

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À
L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

COMME EXIGENCE PARTIELLE
À L'OBTENTION DE LA
MAÎTRISE EN GÉNIE DE LA CONSTRUCTION
M. Ing.

PAR
PITRE, Mélanie

GESTION INTÉGRÉE DES MATIÈRES RÉSIDUELLES PROVENANT DE
L'INDUSTRIE DE LA CONSTRUCTION DE BÂTIMENTS

MONTRÉAL, LE 7 JANVIER 2008

*Protéger l'environnement coûte cher.
Ne rien faire coûtera beaucoup plus cher.*

Kofi Annan

CE MÉMOIRE A ÉTÉ ÉVALUÉ

PAR UN JURY COMPOSÉ DE :

M. Daniel Forgues, directeur de mémoire
Département de génie de la construction à l'École de technologie supérieure

M. Gabriel Lefebvre, président du jury
Département de génie de la construction à l'École de technologie supérieure

M. Sylvain Grand'maison, membre du jury
Services CGP Inc.

IL A FAIT L'OBJET D'UNE SOUTENANCE DEVANT JURY ET PUBLIC

LE 18 DÉCEMBRE 2007

À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

AVANT-PROPOS

L'aboutissement de ce mémoire ne fut pas le fruit d'un parcours sans obstacle. Mais la vie nous apprend rapidement qu'avec un peu de persévérance tout peut devenir possible. L'intégration du concept de développement durable à la construction de bâtiment en est un bon exemple. L'homme vit dans un fragile écosystème, et il n'en tient qu'à lui d'adopter les stratégies nécessaires à sa protection, à son développement et à sa pérennité.

REMERCIEMENTS

Je voudrais d'abord remercier tous les intervenants du projet 740 Bel-Air qui m'ont permis de recueillir l'information dont j'avais besoin pour ce projet de recherche : Marc Sabourin de Travaux publics et services gouvernementaux Canada, Claude Bourbeau de Provencher Roy + Associés Architectes, ainsi que Robert Nadeau, chargé de projet, et Claude Gratton, surintendant, de l'entrepreneur général Decarel.

J'aimerais également remercier mon directeur de projet, le professeur Daniel Forgues, qui a bien su me guider à travers chacune des étapes de ce projet de mémoire.

Finalement, j'aimerais remercier tout spécialement Janie, Danaë, Francine, Pierre et Sébastien, pour votre présence et votre si précieux soutien.

*Nous n'héritons pas de la terre de nos parents,
Nous l'empruntons à nos enfants.*

Antoine de Saint Exupéry

GESTION INTÉGRÉE DES MATIÈRES RÉSIDUELLES PROVENANT DE L'INDUSTRIE DE LA CONSTRUCTION DE BÂTIMENTS

PITRE, Mélanie

RÉSUMÉ

L'industrie de la construction génère le tiers des matières résiduelles des pays industrialisés. Au Québec, cette problématique représente plus de 3,5 millions de tonnes de matières produites annuellement, dont les efforts de valorisation semblent être négligés par le secteur du bâtiment.

Ce projet de recherche porte sur le développement d'un modèle de gestion intégrée des matières résiduelles dans le but de minimiser leur production tout au long du cycle de vie du bâtiment, mais également de maximiser la valorisation des résidus produits.

Le modèle élaboré aborde les aspects de conception intégrée et d'étalonnage suivant un processus décisionnel optimisé. Les différentes stratégies de gestion des matières résiduelles existantes ont été greffées au modèle sous forme de listes de vérification spécifiques à chacune des phases du cycle de vie.

Les deux validations qu'a subies le modèle établi, soit avec les données d'une étude de cas, ainsi qu'auprès d'un professionnel de l'industrie, ont permis de conclure positivement sur l'efficacité et l'accessibilité du modèle.

Mots clés : matière résiduelle, déchet, bâtiment, construction, démolition

INTEGRATED BUILDING WASTE MANAGEMENT

PITRE, Mélanie

ABSTRACT

The construction industry generates the third of the waste in industrialized countries. In Quebec, this situation represents more than 3,5 million tons of waste produced each year. The province building sector seems to neglect the landfill diversion streams.

