atteinte. De plus, les pays de l'OCDE bloqueraient probablement ces matières importantes pour les garder pour leur propre utilisation. Après tout, à l'heure actuelle, ce sont majoritairement les pays riches et la Chine qui développent les technologies renouvelables.

Dans une société Cradle to Cradle bien évidemment le pourcentage de recyclage des matières serait plus important mais en nous tournant vers le passé (cf. figure 8), nous pouvons constater que même avec un progrès technique et une efficacité accrue dans l'utilisation des ressources, il y a eu entre

1990 et 2007 une augmentation de la consommation plus rapide que l'évolution du PIB pour certains métaux comme les minéraux de fer, le bauxite, le cuivre ou le nickel.

Figure 9: évolution mondiale entre 1990 et 2007 de l'extraction de quatre métaux différents (Jackson, 2010 p.84)



L'effet d'une croissance économique illimitée sur la consommation des stocks des métaux pourrait avoir des conséquences désastreuses même dans une société Cradle to Cradle où tout serait recyclé. Le risque existe notamment de se diriger dans le futur vers un scénario où l'entièreté des réserves de matières précieuses soient déjà extraites des milieux naturels et intégralement insérées dans les produits fabriqués.

Un autre élément propre aux principes d'un système de production Cradle to Cradle provoquera une consommation accrue des ressources. Il s'agit du recyclage. En effet, McDonough et Braungart ne le prennent pas en compte mais les produits sont inévitablement victimes d'une dépréciation de leur qualité au cours de leur vie et de leur utilisation : usure, destruction partielle, oxydation, corrosion, contact avec d'autres substances, ... Pour garantir un maintien de la qualité des produits et des matières (et pour ne pas faire de *downcycling*) à chaque recyclage il faudra ajouter de la matière ou des substances additionnelles pour récupérer les propriétés du produit d'origine.

Prenons l'exemple de l'acier dont McDonough et Braungart pensent qu'il fait trop souvent l'objet d'un *downcycling*. Après détérioration de l'acier pour garantir un retour à sa qualité d'origine, il faudra peut-être le fondre avec des nouveaux éléments d'alliage, opérer un traitement de surface, ...

En outre, pour toutes les opérations de repurification du produit ou de raffinage des matières à recycler, ce ne seront pas seulement des matières supplémentaires qu'il faudra mais également de l'énergie additionnelle. Les moyens mis en œuvre pour récupérer les produits en fin de vie seront à aussi l'origine d'une consommation accrue d'énergie. Au plus le retour des nutriments techniques dans la technosphère se fera fréquemment (ce que préconise McDonough et Braungart) au plus il faudra utiliser d'énergie.

Que dire également des stocks limités de ressources qui n'ont aucune relation avec les produits Cradle to Cradle et qui n'intègrent pas de boucles de matières telles que l'eau, les ressources halieutiques, ... Ils pourraient énormément souffrir d'une croissance démographique illimitée et d'un alignement de la planète entière aux standards de vie américains ou européens.

En ce qui concerne les ressources en eau, la croissance économique, l'urbanisation et la mondialisation constituent de puissants facteurs de consommation des réserves actuelles. Ils sont, en effet, tous à l'origine de l'évolution des régimes alimentaires. En Chine par exemple, la consommation de viande a plus que triplée sur cette dernière décennie (UNESCO, 2009, p.109). La production de viande nécessite huit à dix fois plus d'eau que la production de céréales (UNESCO, 2009 p.79).

Sur le plan des ressources halieutiques, la *Food and Agriculture Organization* (FAO) estime que 47 à 50% des stocks de poissons dans le monde sont pleinement exploités, 15-18% sont surexploités, et 9-10 % sont déjà épuisés. McDonough et Braungart, encore une fois, ne nous disent pas de quelle manière doit se répartir la croissance démographique. 60% de la population mondiale vit le long des littoraux à une distance inférieure à 60 kilomètres de la mer (World Resource Institute, 1996). Que se passerait-il si ce pourcentage venait encore à augmenter ? Les limites malthusiennes ne pourront pas éternellement être repoussées même dans une société Cradle to Cradle qui aurait emmagasiné de spectaculaires avancées technologiques.

Bien sûr, tout comme il serait difficile de demander à l'agriculture bio de régler tous les problèmes de misère dans le monde, nous ne pouvons pas exiger du Cradle to Cradle de régler en même temps la dépollution de l'industrie moderne et le problème de la faim dans le monde. Néanmoins lorsqu'on prend la responsabilité d'un message de plaidoirie pour la croissance continue il faut au minimum éclaircir le type de croissance que l'on entend défendre.

- **Progrès et transfert technologique limité**

Nous l'évoquions plus haut dans ce mémoire, les considérations de faisabilité technique font qu'une transition de masse vers une société C2C alimentée uniquement en énergie verte n'est pas encore possible.

MacKay souligne qu'une alimentation exclusivement en énergie renouvelable pour l'Angleterre serait physiquement possible mais cela exigerait de la population anglaise qu'elle accepte une réelle invasion des technologies renouvelables dans les espaces naturels (cf. point 4.2.1.1) et un niveau de consommation d'énergie plus bas (MacKay, 2008 p.4). Ceci relève d'un véritable changement de paradigme qui n'est pas du tout mis en avant dans le message donné par McDonough et Braungart.

Il n'y a aucun appel à une révolution des comportements de consommation. Cet appel existe uniquement pour la révolution de la production. Même si le Cradle to Cradle promeut la continuité d'un système de consommation basé sur la mode et sur la liberté de changer de produits au gré des envies des consommateurs, il implique quand-même des changements au niveau des pratiques de récupération auxquelles devront inévitablement participer les consommateurs. Des consommateurs qui ont plutôt l'habitude de jeter leurs produits. Une révolution des mentalités est probablement nécessaire.

Tant que toute l'énergie utilisée pour les activités humaines ne sera pas renouvelable et que toutes les matières ne circuleront pas en boucle dans des cycles fermés le message de rationalisation de la consommation qui va de pair avec l'approche éco-efficace serait peut-être nécessaire. Selon Voorthuis notre niveau de développement technologique actuel nous force à continuer à choisir des solutions de conception d'éco-efficacité : « consommer moins et de manière plus efficace plutôt que consommer plus mais sans déchets continueront d'être les modèles écologiques pour longtemps » (Voorthuis, 2010 p.381).

En outre, si un progrès technologique fulgurant devait avoir lieu en matière d'énergie renouvelable, qu'est ce qui nous dit qu'un transfert technologique aurait vraiment lieu vers les pays pauvres. Il ne semble pas vraiment avoir lieu à l'heure actuelle. Le projet Desertec a été conçu pour fournir les pays de l'Union Européenne pour 15% de leur demande en électricité et seulement en partie les pays du Sahara. Le professeur Hermann Scheer, président d'EUROSOLAR et du World Council For Renewable Energy souligne que le projet aurait pu fournir d'ici une vingtaine d'années la totalité de l'Afrique du Nord en énergie renouvelable (Scheer, 2009).

- **Compatibilité avec le monde de la Finance**

Envisager une transition vers une économie circulaire pose la sous-question de la compatibilité avec le monde de la finance tel qu'il fonctionne aujourd'hui. Le modèle financier actuel pourrait constituer un obstacle majeur à l'intégration d'une philosophie Cradle to Cradle dans notre société. La place de la Finance n'est toutefois évoquée à aucun moment dans les publications et interviews de McDonough et Braungart que nous avons pu lire.

L'activité de production et la finance sont tellement interdépendantes l'une de l'autre que si l'une devient durable l'autre doit forcément l'être aussi pour que le système fonctionne. Si les activités économiques doivent se modeler sur le fonctionnement des systèmes naturels, le système qui finance ces activités doit également le faire et cela aussi relève d'un changement de paradigme important. McDonough et Braungart ne précisent pas comment amener les investisseurs à financer des projets durables Cradle to Cradle et comment procéder pour que s'installent des mécanismes de Finance durable.

Prenons le cas des matériaux de construction. Le monde de la finance qui a pour habitude d'attendre des retombées financières et un retour sur investissement avant tout sur le court et le moyen terme, verra-t-il un intérêt à attendre des périodes de plus de cinquante ans pour la récupération des matières premières ? Il s'agit là d'horizons à très long terme. Les solutions éco-efficaces, telles que les économies d'énergie et de matériaux, paraissent rapporter plus de gains dans le court terme. Hinton illustre cet état de fait en décrivant le module « Production plus propre » parmi la série de lois en relation avec l'économie circulaire adoptées par le gouvernement chinois : « les mesures adoptées n'impliquent souvent que des mesures de prévention de pollution qui amènent des taux de retour favorables et des périodes de *pay-back* relativement courtes » (Hinton, 2008 p.15).

Une situation de gains à court terme satisfait les marchés financiers mais empêche une réforme en profondeur du système. Une réforme vers une finance durable qui pense aux générations futures et pas seulement à ses propres gains. Comment envisager une société durable éco-bénéfique qui soutient la production en masse de produits d'origine agricole pour l'utilisation dans des domaines non alimentaires sans prendre le risque que ces produits fassent l'objet d'une spéculation qui ferait effet de contagion sur les denrées alimentaires (telle que celle qui a eu lieu pour les cultures de biocarburants) ?

Le facteur temporel est extrêmement important et la Finance devrait aligner son horizon temporel sur celui des industries Cradle to Cradle. Autrement l'écart pourrait être trop important entre une

industrie qui fermera ces cycles de matière sur une échelle de temps plus longue et la Finance qui souhaite des gains à plus courts termes.

Par ailleurs, le facteur temporel intervient également dans le développement de la chimie verte. Il est difficile d'envisager une synchronisation des cycles courts du capitalisme avec les cycles longs des recherches sur les effets des substances industrielles. De la même façon, la lenteur habituelle des recherches en matière de composants chimiques non toxiques semble difficilement compatible avec un capitalisme courttermiste.

4.2.1.3. La nature est-elle toujours un bon modèle à suivre ?

Modeler les activités industrielles sur la nature n'est pas, comme le recommandent les principes du Cradle to Cradle ou du Biomimétisme, toujours la meilleure chose à faire. D'après Hauschild et Bjorn, il doit être fait usage de prudence. Ils expliquent que le facteur limitant de croissance dans la plupart des écosystèmes n'est pas l'énergie mais plutôt les nutriments (Hauschild et al., 2011 p.601). La nature est très performante en termes de recyclage de nutriments mais elle est considérée comme inefficace en termes de consommation d'énergie. Il est notamment reconnu que le développement des agrocarburants est limité du fait du faible rendement photosynthétique des plantes qui est inférieur à 1% (Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable, de l'Aménagement du Territoire, 2008 p.8).

Dans le cas des systèmes industriels les deux éléments constituent des facteurs limitant, autant les nutriments (métaux, minéraux, ...) que l'énergie (gaz, pétrole,...). Etant donné les réserves limitées d'énergie fossile et les possibilités encore restreintes d'utilisation d'énergie renouvelable, la pertinence d'une industrie humaine qui imiterait une nature inefficace en termes de consommation d'énergie est questionable. Une approche d'optimisation énergétique plus proche des idées éco-efficaces est sans doute plus indiquée.

4.2.1.4. Les nutriments biologiques et techniques sont-ils toujours dissociables ?

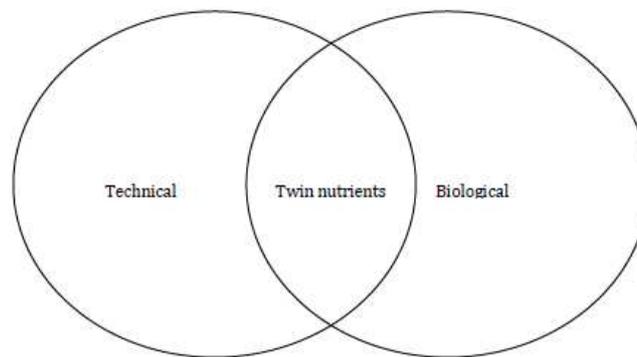
L'étape de définition des matériaux et du produit fabriqué en tant que nutriment technique ou biologique n'est pas toujours évidente. En effet, dans certains cas, les deux définitions ne s'excluent pas mutuellement.

L'acide polylactique (PLA) est un exemple de substance que Bjorn classe dans la catégorie qu'il qualifie de nutriments « jumeaux » (Bjorn, 2011 p.52). En effet, le PLA qui est par exemple utilisé pour la fabrication d'emballages alimentaires peut être recyclé de deux manières différentes :

- Soit par hydrolyse chimique en monomères d'acide lactique auquel cas il pourra être considéré comme « nutriment technique » ;
- Soit par simple compostage auquel cas le PLA tombe dans la catégorie « nutriment biologique ».

Il s'agit donc d'un cas où les deux catégories se chevauchent comme représenté sur le graphique qui suit.

Figure 10: les nutriments « jumeaux » (Bjorn, 2011 p.53)



McDonough et Braungart n'ont pas envisagé cette troisième catégorie et n'ont donc formulé aucune recommandation sur l'option de nutriment qu'il faut choisir dans pareil cas. L'application d'une approche éco-efficace pourrait éventuellement permettre de guider le choix vers l'option qui minimise les impacts sur l'environnement.

4.2.1.5. Concevoir les produits pour des boucles de matière fermées a-t-il uniquement des effets bénéfiques pour l'environnement ?

Bygget et al. mettent en évidence l'existence de trade-offs⁷ dans les approches d'écoconception qui proviennent du conflit entre différents objectifs environnementaux (Bygget et al.. 2006 p.1421). Ainsi toute initiative prise pour améliorer un certain aspect de l'environnement pourra avoir des incidences négatives sur un autre aspect. Bygget et al. classent ces exemples de trade-offs en trois catégories (Bygget et al.. 2006 p.1421):

⁷ OXFORD DICTIONNARY : « Situation dans laquelle on est obligé de faire un compromis ou un rééquilibrage entre différents facteurs en vue d'obtenir une meilleure combinaison »

- **Conflit de choix entre un matériau et un autre** : lors de la substitution un matériau par un autre dans un produit fini, un dilemme peut se présenter pour le choix entre de petites quantités toxiques d'un matériau ou des quantités d'un matériau moins toxique mais plus lourd. C'est le même cas de trade-off relevé par McDonough et Braungart pour l'industrie automobile et déjà cité dans ce mémoire. L'industrie automobile maximise les possibilités de recyclage des pièces de la voiture en lui intégrant des composants plus facilement recyclables mais qui au final donnent un véhicule plus lourd dégageant davantage d'émissions de CO₂ lorsqu'il roule. Les véhicules gagneraient ainsi en termes de recyclage mais perdraient des points en termes de bilan carbone pendant leur phase d'emploi.
- **Conflit entre une question de matériau et d'énergie** : il faut parfois utiliser plus de matériaux pour isoler une maison.
- **Conflit entre une question de matériau et de coût** : recycler les diverses qualités d'acier présentes dans une automobile de manière isolée, comme le préconisent McDonough et Braungart, peut se révéler être une entreprise très coûteuse.

Nous le verrons dans la partie ayant trait au programme de certification mais le C2C ne permet pas d'arbitrer entre ces différents trade-offs, là où un analyse du cycle de vie (outil d'excellence l'approche éco-efficace) peut être d'une précieuse aide.

4.2.1.6. Les nutriments techniques toxiques sont-ils vraiment toujours isolables de l'environnement ?

L'hypothèse de McDonough et Braungart que des nutriments techniques toxiques peuvent circuler librement dans le cycle de la technosphère sans présenter aucun danger pour la biosphère n'est pas toujours vérifiée (Bjorn, 2011 p.55). En effet, et ceci sera encore illustré dans la partie qui analyse la certification, McDonough et Braungart omettent dans leurs réflexions certaines phases importantes de la vie du produit:

- Pendant leur phase d'emploi les produit ou les matériaux peuvent subir une usure significative qui donnera lieu à la libération d'éléments toxiques dans l'environnement (par exemple la rouille des métaux toxiques qui peut avoir des impacts négatifs sur la santé des êtres humains) ;
- Les matériaux ou le produit d'origine peuvent également faire l'objet, pendant leur vie opérationnelle, d'un mélange avec d'autres substances ou matériaux qui les rendront toxiques plus tard lors de la phase de recyclage (ceci sera démontré par la description de certains cas de certification C2C).

4.2.1.7. Les nutriments biologiques sont-ils toujours bons pour la nature?

McDonough et Braungart ne donnent aucune information sur la manière dont les nutriments biologiques présents au sein des produits C2C devront réintégrer les écosystèmes en fin de vie du produit. Ils diffusent ainsi le message non équivoque que n'importe quel nutriment biologique peut être à tout moment, en toute quantité, jeté dans la nature. Cet acte serait en toute circonstance bénéfique pour la nature. Cette vision doit être nuancée à travers deux arguments :

- **Capacité limitée de l'environnement à absorber les nutriments :**

Une étude réalisée en Nouvelle Zélande questionne plusieurs experts de différents domaines scientifiques (chimistes, biologistes, bio-ingénieurs, ...) sur la faisabilité d'une gestion de nutriments biologiques dans le cadre du développement d'une société Cradle to Cradle (Reay, 2011 pp.36-44). Certains des experts interrogés soulignent le fait qu'un nombre important d'éléments nutritifs déversés sur une certaine surface peut avoir un impact très néfaste sur les écosystèmes (Reay, 2011 p.41). Nous mentionnions dans le point 4.2.1.3 les facteurs limitants que peuvent constituer les déficits en énergie ou en nutriments pour l'environnement mais le facteur limitant peut également provenir d'un excédent. « Tout facteur écologique qui vient à dépasser un certain seuil pour une espèce peut constituer un facteur limitant » (Godart, 2007, slide 13).

En effet, il suffit de penser aux problèmes d'eutrophisation de l'environnement à cause d'un excédent de nutriment. Le cas de la formation d'algues vertes en Bretagne en est un bon exemple. L'azote contenu dans les lisiers des élevages de porc intensif y a provoqué une contamination des milieux aquatiques. L'azote est indispensable pour le développement des écosystèmes mais, à des niveaux de diffusions incontrôlées, cet élément nutritif peut avoir des conséquences extrêmement négatives sur l'environnement.

L'un des participants à l'étude néo-zélandaise attire l'attention sur le fait que de larges quantités de bio-déchets peuvent être facilement gérables en quantité de « village » mais peuvent poser de gros problèmes en quantité de « ville » (Reay, 2011 p.41). L'idée de McDonough et Braungart de collecter de l'azote à partir de nutri-véhicules, au-delà de la question de sa faisabilité technique, ne sera pertinente que si le sol qui recevra l'azote possède un niveau d'azote insuffisant. Si ce n'est pas le cas, l'excédent pourrait devenir toxique.

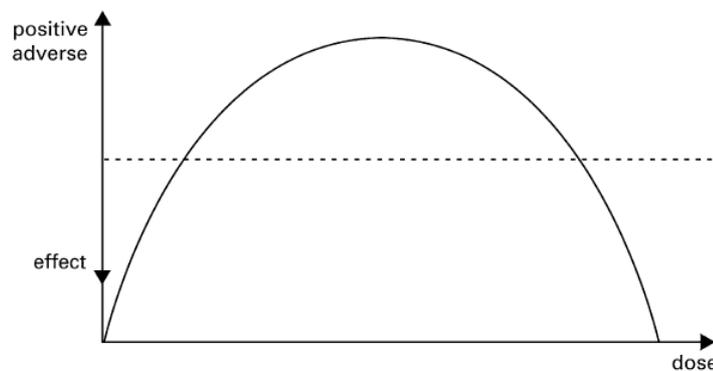
Lucas Reijnders conteste la pertinence du bénéfice pour la nature que serait l'intégration de graines dans les emballages produits de consommation (cf. point 1.3.1.2 et l'exemple des cartons de glace)

qui une fois jeté par terre ferait pousser des plantes et participerait au développement de la biodiversité (Reijnders, 2008, p.1139). Il met en avant le risque d'invasion d'espèces dans un contexte de commerce globalisé. De la même façon il dit que les effets de compétition entre espèces d'un changement de dosage du régime nutritif peuvent être imprévisibles. Les systèmes fertilisés par les hommes font souvent l'objet d'invasion de nouvelles espèces qui remplacent les espèces locales grâce à leur capacité d'adaptation plus flexible à des niveaux de fertilité différents (Reijnders, 2008, p.1139).

Ce phénomène va évidemment à l'encontre du précepte de préservation de la biodiversité invoqué par McDonough et Braungart. Reijnders rappelle aussi que certains composés carboniques d'origine végétales ne sont pas biodégradables et que certaines substances produites par la nature sont absolument toxiques pour l'homme.

Sur le graphique suivant Reijnders a représenté la relation entre la quantité de nutriments et l'effet provoqué sur un organisme vivant. Il existe un seuil clair qui, une fois dépassé, rends un supplément de nutriments toxique pour les systèmes vivants.

Figure 11: relation entre la dose de nutriment biologique et le bénéfice pour un organisme (Reijnders, 2008 p.1139)



Sachant à présent qu'une diffusion incontrôlée de nutriments biologiques n'est pas toujours saine pour l'environnement, il est dommage que la théorie du Cradle to Cradle ne donne pas d'instructions claires sur la gestion des nutriments biologiques en fin de vie du produit. Des éclaircissements sur différents points seraient pourtant nécessaires :

- Lieu de dégradation des nutriments : McDonough et Braungart n'expliquent pas où les nutriments devraient être déposés pour dégradation : écosystèmes aquatiques ou terrestres, en bonne santé ou en déficit nutritionnel, des terres agricoles ou des jardins, ...
- Quantité de nutriments : quelle quantité limite peut elle être déposée dans les écosystèmes ?

- Types de nutriments biologiques : quel type de nutriments et pour quels types d'écosystèmes ? En effet, deux types de nutriments sont vraiment nécessaires aux systèmes vivants pour leur développement, les macronutriments (potassium, azote, phosphate, ...) en quantité moins importantes et les micronutriments (calcium, magnésium, zinc, ...) en quantité plus réduites (Hauschild et al., 2011, p.602). L'arbre cerisier, cité à maintes reprises comme modèle d'inspiration pour une production Cradle to Cradle, diffuse une diversité importante de ces nutriments dans son écosystème grâce à ses fleurs, ses fruits, ses branches, ses feuilles (Reijnders, 2008 p.1138). Cette diversité de nutriments ne s'observe pas dans les exemples de nutriments biologiques évoqués par les fondateurs du Cradle to Cradle. La plupart de ces nutriments servent à la confection de produits textiles (vêtements, tapis, ...) et d'emballages biodégradables, des produits qui étant donné le niveau actuel d'ingénierie chimique seront la plupart du temps fabriqués à partir de polymères d'hydrates de carbone comme le PLA dont nous avons fait mention précédemment (Hauschild et al., 2011, p.602). Les hydrates de carbone constituent un macronutriment mais ils ne peuvent nourrir qu'un nombre très limité d'espèces parce qu'une fois dans l'environnement ils se dégradent en CO₂ et en eau. Seuls les micro-organismes qui les dégradent se nourrissent des hydrates de carbone. Une petite partie du carbone n'est pas dégradée et est retenue dans le sol en tant qu'humus mais il s'agit d'une fraction minimale de 2% (Hauschild et al., 2011, p.602). Les bénéfices nutritifs comme le PLA sont donc fort restreints.

Une gestion appropriée des sols est, par ailleurs, nécessaire pour que le sol puisse accueillir les nutriments. C'est le cas pour le carbone qui vient d'être mentionné. La fraction de 2% correspond au potentiel maximum de puit carbone du sol. A l'heure actuelle les sols agricoles ont perdu de 25% à 75% de leur qualité en tant que puit carbone à cause d'une gestion inadéquate des sols (drainage, usage excessif de fertilisants et de pesticides (Lal, 2011 p.S34) Ainsi pour préserver ou augmenter le potentiel de puit de carbone du sol il faut améliorer sa structure en lui apportant d'autres nutriments, une quantité d'eau adaptée et en procédant à un labourage adéquat (Lal, 2011 p.S33).

Reijnders considère que le message de McDonough et Braungart au sujet de la diffusion des nutriments biologiques dans l'environnement n'est pas assez nuancé (Reijnders, 2008 p.1140). Cette diffusion doit être gérée de façon appropriée et un suivi doit être assuré.

- **Limites à la production de nutriments biologiques**

Un autre point qui mérite interrogation est le fait de savoir si les quantités de matière organique pour amener à un accroissement de l'exploitation industrielle des nutriments biologiques seront suffisantes. La biosphère sera-t-elle capable de fournir de façon durable assez de matière organique pour produire

les nombreux composants à valeur de nutriment biologique prescrits par le Cradle to Cradle ?

Nous avons déjà souligné au point 4.2.1.1 la limite d'espaces naturels disponibles pour généraliser l'emploi des énergies renouvelables (biomasse pour produire de l'énergie, de la chaleur, des carburants et les espaces naturels nécessaires pour capter l'énergie solaire ou géothermique). Il est difficile de concevoir que les surfaces utilisées soient encore suffisantes pour envisager simultanément la production d'énergie renouvelable, de nutriments biologiques à intégrer aux produits C2C, de biomatériaux pour construire les bâtiments C2C. Sans oublier les surfaces plus larges nécessaires à la production d'une agriculture bio ou à la construction de maisons durables pourvues d'espaces verts importants.

Ces différentes utilisations des espaces naturels fertiles mèneront inévitablement à une concurrence importante et peut-être une pénurie pour certains types d'exploitation. Il suffit de penser au débat polémique sur la compétition qui a lieu entre les surfaces utilisées pour les biocarburants et l'alimentaire. Tim Jackson dit « ne pas imaginer que les conflits relatifs à l'utilisation des sols en particulier pour la production de carburants s'apaiseront avec le temps » (Jackson, 2011 p.27).

4.2.1.8. La différence entre *downcycling* et *upcycling* est-elle toujours claire ?

Nous avons relevé un manque d'indications claires dans la littérature traitant du Cradle to Cradle par rapport au choix de catalogage d'un certain matériau après recyclage comme de plus mauvaise qualité (*downcycling*) ou de meilleure qualité (*upcycling*). De plus, certains des exemples donnés par McDonough et Braungart dans leurs publications pour illustrer le *downcycling* paraissent discutables.

Crawford, de l'Institut de Recyclage d'Acier désapprouve notamment le classement en *downcycling* par Braungart et McDonough des actuelles techniques de recyclage de l'acier dans l'industrie automobile. Les auteurs affirment dans leur publication que le recyclage de l'acier conduit à une détérioration de sa qualité. Ils mettent en cause l'incapacité de l'industrie automobile à fournir un acier recyclé de qualité aux fonderies du fait de son amalgame avec le cuivre présent dans certains câbles pendant le processus de déchiquetage du véhicule en fin de vie (Crawford, 2004).