This research study relates to the development of an integrated waste management model in order to minimize their production throughout the building lifecycle, but also to maximize landfill diversion of waste produced.

The proposed model presents aspects of integrated design and continuous performance follow-up according to an optimized decision-making process. The various existing waste management strategies were inserted into model within a checklist specific to each phase of the building lifecycle.

The two validations performed on the established model, first one with the data of a case study, second based on industry professional knowledge, made it possible to conclude positively on the effectiveness and the accessibility of the model.

Keywords : waste, management, building, construction, demolition

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 NOTIONS DE BASE	6
1.1 Développement durable.....	7
1.2 Bâtiment durable	9
1.3 Déchet ou matière résiduelle ?	10
1.4 Matières résiduelles CRD.....	12
1.5 Cadre légal québécois.....	14
CHAPITRE 2 STRATÉGIES DE GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES.....	16
2.1 Concepts reliés au cycle de vie des matériaux	16
2.1.1 Hiérarchie du déchet	16
2.1.2 Gestion intégrée des matières résiduelles	19
2.2 Concepts reliés au cycle de vie d'un bâtiment	26
2.3 Stratégies de gestion des matières résiduelles spécifiques aux différentes phases du cycle de vie d'un bâtiment.....	30
2.3.1 Planification	31
2.3.2 Conception	37
2.3.3 Construction.....	46
2.3.4 Opération.....	51
2.3.5 Démolition	54
2.4 Résumé.....	56
CHAPITRE 3 CADRE THÉORIQUE.....	58
3.1 Problématique.....	58
3.2 Stratégies d'intégration de la gestion des matières résiduelles	59
3.2.1 Conception intégrée	64
3.2.2 Processus de gestion intégrée des décisions	73
3.2.3 Étalonnage.....	82
3.3 Résumé.....	92
CHAPITRE 4 MÉTHODOLOGIE	96
4.1 Question de recherche	97
4.2 Structure de recherche.....	98

CHAPITRE 5 ÉTUDE DE CAS : LE 740 BEL-AIR.....	104
5.1 Description du projet.....	104
5.2 Processus de collecte des données	105
5.3 Présentation des résultats	106
5.3.1 Déconstruction de l'ancien bâtiment.....	107
5.3.2 Planification du nouveau projet	109
5.3.3 Conception du nouveau bâtiment.....	109
5.3.4 Construction du nouveau bâtiment et fermeture du projet.....	111
5.4 Analyse des résultats	115
 CHAPITRE 6 MODÉLISATION DE LA GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES INTÉGRÉE AU PROCESSUS DÉCISIONNEL	 120
6.1 Adaptabilité du processus décisionnel progressif à la gestion des matières résiduelles.....	120
6.2 Intégration de listes de vérification au processus décisionnel.....	124
6.2.1 Porte 0 : Évaluation stratégique	125
6.2.2 Porte 1 : Justification du projet	126
6.2.3 Porte 2 : Stratégie d'approvisionnement.....	127
6.2.4 Porte 3 : Décision d'investir.....	128
6.2.5 Porte 4 : Mise en service	130
6.2.6 Porte 5 : Évaluation des bénéfices	131
 CHAPITRE 7 VALIDATION DU MODÈLE.....	 133
7.1 Validation par l'ingénierie inverse.....	133
7.1.1 1er exemple : Récupération des résidus de béton	134
7.1.2 2e exemple : Remplacement du revêtement de tôle métallique.....	136
7.2 Validation par l'industrie	138
 CONCLUSIONS.....	 143
 RECOMMANDATIONS.....	 147
 ANNEXE I PROVENANCE ET DISPOSITION DES MATIÈRES RESIDUELLES CRD PROVENANT DU SECTEUR DU BATIMENT	 152
 ANNEXE II PRESENTATION DES INFORMATIONS SUR LA GESTION DES MATIÈRES RESIDUELLES EN CHANTIER.....	 160