Crawford considère que cette conjecture était peut-être vraie il y a quelques décennies quand les broyeurs de carrosseries déchiquetaient l'acier ensemble avec le cuivre mais il affirme qu'elle ne l'est plus aujourd'hui (Crawford, 2004). Le démontage des voitures s'est selon lui énormément amélioré notamment lors de la phase d'extraction avant le déchiquetage de certaines pièces de la carcasse (comme

les alternateurs, les génératrices, etc.). Les pièces en question contenaient du cuivre qui pouvait effectivement contaminer l'acier recyclé. Par ailleurs, les fabricants d'automobiles ont réduit l'utilisation du cuivre en remplaçant les câbles de cuivre par des fils optiques.

La proposition d'utilisation d'un papier C2C pour remplacer le papier traditionnel pour éviter de faire du *downcycling* est également discutable. McDonough et Braungart affirment que le recyclage du papier avec les techniques actuelles revient à faire du *downcycling* parce que le papier est recyclé avec des encres toxiques. Un produit C2C aura beau remplacer le papier traditionnel (c'est d'ailleurs le cas, nous le décrirons plus en profondeur dans les points suivant relatif à la certification), s'il continue à être imprimé avec une encre toxique, cela consistera toujours à faire du *downcycling*.

4.2.2. La certification C2C

Faisons à présent une analyse critique en détail du programme de certification qui a été décrit au point 1.4.3. Nous allons tenter de déterminer si la certification mise en place par MBDC comme outil d'adoption d'une approche éco-bénéfique correspond vraiment aux ambitions élevées des principes de cette approche.

4.2.2.1. Les substances chimiques dans les produits certifiés C2C sont-elles vraiment non toxiques et bénéfiques pour l'environnement ?

Nous pouvons d'ores et déjà dire que les deux premiers niveaux de la certification ne constituent pas un gage que toutes les substances toxiques ont été éliminées du produit fini. En effet, des éléments classés « rouges » y sont encore présents. L'entreprise candidate à la certification est juste tenue de présenter un plan de suppression progressive ou d'optimisation de ces substances. La seule substance faisant l'objet d'un rejet immédiat à tous les niveaux de certification est le PVC.

Il est extrêmement difficile, par ailleurs, de connaître l'exacte composition des produits certifiés C2C puisque ni MBDC, ni EPEA, ni aucun fabricant certifié ne rendent ces informations publiques. Atlee et al., dans un dossier consacré au Cradle to Cradle publié dans le mensuel Environmental Building News, n'hésitent pas à parler de « boîte noire » en ce qui concerne la certification (Atlee, 2007). Ils relèvent l'absence totale d'information pour le consommateur sur ce qu'un produit certifié inclut ou n'inclut pas puisque l'organisme de certification n'oblige pas les fabricants à communiquer de façon transparente tout ce que leurs produits contiennent.

Aucune publication officielle de MBDC n'explique, en outre, les lignes de directives des stratégies de suppression progressive pour les substances « rouges ». Nous savons seulement que le déroulement de ces stratégies est reconstruit lors du renouvellement annuel de la certification. Le fabricant d'un produit contenant des agents ignifuges bromés s'étant engagé à les éliminer devra prouver qu'il a mis tout en œuvre pour réaliser le plan de suppression progressive mais l'appréciation de ces efforts est laissée entièrement à MBDC. MBDC souligne elle-même qu'elle sait que pour certaines substances toxiques l'apparition de substances alternatives n'est pas encore à l'ordre du jour (Rossi et al., 2006 p.1). Jusqu'à présent, aucune certification n'a fait l'objet d'une annulation par MBDC.

Le système de valeurs *cutoff* entre les différentes couleurs peut également être considéré comme une zone d'ombre. Personne ne sait si l'effet combiné de plusieurs substances est pris en compte. Atlee et al. illustrent ce propos avec un cas de certification assez polémique selon eux, le bardage de façade en composite Formawall du fabricant Centria (Atlee, 2007). Le Formawall est revêtu la plupart du temps d'une peinture de finition contenant du Kynar, un fluoropolymère dont la fabrication est connue pour relâcher de l'acide perfluorooctanoïque (APFO) considéré par EPA comme une substance chimique cancérigène probable et bioaccumulative (EPA, 2010a). Exactement le type de substances qu'un adepte de la théorie Cradle to Cradle ne souhaiterait pas voir terminer comme ingrédient dans les produits qu'il consomme.

Selon le fabricant Centria, l'acier utilisé pour la fabrication du Formawall est 100% recyclable mais le problème est qu'une fois peint avec du Kynar, le recyclage de l'acier risque de libérer des substances chimiques toxiques (Atlee, 2007). L'utilisation du Kynar pendant la phase d'emploi du produit n'a donc pas été prise en considération lors de la certification. L'omission de l'AFPO vient du fait qu'il ne fait pas partie des ingrédients du produit fini vendu.

L' Environmental Building News a donné la possibilité à MBDC de réagir aux critiques formulées dans le dossier Cradle to Cradle et la société a signalé en réponse qu'elle n'avait pas toujours la possibilité d'opérer des tests d'analyse pour vérifier ce que contiennent les produits et qu'elle faisait surtout confiance aux informations communiquées par les fournisseurs des composants du produit (Atlee et al. 2007). MBDC avoue également certifier les produits sans vérifier comment ils sont installés ou utilisés.

Le cas du papier recyclé comme nous l'expliquions auparavant est également polémique. Le papier traditionnel est présenté par McDonough et Braungart comme l'exemple type de l'hybride monstrueux. Après l'aveu de McDonough et Braungart que nous venons de citer quant au manque de contrôle par MBDC, pouvons-nous être certain que les papiers fabriqués selon les principes Cradle to Cradle ne deviennent pas eux aussi des hybrides monstrueux ?

Il y a différentes marques de papier bureau qui sont certifiées Cradle to Cradle (Van Gansewinkel, Hybran PX-100, Terraskin). Si les substances et les procédés utilisés lors de la phase de recyclage ne sont pas analysés par EPEA, qu'est ce qui prouve que les mêmes encres toxiques traditionnellement utilisées pour les impressions de ces papiers (qui sont montrées du doigt par McDonough et Braungart dans leurs livres parce que ces encres condamnent le recyclage du papier à faire du *downcycling*) ne seront pas traitées de la même manière toxique (blanchiment par le chlore) ?

Le protocole MBDC classe certaines substances comme les métaux lourds automatiquement en couleur « rouge ». Voici la liste des métaux lourds telle qu'elle est citée dans le protocole MBDC : antimoine, arsenic, béryllium, cadmium, chrome, cobalt, plomb, mercure, nickel, etc. La liste est donc ouverte ce qui génère un manque de transparence quant aux autres substances que MBDC pourrait considérer comme faisant partie de la catégorie des métaux lourds. Il faut dire que la définition des métaux lourds est juste une appellation courante qui est associée à des éléments toxiques pour l'environnement mais qui n'a aucune application juridique (Miquel, 2001 p.94).

Ce terme de « métaux lourds » regroupe en général des éléments tels que le mercure, le chrome, le cadmium, l'arsenic et le plomb (EPA, 2011b) mais pour tous les autres éléments cela varie d'une définition à l'autre et fait souvent l'objet de débats. En effet, certains éléments comme l'arsenic effectivement très toxique ne peuvent pas être considérés comme de véritables métaux (Miquel, 2001 p.94). Un arrêté du Sénat français datant de 1998 et relatif aux installations classées pour la protection de l'environnement va même jusqu'à considérer sous le terme « métaux lourds », le fer, le cuivre et l'aluminium (Miquel, 2001 p.96).

Par ailleurs, certains métaux lourds sont souvent indispensables à la fabrication des technologies d'énergies renouvelables tels que le tellure pour les panneaux photovoltaïque, le chrome ou le cuivre (s'il est inclus dans la catégorie des métaux lourds) pour les panneaux thermiques. La certification C2C ne prenant pas en compte le type de produit, elle pourrait parfaitement refuser la certification d'un panneau solaire ou thermique pour son contenu en métaux lourds alors qu'elle exige leur utilisation pour la fabrication des produits certifiés C2C. Cette situation donnerait lieu à un étonnant paradoxe.

4.2.2.2. Y a-t-il des points communs entre la certification et une approche éco-efficace ?

Le Cradle to Cradle et l'approche éco-bénéficiente se présentent eux-mêmes comme résolument opposés à l'approche éco-efficace et comme de réelles alternatives à celle-ci. Retrouvons-nous cet esprit

également dans la certification ? Ou pouvons- nous déceler tout de même certains points communs entre les deux approches ?

La première étape de la certification qui analyse la toxicité des matériaux sur l'environnement à travers six catégories (toxicité pour les poissons, algues, daphnies, persistance, bioaccumulation et impact climatique) correspond plutôt à une démarche de type éco-efficace puisqu'elle cherche à mesurer les impacts négatifs sur l'environnement. Nous avons plutôt à faire à une approche de minimisation puisque les substances seront choisies dans la catégorie «verte », c'est-à-dire celles qui ont le moins d'impacts sur l'environnement.

A l'inverse, nous ne trouvons nulle part dans les étapes de la certification une analyse de l'aspect bénéfique que des matériaux ou des nutriments peuvent apporter à l'environnement et c'est pourtant l'un des messages forts de l'approche éco-bénéfique. Aucun critère correspondant à une mesure de la valeur nutritionnelle des nutriments biologiques n'est présent. Le fait qu'un nutriment soit riche en éléments importants pour les écosystèmes n'aidera pas un produit à passer d'une catégorie de couleur à une autre.

Evidemment il faut reconnaître qu'une telle mesure pourrait difficilement être uniformisée puisque comme soulevé au point 4.2.1.7 le bénéfice des nutriments pour les écosystèmes dépend du type et de la quantité de nutriments ainsi que de l'écosystème. Des informations dont MBDC peut difficilement avoir connaissance puisqu'elles résultent de ce que fera le client du produit labellisé C2C en fin de vie.

4.2.2.3. La certification signifie-t-elle que le produit sera toujours recyclé en fin de vie ?

Un produit ou un matériau a beau être entièrement recyclable dans un cycle technique si celui-ci n'est pas récupéré à la fin de sa vie utile, il ne pourra jamais être recyclé.

Tel que mentionné par M. Gelichter (Gelichter, 2011) Project Manager chez le fabricant belge Imperbel, qui a mené de bout en bout la certification C2C pour le produit de revêtement de toiture Derbipure, EPEA n'a vérifié à aucun moment du programme de certification si une chaîne de retour avait été pensée et organisée par Imperbel et s'il était opérationnel pour le recyclage des anciennes membranes. Seule la recyclabilité théorique était déterminante pour la certification. La société Imperbel est pourtant coutumière des programmes de récupération de déchets, puisque la société a déjà monté un programme de collecte de déchets bitumineux afin de les réutiliser comme matière première dans les revêtements bitumineux qu'elle fabrique (Derbigum, 2011). Ce programme consiste à offrir des

ristournes sur le prix de mise en décharge aux couvreurs quand ils rapportent leurs déchets de toiture triés chez un Eco Partner d'Imperbel.

En ce qui concerne les matériaux de construction, des phases de récupération et de recyclage sont parfaitement envisageables lorsque le matériau sort de la fabrication et qu'il se trouve à son état pur d'origine mais le problème se pose lors de la phase d'emploi du matériau, c'est-à-dire lorsqu'il est intégré dans un bâtiment. En effet, le mélange avec d'autres matériaux (peinture, ciment, mortier, ...) et les difficultés de séparation rendent la faisabilité technique pour la récupération du matériau en fin de vie parfois impossible (OVAM, 2011 p.45).

Le label C2C ne constitue donc pas un gage qu'un matériau ou un produit soit nécessairement récupérable en fin de vie. L'existence d'une infrastructure de récupération doit d'ailleurs seulement être prouvée au niveau Gold du label mais, sans contrôle régulier du fonctionnement de cette chaîne de récupération, MBDC ne peut pas être certaine qu'il a vraiment lieu et que les clients y participent.

Les notions de nutriments biologiques ou techniques peuvent être complètement bouleversées en fonction du type d'usage qui sera fait du produit. Un exemple très parlant est l'additif Hycrete pour ciment waterproof. Il est 100% biodégradable pris isolément mais une fois ajouté à la solution de ciment, il est absolument impossible de le récupérer (Atlee, 2007). Et dans ce cas, cet additif ne peut plus vraiment être considéré comme faisant partie de la catégorie « nutriment biologique ».

4.2.2.4. La certification prend-elle en compte toutes les phases du cycle de vie des produits certifiés?

Cette question sera analysée dans le point 4.2.3 au moyen d'une comparaison de la certification avec l'analyse du cycle de vie.

4.2.2.5. Aspect énergie de la certification : énergie renouvelable

Le mix énergétique n'est pas du tout tenu en compte aux deux premiers niveaux du certificat. Ce qui veut dire que le fabricant, même en se fournissant avec l'énergie la plus sale et de la manière la moins efficace qui soit, pourrait quand même obtenir le label Basic ou Silver et aurait la possibilité d'utiliser le logo C2C dans sa communication vers les consommateurs.

Aux deux niveaux suivant de certification (Gold et Platinum), dès qu'un certain seuil exigé d'utilisation d'énergie renouvelable est atteint, la quantité totale d'énergie consommée est considérée comme non pertinente. Pourtant, et nous avons déjà fait part de ce problème plutôt dans le présent mémoire, les processus de recyclage forcément impliqués dans une philosophie de modèle circulaire peuvent occasionner des besoins significatifs en énergie supplémentaire.

A contrario, la phase de recyclage peut également donner lieu à des gains en énergie, par exemple si l'option de recyclage choisie est celle de la récupération de l'énergie chimique d'une certaine substance (via par exemple digestion anaérobie de PLA) et de sa réinjection dans le cycle de vie du produit recyclé. Toutefois comme la certification n'inclut aucunement la consommation d'énergie due au recyclage dans l'analyse du bilan énergétique (puisque seule la phase de production est analysée), elle soustrait aux options possibles les solutions de fermeture de boucle de type « matière transformée en énergie ». Et ceci alors même qu'elle autorise l'utilisation de la biomasse pour satisfaire à l'exigence d'alimentation en énergie renouvelable des processus de fabrication.

Comme ni les gains ni les pertes en énergie liés aux différentes étapes de vie d'un produit (extraction, production, emploi, transport et recyclage) ne sont pris en considération, la performance énergétique des produits labellisés C2C ne peut être communiquée. En d'autres termes, personne ne sait pas si ces produits seront moins énergivores à travers les différentes étapes de leurs cycles de vie depuis leur berceau jusqu'au berceau.

Le seul élément connu aux niveaux Gold et Platinum est qu'une partie de l'énergie utilisée est renouvelable, mais est-ce que cela prouve vraiment que le produit est plus performant qu'un autre produit équivalent en matière de consommation d'énergie? Ce n'est pas certain puisque même un produit qui aura été fourni en énergie renouvelable pour sa fabrication pourra très bien être plus énergivore le long de tout son cycle de vie. Dans le pire des scénarios, il serait parfaitement imaginable qu'après addition des consommations d'énergie nécessaires aux phases d'extraction des matières, de production des matières intermédiaires, d'assemblage/fabrication, d'utilisation des produits, de récupération et recyclage en fin de vie et des tous les postes de transports entre ces différentes phases, même avec une source d'énergie entièrement renouvelable (comme exigé pour les phases de fabrication et d'assemblage pour le niveau Platinum), le résultat obtenu soit une consommation totale plus élevée que pour le produit homologue non certifié C2C.

Certes dans une société Cradle to Cradle idéale pourvue d'énergie renouvelable à 100%, la question de la consommation d'énergie est moins importante. Cependant, comme vu au point 4.2.1.1, l'énergie

renouvelable produite par les technologies actuelles n'est pas encore suffisante. Il faut donc se préoccuper dès la conception d'un produit, de la quantité d'énergie qu'il va consommer au cours de son utilisation et de l'indépendance vis-à-vis des énergies fossiles.

D'autre part, en ce qui concerne la fourniture en énergie renouvelable des processus de production et d'assemblage exigée pour les niveaux supérieurs de certification C2C, la possibilité est offerte pour les candidats au label de se fournir en énergie renouvelable en achetant des certificats d'électricité verte. Le problème est que cette offre d'énergie renouvelable externe est encore limitée aujourd'hui. Le nombre de certificats verts disponibles est limité. Des problèmes d'ordre économiques pourraient alors apparaître du fait de cette "non correspondance" entre l'offre et la demande de certificats verts. Hauschild et Bjorn évoquent le cas du Danemark où la demande pour les certificats verts était telle que c'est le prix des certificats verts qui a augmenté et pas la puissance installée pouvant fournir de l'énergie renouvelable (Hauschild et al., 2011 p.602).

Pour terminer, McDonough et Braungart déclarent eux-mêmes (cf. point 1.3.2) que les énergies renouvelables doivent être exploitées de manière à ne pas mettre en péril le capital énergétique des générations futures. Il faut donc admettre qu'une gestion rationnelle de l'énergie (approche éco-efficace) est inévitable.

4.2.2.6. La certification C2C va-t-elle de pair avec une éducation des différents intervenants dans la chaîne Cradle to Cradle?

Nous avons observé que le label C2C ne signifiait pas forcément qu'un produit était non toxique (point 4.2.2.1) et 100% recyclable (point 4.2.2.3), deux idées qui sont pourtant phares dans la philosophie Cradle to Cradle. Ces deux exigences peuvent être difficiles à satisfaire du fait du maniement du produit pendant sa phase d'emploi (par exemple l'ajout d'additifs ou le mélange avec d'autres matériaux).

MBDC ayant avoué ne pas vérifier comment les produits sont installés ou employés (voir point 4.2.2.1), il est raisonnable de se demander si l'institut fait en sorte d'informer les différents utilisateurs des produits de ce qu'ils ne doivent pas faire pour éviter que le produit ne soit plus recyclable en fin de vie (comme, par exemple, ne pas mélanger le Formawall avec le Kynar). Nous n'avons trouvé aucune communication de ce genre sur les sites de MBDC, d'EPEA. Les fiches produit pour chacun des produits certifiés pourraient contenir ce genre de recommandation d'utilisation mais ce n'est pas le cas.

En ce qui concerne la chaîne de récupération à mettre en place pour obtenir une boucle Cradle to Cradle ou pour la vente de produits service, il n'y a guère d'indications dans les publications de McDonough et Braungart ou sur les différents sites web des instituts qu'ils ont créés. Aucun vade-mecum n'a été rendu public par les fondateurs de MBDC. Ces informations sont fournies par EPEA uniquement au cours de son travail de consultance. De la même façon, il est regrettable que ce genre d'information ne soit pas communiqué sur chaque fiche produit afin que les acquéreurs d'un produit C2C sachent ce qu'ils doivent faire en fin de vie de leur produit. Ceci serait certainement indispensable quand le produit est certifié Gold ou Platinum puisque ces deux logos impliquent qu'il existe une infrastructure de recyclage pour le produit certifié.

4.2.2.7. La certification correspond-elle bien aux hautes ambitions de la philosophie Cradle to Cradle

A la lumière des points précédents nous nous demandons si les niveaux Basic et Silver de la certification sont vraiment C2C et s'il ne faut pas remettre en question leur concordance avec les idéaux de la philosophie Cradle to Cradle:

- **Toxicité des produits**

Comme relevé plus tôt, aux premiers niveaux de la certification un fabricant ne doit pas encore se débarrasser des substances de la catégorie rouge. L'architecte Loyd Alter a récemment publié un article où il décrit un cas polémique de certification, celui du produit Propink⁸ (certifié Silver) fabriqué par la société Owen Corning (Alter, 2011). C'est un système d'isolation de murs à base de fibre de verre certifié Silver. Alter ne comprend pas qu'un produit à base de fibre de verre soit associé à la philosophie Cradle to Cradle. La fibre de verre est selon lui « l'amiante du vingt et unième siècle » (Alter, 2011).

La fiche produit publiée sur le site internet même du fabricant mentionne que le Propink contient de 0 à 5 % de pétrole distillé (Owens Corning, 2011). L'Agence Internationale pour la Recherche sur le Cancer (IARC) a classé les fibres de verre comme possiblement cancérigènes pour les êtres humains (EPA, 2009).

Alter mentionne aussi le cas du Styrofoam du fabricant Dow, un produit d'isolation pour le bâtiment à

⁸ Fiche produit disponible sur le site suivant : <http://c2c.mbdc.com/c2c/itemDetails.php?item=261>

base de mousse de polystyrène. C'est un matériau qui contient des agents ignifuges bromés (HBCD), des substances organiques considérées par l'EPA comme polluants persistants, bioaccumulatifs et toxiques (EPEA, 2010).

- **Récupération/Réutilisation**

Il faut attendre d'arriver au niveau gold pour se voir exiger la rédaction d'un plan de récupération des produits. Qui plus est, il n'y a aucune obligation de contenu recyclé dans le produit fini pour le niveau basic. Pour le niveau Silver, cette exigence se monte seulement à 50%. Une boucle fermée de matière est difficile à réaliser dans ces conditions.

La mousse polystyrène Styrofoam est un cas illustratif d'un produit qui, avec les techniques actuelles, n'a aucune chance d'être récupéré en fin de vie parce qu'il se lie chimiquement avec les matériaux de construction (par exemple un mur de briques) sur lequel il est répandu (OVAM, 2011, p.45). Le problème est identique pour le Formawall. A moins de trouver une technique pour le séparer du Kynar, ce qui paraît impossible à l'heure actuelle d'après Atlee et al., le Formawall ne pourra probablement jamais aller au delà du niveau Silver car il n'est pas recyclable (Atlee et al., 2007). Pourtant il pourra garder le logo C2C tant qu'il renouvellera son contrat avec MBDC. Pendant tout ce temps là, les clients continueront de penser que le Formawall est entièrement recyclé en fin de vie

En ce qui concerne l'aspect *upcycling*, vitrine de marque de la philosophie Cradle to Cradle, Atlee et al. regrettent l'absence totale de directives ayant trait à la qualité de la nouvelle application de la matière (Atlee et al., 2007).

En conclusion à tous les niveaux du label, le programme C2C ne contrôle pas si le réseau mis en place pour le retour des produits en fin de vie fonctionne vraiment, il ne donne aucune indication sur la manière d'organiser logistiquement ce réacheminement et ne vérifie pas si le procédé de recyclage pourrait d'une quelconque manière contaminer le produit.

- **Energie renouvelable**

Aucun taux d'alimentation en énergie renouvelable n'est exigé avant le niveau Gold. Les clients achetant des produits au label Basic ou Silver en pensant qu'ils ont été fabriqués avec de l'énergie verte seront dans le faux.

- **Directives en matière d'eau**

Aucune politique spécifique en matière de gestion de l'eau n'est exigée aux trois premiers niveaux du label et les impacts de la fabrication des produits sur l'eau ne sont pris en compte qu'à partir du niveau Gold.

- **Responsabilité sociale :**

Aucune politique spécifique en matière de responsabilité sociale n'est exigée avant le niveau Gold

Alex Wilson qualifie cet écart entre la philosophie et les deux premiers niveaux de certification comme trompeur: « les labels Basic et Silver créent la fausse illusion que les produits ont été manufacturés en utilisant uniquement des énergies vertes et qu'ils sont absolument inoffensifs pour les écosystèmes » (Wilson, 2010). Il considère, qu'à ces niveaux là, le label ne fournit en réalité qu'une simple indication que le fabricant a transmis à EPEA toutes les informations concernant la composition de son produit et qu'il est en train de collaborer avec EPEA pour rendre celui-ci complètement inoffensif (Wilson, 2010).

Wilson considère que seuls les niveaux Gold et Platinum constituent de véritables certifications puisque les filtres d'analyses exploités sont suffisamment exigeants et fidèles à l'image de marque de C2C (Wilson, 2010). Tom Lent, Policy Director du Healthy Building Network va dans le même sens quand il dit qu'avant le niveau Platinum la certification C2C concerne plutôt des améliorations dans les processus du fabricant que des véritables concrétisations au niveau du produit (Atlee et al., 2007).

Un label comme Nature Plus, ne possédant qu'un seul niveau de certification, est bien plus exigeant et transparent dès le départ puisqu'il exige que (Nature Plus 2011) :

- Le contenu renouvelable soit d'au moins 85% de la composition du matériau de construction
- La matière première soit présente en quantité suffisante sur la planète et donc non épuisable à court terme
- Les substances toxiques pour les écosystèmes et la santé humaine soient complètement exclues du matériau

L'avantage évident d'une structure de certification à quatre niveaux, même si elle ne reflète pas les ambitions de la philosophie Cradle to Cradle, c'est qu'elle crée un seuil d'exigences très bas qui permet à plus d'entreprises d'être candidates à la certification. Un effet engageant pour les entreprises qui peut permettre d'augmenter les impacts potentiels sur le marché (OVAM, p.21).

Cette hiérarchie à quatre niveaux accompagnée d'une révision annuelle de la certification a aussi l'avantage de motiver les fabricants à évoluer vers le niveau supérieur. Cependant, du point de vue du consommateur, les premiers niveaux de certification pourraient être considérés comme du greenwashing. En effet, apposer le logo C2C sur un produit revient à faire croire aux consommateurs que le dit produit respecte vraiment les principes fondateurs de la philosophie Cradle to Cradle

4.2.2.8. Le niveau Platinum de la certification est-il atteignable?

Le niveau Platinum serait le niveau de certification qui s'approcherait le plus de l'idéal Cradle to Cradle avec un produit fabriqué avec 100% d'énergie renouvelable, aucune substance classée « rouge », 100% de recyclabilité et une infrastructure de récupération existante et opérationnelle. Cependant il est légitime de se demander si ce niveau est atteignable. Au jour d'aujourd'hui aucune société dans le monde n'a encore obtenu ce plus haut niveau de certification.

McDonough lui-même admet que ce sera un parcours très difficile. En 2007 Braungart de son côté pronostiquait qu'il faudrait encore quatre années avant que cela puisse se réaliser (Atlee, 2007). Nous sommes en 2011 et il n'y a toujours pas d'écho d'une quelconque entreprise qui soit proche de cet objectif. Le fabricant de dalles et tapis Desso et son CEO Steph Kranendijk ont évoqué vouloir atteindre le niveau Platinum d'ici 2020 (Bati'life 2010b). En tout cas, ce sera un produit de complexité faible comme c'est le cas des tapis de Desso selon Atlee (Atlee et al., 2007).

Gabe Wing, ingénieur chimiste chez Herman Miller, fabricant de chaises certifiées C2C pense que ce seront les critères de la première partie de la certification relatifs aux substances qui pourront être atteint mais souligne que pour la partie énergie renouvelable, les coûts engendrés peuvent être un réel obstacle (Atlee et al., 2007). En effet, il a procédé à un calcul pour vérifier ce que coûterait la conversion de l'ensemble de la chaîne de fabrication à l'énergie renouvelable (au niveau Platinum, les fabricants doivent non seulement être alimentés entièrement en énergie renouvelable durant la fabrication et l'assemblage du produit fini mais aussi lors de la fabrication de chacun de ses composants) et ses résultats étaient surprenants (y compris pour l'organisme de certification MBDC) par le niveau des coûts engendrés.

4.2.2.9. La partie responsabilité sociale de la certification va-t-elle assez loin ?

La partie des critères liés à l'équité au travail se borne à exiger l'obtention d'une certification à des normes de responsabilité sociale telle que le SA 8000 (SAI, 2008) ou la WRAP (WRAP, 2011). Normes qui reprennent un certain nombre d'exigences comme les interdictions du travail d'enfant et du travail

forcé, la non discrimination, le droit à un environnement de travail sain et sans danger, l'interdiction de harcèlement moral, le droit de formation d'un syndicat... des principes qui font partie intégrante de la plupart des législations du travail occidentales. Le Cradle to Cradle nous propose de repenser complètement les entreprises du point de vue de la production mais ne fait aucun appel à la réforme au niveau de l'organisation du travail dans ces mêmes entreprises.

Pourtant des maladies comme le stress, en partie dues à l'organisation du travail dans les entreprises, auraient pu faire l'objet d'une évaluation et de la création d'un critère spécifique dans la certification. La corrélation entre le stress au travail et les impacts sur la santé des travailleurs a déjà été prouvée depuis longtemps, notamment dans les modèles de Karasek (Karasek, 1979 pp.285-308).

Dans les deux types d'alignement aux normes proposés, il n'y a, par exemple, aucune évaluation indépendante de la satisfaction des employés dans l'entreprise. Aucun type de solution n'est proposé pour combattre le stress au travail et pour faire en sorte que les travailleurs se sentent mieux.

Il nous semble pourtant que les entreprises s'engageant dans une voie Cradle to Cradle en pensant au développement des solutions rentables pour leurs activités (comme la récupération de matière, la relation rafferme avec les clients grâce aux produits services, ...) pourraient s'aménager également des solutions rentables en améliorant l'épanouissement de leurs propres collaborateurs. Il suffit de penser au problème de l'absentéisme au travail. En 2008, les coûts de l'absentéisme pour les entreprises belges calculés sur base de l'indice européen des arrêtes de travail (ESLI) ont été estimés à 5.2 milliards d'euros (Trends, 2010). Une autre étude réalisée en Belgique en 1998 sur un total de 20 463 travailleurs avait pointé du doigt l'existence d'un lien fort entre d'un coté, une tension élevée et un soutien social faible au travail et de l'autre coté, l'absentéisme (Moreau, 2004 pp.507-516).

Dans la partie responsabilité sociale de la certification aucun message de réforme de la pyramide salariale des entreprises n'est perceptible. De nombreuses sociétés sont réputées pour les énormes salaires versés à leur patron en comparaison aux échelons à la base de l'entreprise. Le WRAP et le SA 8000 ne contiennent aucun critère de redistribution équitable des salaires dans l'entreprise. Une solution de modèle participatif financier dans l'entreprise aurait par exemple pu être avancée. Une règle limitant le seuil multiplicateur entre le plus haut salaire et le plus petit salaire de l'entreprise à vingt pourrait également être une idée qui va dans le sens de la promotion de l'équité au travail.

Ce genre de critères existe dans d'autres types de certification puisque le label FSC intègre le bien-être économique et social à long terme des travailleurs forestiers dans ses principes (FSC, 2011). Pour être

labellisé, un exploitant de bois doit pouvoir démontrer une utilisation équitable des bénéfices dérivés de l'utilisation de la forêt.

S'il faut « repenser » la manière de produire des entreprises pourquoi ne pas « révolutionner » la structure et l'organisation même des entreprises ?

4.2.2.10. Manque d'indépendance et de transparence du programme de certification

Une des critiques les plus fréquentes dans la littérature vis-à-vis de la certification Cradle to Cradle est le fait qu'elle ne soit pas réalisée par un organisme indépendant. En effet, EPEA et MBDC sont des sociétés qui ont toutes les deux été fondées par McDonough et Braungart. Il n'existe aucune tierce partie indépendante qui serait chargée de contrôler le bon déroulement du programme de certification.

Selon Atlee et al. cette situation provoque une certaine méfiance dans le milieu des industriels et des scientifiques étant donné le lien financier qui unit l'organisme qui accorde la certification et la société propriétaire du label (Atlee et al., 2011). Le *core business* de MBDC devrait rester selon eux la consultance auprès de fabricants et pas la vente de label C2C.

Gabe Wing, ingénieur chimiste chez le fabricant de chaises Herman Miller, qui a collaboré avec MBDC dans le cadre de certification de la chaise Mira, confirme que ce manque de validation indépendante et transparente est la plus grande faiblesse du programme de certification (Rossi, 2006 p.17). Il raconte qu'aucun contrôle indépendant n'a été effectué pour la vérification des quinze minutes de temps nécessaire pour le démontage complet de la chaise et pour les 47% de substances vertes dans le poids du produit, deux caractéristiques du produit dont se targuait Herman Miller.

Par ailleurs, Atlee et al. considèrent que le manque d'acteurs experts sur le marché pouvant conseiller pendant la démarche de certification est un obstacle à la poursuite du développement du Cradle to Cradle au sein des industries (Atlee et al., 2007). En effet, l'absence totale de concurrence empêche au marché C2C de s'agrandir. Le fait que le nombre de consultants pouvant être contractés soit limité, restreint naturellement le nombre de projets de certification C2C et maintient les prix et les tarifs des consultants à un niveau élevé.

Le deuxième grand reproche que la communauté scientifique et industrielle émet à l'égard du programme de certification est son manque de transparence. Wing pendant toute la durée de la certification de la chaise Mira n'a « jamais pu saisir comment les substances étaient classées en différentes couleurs »

(Rossi, 2006, p.17).

En outre, les informations sur les ingrédients contenus dans les produits sont la plupart du temps confidentielles et protégées par des accords de non divulgation. Wing explique que ce sont ces accords et la confidentialité des ingrédients qui empêchent de confier à une société tierce indépendante le contrôle de la certification faite par MBDC (Rossi, 2006, p.17).

De manière générale, en dehors de ce que les fabricants communiquent eux-mêmes publiquement, personne n'a accès aux informations quant aux substances contenues dans les produits certifiés. MBDC a bien créé une base de données disponible sur le web⁹ dans laquelle les fournisseurs sont invités à encoder tous les ingrédients contenus dans leurs matériaux mais seul MBDC possède un accès à ces listes. Lorsque le grand public découvre la présence de HBDC dans le Styrofoam, de fibre de verre pour Propink, de l'APFO contenu dans le Kynar utilisé pour peindre le Formawall, il est peut-être en droit de se demander quelles autres substances toxiques se dissimulent dans les autres produits C2C ? L'indépendance du programme est alors naturellement mise en doute et l'image du logo C2C ne gagne pas en crédibilité.

Le manque de transparence est également dû à l'absence de standardisation universelle de la méthodologie. Le programme de certification C2C ne suit que le canevas que lui ont assigné les propres auteurs du concept et ne met en œuvre aucun standard reconnu globalement. Un standard qui aurait pu être débattu, confronté, avalisé par la communauté internationale comme c'est le cas pour les normes ISO.

La norme ISO 14040, par exemple, régit de manière claire la conduite d'analyses du cycle de vie. Grâce à ces normes universelles, tout un chacun entreprenant une analyse du cycle de vie saura clairement quelles étapes il doit suivre pour que son étude soit légitime et de quelle manière il doit présenter ses résultats.

Le manque de transparence et d'indépendance de la certification a réellement un impact important sur l'image et le développement du Cradle to Cradle. Le cas de la Hollande est encore une fois très intéressant. Comme mentionné dans le premier chapitre de ce mémoire, la Hollande est en train de se fixer des objectifs de transition Cradle to Cradle très ambitieux dans différentes sphères de la société. De peur de freiner l'engouement général, il a récemment été question de créer une version hollandaise du C2C avec un autre nom (Cox et al., 2009). La ministre hollandaise de l'environnement Jacqueline Cramer a émis cette idée en 2010 durant une conférence sur le développement durable

⁹MBDC, "Cradle top cradle supply chain tool", consultable en ligne, https://sct.mbdc.com/about_the_tool.sct

Néanmoins cette idée n'a pas pris forme, selon Roger Cox et Bert Lejeune, parce que la Hollande n'a pas voulu perdre, en même temps que le nom d'une marque de réputation mondiale, la force motrice d'innovation que le C2C avait insufflé à la population Hollandaise et la forte reconnaissance internationale en termes de développement durable que cette marque pouvait apporter au pays sur la scène mondiale (Cox et al., 2009).

Les récents développements et l'ouverture du Cradle Products Innovation Institute (C2CPII) laissent présager des améliorations substantielles en matière de transparence mais la démarche n'est pas encore très claire à l'heure qu'il est.

4.2.2.11. Le certificat C2C est-il vraiment accessible à tous ?

Nous sommes arrivés à la conclusion dans les points précédents que les auteurs avaient posés des critères peu contraignants pour les premiers niveaux de certification afin d'avoir un seuil d'entrée accessible pour un maximum d'entreprises. La question, à présent, est de savoir si la certification est vraiment possible et faisable pour tout le monde. En effet, avec le recul si nous comptabilisons les plus ou moins quatre cent produits certifiés nous pouvons nous demander si la certification est véritablement accessible pour toutes les entreprises.

L'OVAM ayant enquêté auprès de huit fabricants possédant un produit certifié a relevé que les plus grands obstacles pour la certification à leurs yeux étaient les prix pour obtenir le label ainsi que la longue procédure de certification.

Le coût de la certification peut effectivement constituer une barrière importante pour les produits à complexité élevée (pour rappel le prix augmente en fonction du nombre de composants dans le produit). Les prix et la longueur de la démarche étant fonction du nombre de composants, nous pouvons aisément comprendre pourquoi encore aucun produit électronique n'a été certifié.

Un autre élément s'ajoutant au poids du coût total d'une métamorphose Cradle to Cradle est l'investissement à engager pour l'organisation d'une chaîne de retour des produits ou des matériaux. Cela peut s'avérer être une stratégie coûteuse et intensive en main d'œuvre. Un retour spécifique peut être rentable pour des produits à haute valeur ajoutée (par exemple, les photocopieurs) mais beaucoup moins pour des produits à faible valeur ajoutée (Van Der Moolen, 2008). La valeur du produit peut constituer un facteur limitant pour ce genre de méthode d'organisation des flux.

McDonough et Braungart ne donnent aucune indication dans leurs publications sur la manière d'organiser une chaîne logistique inversée. Une suggestion de solution logistique pour des produits à faible valeur pourrait, par exemple, consister à organiser un retour générique au travers d'un partenariat avec des magasins de grande distribution (comme c'est le cas des retours des piles usagées qui peuvent être rapportées dans toutes sortes de magasins)

Par ailleurs, l'exigence d'exhaustivité quant à la liste de substances à fournir à MBDC (toutes les substances présentes à 100 PPM doivent être déclarées) est certes louable mais c'est une procédure qui peut évidemment s'avérer très lourde. Cela peut avoir pour effet de limiter la réussite de cette étape à deux catégories d'entreprises :

- Les entreprises dont les produits peu sophistiqués contiennent très peu de substances : Bjorn a réalisé une enquête auprès de 14 entreprises certifiées en Hollande (Bjorn, 2011 p.86). 40 % des entreprises disent avoir facilement pu labelliser leur produit car il convenait dès le départ aux exigences du programme de certification. Ces fabricants ont pu obtenir la certification très rapidement après avoir déposé leur dossier de candidature. C'est également le cas d'Imperbel et de son produit certifié Derbipure. M. Gelichtermann (Gelichtermann, 2011) nous a confirmé que toutes les modifications au produit Derbipure avaient été apportées avant même de savoir que le label existait. La certification s'est déroulée de manière très rapide, sans qu'Imperbel ait dû changer quoique ce soit de substantiel à la composition de son produit
- Les grandes entreprises possédant un rapport de force assez élevé avec leurs fournisseurs que pour exiger des informations complètes de leur part au niveau du contenu des composants livrés.

D'autre part, la certification ne s'appliquant pas à des procédés ou des services, le label C2C va privilégier les éléments industriels préfabriqués. Dans le domaine des matériaux de construction, des entrepreneurs travaillant avec des matériaux écologiques tels que la terre crue ou les ballots de paille n'obtiendront jamais le label. Des matériaux qui ont parfois l'avantage d'être disponibles directement sur site et de pouvoir également être recyclés en fin de vie sur leur site d'origine (un gain évident en termes de transport, de consommation d'énergie et d'émission de CO₂).

Ce sont des matériaux qui correspondent pourtant parfaitement à la philosophie Cradle to Cradle. Il est peut-être dommage de s'en priver puisque comme l'observe l'OVAM, les projets de construction qualifiés de Cradle to Cradle manquent d'options en termes de matériaux de construction certifiés C2C (OVAM, 2011 p.62).

4.2.3. Le C2C au sens de l'ACV

Même si McDonough et Braungart critiquent l'approche éco-efficace, nous avons pu démontrer la nécessité de continuer à employer cette approche pour pouvoir choisir de manière avertie les options qui minimisent l'emploi de matières et d'énergie. Pour cette raison, il nous semble pertinent de renverser la perspective et d'examiner le programme de certification en le comparant à l'outil d'excellence de l'approche éco-efficace, l'Analyse du cycle de vie.

Notre objectif en comparant l'ACV et le C2C n'est pas de prouver que l'une est meilleure que l'autre. Il s'agit d'outils non-concurrents qui n'ont pas le même objectif. Toutefois, évaluer le programme de certification C2C sous l'angle de vue des ACV nous permettra peut-être de mettre en lumière certaines limites et faiblesses supplémentaires du label C2C.

Avant d'établir la comparaison, nous procéderons à une brève description du concept des ACV et de sa méthodologie. Nous en énumérerons également ses éventuelles limites car celles-ci pourront avoir une influence sur la lecture des différents cas d'ACV qui serviront d'exemple dans notre travail de comparaison.

4.2.3.1. L'ACV : définition, principes et limites

« L'analyse du cycle de vie évalue l'impact environnemental d'un produit, d'un service ou d'un système en relation à une fonction particulière et ceci en considérant toutes les étapes de son cycle de vie »
(Jolliet. 2005 p.7).

L'ACV est un outil d'analyse qui peut-être utilisé pour:

- Comparer la performance environnementale de différents produits ou systèmes mais aussi différents processus (par exemple comparer des processus de fabrication ou de recyclage d'un même produit);
- Comparer les différentes étapes du cycle de vie d'un même produit ;
- Diagnostiquer les points d'amélioration pour un produit.

Même si l'ACV peut aider au développement de nouveaux produits, elle reste avant tout un outil d'analyse. Ce n'est pas un outil d'écoconception. C'est une différence fondamentale avec l'approche Cradle to Cradle qui fixe un cadre absolu pour la conception pour les produits. L'ACV ne fixe pas les règles pour qu'un produit devienne plus propre, elle analyse et, en fonction de l'interprétation des résultats de l'étude, elle pourra suggérer des pistes d'améliorations pour rendre ce produit plus propre.

En outre, même si une analyse du cycle de vie est souvent nécessaire pour obtenir certains labels (Nature plus, Bream, ...) elle ne constitue pas en elle-même un label ou une marque comme l'est le Cradle to Cradle.

L'analyse du cycle de vie est iso-conforme. Ses principes, exigences et lignes directives sont régis par les normes ISO 14040 et ISO 14044, cette dernière lui a assigné une méthodologie en quatre étapes (ISO, 2006) :

- 1) Définition des objectifs et du champ de l'étude;
- 2) Inventaire des émissions et des extractions;
- 3) Analyse de l'impact environnemental;
- 4) Interprétation.

- **Définition des objectifs et du champ d'étude**

Définir l'objectif de l'étude consiste à indiquer de manière non ambiguë : (Jolliet. 2005 p.18)

- Les raisons qui ont conduit à réaliser l'ACV;
- L'application qui en est envisagée (informer le grand public de la performance environnementale d'un produit, comparer un produit à un autre, ...);
- les personnes auxquelles les résultats de l'analyse sont communiqués (consommateurs, institutions publiques, organismes de labellisation, ...).

La définition du champ d'étude consiste à décrire de manière claire un certain nombre d'éléments (Jolliet. 2005 pp.20-23) :

- La fonction du système : il s'agit de déterminer une unité fonctionnelle pour l'étude qui permettra de relier tous les impacts environnementaux à la fonction exacte du système analysé. Cette unité de référence permettra également de comparer de manière objective différents systèmes ayant la même fonction (par exemple 1m² de mur d'une durée de vie de 50 ans pour comparer différents matériaux de construction). L'unité fonctionnelle permettra de mesurer les flux de référence pour chacun des scénarios choisis en calculant les quantités de produits nécessaires pour remplir la fonction assignée ;
- Le système à étudier et ses limites : il s'agit de délimiter tous les processus nécessaires à la réalisation de la fonction définie depuis la phase d'extraction des matières premières et de l'énergie jusqu'à la phase de traitements des déchets (Cradle to grave). Pour ce faire, il est nécessaire de construire un « flow sheet » (un arbre des processus) sur lequel seront

délimitées des frontières. Si des limites au système n'étaient pas tracées, la chaîne des processus risquerait de devenir infinie : par exemple, pour la fabrication d'une tonne de plâtre, l'étude pourrait aller jusqu'à tenir compte de la chaîne de fabrication de chacune des pièces qui ont servi à fabriquer les machines d'extraction du gypse dans les carrières.

- **Inventaire des émissions et des extractions**

L'inventaire des émissions et des extractions se calcule en multipliant tous les intrants de matière et d'énergie (l'inventaire de production) par des facteurs références d'émissions et d'extractions (qui mesurent la quantité de chaque substance qui sera extraite ou émise par unité d'intrant utilisée) (Jolliet. 2005 pp.41-42). La plupart du temps ces coefficients sont issus de base de données comme EcoInvent (qui compile plus de 2000 processus reliés par des flux de matériaux et d'énergie, pour chacun de ces processus EcoInvent répertorie plus de 400 substances et ressources) (Jolliet. 2005 pp.54-55). Nous obtenons ainsi un inventaire quantitatif de tous les flux d'énergie, de matière et de polluant (toutes les émissions dans l'eau, l'air et le sol) traversant les limites du système défini.

Une ACV permet de tenir en compte des systèmes de fabrication de produits multiples (coproduits). Par exemple une étude ciblée sur un produit « hamburger de poulet » peut être amenée à analyser une exploitation dont sortent simultanément des œufs et de la viande de poulet. Elle doit pouvoir prendre en considération les processus communs aux deux produits. Elle opère pour cela une allocation de l'utilisation des matières premières et des charges environnementales dues aux autres coproduits (la vente d'œufs dans ce cas) qu'elle va soustraire à l'inventaire calculé pour le produit cible (le hamburger) de l'étude (Jolliet. 2005 pp.63-64).

- **Analyse de l'impact environnemental :**

Les données répertoriées dans l'inventaire vont être reliées à des valeurs d'impact sur l'environnement (Jolliet. 2005 pp.73-84). Elles seront classées dans différentes catégories d'impact. Il existe différentes méthodes pour pondérer les émissions et les substances en dommages environnementaux. L'une des méthodes possibles d'analyse d'impact est l'approche catégories intermédiaires et catégories de dommages encadrée par l'Initiative pour le Cycle de Vie (Jolliet. 2005 p.81).

Cette méthode commence par grouper les résultats de l'inventaire dans des catégories intermédiaires de substances et émissions ayant des effets similaires (par exemple la catégorie « changement climatique » pour tous les gaz à effet de serre). Pour ce faire il faut pondérer les émissions et

extractions en les multipliant par un facteur de caractérisation intermédiaire qui représente l'importance relative de ces émissions et extractions en une mesure équivalente d'une substance de référence. Tous les gaz à effet de serre comme le protoxyde d'azote ou le méthane peuvent être par exemple exprimés en émission équivalente de CO₂.

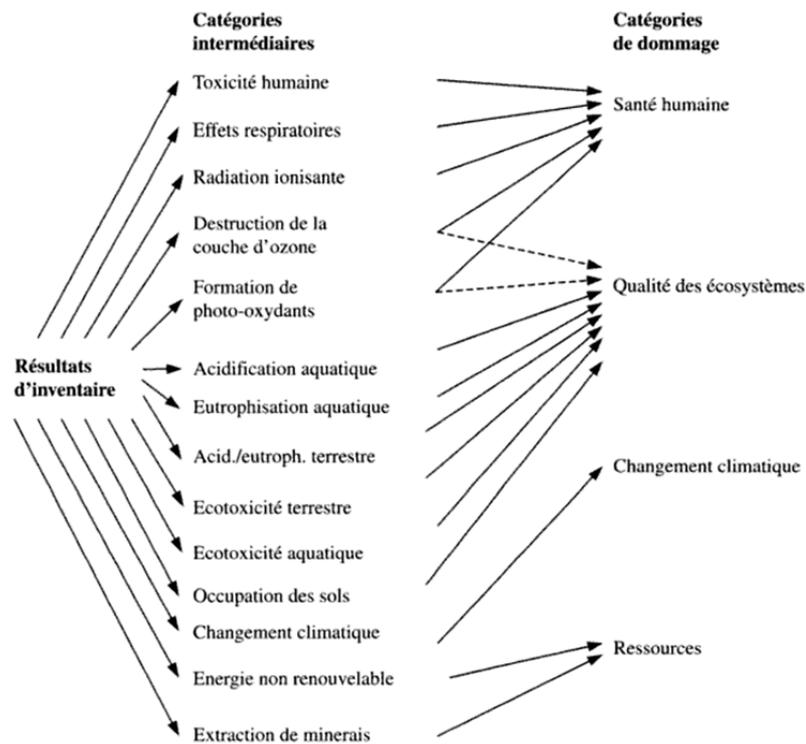
Ensuite elle affecte ces catégories intermédiaires à une ou plusieurs catégories de dommages comme la qualité des écosystèmes ou la santé humaine. Là aussi elle se sert d'un coefficient, un facteur de caractérisation de dommages, auquel elle multiplie les scores d'impacts intermédiaires obtenus à l'étape précédente.

Tableau 7: calcul des scores de dommages pour les substances de référence (Jolliet, 2005 p. 103)

Catégorie intermédiaire	Facteur de dommages	Unité de dommages	Catégorie de dommages
Toxicité humaine (cancérogène)	1,45E-06	[DALY/kg chlorure de vinyle]	Santé humaine
Toxicité humaine (non cancérogène)	1,45E-06	[DALY/kg chlorure de vinyle]	
Formation de photo-oxydants	2,13E-06	[DALY/kg éthylène]	
Effets respiratoires	7,00E-04	[DALY/kg PM _{2,5}]	
Destruction de la couche d'ozone	1,05E-03	[DALY/kg CFC-11]	
Radiations ionisantes	2,10E-10	[DALY/Bq Carbone-14]	
Ecotoxicité aquatique	5,02E-05	[PDF.m ² .an/kg triéthylène glycol]	Qualité des écosystèmes
Ecotoxicité terrestre	7,91E-03	[PDF.m ² .an/kg triéthylène glycol]	
Acidification/Eutrophisation terrestre	1,04	[PDF.m ² .an/kg SO ₂]	
Occupation des sols	1,09	[PDF.m ² .an/m ² terre arable organique]	
Changement climatique	1	[kg CO ₂ /kg CO ₂]	Changement climatique
Extraction de minerais	5,10E-02	[MJ/kg Fe]	Ressources
Energie non renouvelable	4,65E+01	[MJ/kg pétrole brut]	

La méthode IMPACT 2002+ représentée dans la fig.12 se base sur ce type d'approche.

Figure 12: schéma général du cadre d'impact 2002+ (Joliet, 2005 p. 98)



Le fait d'avoir une distinction entre catégories intermédiaires et catégories de dommages permet une lecture plus détaillée et permet de connaître la contribution de chacun des polluants.

- **Interprétation :**

Cette dernière phase de l'ACV consiste à identifier, dans un premier temps, les points sensibles de l'étude pour évaluer la qualité et la fiabilité des résultats obtenus. Cela peut se faire grâce à une série de contrôles (analyse de sensibilité, analyse des incertitudes, ...). Ensuite, dans un deuxième temps, elle va identifier les priorités d'action, c'est-à-dire les étapes du cycle de vie sur lesquelles le chercheur pourrait formuler des propositions pour réduire l'impact environnemental du produit ou système étudié.

L'analyse de cycle de vie a également quelques faiblesses et limites méthodologiques que nous allons évoquer maintenant.

La conduite d'une analyse du cycle de vie revêt une grande part de subjectivité. En effet, elle dépend des

objectifs, limites, hypothèses qui sont fixés par la personne qui mène l'étude. Si ces étapes sont mal définies ou définies de manière subjective cela influence les résultats de l'étude. Le choix de limites du système trop restreintes ou d'une mauvaise unité fonctionnelle peut amener à comparer des pommes et des poires.

Ian Boustead auteur du livre « Handbook of Industrial Energy Analysis » (Boustead, 1979 422p.) et praticien des analyses du cycle de vie précise sur l'importance du choix de fonctions exactement équivalentes lors de la comparaison de systèmes différents :

« Si deux systèmes doivent être comparés, ils doivent exercer la même fonction. Il est inutile de choisir une unité fonctionnelle d'un kilogramme de polypropylène et d'un kilogramme de polyéthylène pour comparer deux systèmes produisant les deux différents polymères et venir ensuite avec un résultat qui dit que le polypropylène est meilleur ou pire que le polyéthylène » (Boustead, 1996)

Nous pouvons évoquer deux cas illustratifs de ces points critiques dans la pratique des ACV :

Le premier cas est une ACV qui comparait un restaurant fast-food et un restaurant conventionnel. Les limites du système choisi pour cette ACV ont été les murs du restaurant. Ce choix a donné lieu à des résultats surprenants en faveur du fast-food : consommation d'énergie et d'eau inférieure de plus de cinq fois, production de cinq fois moins de déchets par tête de client (Jolliet. 2005 pp.34-35). Cela s'explique par le fait qu'en fixant les limites du système aux murs des deux restaurants, l'analyste a omis tous les processus que le fast-food avait externalisés tels que le conditionnement des aliments, le nettoyage de la vaisselle qui étaient réalisés à l'extérieur du restaurant. Autre erreur, l'analyste n'avait pas choisi une bonne unité fonctionnelle pour comparer les deux catégories de restaurants puisqu'en effet la fonction des deux restaurants était différente. Les clients ont tendance à vouloir s'attarder plus longtemps dans un restaurant conventionnel.

Le deuxième cas est une controverse liée au choix d'hypothèses subjectives de la part d'analystes et qui a mené dans les années nonante à ce qui a été désigné comme « la guerre des couches culottes » (Ayrès, 1995, p.200). C'est une bataille en termes de communication de résultats d'analyses de cycle que se sont livrées les fabricants de couches culottes. Au total quatre différentes ACV commandées par des fabricants de couches culottes ont été réalisées pour faire une comparaison de bilan environnemental entre couches culottes jetables et réutilisables (lavables). La controverse est née du fait que les résultats des analyses favorisaient tantôt un camp tantôt l'autre, mettant en évidence que les objectifs de communication définis pour l'ACV pouvaient influencer les résultats des études du fait d'un agenda commercial dissimulé (Crossen, 1994).

Cynthia Crossen met en avant le choix de différentes hypothèses qui ont orienté les recherches et les résultats (Crossen, 1994):

- Le nombre de couches utilisées par jour ou par semaine;
- La taille de la couche réutilisable : dans chacune des mesures différents ont été prises (celle effectuée pour le compte des fabricants de couches jetables comptait une taille plus grande en prévoyant que certains parents plie une partie de la couche pour une meilleure efficacité);
- La durée de vie de la couche réutilisable : l'analyse faite pour le compte des fabricants de couches jetables a fixé le nombre d'utilisation avant de jeter la couche à 90 fois tandis que l'étude des fabricants de couche-culotte réutilisables à 167 fois;
- Les hypothèses de scénario de fin de vie de la couche : incinération, décharge, compostage... l'analyse faite pour le compte des fabricants de couches jetables a donné des crédits pour le compostage à l'époque où, aux Etats-Unis, il y avait encore un nombre de centres de compostage très réduit ;
- Les hypothèses en termes de lavage des couches : comment comptabiliser l'énergie et l'eau utilisée alors que les couches sont lavées avec d'autres vêtements ?
- Comment comptabiliser les pesticides utilisés dans les champs de coton qui seraient utilisés pour la fabrication des couches réutilisables ?

Selon Crossen, l'objectif réel du fabricant qui finance une ACV ne sera pas de faire une évaluation objective de la performance environnementale de son produit mais plutôt de façonner l'ACV pour qu'elle donne une image supérieure de son produit (Crossen 1994). Elle cite, d'ailleurs, Carl Lehrburger qui a mené l'analyse du cycle de vie pour le compte de l'industrie des couches réutilisables et qui confirme qu'une recherche subventionnée par une industrie et menée pour le compte de cette industrie ne pourra jamais être totalement objective. Il y a, selon lui, trop de points de jugement et trop de réunions entre l'industrie et le cabinet qui organise l'étude. Par ailleurs, les analyses dont les résultats ne plaisent pas à l'industrie qui a subventionné l'étude ne seront simplement pas diffusées.

Il faudra donc tenir compte de cette subjectivité lors de la lecture des différents cas d'analyse du cycle de vie qui seront présentés plus en avant dans cette partie du mémoire.

4.2.3.2. Objectifs et méthodologie du Cradle to Cradle

L'ACV et le C2C sont deux approches des problèmes environnementaux de type « multicritères » (par rapport à des analyses telles que le bilan carbone qui n'analyse qu'un seul type d'émission). Les critères

employés en matière de toxicité sont similaires mais MBDC reproche aux ACV leur manque d'utilisation de données d'anticipation quant aux substances étudiées (MBDC, 2011a, p.2). Selon MBDC, les bases de données liant les substances à des facteurs de conversion (facteurs intermédiaires et de dommages) se basent uniquement sur des données de cas où des êtres humains sont tombés malades et où les systèmes ont réagi à des contaminations (MBDC, 2011a, p.2).

D'après MBDC, les ACV ne tiennent en compte ni le principe de précaution ni les effets synergiques de substances mélangées alors que les scientifiques qui effectuent le MBDC Material Assessment Protocol peuvent en tenir compte (MBDC, 2011a, p.2). Malheureusement la « non transparence » du protocole ne nous permet pas de juger du bon fondement de cette prétention.

Le programme de certification C2C contient quelques critères dans des domaines supplémentaires par rapport aux ACV :

- Des critères sociaux tels que la politique d'éthique sociale de l'entreprise;
- Des critères qui traitent du caractère recyclable et démontable des produits.

Il faut insister à nouveau sur une différence fondamentale entre les ACV et la certification C2C. L'ACV est un instrument d'analyse alors que le C2C est un système de certification. L'ACV est une approche dite « *tool-driven* » des problèmes environnementaux, le C2C une approche dite « *goal-driven* » (Rossi et al., 2006 p.2). Le programme de certification C2C se concentre sur l'objectif à atteindre plutôt que sur l'outil lui-même employé. En effet, elle formule d'abord des objectifs clairs et absolus à atteindre en matière de développement durable (conception de produits absolument non toxiques, 100% recyclables et 100% d'énergie verte) et seulement ensuite elle se sert d'outils pour atteindre ces objectifs (la chimie verte, le MBDC Material protocol, ...).

Le label C2C ne peut donc servir d'outil de comparaison de produits pour vérifier lequel est le plus performant ou le « moins mauvais » selon l'expression utilisée par McDonough et Braungart. Il sert à concevoir un produit qui est dès le départ optimal selon les ambitions de l'approche éco-bénéfique.

Le MBDC Material Assessment Protocol n'est pas ISO-conforme comme l'ACV et n'est reconnu par aucune autre norme universelle. Certains points méthodologiques clés ne sont pas rendus publics ce qui oblige à contracter les services de MBDC ou EPEA. En ce qui concerne l'ACV, les informations que nous avons décrites au point précédent quant à méthode pour réaliser une ACV sont publiques et n'importe qui peut réaliser une ACV en suivant les étapes mises au point par les normes ISO 14040 et ISO 14044.

4.2.3.3. L'approche par seuil vs l'approche par quantification

Contrairement aux ACV qui prennent en compte toutes les substances liées aux extractions et aux émissions tout le long du cycle de vie, le MBDC Material Assessment Protocol n'inclut dans sa liste de substances à analyser que celles qui sont présentes en quantité supérieure à 100ppm dans le produit fini et ses composants. C'est un seuil qui est certes très bas mais qui pourrait paraître arbitraire pour des substances telles que le cyanure de potassium, dangereusement toxiques même à des niveaux plus bas que 100ppm.

La méthodologie qui permet de classer une substance en une catégorie de couleur n'est pas claire. MBDC n'a pas publié d'information quant au niveau de seuil (obtenu après agrégation des différents critères utilisés pour analyser chacune des substances) à partir duquel une substance passe d'une catégorie de couleur à une autre. Autrement dit, il se peut que ce taux soit très bas pour qu'une substance soit classée verte.

Le protocole de MBDC ne suivant aucune norme ou méthode scientifique universellement reconnue, il est impossible de savoir si chacun des critères de toxicité a été pondéré (comme c'est le cas avec les ACV et les facteurs de caractérisation intermédiaire ou de dommages) et selon quel coefficient de référence. Une ACV se base sur les éco-indicateurs reconnus dans le monde scientifique. En définitive, il n'est pas certain que MBDC et EPEA se basent sur une méthode qui obtiendrait une validation scientifique si elle était amenée à être contrôlée.

Par ailleurs, l'application d'une méthode de valeurs *cutoff* pour le classement des substances en quatre couleurs provoque une perte d'information. Sans quantification il n'est pas possible de distinguer, dans une certaine catégorie de couleur, le réel niveau de toxicité d'une substance. Nous pourrions imaginer un scénario d'un produit composé de 3 matériaux verts mais dont chacune des substances serait passée de justesse à la catégorie verte et, d'un autre côté, un produit avec deux « verts vifs » (qui aurait manqué de justesse de passer dans la catégorie vert) et un « jaune très pâle ». Un niveau d'information important est perdu. Il aurait pourtant peut-être permis de tirer des conclusions différentes.

Le protocole de MBDC ne quantifie pas non plus les effets bénéfiques des nutriments biologiques dont il vante pourtant les bénéfices pour la nature. L'ACV, quant à elle, quantifie bien tous les effets des nutriments biologiques sur les écosystèmes (critères d'acidification, d'eutrophisation et écotoxicité terrestre ou aquatique, ...).

4.2.3.4. Les différentes étapes de la vie dans le Cradle to Cradle

La labellisation C2C n'élabore à aucun moment un « flow sheet » (arbre de processus) ou un inventaire des émissions et extractions de toutes les étapes de la vie d'un produit. En se concentrant sur la composition et le contenu des produits (leur toxicité, leur recyclabilité), elle néglige un certain nombre de phases importantes dans la vie berceau à berceau d'un produit. Ce sont des étapes qui peuvent pourtant avoir une incidence considérable sur l'environnement, les niveaux de réserves de ressources naturelles et la santé des êtres humains. Examinons une par une les phases du cycle de vie reprises chronologiquement dans la figure qui suit.

Figure 13: les différentes étapes du cycle de vie d'un tapis (Interface Global, 2008)



A chacune des étapes nous tenterons d'ajouter un cas d'ACV réalisée pour un produit C2C ou pour un produit fabriqué selon des principes proches du Cradle to Cradle.

- **La phase d'extraction**

Le Cradle to Cradle considère les matières premières comme précieuses et se concentre sur la construction de flux de matières closes afin qu'elles deviennent indéfiniment renouvelables. Pour la certification le focus est identique et se limite uniquement, au niveau de l'étape d'extraction des matières premières, à une analyse des ingrédients composants le produit fini. La certification C2C n'a pas pour vocation d'analyser les procédés d'extraction ni en termes de dégâts causés à l'environnement (émissions de polluants, dommages au site d'extraction, ..), ni en termes de consommation d'énergie.

Par ailleurs, à la différence d'une ACV qui fait l'inventaire de tous les entrants et sortants à chaque étape, elle ne prend pas en compte les déchets qui sont produits pendant la phase d'extraction :

- des déchets qui pourraient être toxiques et dont la certification ne ferait pas le suivi,
- des déchets qui pourraient servir de nutriments à d'autres processus.

Ceci est en totale contradiction avec le principe du « déchet = ressource ».

L'OVAM relève qu'un produit pourrait recevoir la certification au regard de sa bonne performance en matière de recyclage et de sa faible toxicité mais être à l'origine de dégâts environnementaux graves au niveau de la phase d'extraction des matières premières (OVAM, 2011 p.45).

Cela est encore confirmé par les deux encadrés suivants qui mettent en évidence l'importance des impacts lors de la phase d'extraction de matières premières pour la production de nutriments biologiques.

La mousse d'isolation Biofoam du fabricant Synbra Technology :

certifié Basic

Le Biofoam¹⁰ est fabriqué à partir d'acide polylactique (PLA), une substance d'origine organique extraite du maïs. McDonough explique lui-même sur sa page web personnelle que la certification C2C ne prend pas en compte l'étape d'extraction des matières ou de production des substances utilisées et qu'elle ne peut pas conséquent pas condamner l'utilisation éventuelle de pesticides ou de fertilisants chimiques. Elle ne tient pas compte du fait que la production agricole soit bio ou pas.

Au point 3.4.1.7 nous avons mis en évidence l'importance d'une gestion intégrée des nutriments pour améliorer le potentiel des sols agricoles en tant que puits de carbone. Pour vérifier que le bilan carbone est bien favorable après l'application de cette gestion intégrée, Lal préconise l'usage d'ACV des exploitations agricoles (Lal, 2011 p.S37). En effet, si la quantité de CO₂ séquestrée grâce à une gestion intégrée des sols par l'exploitation agricole est inférieure au CO₂ total émis par l'exploitation pour mettre en œuvre cette pratique, le bilan final de CO₂ sera mauvais.

¹⁰ Fiche produit disponible sur le site de MBDC, <http://c2c.mbdc.com/c2c/itemDetails.php?item=391>

Le cas du PHA

Le PHA (Polyhydroxyalcanoates) est, comme le PLA, un biopolymère obtenu à partir de produits agricoles comme le maïs, la pomme de terre ou la betterave (mais selon un procédé de fermentation différent au PLA). La critique concernant l'utilisation de fertilisants et de pesticides fabriqués avec l'utilisation de produits pétrochimiques s'applique donc aussi au cas du PHA.

Narayan et al. ont comparé les résultats de consommation d'énergie fossile d'une analyse du cycle de vie du PHA (en comptant la production des fertilisants pétrochimiques) et des chiffres de consommation pour la production de plastique à base de substances pétrochimiques (Narayan et al., 2003 p.3). Un besoin en énergie fossile plus important pour le PHA produit à base de maïs se distingue clairement:

Tableau 8: comparaison des bilans énergétique du PHA et des polymères pétrochimiques pour la production de plastique (Narayan et al., 2003 p.3)

	Cradle-to-factory gate fossil energy requirements, in GJ/tonne plastic		
	Process energy	Feedstock energy	Total
PHA grown in corn plants	90	0	90
PHA by bacterial fermentation	81	0	81
HDPE	31	49	80
PET (bottle grade)	38	39	77
PS (general purpose)	39	48	87

Data for PHA from Gerngross and Slater (2000).

Data for petrochemical polymers from APME (1999).

Un autre point relatif au mode d'extraction qui n'est pas couvert par la labellisation est la destruction d'espace naturel. D'autres méthodes d'analyse et labels tiennent compte de cet impact et prévoient parfois même la mise en place d'un système de compensation ou de restauration:

- La méthode d'ACV Impact 2002+ tient compte du critère « occupations des sols » (voir plus haut la figure 9) ;
- La classification NIBE (qui donne des scores à différents matériaux de construction en se basant sur les résultats d'ACV) contient un critère d'occupation des sols, *land use* (OVAM, 2011 p.34) ;

- Pour l'obtention du label NATURE PLUS (également basé sur les résultats d'une ACV) il faut pouvoir prouver que les points d'extraction de matières premières naturelles ont été restaurés. Wienerberger qui a reçu le label, par exemple, s'engage à restaurer les sites d'extraction d'argile après leur utilisation. (Wienerberger, 2011) ;
- Le dixième principe de la certification FSC pour le bois a trait également à la restauration des sites exploités puisqu'il exige qu'un travail de restauration des forêts naturelles soit démontré. (FSC, 2011).

A signaler que les pollutions de types sensorielles (olfactive, sonore et lumineuse) ne sont pas prises en compte par le label C2C. Elles sont pourtant considérées comme ayant un impact avéré sur la santé des êtres humains et des écosystèmes. Certaines ACV prennent en compte ce type de mesure, notamment l'ACV qui est réalisée pour la classification NIBE des matériaux de construction. Celle-ci intègre les nuisances dues aux odeurs, au bruit et même à la lumière (OVAM, 2011, p.33).

- **La phase de production**

Dans l'étape de production, l'analyse effectuée lors du programme de certification portera sur différents points: l'emploi d'énergie renouvelable, l'impact du processus de production et la toxicité de tous les composants du produit. C'est peut-être, d'entre toutes les étapes de la vie d'un produit, la phase qui sera analysée avec le plus d'exhaustivité par le programme de certification C2C.

Néanmoins le cas qui va suivre est intéressant pour illustrer le caractère parfois arbitraire de cette analyse en termes de procédé de production. Le nom du produit ne sera pas révélé par souci de confidentialité.

Ciment X : tentative de certification C2C en 2010

C'est un ciment qui est fait à base des cendres de lignite (LFA)¹¹ provenant de la combustion de lignite par les centrales électriques. Johannes Krens, General Manager de SiS International, qui aidait la société X pour le développement de son produit a pris contact avec EPEA pour faire certifier son produit en 2010 (Johannes Krens, entretien téléphonique personnel, le 7 juillet 2011). En effet, il pensait qu'avec un ciment fabriqué en partie à base d'un déchet recyclé (le LFA) qui aurait autrement été mis en décharge, la société X remplissait toutes les conditions pour obtenir le label. Cependant EPEA Hambourg a refusé catégoriquement d'entamer un processus de certification argumentant que la production donnant lieu au déchet était, selon le terme utilisé par Krens, « sale ».

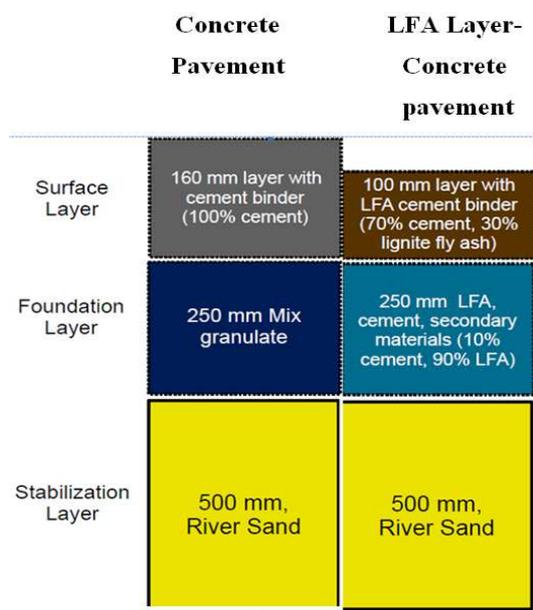
Il y a une certaine incohérence dans le chef de l'organisme de certification car le même argument peut être employé pour un autre produit qui, lui, a bien été certifié, les plaques de plâtres de Gyproc. La matière première pour fabriquer ces plaques, le gypse, constitue le déchet des centrales thermiques qui pourrait également être classé dans la catégorie « sale » puisque ces centrales fonctionnent grâce à la combustion de gaz naturel, de charbon ou de fuel.

Une autre incohérence concernant ce même produit peut être observée car bien que la certification C2C prenne en compte dans ces critères le taux de CO₂ émis (cf. critère « Climatic Relevance »), elle n'a pas considéré l'impact de l'utilisation du LFA sur ce poste. Une ACV a comparé l'application d'un béton conventionnel et de la solution à base de LFA avec, pour unité fonctionnelle, un mètre carré de ciment de revêtement pour un parc de stationnement (Zmerzlaya, 2010).

Sur la fig. 14, nous pouvons voir les différentes proportions d'éléments pour les deux types de ciments comparés.

¹¹ Lignite Fly Ash

Figure 14: composition du ciment traditionnel et du ciment à base de LFA (Zmerzlaya, 2010 p.19)



Les résultats de l'ACV pour le poste CO₂ sont repris dans le Tableau 9: émissions de CO₂ pour la construction d'1m² de deux types de revêtement de parking (Zmerzlaya, 2010 p.23). L'utilisation des cendres de lignite à la place du béton conventionnel permet clairement de diminuer les émissions de CO₂ de 29.2 à 12.2, soit presque 60%.

Tableau 9: émissions de CO₂ pour la construction d'1m² de deux types de revêtement de parking (Zmerzlaya, 2010 p.23)

Calculations per 1m2 (composition of layers)	Normal Concrete Pavement	LFA Layer concrete Pavement
Layer	output, kg CO2	output, kg CO2
Stabilization	8	8
Foundation	1.1	-0.6
Surface layer	20.1	4.8
Total (in KG)	<u>29.2</u>	<u>12.2</u>

Sur toutes les autres catégories d'impact résultant de l'ACV (acidification, eutrophisation, toxicités humaine, aquatique et terrestre, ..) le ciment à base de LFA obtient un meilleur score également. Etait-il pertinent de refuser la certification à un tel

produit, sur base de l'argument du processus à l'origine de la création du déchet ? Était-il pertinent de refuser la certification sans même avoir procédé à l'analyse du contenu du produit fini ?

Même si la phase de production semble être une étape de vie d'un produit qui est analysée avec exhaustivité par MBDC, il existe certaines différences par rapport aux ACV :

- MBDC ne prends pas en compte les coproduits dans son évaluation. Il n'y est fait aucune mention dans la description du programme de certification. Cela veut dire que si la méthode C2C était appliquée à la production de grains de blés, un coproduit tel que la paille, qui résulte de la phase de production, ne serait pas pris en compte et deviendrait un déchet inutile. Ceci est à nouveau en contradiction avec le principe du « déchet = ressource » ;
- Comme pour la phase d'extraction, les pollutions de types sensorielles ne sont pas prises en considération par le label C2C.

• La phase d'emploi

La catégorie de produit n'est pas prise en compte au cours de la certification. Cela conduit le programme à ne pas considérer des informations pertinentes liées aux caractéristiques d'utilisation du produit. Ces caractéristiques peuvent pourtant avoir un impact considérable sur l'aspect qualitatif du produit. Un exemple est fourni dans l'encadré suivant :

L'additif pour ciment hycrete du fabricant Hycrete : certifié Silver

Le Hycrete¹² est un additif qui, mélangé au béton, le rend étanche à l'eau. Le Hycrete est 100% biodégradable pris isolément mais une fois ajouté à une solution de ciment, il ne l'est plus (Atlee et al., 2007). En effet, après la prise du ciment, le Hycrete devient impossible à récupérer. Le Hycrete peut-il alors vraiment être considéré comme faisant partie de la catégorie nutriment biologique, s'il ne peut être isolé en fin de vie?

Les propriétés physiques telles que le confort hygrométrique, acoustique, l'inflammabilité, les caractéristiques thermiques des matériaux de construction ne sont pas prises en compte au cours de la labellisation (ce n'est pas non plus le cas pour les analyses du cycle de vie). Ces propriétés ont pourtant une influence importante sur le profil environnemental des matériaux de construction. C'est

¹² Fiche produit disponible sur le site de MBDC, <http://c2c.mbdc.com/c2c/itemDetails.php?item=42>

le genre de propriétés qui sont couvertes par des certificats basés sur des labels tels que le Label Nature plus (Nature plus, 2011). Ce label peut se permettre d'inclure ce genre de critères dans son programme de certification parce qu'à la différence du label C2C, il s'applique à une seule catégorie de produits, les matériaux de construction et peut donc prendre en compte leurs spécificités.

Un autre point d'omission important est la durée de vie du produit étudié. Celle-ci est normalement prise en compte lors de la définition de l'unité fonctionnelle d'une analyse du cycle de vie. Dans le domaine des matériaux de construction notamment, il s'agit d'un facteur déterminant. A titre d'exemple, une maison construite en briques de terre cuite a une durée de vie pouvant atteindre 100 ans et elle ne nécessite pas de réfection fréquente. Dans ce contexte, il est possible qu'elle ait moins d'incidence sur l'environnement qu'une maison construite avec d'autres matériaux et à durée de vie plus courte.

L'analyse des gains en matière de consommation d'énergie que peut apporter le produit pendant sa durée d'existence est également complètement absente de la certification. De nombreuses ACV réalisées pour des produits d'origines différentes ont montré que c'est la phase d'utilisation des produits qui est la plus énergivore dans la vie d'un produit (Hauschild et al., 2011 p.601). L'exemple type est la voiture.

Savoir qu'un produit est certifié C2C ne permettra pas à un consommateur de savoir si ce produit va lui permettre de réaliser des économies d'énergie. Beaucoup de labels prennent cet aspect en compte :

- L'ECOLABEL européen s'appliquant à 24 catégories différentes de produits ;
- Le label EU pour les appareils électroménagers (qui classe la performance énergétique d'AA+ à G) ;
- Le label ENERGY STAR de l'EPA pour les ordinateurs et appareils graphiques.

Si le même raisonnement était poussé jusqu'au bout, cela pourrait signifier, par exemple dans le cas d'une voiture certifiée C2C, qu'elle ne soit pas l'origine de moins d'émissions de CO₂ pendant qu'elle roule, puisque MBDC n'analyse pas le produit à son étape d'emploi.

- **Le transport des matières et des marchandises :**

La certification n'inclut aucune analyse de l'énergie consommée lors du transport des marchandises. Il serait pourtant intéressant de comparer l'option recyclage dans un système clos et la solution sans recyclage (comme cela peut être fait dans une analyse du cycle de vie). En effet comme le prouve

l'encadré suivant le poste « transport » peut avoir un impact important dans le bilan environnemental final du produit fini.

Papier minéral Terraskin : certifié Silver

Le papier Terraskin¹³ certifié C2C sur le marché américain est fabriqué à partir de poudre minérale de carbonate de calcium extraite de roches de calcaire (mélangée à un peu de HDPE c'est-à-dire de la résine plastique). A la différence du papier traditionnel fabriqué à base de cellulose, matière disponible aux Etats-Unis et partout dans le monde, le papier Terraskin est à l'heure actuelle produit uniquement à Taiwan en Asie (Wong, 2009). Il doit, par conséquent, être transporté sur des longues distances jusqu'aux trois centres de distribution du produit sur le marché américain (Terraskin, 2011). Par ailleurs, le fabricant de Terraskin précise que l'opération de recyclage n'est pour l'instant réalisée qu'en Asie (Terraskin, 2010).

La figure 15 suivante montre les résultats d'une ACV comparative du Terraskin et de quatre types de papier traditionnel à base de cellulose. Le papier Terraskin peut être utilisé aussi bien comme papier graphique (magazines, journaux, ...) que comme papier d'emballage.

L'étude le compare à deux types de papier à base de cellulose dans chacune des deux catégories :

- Deux papiers graphiques : un papier supercalandré (SC) et un papier Light Weight Coated (LWC) c'est-à-dire de faible grammage, moins de 80g/m²;
- Deux papiers d'emballage : un papier kraft blanchi (Bleached) et un papier kraft non blanchi (Unbleached).

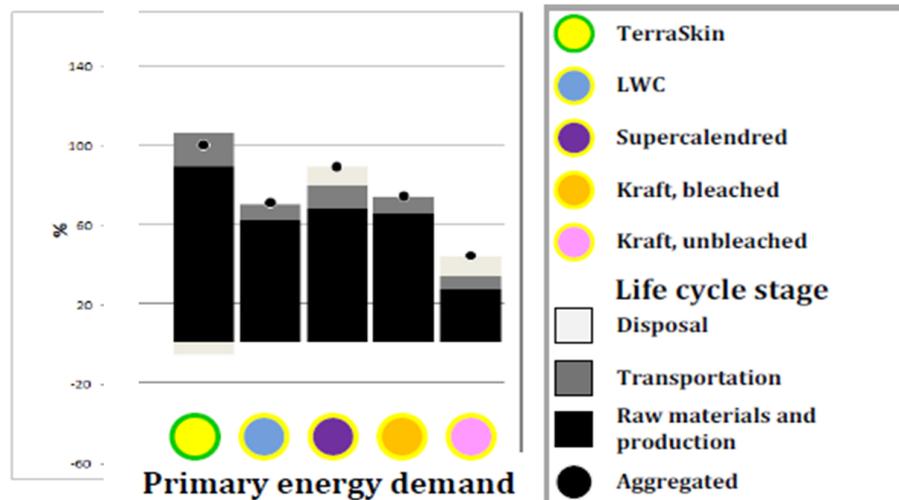
Elle prend comme hypothèse que les caractéristiques en termes de service (élasticité et résistance au déchirement) sont les mêmes pour le Terraskin et le papier ordinaire quand ils ont la même épaisseur. L'étude a donc choisi comme unité fonctionnelle 1m² de papier de 0.1mm d'épaisseur (Bjorn, 2011 pp.142-160).

Les résultats de l'ACV montrent des impacts moindres en termes de toxicité pour le Terraskin mais des impacts bien plus élevés en termes de consommation d'énergie (dus

¹³ Fiche produit disponible sur le site de MBDC, <http://c2c.mbdc.com/c2c/itemDetails.php?item=92>

au transport du Terraskin) comme visible sur la figure qui suit.

Figure 15: poste de consommation d'énergie primaire pour le Terraskin et quatre types de papier à base de cellulose (Bjorn, 2011 p.150)



- **Le recyclage :**

L'existence de « nutriments jumeaux » tels que le PLA (voir point 4.2.1.4) ou le PHA donne lieu à plusieurs options de recyclage en fin de vie. Comme il n'existe aucune mesure ou note globale du bénéfice apporté par un produit dans le programme de certification C2C et qu'on ne distingue dans la théorie du Cradle to Cradle aucun type de hiérarchie de durabilité des options de recyclage, il est difficile de s'orienter vers une option plutôt qu'une autre. Une ACV permettrait de désigner la solution ayant le bilan environnemental global le plus durable si l'étude inclu la phase de recyclage dans ces limites de système.

Un autre point qui limite l'orientation vers un certain choix de scénario de fin de vie est la « non prise en compte » de l'optimisation de la consommation d'énergie au moment du recyclage. En effet, le fait que l'énergie chimique contenue dans les matériaux du produit puisse être réinjectée pour alimenter la phase de recyclage n'est pas mis dans la balance du programme C2C. Des nutriments biologiques pourraient, par exemple, parfaitement produire de l'énergie via une digestion anaérobie (Bjorn, 2011 p.57), énergie qui pourrait servir à alimenter entièrement les procédés de recyclage ou diminuer les besoins en énergies fossiles externes.

L'exemple dans l'encadré suivant met en lumière l'avantage de comparer les différentes solutions de recyclage pour choisir une option dont le bilan environnemental est plus favorable.

Emballages Natureworks du fabricant Cargill Dow:

Il s'agit d'emballages de type blister d'une contenance de 500 ml pour des plats préparés à emporter vendus en supermarché. Une analyse du cycle de vie a comparé trois options de recyclage en fin de vie des emballages du fabricant Natureworks (Detzel et al. 2006 146p.). L'unité fonctionnelle choisie pour l'étude est une quantité de 1000 blisters disponibles pour le consommateur au point de vente.

Les résultats inclus dans le tableau suivant montrent que pour toutes les catégories d'impact, l'option recyclage chimique est celle dont les impacts sur l'environnement sont les plus faibles.

Tableau 10: catégories d'impacts pour un PLA composté ou recyclé chimiquement (Detzel et al., 2006, p.134)

IMPACT CATEGORY	UNIT	PLA composté	PLA recyclé chimiquement
Consommation de ressource fossile	kg pétrole brut	3.47	3.30
Réchauffement global	kg CO2	24.10	15.40
Smog	g éthane	55.16	3.88
Acidification	g SO2	148	87
Eutrophisation terrestre	g PO4	15.50	9.70
Risque cancérogène	mg As	0.92	0.80
Toxicité humaine (PM10)	g PM10	150	90
Eutrophisation aquatique	g PO4	4.84	2.60
Occupation de sol	m²/an	20.80	10.20
Energie renouvelable	kJ	372163	198350
Energie non renouvelable	kJ	326543	307752
Energie totale	kJ	698706	506102

Un autre point qui a déjà été discuté plus haut (point 4.2.2.1), est que la phase de recyclage ne soit pas analysée comme l'est la phase de production en termes d'additifs utilisés ou de procédés de recyclage. Ceci avait été illustré par le risque éventuel d'un blanchiment toxique du papier pour son recyclage même pour un produit certifié C2C.

4.3. Conclusion

Au cours de l'analyse critique que nous venons d'effectuer, nous avons pu identifier une série de limites fondamentales à l'approche de l'éco-bénéficence, qui remettent en cause la faisabilité d'une société qui soit en total accord avec les principes du Cradle to Cradle :

- Des limites liées au progrès technique en matière de développement des énergies renouvelables et de substances vertes;
- Des limites aux niveaux actuels de réserves de ressources naturelles pour s'engager dans une production en masse d'énergie renouvelable et de nutriments biologiques : même si le Cradle to Cradle recycle beaucoup de matières, les procédés de recyclage impliquent de suppléments d'énergie et de matière notamment pour rendre au produit recyclé sa qualité d'origine (après usure, oxydation, ...);
- Des limites à la croissance continue : du fait de ressources naturelles limitées;
- Des limites à la diffusion des nutriments biologiques dans l'environnement : à certaines doses leur impact peut devenir négatif ou peut favoriser certaines espèces;
- Des limites d'arbitrage dans des situations de trade-off découlant des deux premières limites : ces situations font que toute initiative prise pour neutraliser un certain impact dans un domaine peut provoquer l'amplification d'un impact dans un autre domaine. Même la nature, le modèle dont veulent s'inspirer McDonough et Braungart, nous offre un exemple de ce type de situation en excellent dans le domaine du recyclage des nutriments et en étant absolument inefficace en termes de consommation d'énergie;

L'existence de toutes ces limites impliquent que nous ne puissions pas tout à fait nous passer de l'application de l'approche éco-efficace et de ses outils de minimisation des ressources et des impacts. Elles imposent aussi qu'un principe de précaution soit mis en avant sur un certain nombre de messages clés dans la philosophie du Cradle to Cradle, notamment la croissance continue ou la diffusion des nutriments biologiques dans la nature.

L'examen que nous avons fait de la certification C2C a également contribué à mettre en évidence un série de limites à la concrétisation de la philosophie C2C puisque nous avons constaté que:

- Parmi les quatre niveaux de certification existants, seul le niveau Platinum satisfaisait aux principes du Cradle to Cradle, un niveau qui du reste n'a encore jamais été atteint;
- Aux niveaux inférieurs de la certification, les produits étaient susceptibles de contenir des substances toxiques, de ne pas être complètement recyclables et de ne pas être produits entièrement à l'aide d'énergie renouvelable

La comparaison du programme de certification C2C avec un outil éco-efficace, l'Analyse du Cycle de Vie, nous a permis de constater la négligence par la certification d'un certain nombre d'impacts ayant lieu à différentes étapes dans la vie d'un produit : production de déchets toxiques à l'étape de recyclage, production de coproduits à l'étape de production, bilan d'énergie supérieur lors de la phase de recyclage,... Etant donné les problèmes de guidage par le Cradle to Cradle dans des situations de trade-off, il y a un risque important que la conception d'un produit Cradle to Cradle externalise les impacts de ces autres phases du cycle de vie. Ceci nous conforte encore dans l'idée qu'il faut continuer à appliquer l'approche éco-efficace pour certains points critiques tels que la manipulation du produit pendant sa phase d'emploi ou les procédés de recyclage du produit. Poursuivre avec l'emploi d'outils de quantification doit permettre de prendre des décisions averties en matière de conception de produits et de garantir la pérennité des ressources.

Par ailleurs, nous avons également pu noter le manque de transparence de la méthodologie employée pour certifier et l'absence d'un contrôle indépendant des processus de certification. Deux phénomènes qui contribuent d'une certaine manière à décrédibiliser la marque C2C.

Chap 5. Recommandations :

Dans ce chapitre nous allons essayer de formuler des recommandations au regard des critiques et faiblesses de l'approche Cradle to Cradle analysées dans le chapitre précédent.

5.1. Vers un nouveau système de certification

McDonough et Braungart disent être en train de travailler à une réforme de leur programme de certification. Aucun détail n'a encore filtré sur ce que pourrait être cette version 2.0 de la labellisation C2C mais nous allons tenter de formuler des suggestions pour une amélioration de cette certification.

5.1.1. Intégrer les phases du cycle de vie dans l'analyse

Dans le chapitre précédent, nous avons mis en évidence un certain nombre d'insuffisances de l'éco-bénéficine qui impliquaient qu'une rupture totale avec les méthodes éco-efficaces de minimisation et de rationalisation ne soit pas possible.

Notre proposition consisterait donc à introduire parmi les étapes de la certification une perspective éco-efficace avec l'application d'une ACV qui :

- serait basée sur une méthodologie unique et bien définie;
- appliquerait des valeurs limites d'émission et de consommation. Des valeurs qui seraient définies par catégorie cible de produits.

La distinction entre différentes catégories de produits apporte une certaine flexibilité. En effet, lorsqu'il est admis qu'un impact donné ou une certaine étape domine dans le bilan environnemental de la catégorie du produit (par exemple la phase d'emploi pour les appareils électroménagers), il est possible de concentrer l'analyse sur cet impact ou cette étape et de lui appliquer des valeurs limites plus basses (par exemple de un kilowattheure pour une machine à laver).

L'ACV, avec l'application de valeurs limites définies pour les émissions et la consommation de ressources, consistera en une étape supplémentaire de la certification. Elle permettra de vérifier si tous les impacts du produit sur son cycle de vie ont bien été minimisés et sera déterminante pour obtenir le label.

Cet ACV devra évidemment respecter les règles d'objectivité que nous avons définies au point 4.2.3.1

telles que les choix d'unité fonctionnelle et de limites du système. Un choix pertinent d'unité fonctionnelle prendrait en compte la durée de vie du produit entre chaque recyclage puisque chaque nouveau cycle implique un supplément d'émissions, et de consommation de ressources. Avec une moyenne de 20 223 km/an pour les voitures diesels (en Belgique)¹⁴, une unité fonctionnelle assez grande pourrait être sélectionnée, par exemple une distance parcourue de 200 000km. Cela permettrait d'avoir une durée de vie assez longue pour impliquer au moins une fois la mise au rebut du véhicule et son recyclage.

La fusion des approches C2C et ACV dans un nouveau programme de certification permettra de mettre en avant les forces des deux méthodes et de gommer du même coup leurs faiblesses respectives :

- d'une part en apportant aux analyses du cycle de vie des objectifs clairs et absolus qui vont de pair avec une approche C2C (répondant du même coup aux critiques de manipulation des résultats des ACV);
- d'autre part de répondre aux critiques adressées au Cradle to Cradle quant à son manque de transparence méthodologique en lui adjoignant le cadre méthodologique robuste des ACV et aux critiques d'impuissance à arbitrer certaines orientations de conception.

De plus, une approche « 2 en 1 » serait peut-être un gain de temps important pour les entreprises puisqu'il semblerait que l'utilisation d'une ACV complémentaire à la certification soit déjà une pratique courante :

- L'enquête réalisée par Bjorn auprès de 14 fabricants hollandais certifiés a montré qu'une majorité d'entreprises utilisait une ACV simultanément au déroulement de la certification. (Bjorn, 2011 p.84). Les répondants ont d'ailleurs précisé pour la plupart que, lorsqu'il y avait conflit entre les deux approches en matière de toxicité des substances, ils avaient tendance à privilégier les directives absolues de l'approche Cradle to Cradle, considérant les analyses de cycles de vie plus subjectives (manipulation des résultats pour des raisons de communication par exemple).
- En Belgique, les deux interviews téléphoniques personnelles auprès de fabricants certifiés que nous avons réalisées, Saint-Gobain (Plancke, 2011) et Imperbel (Gelichtermann, 2011), témoignent aussi de l'utilisation des ACV par les deux compagnies. Les analyses du cycle de vie étaient dans les deux cas réalisées avant d'entamer la procédure de certification et également après pour comparer les résultats après certification.

¹⁴ PORTAIL BELGIUM (2008), « *Statistiques du nombre de kilomètres parcourus par les véhicules belges en 2008* »

http://www.belgium.be/fr/actualites/2010/news_statistiques_nombre_de_kilometres_parcourus_vehicules_belges_2008.jsp, consulté le 12 août

5.1.2. Structure du label et critères plus stricts

La structure actuelle des quatre niveaux hiérarchiques portant tous le même logo C2C devrait être modifiée. Les niveaux de certification Basic et Silver ayant démontré un écart trop élevé par rapport aux idéaux Cradle to Cradle et pouvant diffuser un message trompeur aux consommateurs devraient être supprimés. Ils pourraient ensuite être remplacés par un logo quelconque (« En voie de certification » par exemple) qui signifierait simplement que le fabricant est en train de collaborer avec MBDC pour adopter les principes de la philosophie Cradle to Cradle.

La recommandation d'utilisation simultanée de l'ACV prenant en compte tous les entrants et sortants à toutes les phases de vie du produit et de l'emploi de valeurs limites strictes pour les impacts calculés présentera un avantage important : elle permettra d'éviter des cas de certification polémiques comme le Styrofoam ou le Hycrete où les produits sont mélangés avec des substances problématiques à certaines phases de leur cycle de vie.

5.1.3. Des catégories de produits fonctionnelles et distinctes

Plutôt que d'avoir une certification unique pour toutes sortes de produits, des labels spécifiques par catégorie de produits pourraient voir le jour:

- Electroménager : pour tous les appareils consommateurs d'énergie;
- Matériaux de construction;
- Moyens de transport;
- Services;
- Autres produits.

Les valeurs limites par catégories qui auront été définies pour l'ACV serviront de base pour tenir compte de la spécificité d'emploi des produits, par exemple des appareils moins énergivores pour la catégorie électroménager, des matériaux non inflammables pour la catégorie matériaux de construction. Grâce à l'ACV réalisée le fabricant pourra facilement informer ses clients de la performance spécifique de son produit : par exemple qu'il permet de réaliser des économies d'énergie.

L'introduction d'une catégorie « Services » permettra d'accorder le label C2C à des procédés ou à des services (ce qui n'est pas le cas aujourd'hui), ouvrant ainsi la porte aux entrepreneurs qui travaillent avec des matériaux écologiques tels que la terre crue.

La distinction en catégories présentera également l'avantage de permettre l'application d'une tarification différente pour chacune des catégories et rendre la certification peut-être moins onéreuse pour des produits de complexité élevée.

5.2. Des nouveaux instituts ou organismes de certification locaux et indépendants

En Hollande, un appel a été lancé à la création d'un institut de certification indépendant qui serait le résultat d'un partenariat entre public et privé et d'une collaboration avec McDonough et Braungart (Cox, 2009). Il s'agirait d'une structure ouverte employant des consultants indépendants. Les entreprises désireuses de certifier leur produit auraient plus de choix et une compétition plus importante pourrait voir le jour sur le marché de la certification C2C, avec les éventuelles baisses de prix que cela pourrait impliquer. Pourquoi ne pas imaginer une telle structure dans chaque pays?

5.3. Une nouvelle stratégie de communication envers le marché

5.3.1. Communication plus transparente au niveau de la méthodologie de certification

McDonough et Braungart en conférant les droits du label à l'institut ont finalement versé le Cradle to Cradle dans le domaine public. Il est important qu'ils puissent répondre aux critiques d'opacité de la méthode employée pour certifier les produits :

- En rendant publique le détail de la procédure de certification : transparence totale sur le MBDC *Material Protocol Assessment* (les facteurs de conversions pour les impacts, les seuils de changements de couleurs, ...), sur les critères relatifs au caractère démontable et recyclable des produits, ...
- En travaillant à une éventuelle normalisation de la méthodologie C2C avec une organisation internationale comme ISO ou, en tout cas, en donnant la possibilité au monde scientifique de débattre sur les standards méthodologiques employés pour la certification des produits.

Le cadre, les exigences et les lignes directives de la méthodologie de certification doivent devenir totalement clairs et transparents comme c'est le cas pour les ACV régies par les normes ISO 14040 et ISO 14044.

5.3.2. Communication plus transparente envers les consommateurs

Le manque de communication transparente envers les consommateurs pourrait être solutionné en alignant le label C2C à des normes standardisées (par exemple la norme ISO 14020 qui régit les labels) ou au minimum en veillant à respecter un certain nombre de règles de communication envers les consommateurs. Ces règles seraient fondamentales dans le cadre du recyclage des produits en fin de vie qu'implique le label C2C.

Les fabricants devraient absolument pouvoir communiquer à leurs clients ce qu'ils doivent faire en fin de vie du produit et quelles sont les possibilités de recyclage qui s'offrent à eux :

- Pour les nutriments biologiques la fiche produit pourrait indiquer clairement dans quel type d'écosystème le produit peut être jeté et en quelle quantité. L'idéal serait de créer des chaînes de logistiques inversées qui contrôleraient les flux de diffusion des nutriments dans l'environnement. Ces chaînes logistiques pourraient consister en des partenariats avec des agriculteurs. Ceux-ci seraient amenés à récupérer les nutriments et seraient plus à même de calculer les justes doses de fertilisants à ajouter dans leurs champs.
- Pour les nutriments techniques une mention claire devrait apparaître sur la fiche produit concernant les différentes possibilités de recyclage pour le consommateur : remettre le produit dans un certain magasin, se faire racheter le produit par le fabricant (comme le fabricant de tapis certifié Ahrend), ... le consommateur doit clairement savoir ce qu'il doit faire et qui il peut contacter.
- Pour tous les types de produits, si des informations sont nécessaires quant aux manipulations ou aux mélanges à ne pas effectuer pour garantir la recyclabilité du produit en fin de vie, elles devraient également figurer sur la fiche produit. L'association belge Bebat¹⁵ qui collecte les piles donne, par exemple, des instructions claires aux consommateurs pour que les piles usagées restent recyclables : ne pas tenter de les ouvrir, les garder au sec, ...

5.3.3. Un message de rationalisation des ressources

L'emploi d'une ACV dans le cadre de la méthodologie de certification n'est pas la seule démarche qui doit être mise en œuvre pour préserver les ressources naturelles. Le message de faisabilité d'une société à croissance continue dans laquelle toute l'énergie consommée est renouvelable et tous les produits

¹⁵ <http://www.bebat.be/fr/piles-usag%C3%A9es-quelques-infos>, consulté le 12 août, 2011

fabriqué sont recyclés doit être revu car il est incorrect.

Le signal à donner au monde industriel doit souligner le fait que l'application d'une approche éco-efficace (minimisation) est encore nécessaire dans le domaine de la consommation des ressources.

Conclusion

Suite au constat mitigé de l'approche éco-efficace en tant que modèle de développement durable, la théorie « Cradle to Cradle » se présente, à travers une approche éco-bénéfique, comme une alternative prometteuse.

L'éco-bénéficiaire envisage un système de production qui fait en sorte de garantir le caractère renouvelable de toutes les ressources employées. Toute l'énergie consommée est donc d'origine renouvelable. De surcroît, toutes les matières utilisées sont, soit d'origine organique et restituées à la nature après emploi, soit d'origine minérale ou synthétique et recyclées indéfiniment et sans perte de qualité. En outre, tout ce qui circule de la machine industrielle est non toxique pour l'environnement et la santé des êtres humains. Ce modèle industriel, sous-tendu par cette théorie, se base sur le système productif de la nature et envisage même d'en faire partie intégrante.

Notre travail d'analyse critique du Cradle to Cradle et de son instrument de certification ont également révélé des limites importantes à l'application de la théorie éco-bénéfique.

Nous avons démontré les contradictions qui existent entre l'idée de recyclage permanent et d'autres principes du Cradle to Cradle. D'une part, sur le plan des nutriments techniques, il n'est pas compatible avec le principe de croissance continue du fait des suppléments nécessaires en termes d'énergie et de matières à chaque recyclage. D'autre part, sur le plan des nutriments biologiques, ce dernier se heurte au principe de préservation de la biodiversité lorsque la diffusion incontrôlée des nutriments dans l'environnement devient nocive et favorise certaines espèces au détriment d'autres.

L'ensemble de ces limites nous a amené à conclure que le modèle Cradle to Cradle ne pouvait pas rompre totalement avec les préceptes éco-efficaces de minimisation des ressources exploitées par le système industriel et avec le discours de rationalisation de la consommation. Pour revenir à l'exemple, cher à McDonough et Braungart, des fourmis dont la biomasse totale est plus importante que celle des êtres humains mais qui, pourtant, ne détruisent pas la planète, certes tout ce qu'elles produisent fonctionne selon des cycles naturels mais elles n'ont pas besoin de posséder deux télévisions, trois ordinateurs, deux voitures et des millions de kilomètres d'asphalte. Leurs habitudes de consommation ne peuvent pas être comparées aux nôtres. Si nous voulons aligner notre modèle de production sur celui des fourmis, nous devons également le faire pour nos habitudes de consommation.

Pour l'analyse relative au label C2C, nous avons pu observer que la méthode de certification ne prenait pas

en compte les impacts de toutes les phases de vie d'un produit, qu'elle souffrait d'un manque de transparence et que seul un niveau de certification sur quatre était fidèle aux préceptes de la théorie du Cradle to Cradle.

L'existence de ces limites nous ont amenés à formuler un certain nombre de recommandation concrètes pour la certification C2C et la structure organisationnelle sur laquelle elle s'appuie. Ces propositions ont trait premièrement à la méthodologie de certification : par la réintégration de l'étude d'impacts des différentes phases de vie d'un produit grâce à l'application d'une ACV parmi les étapes de la certification, par l'attribution de valeurs limites d'émission et de consommation de ressources par catégorie de produit dans l'ACV, par un effort de transparence via la standardisation ou encore la normalisation de la méthodologie de certification.

Deuxièmement nos propositions s'appliquent à la structure du label : par un remplacement des deux premiers niveaux de certification par un logo « en cours de certification », par une prise en compte de la fonctionnalité des produits via la création de labels par catégories de produits.

Troisièmement nous avons suggéré la création d'instituts de certification locaux et indépendants des deux sociétés créées par McDonough et Braungart (EPEA et de MBDC) afin de pousser au développement d'une offre de consultance et de certification plus large.

Quatrièmement nous avons définis un certain nombre de règles de communication pour les informations relatives à la manipulation des produits C2C par les clients. Ceci afin de garantir que les produits ne fassent pas l'objet d'une utilisation qui les rende toxiques ou non recyclables en fin de vie.

L'ensemble de nos recommandations a pour but de gommer les lacunes de l'approche éco-bénéfique et de la certification C2C. Il nous semblerait dommage qu'elles soient décrédibilisées et que disparaissent, avec elles, leur force mobilisatrice. En effet, nous avons vu que leur message simple et accrocheur résonnait dans la communauté des scientifiques mais avait aussi convaincu un partie du monde politique, des consommateurs et du management des entreprises. Une entreprise comme Desso œuvre actuellement à obtenir le niveau Platinum de la certification et tente de certifier l'intégralité de sa gamme de produits. Des communes hollandaises telle qu'Almere font de grands efforts pour stimuler le développement de projets basé sur les principes Cradle to Cradle.

Nous devons préciser, par ailleurs, que parmi toutes les lectures qui ont servies de références pour notre travail de critique du Cradle to Cradle, celles qui mettaient en avant ses limites et ses faiblesses reconnaissaient néanmoins, en grande majorité l'élan d'innovation qu'il avait su insufflé dans toutes les

sphères de la société.

Nous n'avons pas évoqué, au cours de ce mémoire, les moyens qui pouvaient être développés pour soutenir le développement du Cradle to Cradle tels que la création de certificats verts pour subsidier les fabricants qui créent des boucles de matière, l'intégration des produits certifiés C2C dans des listes préférentielles d'achats durables de préférence des administrations publiques, ... Néanmoins il nous semble important de souligner que, pour se garantir un avenir, le Cradle to Cradle devra relever un défi important : celui de réformer les modèles sociaux sur lesquels se basent l'économie et la finance. La réforme de la société telle que décrite par McDonough et Braungart n'est formulée que sous l'angle de sa production industrielle et de possibles impacts bénéfiques de celle-ci sur la nature.

L'éco-bénéficine manque de la dimension d'équité sociale spécifique à une approche de développement durable. La certification intègre certes un critère de responsabilité sociale mais comme nous l'avons constaté, celui-ci ne débouche pas sur une restructuration en profondeur de la politique sociale des entreprises. Le Cradle to Cradle se focalise principalement sur les deux autres dimensions du développement durable, l'Ecologie et l'Economie.

Pourtant dans l'idée de création de boucles fermées de matière repose déjà un potentiel de transformation des structures sociales tout au long de la chaîne de vie des produits : en favorisant la création d'infrastructures locales de récupération et de recyclage, en veillant à ce que chaque maillon fasse l'objet d'une rétribution équitable. Pourquoi les impacts éco-bénéfiques sur le plan toxicologique ou sanitaire de la production Cradle to Cradle ne serait-il pas corrélés à des impacts bénéfiques sur le plan de l'équité sociale ?

Cela relève d'un réel changement de paradigme puisque il faudra accepter une baisse notable des profits en échange de profits peut-être mieux répartis entre les différents maillons de la chaîne. Les marges commerciales ne peuvent pas être uniquement répercutées à la hausse en bout de chaîne chez les fabricants et chez les distributeurs des produits. Les ressources financières ne peuvent pas continuer à être distribuées de façon disproportionnée aux échelons supérieurs et aux actionnaires des entreprises. Le partage des recettes devrait être revu de bout en bout de la chaîne de transformation en impliquant chacun des acteurs de façon équitable. L'agriculteur qui devra forcément être impliqué dans la production de nutriments organiques devrait recevoir une juste rétribution. Les pays en voie de développements qui fournissent souvent les matières premières, et donc des nutriments techniques, aussi. Tant que le Cradle to Cradle n'intègre pas cette réflexion de réforme en profondeur vers un modèle d'équité sociale, il ne pourra pas jamais être considéré comme une réelle théorie de développement durable.

Un monde Cradle to Cradle où les réserves naturelles sont préservées et abondantes ne peut servir de modèle de développement durable si tous les êtres humains n'ont pas un droit équitable sur ces ressources. La croissance continue, que souhaitent McDonough et Braungart, ne peut pas être réservée aux seuls acteurs qui ont les moyens de s'approprier ces ressources.

McDonough et Braungart pourraient, d'ores et déjà, faire un grand pas dans la direction d'une société Cradle to Cradle basée sur l'équité en partageant et rendant publique la méthodologie de certification C2C afin que tous ceux qui le souhaitent puissent commencer à travailler à la fabrication de produits éco-bénéfiques.

BIBLIOGRAPHIE

- ALCOTT Blake (2005), "Surveys, the Jevons' paradox", in *Ecological Economics*, vol. 54, n°1, pp. 9-21
- ALTER Lloyd (2011), "Understanding labels part 3: Cradle to Cradle, or a cautionary tale", in *Treehugger*, <http://www.treehugger.com/files/2011/02/understanding-labels-part-3-cradle-to-cradle.php>, site consulté le 15 avril, 2011
- ANASTAS Paul T., BREEN Joseph J. (1997), "Design for the environment and Green Chemistry: the heart and soul of industrial Ecology", in *Journal of Cleaner Production*, Vol. 5, n° 1-2, pp. 97-102
- ATLEE Jennifer, ROBERTS Tristan (2007), "Cradle to Cradle certification: a peek inside MBDC's black box", in *Building Green*, <http://www.buildinggreen.com/auth/article.cfm/2007/2/1/Cradle-to-Cradle-Certification-A-Peek-Inside-MBDC-s-Black-Box/>, site consulté le 19 mai, 2011
- AYRES Robert U. (1995), "Life cycle analysis: a critique", in *Resources, conservation and Recycling*, n°14, pp.199-223
- BATI'LIFE (2010a), "Dossier – la démarche Cradle to Cradle : une vraie révolution", in http://www.batilife.com/fichiers/documents/20100304094454_Dossier_C2C_020210.pdf, site consulté le 14 avril, 2011
- BATI'LIFE (2010b), "La stratégie de Desso : une vision environnementale à moyen et long terme", in http://www.batilife.com/fichiers/documents/20100208125415_Interview_Desso_020210.pdf, site consulté le 28 avril, 2011
- BAUERS Sandy (2010), "The chemicals within: Just how safe are they?", in *The Philadelphia Inquirer*, <http://www.philly.com/philly/living/green/83783972.html>, site consulté le 5 août 2011
- BENYUS Janine M (1997), "*Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*", New York, Harper Collins Publishers
- BJORN Anders (2011), "*Cradle to Cradle and environmental sustainability – a critical appraisal*", mémoire, Lyngby, Université Technique du Danemark, 188p.
- BOUSTEAD Jan, FAWER Matthias (1997), "Ecoprofile of hydrogen peroxide" in *Cefic*, http://www.cefic.org/Documents/About%20us/Industry%20sectors/Ecoprofile_of_hydrogen_peroxide.pdf, site consulté le 13 août
- BOUSTEAD Jan, HANCOCK Gerald F. (1979), "*Handbook of Industrial Energy Analysis*", Chichester, édition Ellis Horwood, 422p.
- BRAUNGART Michael, ENGELFRIED Justus (1992), "An Intelligent Product System to replace Waste Management", in *Epea-Hamburg*, [http://epea-hamburg.org/fileadmin/user_upload/Intelligent%20Products%20System%20\(IPS\).pdf](http://epea-hamburg.org/fileadmin/user_upload/Intelligent%20Products%20System%20(IPS).pdf), site consulté le 15 mai, 2011
- BRAUNGART Michael, MULHALL Douglas M. (2010), "*Cradle to Cradle criteria for the built environment*", Nunspeet, édition Duurzaam Gebouwd.
- BUCKINGHAM Susan, TURNER Mike (2008), "*Understanding environmental issues*", Londres, Sage Publications,
- BYGGETH Sophie, HOCHSCHORNER Elisabeth (2006), "Handling trade-offs in Ecodesign tools for sustainable

product development and procurement”, in *Journal of Cleaner Production*, Vol. 14, n°15-16, pp.1420-1430

C2C NETWORK (2010a), “C2C Network: theoretical framework”, in http://www.c2cn.eu/sites/default/files/C2C_theor_framework.pdf, site consulté le 15 avril, 2011

C2C NETWORK (2011b), “A journey from Cradle to Cradle: C2C Network initiative guide”, in http://www.c2cn.eu/sites/default/files/C2C_InitiativesGuide_2011.pdf, site consulté le 14 avril, 2011

C2C NETWORK (2011c), “City of Venlo, new municipal offices”, in <http://www.c2cn.eu/gph/city-venlo-new-municipal-offices>, site consulté le 26 juin, 2011

C2C NETWORK (2011d), “Perspective study: industry”, in http://www.c2cn.eu/sites/default/files/C2C_PS_industryC2C.pdf, site consulté le 26 avril, 2011

CHALMIN Philippe (1999), “Géopolitique des ressources naturelle : prospective 2020”, in *Ifri*, <http://www.ifri.org/downloads/chalmin00.pdf/>, site consulté le 28 juillet, 2011

CHAUDRON Jeanne, (2007), “Duurzaam produceren / Alles wordt steeds opnieuw gebruikt”, in *Trouw*, <http://www.trouw.nl/tr/nl/4324/nieuws/article/detail/1368520/2007/11/01/duurzaam-produceren-Alles-wordt-steeds-opnieuw-gebruikt.dhtml>, site consulté le 20 avril, 2011

COMMISSION EUROPEENNE (2010), “Initiative «matières premières» — répondre à nos besoins fondamentaux pour assurer la croissance et créer des emplois en Europe {SEC(2008) 2741 }”, in <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0699:FIN:fr:PDF>, consulté le 12 février, 2011

COX Roger, LEJEUNE Bert (2009), “Cradle to Cradle heeft dringend Publiek Private Samenwerking nodig”, in *Duurzaamgebouwd*, <http://www.duurzaamgebouwd.nl/expertposts/20090223-cradle-to-cradle-heeft-dringend-publiek-private-samenwerking-nodig>, site consulté le 8 juin, 2011

CRAWFORD Gregory L. (2004), “Copper and the quality of recycled steel”, in *Canadian Institute of Steel Construction*, <http://www.cisc-icca.ca/docs/sustainability/Sustainability2008ELowRes.pdf>, site consulté le 7 juin, 2011

CROSSEN Cynthia (1994), “How tactical research muddied diaper debate”, in *Wall Street Journal*, <http://www.uwlax.edu/faculty/anderson/Bus%20230/diaper%20debate.htm>, site consulté le 1 août 2011

CSTC (2010), “Rapport d’activités 2009”, in *CSTC*, http://www.cstc.be/homepage/download.cfm?dtype=presentation&doc=ra_2009_fr.pdf&lang=fr,

DANNORITZER Cosima (2010), “Prêt à jeter : enquête sur l’obsolescence programmée de nos équipements”, documentaire in Arte F, 75mn, vu le 15 février 2011

DARDENNE, Benoît, DELACOLLETTE Nathalie, HUART Johanne (2011), “Psychologie et écologie : comment amener à davantage de comportements favorables à l’environnement ?”, in *ULG*, http://reflexions.ulg.ac.be/cms/c_17009/psychologie-et-ecologie-comment-amener-a-davantage-de-comportements-favorables-a-lenvironnement?portal=j_55&printView=true, site consulté le 15 août 2011

DERBIGUM (2011), “Recyclage”, in <http://www.derbigum.be/fr/greennovation/recyclage>, site consulté le 26 mai, 2011

DETZEL Andreas, KRUGER Martina (2006), “Life Cycle Assessment of POLYLACTIDE (PLA), A comparison of food packaging made from NatureWorks® PLA and alternative materials” in *Case place*, <http://www.caseplace.org/pdfs/Method-IFEU%20PLA%20LCA.pdf>, site consulté le 2 août, 2011

DUPONT Gaëlle (2010), “Un continent de déchets plastiques a été découvert dans l’Atlantique nord”, in *Le Monde*,

http://www.lemonde.fr/planete/article/2010/03/05/un-continent-de-dechets-plastiques-a-ete-decouvert-dans-l-atlantique-nord_1314831_3244.html, site consulté le 18 juillet, 2011

DUURZAAMHEID (2010), “C2C in the Netherlands”, in http://www.duurzaamheid.nl/cradletocradle/Cradle_to_Cradle/C2C_in_the_Netherlands.asp, site consulté le 14 avril, 2011

EHRENFELD John (2004), “Industrial ecology -a new field or only a metaphor?”, in *Journal of Cleaner Production*, Vol. 12, n°8-10, pp. 825-831

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (2010), “An inspiring visit to Holland”, in <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/blog/an-inspiring-visit-to-holland>, site consulté le 26 juin, 2011

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (2010a), “Ellen MacArthur Foundation, rethink the future”, in <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/>, site consulté le 5 juin, 2011

EPA (2009), “Fine mineral fibers: hazard summary”, in <http://www.epa.gov/ttnatw01/hlthef/finemineral.html>, site consulté le 2 août, 2011

EPA (2010a), “Perfluorooctanoic Acid (PFOA) and Fluorinated Telomers” in EPA, <http://www.epa.gov/oppt/pfoa/>, site consulté le 15 mai, 2011

EPA (2010b), “Hexabromocyclododecane (HBCD): action plan”, in http://www.epa.gov/oppt/existingchemicals/pubs/actionplans/RIN2070-AZ10_HBCD%20action%20plan_Final_2010-08-09.pdf, site consulté le 2 août, 2011

EPA (2011a), “Environmentally Preferable Purchasing (PPP)”, in EPA, <http://www.epa.gov/epp/>, site consulté le 25 juin, 2011

EPA (2011b), “Glossary: heavy metals”, in <http://www.epa.gov/OCEPATERMS/hterms.html>, site consulté le 10 août, 2011

EPA (2000), “Chromium compounds, hazard summary”, in <http://www.epa.gov/ttnatw01/hlthef/chromium.html> site consulté le 10 juin, 2011

EPA (1991), “Indoor Air Facts No. 4, Sick Building Syndrome”, in http://www.epa.gov/iaq/pdfs/sick_building_factsheet.pdf, site consulté le 18 mai, 2011

EPEA HAMBURG (2008a), “C2C: material assessment”, in <http://epea-hamburg.org/index.php?id=163&L=1>, site consulté le 15 avril, 2011

EPEA HAMBURG (2008b), “Cradle to Cradle: vision”, in EPEA Hamburg, <http://epea-hamburg.org/index.php?id=154>, site consulté le 15 avril, 2011

EPEA HAMBURG (2008c), “Cradle to Cradle”, in EPEA Hamburg <http://epea-hamburg.org/index.php?id=69>, site consulté le 15 avril, 2011

EPEA HAMBURG (2008d), “The Cradle to Cradle certification program – certification of products”, in http://epea-hamburg.org/fileadmin/downloads/.../C2C_Certification_Flyer.pdf, site consulté le 15 avril, 2011

EPEA HAMBURG (2011), “Cradle to Cradle - festival”, in <http://epea-hamburg.org/index.php?id=262>, site consulté le 25 juin, 2011

EURACTIV (2010), “Belgium, to push sustainable materials initiative”, in <http://www.euractiv.com/en/sustainability/belgium-to-push-sustainable-material-initiative-news-496037>, site consulté le 14 avril, 2011

FSC (2011), "Principles and Criteria", in <http://www.fsc.org/pc.html>, site consulté le 1 août, 2011

GELICHTERMANN, Michel 2011, Interview téléphonique, Patrick Van Den Abeele, Bruxelles, 25 mai 2011, (Project Manager Imperbel)

GILMAN Sylvie, DE LESTRADE Thierry (2007), "*Les mâles en péril*", documentaire in Arte F, 52mn, vu le 8 juillet, 2011

GODART Marie-Françoise 2007, "Ecologie et éléments de Biologie – chapitre l'être vivant dans son environnement", Bruxelles, ULB, slides de cours

HAUSCHILD Michael Z., BJORN Anders (2011), "Cradle to Cradle and LCA – is there a Conflict?" in *Glocalized Solutions for Sustainability in Manufacturing*, pp.599-604

HAWKEN Paul, LOVINS Amory B., LOVINS L. Hunter (1999), "*Natural capitalism, creating the next revolution*", Londres, Earthscan Publication Ltd

HAYES Tyrone B, COLLINS Atif, LEE Melissa, MENDOZA Magdalena, NORIEGA Nigel, STUART Ali A., VONK Aaron (2001), "Hermaphroditic, demasculinized frogs after exposure to the herbicide atrazine at low ecologically relevant doses : abstract", in *PNAS*, <http://www.pnas.org/content/99/8/5476.abstract>, site consulté le 8 juillet, 2011

HILDERSON W., MLECNIK E., CRE J. (2010), "Potential of Low Energy Housing Retrofit, Final Report Low Energy Housing Retrofit", in *LEHR*, http://www.lehr.be/Reports/PHP_Potential_of_LEHR.pdf, site consulté le 6 août, 2011

HINTON Jennifer (2008), "Is the circular economy ambitious enough, A look at incorporating PSS (product-service systems) into China's leapfrog development strategy?", mémoire, Lunds Universitet, Lund, in http://www.lumes.lu.se/database/alumni/06.08/thesis/Jennifer_Hinton.pdf, site consulté le 1 août, 2011

INTERFACE GLOBAL (2008), "Life Cycle Assesment", in <http://www.interfaceglobal.com/getdoc/b301860b-d918-4a83-8d12-e6be5927955f/Life-Cycle-Assessment.aspx>, site consulté le 1 août, 2011

JACKSON Tim (2010), "*La prospérité sans croissance, la transition vers une économie durable*", Bruxelles, édition Groupe De Boeck.

JOAQUIN Zem (2011), "The Cradle to Cradle Products Innovation Institute at the Clinton global initiative", in *CCPII*, http://c2ccertified.org/index.php/blog/article/clinton_global_initiative, site consulté le 26 juin 2011

JOLLIET Olivier, SAADE Myriam, CRETTEAZ Pierre (2005), "*Analyse du cycle de vie – Comprendre et réaliser un écobilan*", Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes.

KARASEK Robert A. (1979), "Job Demands, Job Decision Latitude, and Mental Strain: Implications for Job Redesign", in *Administrative Science Quarterly*, Vol. 24, n° 2, pp.285-308

LAL, Rattan (2011), "Sequestering carbon in soils of agro-ecosystems", in *Food Policy*, vol. 36, n°1, pp. S33-S39

LET'S CRADLE (2010), "Cradle to Cradle", in *Let's cradle*, <http://www.letscradle.nl/index.php?lang=en>, site consulté le 26 juin

MACKAY David J.C. (2008), <http://www.letscradle.nl/index.php?lang=en> "Sustainable energy – without the hot air – Synopsys" in *Without hot air*, <http://www.withouthotair.com/synopsis10.pdf>, site consulté le 17 juin, 2011

MBDC (2008), "Cradle to Cradle certification program version 2.1.1", in *MBDC*, http://mbdc.com/images/Outline_CertificationV2_1_1.pdf, site consulté le 14 avril, 2011

MBDC (2010), « Design for a Cradle to Cradle future », in *MBDC*,

http://www.mbdc.com/images/Design_For_C2C_Future.pdf,
 MBDC (2011c), “Cradle to Cradle certified products”, in *MBDC*, <http://c2c.mbdc.com/c2c/list.php?order=type>, site consulté le 15 juillet, 2011

MBDC (2011a), “MBDC Comments on the USGBC Report - Assessment of Technical Basis for a PVC-Related Materials Credit in LEED”, in *Healthy Building*, http://www.healthybuilding.net/pvc/tsac/TSAC_CmntF-MBDC-final.pdf, site consulté le 24 avril, 2011

MBDC (2011b), “Value of certification”, in <http://www.mbdc.com/detail.aspx?linkid=2&sublink=42>, site consulté le 26 juin, 2011

MCDONOUGH William (1992), “The Hannover principles design for sustainability”, in *McDonough*, <http://www.mcdonough.com/principles.pdf>, pp.1-59, site consulté le 15 mai 2011

MCDONOUGH William, BRAUNGART Michael (2002a), “*Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*”, New York, North Point Press.

MCDONOUGH William, BRAUNGART Michael (2002b), “Restoring the industrial landscape”, in *McDonough* http://www.mcdonough.com/writings/restoring_industrial.htm, site consulté le 25 juin, 2011

MCDONOUGH William, BRAUNGART Michael (2003), “Between biology, technology and culture: building a framework for the Cradle to Cradle framework biotech debat”, in *McDonough Homepage*, http://www.mcdonough.com/writings/between_biology.htm, site consulté le 16 juin, 2011

MCDONOUGH William, BRAUNGART Michael (2011), “*Cradle to Cradle: Créer et recycler à l’infini*”, Paris, Editions Alternatives

MCDONOUGH William, BRAUNGART Michael, BOLLINGER Andrew “Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions e a strategy for eco-effective product and system design”, in *International Journal of Cleaner Production*, n°15, pp.1337-1348

MCDONOUGHPARTNERS (2011a), “Alkimos: concept master plan”, in http://www.mcdonoughpartners.com/projects/view/alkimos_concept_master_plan, site consulté le 14 juillet, 2011

MCDONOUGHPARTNERS (2011b), “Huangbaiyu: Master Plan Sketch exercise”, in http://www.mcdonoughpartners.com/projects/view/huangbaiyu_master_plan_sketch_exercise, site consulté le 14 juillet, 2011

MCDONOUGHPARTNERS (2011c), “Playa carrillo: feasibility study”, in http://www.mcdonoughpartners.com/projects/view/playa_carrillo_feasibility_study, site consulté le 14 juillet, 2011

MCDONOUGHPARTNERS (2011d), “Karachi, school for business and leadership”, in http://www.mcdonoughpartners.com/projects/view/karachi_school_business_leadership, site consulté le 14 juillet, 2011

MINISTERE DE L’ECOLOGIE, DE L’ENERGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE L’AMENAGEMENT DU TERRITOIRE (2008), “Agrocarburants et environnement”, in http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/spipwwwmedad/pdf/Agrocarburants_et_Environnement_cle6fc888.pdf, site consulté le 7 août, 2011

MIQUEL Gérard (2001), “Rapport sur les effets des métaux lourds sur l’environnement et la santé”, in *Sénat français*, <http://www.senat.fr/rap/100-261/100-2611.pdf>, site consulté le 10 août, 2011

MOREAU M., VALENTE F. MAK R., PELFRENE E., DE SMET P., DE BACKER G., KORNIFZER M. (2004), "Occupational stress and incidence of sick leave in the Belgian workforce: the Belstress study", in *Journal of Epidemiology and Community Health*, Vol.58, n°6, pp.507-516

MULHALL Douglas (2011), "Een gebouw als een boom, een stad als een bos (III)", in [http://www.duurzaamgebouwd.nl/society/20110315-ee-gebouw-als-ee-boom-ee-stad-als-ee-bos-\(iii\)](http://www.duurzaamgebouwd.nl/society/20110315-ee-gebouw-als-ee-boom-ee-stad-als-ee-bos-(iii)), consulté le 14 avril, 2011

NARAYAN Ramani, PATEL Martin (2003), "Review and Analysis of Bio-based Product LCA's", in <http://www3.abe.iastate.edu/biobased/LCAreview.pdf>, site consulté le 16 mai, 2011

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, Committee on the health risks of Phtalates (2008), « Phthalates and Cumulative Risk Assessment - The Task Ahead », Washington D.C, The national academies press, 208p.

NATURE PLUS (2011), "Directive d'attribution DA0000, critères de base", in *Nature plus*, http://www.natureplus.org/uploads/tx_usernatureplus/DA0000_Criteres_de_base-Fr.pdf, site consulté le 2 août, 2011

NEWMAN Adam (2007), "An Evaluation of Cradle to Cradle Design As a Solution to the Chinese Environmental Crisis", Mémoire, Indiana University, in *Indiana*, http://www.indiana.edu/~spea/pubs/undergrad-honors/honors_vol.1_no.1.pdf, site consulté le 15 juin, 2011

NIOO (2010), "Dossier, nieuwbouw NIOO", in <http://www.nioo.knaw.nl/nieuwbouw>, site consulté le 26 juin

OVAM (2011), "Sustainable building materials use and Cradle to Cradle: A survey of current project practices"

OWENS CORNING (2010), "MSDS for Pink Fiberglas loosefill insulation", in http://www.msdsvault.org/all_pdf/730_1_1.pdf, site consulté le 2 août, 2011

PIALOT Dominique (2011), "Un concept ambitieux vise le recyclage à l'infini", in *La Tribune*, <http://www.latribune.fr/green-business/1-actualite/20110221trib000603039/un-concept-ambitieux-vise-le-recyclage-des-produits-a-l-infini.html>, site consulté le 7 août, 2011.

PIKE RESEARCH (2009), "Executive Summary: Electronics Recycling and E-Waste Issues", in <https://www.pikeresearch.com/wp-content/uploads/2009/02/EWASTE-09-Executive-Summary.pdf>, site consulté le 7 août, 2011

PLANCKE Luc (2011), Interview téléphonique, Patrick Van Den Abeele, Bruxelles, 28 avril 2011, (Sustainable development Manager Saint-Gobain)

POTTING Jose, KROEZE Carolien (2010), "Cradle to Cradle : old wine or new spirits?", in *Integrated Environmental Assessment and Management*, vol.6 , n°2, pp.315-317

PRODUCT LIFE INSTITUTE (2008), "Cradle to Cradle", in <http://www.product-life.org/en/cradle-to-cradle>, site consulté le 24 juin, 2011

REAY Stephen D., MCCOOL Judith P., WITHELL Andrew (2011), "Exploring the feasibility of Cradle to Cradle (Product) Design : perspectives from New Zealand Scientists", in *Journal of Sustainable Development*, vol.4, n°1, pp.36-44

REYNDERS Lucas (2008), "Are emissions or wastes consisting of biological nutrients good or healthy?", in *Journal of Cleaner Production*, vol.16, pp.1138-1141

ROSSI Mark, CHARON Scott, WING Gabe, EWELL James (2006), "Design for the Next Generation: Incorporating Cradle-to-Cradle Design into Herman Miller Products", in *MBDC*,

http://www.mbdc.com/images/JIndustrialEcology_Herman_Miller_17mar06.pdf, site consulté le 14 avril, 2011

SAI (2008), “SA 8000 : social accountability 8000”, in http://www.sai-intl.org/data/n_0001/resources/live/2008StdEnglishFinal.pdf, site consulté le 5 juin, 2011

SCHAUVLIEGE Joke, “Symposium C2C in de Belgische bouwwereld – Gyproc”, in http://www.jokeschauvliege.be/upload/toespraken/symposium_gyproc_over_cradle_to_cradle_in_de_bouwsector.pdf, site consulté le 27 juin, 2011

SCHEER Hermann (2009), “European power from the desert is a Fata Morgana”, in *Herman Scheer Homepage*, http://www.hermannscheer.de/en/index.php?option=com_content&task=view&id=256&Itemid=10, site consulté le 8 août, 2011

STAHEL Walter (1982), “The product life factor, abstract”, in <http://www.product-life.org/en/major-publications/the-product-life-factor>, site consulté le 15 juin, 2011

STAHEL Walter (2010), “*The performance economy*”, Basingstoke, Palgrave MacMillan,

STOKKE (2011), “Tripp Trapp chair : a modern classic”, in <http://www.stokke.com/highchair/tripp-trapp-product-concept.aspx>, site consulté le 26 avril, 2011

TEGENLICHT (2007), “Afval is voedsel : een revolutie in Nederland”, in <http://tegenlicht.vpro.nl/afleveringen/2007-2008/het-nieuwe-ondernemen/afval-is-voedsel-deel-2.html>, site consulté le 16 juin, 2011

TERRASKIN (2010), “Life cycle overview”, in <http://www.terraskin.com/our-paper/life-cycle-overview>, site consulté le 2 août 2011

TERRASKIN (2011), “Frequently asked questions”, in http://www.tobin-marketing.com/frequently_asked_questions_about%20TerraSkin.htm, site consulté le 2 août, 2011

TIERNEY John (1996), “Recycling is garbage”. in *The New York Times Magazine*, pp. 1-21, <http://tierneylab.blogs.nytimes.com/2008/12/10/science-or-garbage/>, site consulté le 20 mai, 2011

TRENDS (2010), “L’absentéisme coûte 5.2 milliards par an aux entreprises belges”, in *Trends*, <http://trends.rnews.be/fr/economie/actualite/entreprises/l-absenteisme-coute-5-2-milliards-par-an-aux-entreprises-belges/article-1194797740772.htm>, site consulté le 12 août, 2011

TURNER Kerry R. MORSE JONES Sian, FISHER Brendan (2007), “Perspectives on the ‘Environmental Limits’ Concept”, in *Department for Environment, Food and Rural Affairs*, http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=EV02069_8020_FRP.pdf, site consulté le 7 août, 2011

UNESCO (2009), “The United Nations World Water Development Report 3 – water in a changing world”, in http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/pdf/WWDR3_Water_in_a_Changing_World.pdf, site consulté le 7 août, 2011

US DEPARTMENT OF ENERGY (2010), “Critical Materials Strategy”, in http://energy.gov/sites/prod/files/piprod/documents/cms_dec_17_full_web.pdf, site consulté le 1 août, 2011

USGBC (2008), “LEED for homes rating system”, in USGBC, <http://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=3638>, site consulté le 25 juin, 2011

VAN DER MOOLEN Bas (2008), “Duurdere grondstoffen: is Cradle to Cradle de oplossing”, in *Logistiek*, http://www.logistiek.nl/dossierartikelen/id11388-Duurdere_grondstoffen_is_cradletocradle_de_oplossing.html, site

consulté le 20 avril, 2011

VILLERET Graeme (2011), "Population mondiale", in *Population mondiale*, <http://www.populationmondiale.com/>, site consulté le 8 août, 2011

VOORTHUIS Jacob, GIJBELS Cyrille (2010), «A fair accord : Cradle to Cradle as a design theory measured against John Rawls' theory of justice and Immanuel Kant's categorical imperative", vol.2, pp.371-382

WBCSD (2000), "Ecoefficiency, Creating more value with less impact", in *WBCSD*, http://www.wbcSD.org/web/publications/eco_efficiency_creating_more_value.pdf, site consulté le 15 mai, 2011

WBCSD (2010), "Cement sustainability initiative, recycling concrete", in *WBCSD*, <http://www.wbcSDcement.org/pdf/CSI-RecyclingConcrete-FullReport.pdf>, site consulté le 15 mai, 2011

WIENERBERGER (2011), "Wienerberger a obtenu le label de qualité natureplus pour ses blocs pour murs intérieurs Porotherm", in http://www.wienerberger.be/servlet/Satellite?pagename=Wienberger/WBArticle/ArticleStandard05&cid=1233250396452&sl=wb_be_home_fr&ipi=1115817648018, site consulté le 1 août, 2011

WILSON Alex (2010), "Fixing the perception problem with Cradle to Cradle certification", in *Environmental Building News*, <http://www.buildinggreen.com/auth/article.cfm/2010/3/1/Fixing-the-Perception-Problem-with-Cradle-to-Cradle-Certification/>, site consulté le 20 avril, 2011

WONG Venessa (2009), "TerraSkin: Paper Made from Rock", in *Business Week*, http://www.businessweek.com/innovate/content/aug2009/id2009085_838134.htm, site consulté le 2 août 2011

WORLD RESOURCE INSTITUTE (1996), "Pressures on marine biodiversity", in <http://archive.wri.org/page.cfm?id=806&z>, site consulté le 7 août, 2011

WRAP (2011), "Wrap, 12 principles", in <http://www.wrapcompliance.org/en/wrap-12-principles-certification>, site consulté le 5 juin, 2011

WWF (2010), "Living Planet Report 2010, Biodiversity, biocapacity and development", in *Panda*, http://wwf.panda.org/about_our_earth/all_publications/living_planet_report/, consulté le 14 mai, 2011

ZMERZLAYA Anna, (2010), "Analysis of Potential of Lignite Fly Ash to Reduce CO2 Emissions from Road Construction", Mémoire, Utrecht, Utrecht School of Economics

ANNEXES

- Biographie des auteurs (MBDC 2010)
- Calcul des prix de la certification (Epea Hamburg, 2008d)
- Cas de certification C2C de la chaise Mira, Herman Miller (Rossi, 2006)

BIOGRAPHIE DE MCDONOUGH ET BRAUNGART :

William McDonough

William McDonough, FAIA, Int. FRIBA is an architect, designer and pioneer in the sustainability movement. He is a world-changing thought leader and co-creator of the Cradle to Cradle approach to design. McDonough's counsel is sought by political, business and academic leaders world-wide in all sectors of human activity including venture capital, government policy, city and building design, product manufacturing, industrial systems, economic systems and new business models, energy and water systems, and material reutilization of biological and technical nutrients.

In 1996, McDonough became the only individual to receive the Presidential Award for Sustainable Development, the highest environmental honor ever given in the U.S. In 2003, he received the Presidential Green Chemistry Challenge Award for his work in science and industrial production. In 2004, he received the U.S. National Design Award, the highest design award in the United States. In 1999, McDonough was named "Hero of the Planet" by Time magazine, and in 2007, "Hero of the Environment."

McDonough founded William McDonough + Partners, an architecture and community design firm in 1981, and co-founded MBDC in 1995. In 2010, McDonough and Dr. Michael Braungart donated their Cradle to Cradle Certification program for public benefit by founding the Cradle to Cradle Products Innovation Institute™. McDonough and Braungart co-authored two of the most recognized books of the sustainable design movement: *The Hannover Principles: Design for Sustainability* (1993) and *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things* (2002).

Michael Braungart

Michael Braungart is a chemist and founder of EPEA International Umweltforschung GmbH in Hamburg, Germany, and co-founder of MBDC. Dr. Braungart's work has been published in numerous journals on science, public affairs, design and environment in Europe and the US. He and William McDonough co-authored *The Hannover Principles: Design for Sustainability*, published in 1992, and *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*, published in 2002 by North Point Press.

Dr. Braungart is currently a professor of Process Engineering at Universität Lüneburg (Germany). Recently, he accepted a visiting professorship at the Darden School of Business, lecturing on such topics as eco-efficiency and eco-effectiveness, Cradle to Cradle® design and Intelligent Materials Pooling. Dr. Braungart also serves as Scientific Manager of the Hamburg Environmental Institute, the nonprofit research center which produces the "Top 50 Study": an evaluation of the environmental performance of the world's largest chemical companies.

Dr. Braungart's work addresses topics from particles to policy. He has initiated worldwide scholarly and scientific inquiry into the adverse environmental and physiological impacts of industrially-produced consumer goods. Dr. Braungart currently concentrates his efforts at MBDC and EPEA by working with innovative companies on issues of materials assessment, waste and energy balances, Cradle to Cradle design, design for disassembly, and new product design.

CALCUL DES PRIX DE LA CERTIFICATION :

Environmental Protection Encouragement Agency



EPEA Internationale Umweltforschung GmbH

Separate sheet for pricing:

This Pricing Sheet gives an idea of the pricing for EPEA -Certifications which assumes a standard situation in which there is one company applying for certification with one production process.. As each case may differ more or less from this standard and some cases do not fit to the standard the resulting certification procedure may grasp several processes and therefore several process evaluations. These situations have to be discussed with EPEA separately.

Pricing:

Material Assessment:

Regarding the Material Assessment, the expense of the certification depends mainly on the number of product components. These costs are calculated as following:

for 1-10 product component 500 € per product component (750 \$)

for 11-25 product component 400 € per product component (600

\$) for 25+ product component 300 € per product component (450

\$) Costs of the other process steps:

Process Evaluation:

Process Evaluation: 4000 € (\$ 6000) for 1 process

Audit by MBDC:

Audit: 1500 € (\$ 2250)

Cradle to Cradle Certificate by MBDC:

Cradle to Cradle Certificate. 500 € (\$ 750)

Costs for certification of a product component may be typically carried by the supplier of the product component. Specific arrangements can be made between the supplier and the applicant for certification.

CAS DE CERTIFICATION C2C DE LA CHAISE MIRA, HERMAN MILLER

Design for the Next Generation: Incorporating Cradle-to-Cradle Design into Herman Miller Products

Mark Rossi ¹, Scott Charon ², Gabe Wing ², and James Ewell ³

1 Clean Production Action

2 Herman Miller, Inc.

3 McDonough Braungart Design Chemistry

Summary

In the late 1990s, office furniture manufacturer Herman Miller, Inc., entered into a collaboration with architect William McDonough to create a system for designing cradle-to-cradle products. To implement this system, Herman Miller created a Design for Environment (DfE) program and, with McDonough Braungart Design Chemistry (MBDC), created the DfE product assessment tool. The first product Herman Miller designed using the DfE product assessment tool was the Mirra® chair. Over the course of the chair's development the DfE process generated a number of design changes, including: selecting a completely different material for the chair's spine (a critical element in the chair's design), increasing recycled content in a number of components, eliminating all PVC components, and designing the chair for rapid disassembly using common tools.

The areas of greatest success in designing the Mirra chair for the environment were in the increased use of recyclable parts and increased ease of disassembly, while the areas of greatest challenge were increasing the recycled content of parts and using materials with a green chemistry composition. The success in recyclability reflects the availability of products made from materials that have an established recycling infrastructure. The success in disassembly reflects the high degree of control that Herman Miller has over how the product is assembled. The challenge to increased recycled content is the use of plastics in chairs. Unlike the metals, which all contain some recycled content, most plastics are made from virgin polymers. The challenge to improved materials chemistry is the limited range of green chemicals and materials on the market.

The Mirra chair example illustrates both the value of incorporating environment into the design process and the need for tools to benchmark progress, as well as the challenges of creating a truly cradle to cradle product. As successful as the Mirra chair was in terms of employing cradle to cradle design principles, it is not yet an ideal cradle to cradle product where all materials have been optimized to be either biological or technical nutrients. Herman Miller recognizes that working towards cradle to cradle products is a journey that will involve continuous improvement of its products.

In their 2002 book, *Cradle to Cradle*, architect William McDonough and chemist Michael Braungart issued a challenge to manufacturers to change how they design products and to make them truly compatible with ecological systems. For McDonough and Braungart, it is not sufficient to make products that are merely “less bad” products—i.e., products (and processes to create products) that make incremental steps toward reduced toxic or solid waste generation, energy use, or ecological impacts—because such products are still unhealthy for ecological systems. To move from less bad to cradle-to-cradle products requires (for McDonough and Braungart) making products from biological and technical nutrients. “Biological nutrients” are safe and healthy materials that create food for natural systems across their life cycle. “Technical nutrients” are materials or products that can be continuously and safely recycled into new materials or products (McDonough and Braungart, 2002).

It was through dialogue with William McDonough in the 1990s that the office furniture manufacturer Herman Miller decided to establish a Design for Environment (DfE) program to meet the cradle-to-cradle challenge. Herman Miller’s decision emerged from a corporate culture that has nourished environmental stewardship. Back in the 1950s, then CEO D.J. De Pree stated that Herman Miller would “be a good corporate neighbor by being a good steward of the environment.” That environmental awareness led the firm to construct green buildings that fit into their community in the 1970s and to establish a comprehensive corporate-wide environmental program in the 1980s. By the 1990s, Herman Miller had received a Pioneer Award from the U.S. Green Building Council for its energy efficiency and site design features in its GreenHouse—a combined manufacturing plant and office space built in collaboration with McDonough.

In agreeing to develop cradle-to-cradle products, Herman Miller made a decision that would affect its product development process and the tools it uses for analyzing environmental performance. This paper examines how Herman Miller is implementing the cradle-to-cradle system through the example of one of its products, as well as the challenges confronted and lessons learned as the company works toward the design and manufacture of cradle-to-cradle products.

1 Setting the Context

The cradle-to-cradle system is an example of a “goal-driven” approach to addressing environmental problems: establish the goals to be achieved, then develop the tools and metrics needed to measure progress and help achieve the goals. McDonough and Braungart have established the goal—cradle-to-cradle products made entirely from a combination of biological and technical nutrients—and through their firm (McDonough Braungart Design Chemistry or MBDC) and collaborations with companies like Herman Miller, have developed the tools needed for evaluating progress toward cradle-to-cradle products.

The value of a goal-driven approach for addressing environmental problems is that it guides behavior to specified ends, and it shapes the development of the tools that are needed to evaluate progress toward those ends. A good example of the goal-driven approach is the approach taken by Sweden, which in 1999 established 15 national environmental objectives and subsequently defined intermediate benchmarks to be achieved within one generation. Among the 15 objectives is achieving a non-toxic environment. “The environment must be

free from manmade or extracted compounds and metals that represent a threat to human health or biological diversity” (Swedish Environmental Objectives Council, 2004). To help achieve this goal, the Swedish Chemicals Inspectorate created a web-based tool - PRIO - for evaluating the hazards associated with chemicals (Swedish Chemicals Inspectorate, 2006).

Life cycle assessment (LCA) is an example of a “tool-driven” approach to addressing environmental problems: use a tool to evaluate the environmental performance of a product or products, then make improvements to the product (for example, see Graedel, 2000) or make a product selection based on the conclusions the tool generates (e.g., see NIST BEES software). The value of a tool-driven approach like LCA is that it informs ignorance—provides information and data where before there was little to none—and provides data about the relative environmental performance of products.

The danger of a tool-driven approach is that it comes to define the goals, or worse yet, the goals for using the tool are intentionally hidden. LCAs, for example, have a history of being used in support of and in opposition to specific product types by those with vested economic interests—e.g., the disposable v. reusable diaper wars of the 1990s. In such cases the stated goal of the LCA is to evaluate the environmental performance of the products, but the actual goal is to make the product of the funder of the LCA look environmentally preferable. For example, see: Franklin Associates’ LCAs (1990, 1992) funded by those with vested economic interests in disposable diapers—American Paper Institute and Diaper Manufacturers Group; Arthur D. Little’s LCA (1990) funded by Proctor & Gamble; and Lehrburger, et al.’s LCA (1991), funded by The National Association of Diaper Services. In all of these LCAs, the findings of the authors supported the market interests of the funders.

The diaper-LCA wars illustrate the fundamental dangers of tool-driven approaches: they shift the debate to the tool, the assumptions made, the data used, the boundaries drawn, etc., rather than to the goals that are aspired to and how they will be attained. For example, in the case of diapers, a goal-driven approach would first define the goal—e.g., design and manufacture an ecologically healthy product for handling the bodily wastes of infants, toddlers, and incontinent adults—then would select the tools most appropriate to evaluating progress toward the goal. A goal-driven approach shifts the first order question to what is desired rather than to what is the tool.

Goal-driven approaches still need tools, the difference is they are designed to be in service of the goals. Similar to any analytic tool, a host of decisions still needs to be made in a tool designed to meet goals, and these decisions will affect outcomes—i.e., how far along the path to the goal a product is. Decision-making rules, assumptions, and algorithms all need to be transparent, otherwise the tool will become vulnerable to vested economic interests.

In agreeing to strive toward cradle-to-cradle products, Herman Miller needed tools to assess progress towards this ideal. Similar to other organizations implementing DfE programs, Herman Miller did not turn to quantitative LCA as its analytical tool. The need for other tools besides LCA in DfE has been remarked upon by others (Hoffman, 1997; Sheng and Worhach, 1998; Bauer and Sheng, 2000), who have noted the limitations of LCAs in the design context—especially in the early design stages when the design process is fluid and the “size, material composition, and construction is not known” (Hoffman, 1997). Another limitation with LCAs in the design context is the lack of the fine-grained analysis needed by the manufacturer. For example, Sheng and Worhach (1998) note the dependence of LCA’s on historical data and the aggregation of data on an industry-wide rather than site-specific level, neither of which meets the needs of designers. Finally, since LCA conclusions are often heavily influenced by impacts from energy because of superior data quality in this area and the reality that for some products, such as windows and automobiles, energy consumption over the life of the product does represent the most significant impact, they

slant action to addressing energy concerns while downplaying the importance of addressing toxicity, design for disassembly, and design for recyclability (for example, see Stevels, et al., 1999; Boustead, 1999).

Product development companies such as Herman Miller need an approach that can keep pace with the rapid pace required to bring new products to the marketplace. Instead of using LCA, Herman Miller worked with McDonough Braungart Design Chemistry (MBDC) to develop the DfE product assessment tool, which evaluates the extent to which a product is truly a cradle to cradle product—i.e., made from 100% biological and/or technical nutrients. To assess the extent to which a product is made from biological and technical nutrients requires answering the following questions: Are the products using inputs—chemicals and materials—that are safe and healthy for humans and the environment? What is the recycled content of a material? Can the material be recycled into another product of similar quality at the end of its useful life? Can the material be easily disassembled from the product?

LCAs are not designed to answer these questions. For example, LCAs do not evaluate the inherent hazards of a chemical or the chemical composition of a material. Instead LCAs are an attempt to systematically catalogue the impacts for every processing step, from raw material extraction through product disposal. The effects of material consumption and emissions are aggregated in impact categories that are weighted in terms of importance. While well-designed LCAs can be used to successfully compare materials and products, they do not meet the needs of a product development organization striving to create safe products where the materials of construction can be used in closed-loop cycles.

Concerns with the inherent toxicity of chemicals and the materials that contain them are on the rise, especially in the buildings sector. For example, in 2000, one cover story in *Business Week* was, "Is Your Office Killing You?", where the authors highlighted that "The modern office is home to as many as 350 different volatile organic chemicals released by building materials, furnishings, and office equipment" (Conlin and Carey, 2000). Similarly, studies of households have found that the dust contains a soup of toxic chemicals, including phthalates, brominated flame retardants, alkylphenols, organotins, and perfluorinated compounds (for example, see Betts, 2003; and Costner, et al., 2005). These findings are helping to grow demand for the use of healthy materials in the interior furnishings sector.

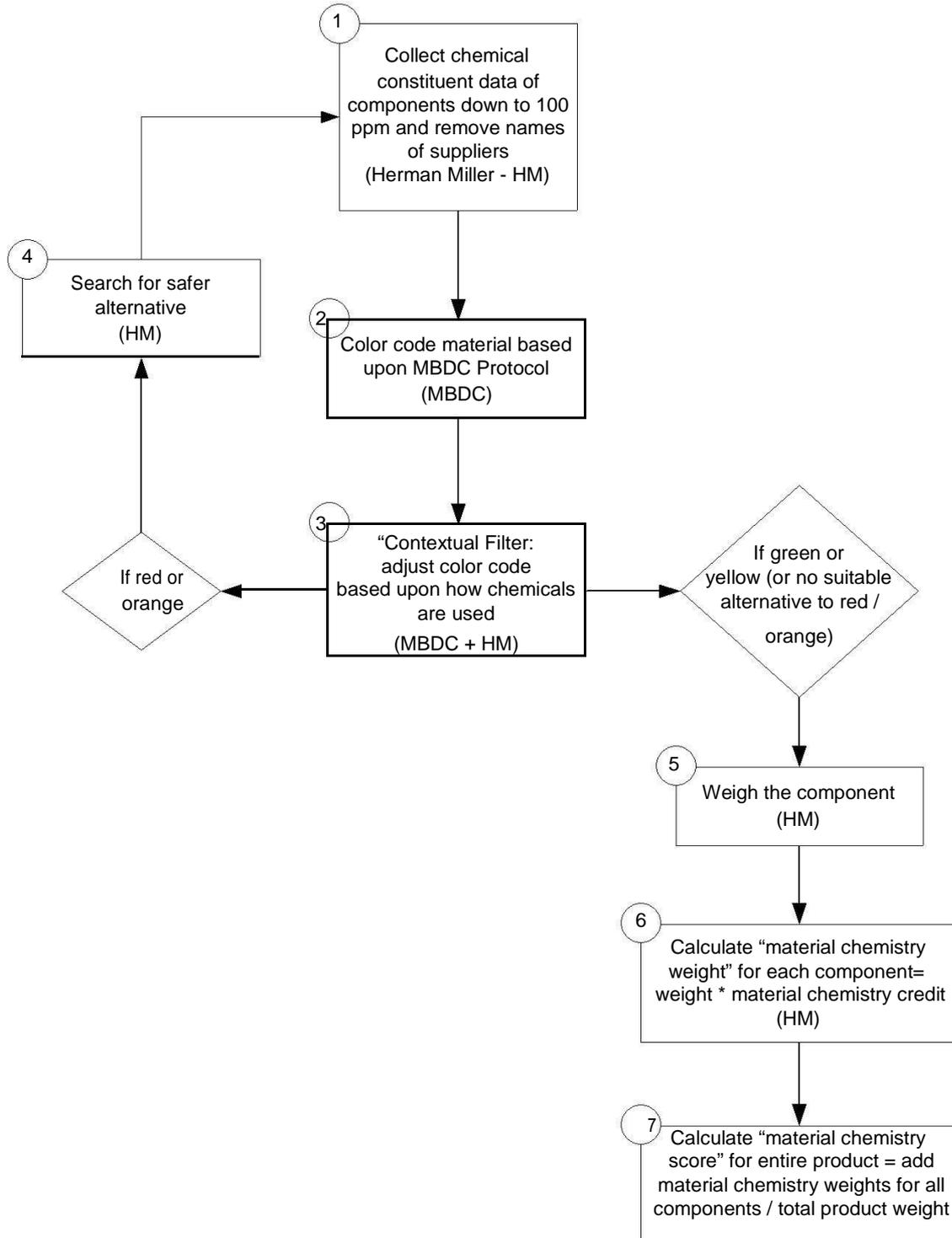
2 Evaluating Progress toward Cradle-to-Cradle Products: the DfE Product Assessment Tool and the Mirra Chair

The first product Herman Miller ran through the DfE product assessment tool from design to production was the Mirra chair (see Photo 1). Over the course of the chair's development the DfE process generated a number of design changes, including: selecting a completely different material for the chair's spine (a critical element in the chair's design), increasing recycled content in a number of components, eliminating all PVC components, and designing the chair for rapid disassembly using common tools.

2.1 Moving to Biological Nutrients: MBDC's Materials Assessment Protocol

To evaluate the extent to which a product is manufactured using safe nutrients, Herman Miller works with MBDC to calculate a "material chemistry score" for the product. Figure 1 illustrates the eight key stages involved in calculating a product's material chemistry score.

Figure 1. Herman Miller Material Chemistry Evaluation Process



In the first stage Herman Miller asks its suppliers for the chemical constituents, down to 100 parts per million (ppm), of all of the components that are planned for use in a product from its suppliers. For the Mirra chair, this meant collecting data on 180 different components that are constructed largely from four material types: steel, plastic, aluminum, and foam. By weight, the material proportions of the chair are: steel - 56%, plastics - 29%, aluminum - 12%, foam - 2%, and other - 1%. Among "other" are the powder coatings used to coat steel and aluminum components.

Identifying the chemical constituents of other materials—such as plastics, colorants and coating finishes—proved to be far more difficult. Constituents and formulations vary across the petrochemical supply chain. In addition, there are no industry standards as with metals, and the manufacturers consider their formulations proprietary.

Initial attempts to gather the data by emailing and faxing forms to suppliers failed: the suppliers did not respond with chemical constituent data of their products. It quickly became apparent that a much different approach would be required to gather this data: Herman Miller needed to develop closer relationships with its material suppliers. To gather the data, Herman Miller's DfE team Photo 1.1 scheduled face-to-face meetings with over 200 members of its supply chain. After these face-to-face meetings where Herman Miller explained

the purpose of the data collection, how the data would be used, and that future business was contingent upon providing the data, nearly all the suppliers furnished data on chemical constituents after non-disclosure agreements were signed. To alleviate supplier concerns with confidential business information (CBI), Herman Miller assigned a chemical engineer to be the sole proprietor of the CBI data.

Herman Miller's preference is to work within its established supply chain and invests heavily into the education of suppliers about the goals and requirements of the DfE program. Supplier support of these goals is crucial. The usual interaction between the DfE team and a supplier is: 1) introduce DfE program and metrics; 2) explain purpose of material assessment process; 3) guide supplier through the material inventory process; 4) provide feedback about assessed material; 5) work with supplier to find substitute inputs or, if necessary, a new material; and 6) if supplier refuses to provide data or is unable to make needed formulation changes, seek an alternative supplier. In the course of designing the Mirra, a supplier did refuse to disclose the additives used to manufacture its polypropylene plastic. Herman Miller selected another supplier who was willing to share its data.

Upon receiving the chemical constituent data, it is entered into Herman Miller's database and the formulation information is sent to MBDC—excluding supplier and product trade name—for assessment. The Mirra's components involved 40 different materials constituted from 200 different chemicals.



Mirra Chair

In stage two, MBDC uses its materials assessment protocol—based upon a hazard assessment of each of the chemical constituents used to manufacture the material—to classify each material into one of four categories: green (little to no hazard), yellow (low to moderate hazard), orange (incomplete data), and red (high hazard) (McDonough, et al, 2003). For each chemical constituent in a material, MBDC assesses its hazard profile on the basis of the human health and ecological endpoints listed in Table 1 and assigns a color ranking for that chemical. Then MBDC assesses all the chemical constituents of a material and assigns a color ranking for that material.

The method MBDC uses to rate a chemical as red, yellow, orange, or green—and then to aggregate these color ratings into a single color rating for a material—is not available to the public. Herman Miller, which has been made privy to the details of the material assessment protocol, is comfortable with the integrity of the protocol. Yet the fact that the material chemistry ranking system has not been independently verified remains an issue of concern to MBDC, which plans to have the method independently reviewed.

Table 1. Human and Ecological Health Endpoints included in MBDC's Materials Assessment Protocol (McDonough, et al, 2003)

Human Health Endpoints	Ecological Health Endpoints
Carcinogenicity	Algae toxicity
Teratogenicity	Bioaccumulation
Reproductive toxicity	Climatic relevance
Mutagenicity	Content of halogenated organic compounds
Endocrine disruption	Daphnia toxicity
Acute toxicity	Fish toxicity
Chronic toxicity	Heavy metal content
Irritation of skin/mucous membranes	Persistence/biodegradation
Sensitization	Other (water danger list, toxicity to soil organisms, etc.)
Other relevant data (e.g., skin penetration potential, flammability, etc.)	

In stage three, MBDC evaluates how Herman Miller uses the materials and decides whether to adjust the rating downward, e.g., from red to yellow, because of minimal exposure concerns. As part of this process, MBDC employs a “contextual filter” that evaluates an identified hazard within the context of its actual use. For example, carbon black if evaluated by itself would be red: carbon black is a known carcinogen when the fine particles are inhaled - a mechanical route of exposure. However, if carbon black is used in a polymer where it is bound during its use and recycling phases, the assessment would change to yellow. Further details on the contextual filter method are not publicly available at this time.

In stage four, Herman Miller searches for alternatives to materials that were rated as red or orange by MBDC. Herman Miller’s goal for the Mirra chair and all new product launches is to use materials that rank yellow or better—i.e., no red or orange. The target “red” materials and chemicals include brominated flame retardants (BFRs), hexavalent chromium plating, and polyvinyl chloride (PVC) plastic. All of these materials are manufactured with or contain chemicals that are persistent, bioaccumulative, and/or

chronic toxicants.

Polyurethane foam containing BFRs were eliminated when the design team decided not to use traditional foam materials for seat and back support (see photo 2 for absence of cushions among the Mirra parts). Interestingly, environmental concerns were not the motivating force behind eliminating the foam cushions. Rather the motivation was to provide aeration for thermal comfort that led to the development of the Airweave™ suspension fabric and the TriFlex™ polymer back. These materials provide greater comfort than polyurethane foam while improving chair performance. The elimination of foam cushions exemplifies how product and environmental performance can be simultaneously enhanced through innovative design choices.

In 2001, Herman Miller made an organizational commitment to phase out the use of PVC plastic in new product launches. According to MBDC's material protocol, PVC is considered to be an ecologically inappropriate material because of its organochlorine content, its use and generation of chronic toxicants in manufacturing (including the known carcinogens vinyl chloride monomer and dioxins), and its generation of dioxins and furans when burned (including in incinerators) (for example, see Thornton, 2000; and for MBDC's position see Ewell, 2005). Other factors motivating Herman Miller's decision to phase out PVC use are customer demand for PVC-free products and shareholder opposition to PVC use.

Eliminating the possible use of PVC in the Mirra proved to be a significant challenge. During the design process PVC was included as an engineering option for the armpad skin and jacketed cables. Task chairs, for example, typically contain PVC jacketed cables. In the Mirra, these were replaced at no additional cost with nylon jacketed cables. Armpad skins, however, were more of a challenge. PVC is the plastic commonly used to cover the foam padding used on armrests. In addition the tooling for the armpads had already been designed and cut for PVC.

The challenge to the DfE team was to quickly find a suitable alternative to PVC armrest skins. While armrests may seem like trivial components on a task chair, the actual performance requirements are substantial. They include: abrasion resistance, tear resistance, UV stability, and most importantly comfort. Abrasion resistance and comfort were the key barriers to finding suitable alternatives. The list of options included styrenic-based elastomers including SEBS copolymers (styrene ethylene butadiene styrene) and thermoplastic polyolefins (TPOs). Neither SEBS copolymers nor TPOs could provide the abrasion resistance required. In addition, the TPO alternatives were too tacky. All of the alternatives were more expensive than PVC.

As the Mirra moved closer to launch date, no alternative material had been found to PVC armpad skins. The pressure was on the DfE team to find a suitable alternative. The purchasing team wanted to stay with PVC because it was a known entity on performance and cost. The product team argued to launch with PVC, then develop an alternative. Yet the DfE team knew that changing design after product launch would be difficult: engineering resources for evaluating alternatives would be reallocated to new projects and the cost baseline would be established using PVC.

Finally the DfE team settled upon thermoplastic urethanes (TPUs), which met or exceeded all the performance measures but at a slightly higher cost than PVC. Senior management decided that the correct business decision, considering environment and economy, was to eliminate PVC from the Mirra chair. The higher costs of the TPU armpads were offset by other material and design choices that lowered the total cost of the chair (discussed below).

In stages five through seven, Herman Miller calculates a single material chemistry score for all of its products by:

- Identifying the weight of each component (stage five).
- Multiplying the component's weight by its material chemistry assessment color code, which is translated into a percent -- Green = 100%, Yellow = 50%, Orange = 25%, and Red = 0% (stage six).
- Adding up the material chemistry weight of each product and dividing by the total weight of the product to calculate a final material chemistry score for the entire product (stage seven).

Table 2 details how the material chemistry score is calculated for Fictional Product ECO Chair.

Table 2. Material Chemistry Calculation for Fictional Product ECO Chair

CHA-1234		ECO Chair							
Bill of Material						Material Chemistry			
Part #	Qty	Description	Material - Print	Supplier	Wt (g)	Rating	Wt Credit (%)	Wt Credit (g)	Final Score
123456-BK	1	FRAME, SEAT	16 Ga. 1008-1010 Steel	Frame Inc.	2,500	Yellow	50%	1250	
123457	1	PAN - SEAT	20% GF Polypropylene	Molders Plus	600	Yellow	50%	300	
123458	4	FASTENER - PU	Sintered Metal	Fastener Land	42	Green	100%	42	
123460	4	BUMPER	Super Rubber	Importers R'Us	26	Orange	25%	6.5	
123461	4	CONNECTOR CLIP	Nylon 6/6	Molders Plus	26	Yellow	50%	13	
123464	2	ARM ASSY, RH & LH	380 Aluminum	Importers R'Us	404	Orange	25%	101	
123468	2	O-RING	Silicone Rubber Fill	Importers R'Us	1	Red	0%	0	
					3,599			1,713	47.6%

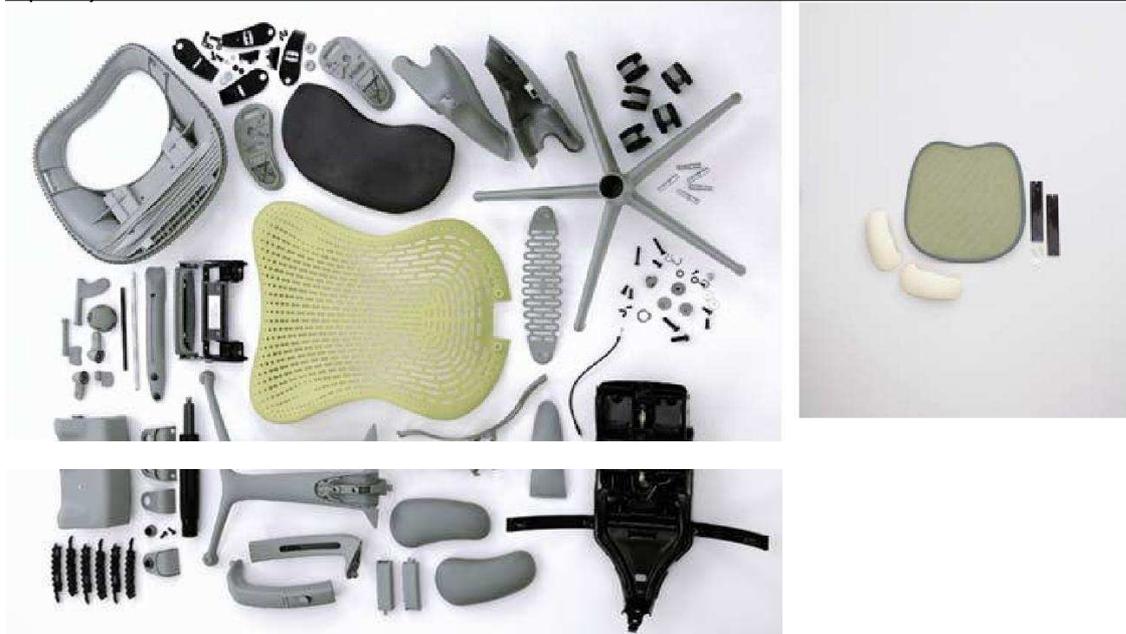
Over the course of its development, the Mirra's final material chemistry score increased from 47% to 69% in the final chair. A key change improving the material chemistry was eliminating the PVC products. The color code breakdown of materials by weight in the Mirra is: Yellow = 53%; and Green = 47%. The green materials in Mirra include certain grades of steel and aluminum.

2.2 Disassembly

Herman Miller evaluates the ease of disassembling products based upon four questions:

1. Can the component be separated as a homogeneous material, with no other materials attached? Mixed materials, if inseparable, have little to no value in recycling programs. The goal is for disassembly to create individual components that may have value when recycled.
2. Can the component be disassembled using common tools -- screwdriver, hammer, and a pair of pliers? The goal is for the chairs to be easily disassembled anywhere in the world.
3. Does it take less than 30 seconds for one person to disassemble the component? The product development team disassembled many products and concluded that any component that takes greater than 30 seconds to remove is too long.
4. Is the material identifiable and marked? If parts are not marked, then disassemblers will not know which recycling bin to place them in.

Photo 2. Mirra Parts. Left Photo: recyclable parts, 96% by weight. Right Photo: non-recyclable parts (4% by weight) -- mixed plastic arm pads (white parts), seat pan, and leaf springs (black parts)



Each component receives a disassembly score of either 100% -- if all four answers are "yes" -- or 0% -- if one or more answer is "no." The disassembly score for each component is multiplied by the weight of the component to achieve a disassembly weight for each component. The final disassembly score is the ratio of the total disassembly weight to the total weight of the chair. Table 3 illustrates how the disassembly score is calculated for a fictional product.

Herman Miller’s disassembly goal for all new product launches is 100%. The Mirra came close. Over the course of developing the Mirra, the chair’s disassembly score increased from 40% to 93% in the final chair. Many features were added to enhance disassembling ease of the Mirra. Photo 2 presents all the components disassembled from the Mirra chair. The foam used in the armpads and the suspension seat cannot be recycled because they contain multiple materials that are not easily separated.

The easiest change to make was labeling the parts for material content (Question #4). When material labeling is specified in the design phase, there is no additional upfront cost to Herman Miller. Herman Miller uses the American Society for Testing Materials’ standards for labeling components.

Based upon the experiences of the product team in disassembling products, changes were made to ease and quicken the disassembly rate. For example, armpads, which are typically stapled to a rigid plastic substrate, were designed to slip on and off with no need for any mechanical attachments. The result in comparison to the typical task chair is dramatic. It takes less than 15 minutes to disassemble the Mirra, whereas it takes up to 60 minutes to completely disassemble an Equa® task chair.

Table 3. Disassembly Assessment for Fictional Product ECO Chair

CHA-1234		ECO Chair										
Bill of Material						Disassembly Assessment				Disassembly Score		
Part #	Qty	Description	Material - Print	Supplier	Wt (g)	#1	#2	#3	#4	Wt Credit (%)	Wt (g)	Final Score
123456-BK	1	FRAME, SEAT	16 Ga. 1008-1010 Steel	Frame Inc.	2,500	Yes	Yes	Yes	Yes	100%	2,500	
123457	1	PAN - SEAT	20% GF Polypropylene	Molders Plus	600	No	Yes	Yes	Yes	0%	0	
123458	4	FASTENER - PU	Sintered Metal	Fastener Land	42	Yes	Yes	Yes	Yes	100%	42	
123460	4	BUMPER	Super Rubber	Importers R'Us	26	Yes	Yes	Yes	Yes	100%	26	
123461	4	CONNECTOR CLIP	Nylon 6/6	Molders Plus	26	Yes	Yes	Yes	No	0%	0	
123464	2	ARM ASSY, RH & LH	380 Aluminum	Importers R'Us	404	Yes	Yes	Yes	No	0%	0	
123468	2	O-RING	Silicone Rubber Fill	Importers R'Us	1	Yes	Yes	Yes	No	0%	0	
					3,599						2,568	71.4%

2.3 Recyclability + Recycled/Renewable Content

Ideally, at the end of their useful life in the chair, the components of Mirra can either be recycled over and over again into the same component or composted into healthy, non-hazardous biological nutrients for soil. Herman Miller evaluates the recyclability/compostability of a component based upon three criteria:

1. Material is a technical or biological nutrient and can be recycled (or composted) within an existing commercial collection and recycling infrastructure? If yes, the component receives a score of 100%.

2. Can the component be down-recycled (recycled but into a lesser value product) and does a commercial recycling infrastructure exist to collect and recycle it? If yes, the component receives a score of 50%.
3. Is there no recycling potential or infrastructure for the product? If yes, the component receives a score of 0%.

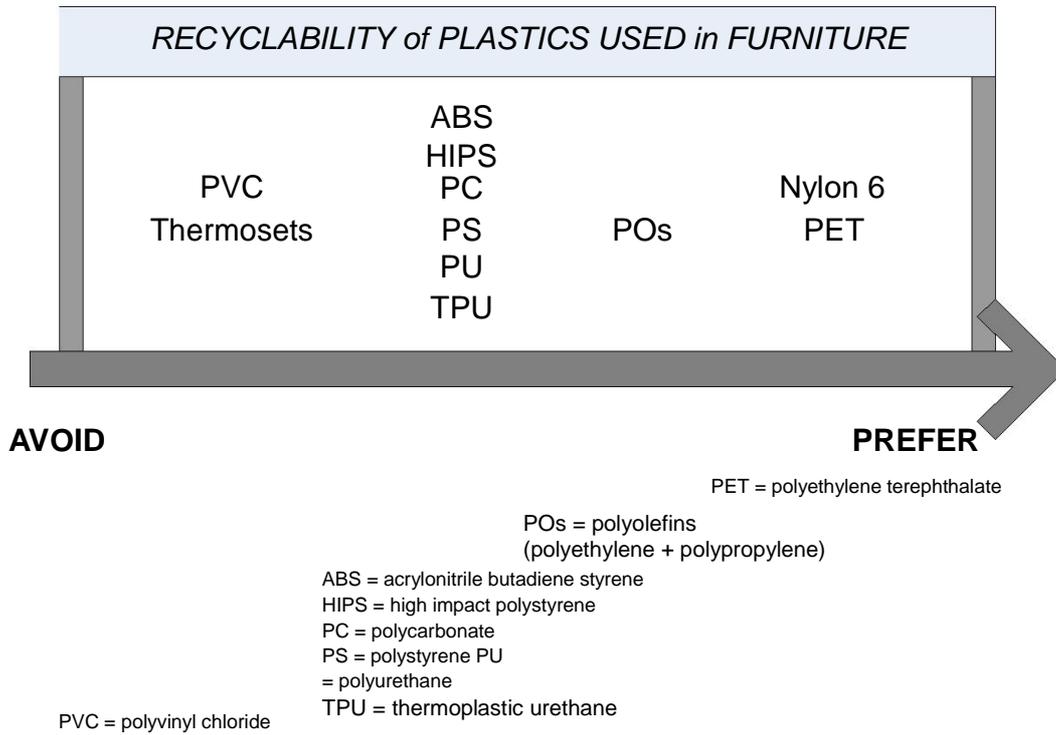
The recyclability score for each component is calculated by multiplying the recyclability percentage by the weight of the component. The final recyclability score is the ratio of the total recyclability weight to the total weight of the chair (see Table 4 below). Herman Miller's goal for all products is to attain a recyclability ranking of 75%.

Recyclability is of particular concern for plastics, which are more difficult to recycle than the metals with their well-established recycling infrastructure. Among the plastics commonly used in furniture products:

- Nylon 6 and PET (polyethylene terephthalate) can be depolymerized, thus theoretically making it possible to close-loop recycle. There is a well-established recycling infrastructure for PET bottle recycling which can be built upon for engineering-grade PET materials.
- The polyolefins -- polyethylene (PE) and polypropylene (PP) -- can be downcycled and a well-established recycling infrastructure exists for high density PE (HDPE).
- The styrenic polymers -- acrylonitrile butadiene styrene (ABS), high impact polystyrene (HIPS), and polystyrene (PS) -- and polycarbonate (PC) can all be recycled, although the recycling infrastructure is not well-developed.
- PU, which is used in the Mirra armrests, lacks a well-developed recycling infrastructure, although it is a recyclable material.
- Polyvinyl chloride (PVC) has a minimal recycling infrastructure and is difficult to recycle into new products. But of greater concern for the recycling industry is that PVC is the primary contaminant in the PET recycling process. If PVC is mixed into PET during re-processing it can form acids that degrade the physical and chemical structure of PET, causing it to become brittle and yellow and lowering the value of the recycled PET (California Integrated Waste Management Board, 2003; and CWC, 1997).
- Thermoset plastics are not recyclable.

The non-recyclable materials include a leaf spring made from a fiberglass-like composite and the pellicle-fiber seat, which is made from three different plastic fibers. Figure 2 illustrates the plastics recycling spectrum that has emerged at Herman Miller.

Figure 2. Herman Miller Assessment of the Recyclability of Plastics



Over the course of developing the Mirra, the chair’s recyclability score increased from 75% to 96%. Photo 2 shows which parts of the Mirra are and are not recyclable. An important change made during the development of the chair to increase its recyclability was a change in the Y-spine design. Originally designed from steel over-molded with a thin layer of plastic, which could not be recycled and certainly could not be disassembled (disassembling plastic coating from steel in less than 30 seconds is impossible), the DfE team challenged the engineer to create a sustainable component. The result is a truly innovative solution. The Mirra Y-spine is constructed from two components made from 100% nylon, which is easily recycled and is less costly than the original steel design. In addition, Herman Miller created intellectual capital as well, since the design resulted in patentable technology that can be leveraged into new products.

The non-recyclable materials include a leaf spring made from a pultruded thermoset composite, the AirWeave seat, which is made from three different plastic fibers, and the foam arm pads -- which are a combination of PU foam permanently affixed to a plastic substrate.

The method for scoring recycled/renewable content is straightforward: the percent weight of a component made from recycled or renewable content equals the recycled/renewable content score for that component. The recycled/renewable content score is multiplied by the weight of the component to achieve a recycled/renewable weight for each component. The final recycled/renewable score is the ratio of the total recycled/renewable weight to the total weight of the chair. Table 5 demonstrates how both the recycled/renewable content score, and the combined score for recyclability and recycled/renewable content are calculated. The combined “recyclability and recycled/renewable content score” is a weighted average of recyclability (75% of the recyclability weight credit) and recycled/renewable content (25% of the recycled/renewable weight credit).

Table 4. Recyclability + Recycled/Renewable Content Assessment for Fictional Product

CHA-1234		ECO Chair											
Bill of Material						Recyclability			Recycled / Renewable Content			Recyclability + Rec./Ren. Content Score	
Part #	Qty	Description	Material - Print	Supplier	Wt (g)	Wt Credit (%)	Wt (g)	Final Score	Wt Credit (%)	Wt (g)	Final Score	Wt'd Ave. (g)	Final Score
123456-BK	1	FRAME, SEAT	16 Ga. 1008-1010 Steel	Frame Inc.	2,500	100%	2,500		28%	700		2050	
123457	1	PAN - SEAT	20% GF Polypropylene	Molders Plus	600	50%	300		0%	0		225	
123458	4	FASTENER - PU	Sintered Metal	Fastener Land	42	100%	42		20%	8.4		33.6	
123460	4	BUMPER	Super Rubber	Importers R'Us	26	0%	0		0%	0		0	
123461	4	CONNECTOR CLIP	Nylon 6/6	Molders Plus	26	100%	26		0%	0		19.5	
123464	2	ARM ASSY, RH & LH	380 Aluminum	Importers R'Us	404	50%	202		0%	0		151.5	
123468	2	O-RING	Silicone Rubber Fill	Importers R'Us	1	0%	0		0%	0		0	

					3,599		3,070	85%		708	20%	2,967	69%
--	--	--	--	--	-------	--	-------	-----	--	-----	-----	-------	-----

Today, Herman Miller does not distinguish between post-industrial and post-consumer recycled content in calculating the recycled content score, although data for both types of recycled content are collected. The corporate-wide goal for new product launches is 50%. The Mirra almost attained that goal, with a recycled content level of 42%.

Herman Miller is working with its suppliers to maximize recycled content in its steel and aluminum products. For example, the tilt mechanism in the Mirra was originally coated with virgin steel. Herman Miller changed the coating to recycled content at no additional cost.

2.4 Calculating a Product's DfE Score

The DfE Product Assessment Tool calculates a single DfE score for each product. To derive this score Herman Miller:

- Calculates a final DfE score for each part in the product. The DfE score for each part is determined by the scores received in each of the three assessment categories: material chemistry, disassembly, and recyclability-recycled/renewable content. These scores are summed and divided by the total potential DfE weight of the part to create a final DfE score for each product:

$$\frac{\frac{1}{3} \text{ Material Chemistry Score (g)} + \frac{1}{3} \text{ Disassembly Score (g)} + \frac{1}{3} \text{ Recyclability-Recycled/Renewable Content Score (g)}}{\text{Total Potential Weight (g)}} = \text{Final DfE Score for each part}$$

Thus the highest potential score of 100% requires a part receiving its full weight for each of the three assessment categories.

- Weighs each of the three assessment categories equally: material chemistry, disassembly, and recyclability-recycled/renewable content. Within the last category, recyclability of materials carries a higher weight than recycled/renewable content.
- Adds the DfE weights for all the parts divided by the "total potential DfE weight" of the parts to calculate the final DfE score for the product, e.g., the Mirra chair.

Table 5 details the calculation process for Fictional Product ECO Chair. Included in Table 1 are the data points collected by the DfE team for each part, including: part description, material content, supplier, and weight. The final DfE score for the fictional product is 62.6% of a possible score of 100%. For the Mirra chair, its final DfE score was 70.6%, which represented a 43% increase in environmental design improvements from the initial design.

All of the data collected in evaluating the DfE performance of the Mirra and other products is incorporated into a database that allows the DfE and product development staff to sort by material or type of production process (e.g., plastics can be injection molded, extruded, blow molded, etc.) for the material chemistry score (human health and ecotoxicity score), recycled/renewable content, and recyclability (Figure 3).

Table 5. Calculating the Final DfE Score for Fictional Product ECO Chair

CHA-1234		ECO Chair						
Bill of Material						DfE Score		
Part #	Qty	Description	Material	Supplier	Wt (g)	DfE Weight: Mat. Chem. + Dis-assembly + Recyclability (g)	Potential DfE Wt	Final Score
123456-BK	1	FRAME, SEAT	16 Ga. 1008-1010 Steel	Frame Inc.	2,500	1933.3	2500	77.3%
123457	1	PAN - SEAT	20% GF Polypropylene	Molders Plus	600	175.0	600	29.2%
123458	4	FASTENER - PU	Sintered Metal	Fastener Land	42	39.2	42	93.3%
123459	4	FASTENER - ST	Spring Steel	Fastener Land	1	0.8	1	76.7%
123460	4	BUMPER	Super Rubber	Importers R'Us	26	10.8	26	41.7%
123461	4	CONNECTOR CLIP	Nylon 6/6	Molders Plus	26	10.8	26	41.7%
123464	2	ARM ASSY, RH & LH	380 Aluminum	Importers R'Us	404	84.2	404	20.8%
123468	2	O-RING	Silicone Rubber Fill	Importers R'Us	1	0.0	1	0.0%
					3,599	2,253.4	3,599	62.6%

Figure 3. Herman Miller Database Inventory



Materials and Mechanical Properties Database

Print Specification: Steel - SAE 1008 Cold Rolled

Info	Property Name	Property Description	Info	Property Name	Property Description
①	HMI Code	E00015	①	HH/EcoTox Score	Green
①	Purchasing Commodity	Steel	①	Green Certification	
①	Purchasing Sub-Commodity	Raw Steel	①	Total Recycle Renewable Content	20%
①	Material Commodity	Steel	①	Post Consumer Recycled Content	0%
①	Material Sub-Commodity	Steel	①	Post Industrial Recycled Content	0%
①	Material Name		①	Renewable Content	0%
①	Material Trade Name	SAE 1008 Cold Rolled	①	Recyclability	100%
①	ASTM Recycling Code		①	Sustainability Certification	
①	Material Distributor		①	Material ID	0000000229
①	Material Manufacturer	Inland Steel			
①	Manufacturer Hyperlink	http://www.inland.com			

Material Comments

Info	Comment Type	Comment Text
①	General	Minor impurities in the steel are Yellow as assessed in the context of material. Overall assessment is Yellow based on the presence of impurities.
①	Typical Use	General grade steel coil.
①	Special Properties	Weldability (spot, projection, butt, and fusion) and brazeability are excellent. Applications include extruded, cold headed, cold upset, and cold pressed parts and forms.
①	Recycled Content Notes	Industry average.
①	Recyclability Notes	Steel is a technical nutrient.

3 Assessment and Next Steps

The impacts of implementing the DfE program with the Mirra chair were largely positive. While there was a slight cost increase in moving from a PVC to TPU armrest, this was offset by the decrease in moving from a steel-coated to a nylon Y-spine. By incorporating environmental considerations into the earliest stages of design as possible, Herman Miller is minimizing the costs of internal change, while also minimizing the life cycle impacts of a chair. The firm is also creating a market advantage for its new product by coupling high environmental performance with high product performance.

A strength of the DfE product assessment tool is it facilitates making relatively rapid, yet disciplined and scientifically sound decisions. Time is always a constraint in the product development process. Product development teams need quick access to quality, especially when altering materials midway through the process.

The DfE method did alter Herman Miller’s design process. Learning for the first time how to incorporate environmental quality into product design required extra time on the part of the product design teams. However, the additional time needed to incorporate DfE into products is expected to decline as the engineers become familiar with the process. There were also unanticipated benefits from using the DfE product assessment tool, as have already been mentioned with the spine example (see Table 6 for a summary of the impacts of implementing DfE on the Mirra chair).

Table 6. Summary of Impacts of Implementing DfE on the Mirra Chair

Factors	Impact
Quality	No Impact ↔
Time to Market	No Impact ↔
Engineering	Slight Increase ↑
Material Costs	Increases and Decreases ↓↑
Market Features	Increased Functionality ↑

The Mirra chair example illustrates both the value of incorporating environment into the design process and the need for tools to benchmark progress, as well as the challenges of creating a truly cradle-to-cradle product. As successful as the Mirra chair was in terms of employing cradle to cradle design principles, it is not yet an ideal cradle-to-cradle product where all materials have been optimized to be either biological or technical nutrients. This reflects the reality that creating cradle-to-cradle products is truly a stretch goal—it will take years to attain, and for some complex products, like chairs, it will be more difficult to attain than for products with simpler constructions, like fabrics. More importantly, there is a serious dearth of ecologically intelligent materials which are available in the market, making material selection options even more difficult and constrained.

Based on the DfE product assessment tool, which creates a scale of 0-100%, with 100% being a truly cradle-to-cradle product, the Mirra chair achieved a score of 71%. The areas of greatest success were in the use of recyclable parts (96% of the parts by weight are recyclable) and ease of disassembly (93% of the product by weight can be readily disassembled). The areas of greatest challenge were in the use of recycled content (42% pre- and post-consumer recycled content by weight) and the use of material with a green chemistry composition (the chair has 69% green chemistry composition).

The success in recyclability reflects the availability of products made from materials that have an established recycling infrastructure. The success in disassembly reflects the high degree of control that Herman Miller has over how the product is assembled. The design team increased its disassembly score from 40% to 93% over the course of product development by making assembly adjustments such as moving from adhered and stapled covers to slip on/off covers.

The challenge to increased recycled content is the use of plastics in chairs. Unlike the metals, which all contain some recycled content, most plastics are made from virgin polymers. Additionally most post-consumer recycled plastics do not meet the performance specifications of virgin plastics.

The challenge to improved materials chemistry is the limited range of green chemicals and materials on the market. Very few chemicals have been designed to meet the second of 12 Principles of Green Chemistry: "to be fully effective, yet have little or no toxicity" (see Anastas and Warner, 1998). The result is the majority of the commodity chemicals and materials on the market are likely to be inherently hazardous for at least one endpoint (e.g., carcinogenicity).

The greatest weaknesses to the DfE product assessment tool are the lack of any transparency and independent validation of the method, and in the case of specific products, the lack of independent verification of the claims. Many questions surround the evaluation methods ranging from the criteria used to categorize materials into the different color codes (red, orange, yellow, or green) to how the term "recycling infrastructure" is defined. Similarly none of the claims of the Mirra chair have been independently verified, ranging from disassembly in 15 minutes to material chemistry containing 47% green material chemistry by weight.

The independent verification of claims for any given product for material chemistry is in fact impossible because of the non-disclosure agreements signed by Herman Miller with its suppliers. Herein lays a dilemma between needs for broader transparency with customers and the public and Herman Miller's need for accurate and reliable chemical composition data of materials. In the short-term there is no quick fix to this dilemma. In the long-term suppliers may become more public about their chemical formulations (in a manner similar to ingredient labels on food products) if there is a concerted set of demands by their major customers.

In terms of progress towards more sustainable products, both the Herman Miller and MBDC staff have seen marked improvements in this area at Herman Miller. The difficulty is how to market these achievements to Herman Miller customers. Herman Miller currently relies upon customer recognition of the firm's long history of environmental stewardship, reinforced by MBDC's reputation in the marketplace for trying to change material selection and product design criteria.

As part of its next steps, Herman Miller has committed to using the cradle-to-cradle protocol for all future products as well as re-examining existing products. In addition, President and CEO Brian Walker has established a 2010 DfE goal that 50% of all sales must come from products that have passed through the cradle-to-cradle protocol. Among the goals that products must achieve to pass the protocol are:

- Develop a "YELLOW" or better palette for major commodities.
- Eliminate "RED" materials.
- Design for disassembly.
- Maximize recycled content and recyclability.

- Incorporate energy concerns into material selection.
- Eliminate PVC for a product set.

As Herman Miller moves forward with its DfE program, it has established a solid foundation for future implementation that includes three key pillars. First, and critical to the initial success of the program has been hiring dedicated, full-time staff who are a resource to the product development teams. These are staff that understand the environmental issues, work in collaboration with MBDC, and are part of the design process. As such, they are part of the product development teams, helping them to evaluate environmental issues. As Lenox, et al. (2000), concluded in its assessment of DfE practices in electronics firms, the "successful firm provided living specialists to assist designers."

Second, they now have a comprehensive database to manage data and to transmit complex information in a simplified presentation to design teams. This is an essential tool for learning organizations who wish to leverage valuable information across many product platforms versus a single project.

Finally, they created solid partnerships with both MBDC and their suppliers. MBDC has brought both a vision of what Herman Miller should aspire to in product design and expertise in how to evaluate progress towards that vision. The suppliers now understand what Herman Miller is trying to achieve, the data that the company demands, and that Herman Miller can be trusted in its handling of proprietary formulation data.

A challenge that Herman Miller and MBDC will confront as they move forward in using the DfE product assessment tool is that the method behind the tool is an unknown to a more critical and interested public. Thus the tool may be subjected to criticism, which may or not be fair, because its workings are not as transparent as the intent of their methodology. Plans for independent validation of the tool need to move forward, otherwise substantiating valid claims of environmental improvement by Herman Miller will not be possible.

As the work on the Mirra chair illustrates, designing products made entirely from a combination of technical and biological nutrients is a challenging path to choose. Yet Herman Miller has committed organizational resources to designing its products to be ecologically healthy and to evaluating the extent to which its products achieve that goal. Creating cradle-to-cradle products is a journey and Herman Miller, with help from MBDC, is learning how to walk down this path.