ANNEXE III	RAPPORT INTITULE « PROJET 740 BEL-AIR MONTREAL » PRESENTE DANS LE CADRE DE L'EVENEMENT CONTECH 2004.....	171
ANNEXE IV	PLAN DES ENTREVUES SEMI-DIRIGÉES.....	177
ANNEXE V	DONNEES SUPPLEMENTAIRES SUR LE PROJET 740 BEL-AIR.....	182
ANNEXE VI	LISTES DE VERIFICATION.....	189
ANNEXE VII	LISTES DE VERIFICATION APPLIQUEES AU PROJET DU 740 BEL-AIR	199
	LISTE DE REFERENCES	212

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 2.1 Programmes de certification de bâtiment durable.....	36
Tableau 2.2 Exemple d'analyse de cycle de vie pour les partitions de toilettes.....	44
Tableau 5.1 Disposition des matières résiduelles provenant de la déconstruction du 740 Bel-Air.....	108
Tableau 5.2 Options de design du 740 Bel-Air.....	110
Tableau 5.3 Sommaire chronologique des événements du 740 Bel-Air.....	116

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1.1 Répartition des matières résiduelles au Québec en 2004.....	13
Figure 2.1 Cycle de vie des matériaux – Approche linéaire	20
Figure 2.2 Cycle de vie des matériaux – Approche à boucle fermée.....	21
Figure 2.3 Échelle de Delft	23
Figure 2.4 Cycle de vie du bâtiment – Échelle de Delf	27
Figure 2.5 Hiérarchie temporelle des composantes d'un bâtiment.....	29
Figure 3.1 Courbe de Pareto	61
Figure 3.2 Schéma des efforts décisionnels du cycle de gestion d'un projet.....	62
Figure 3.3 Analyse des écarts d'interprétation	63
Figure 3.4 Apparition des intervenants dans un projet - Approche traditionnelle.....	65
Figure 3.5 Apparition des intervenants dans un projet - Approche intégrée	67
Figure 3.6 Composition d'une équipe de projet intégrée.....	68
Figure 3.7 Stage-Gate™	75
Figure 3.8 Gateway™	77
Figure 3.9 Interface de classification des critères DQI.....	84

Figure 3.10	Questionnaire d'appréciation des critères DQI.....	85
Figure 3.11	Comparaison des résultats partiels avec les critères DQI.....	86
Figure 3.12	Feuille de calculs - Waste Account Envirowise	89
Figure 3.13	Exemple de rapport SMARTWaste - Graphique sommaire	91
Figure 3.14	Exemple de rapport SMARTWaste – Informations détaillées	91
Figure 3.15	Évolution des écarts d'interprétation dans le cycle de vie du bâtiment	94
Figure 4.1	Principaux types d'étude de cas.....	99
Figure 5.1	Répartition des matières résiduelles récupérées sur le 740 Bel-Air	113
Figure 6.1	Processus décisionnel progressif	122
Figure 6.2	Porte 0 : Évaluation stratégique.....	125
Figure 6.3	Porte 1 : Justification du projet.....	126
Figure 6.4	Porte 2 : Stratégie d'approvisionnement.....	128
Figure 6.5	Porte 3 : Décision d'investir	129
Figure 6.6	Porte 4 : Mise en service.....	130
Figure 6.7	Porte 5 : Évaluation des bénéfices	131
Figure 7.1	Ingénierie inverse – Exemple 1 : Récupération du béton	135

Figure 7.2	Ingénierie inverse – Exemple 2 : Remplacement du revêtement de tôle métallique.....	137
------------	--	-----

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

ANSI	American National Standards Institute
APIs	Additional performance indicators
BAPE	Bureau d'audiences publiques pour l'environnement
BOMA	Building Owners and Managers Association
BRE	Building Research Establishment
BREEAM	BRE's Environmental Assessment Method
CBDC	Conseil du bâtiment durable du Canada
CIC	Construction Industry Council
CRD	Construction, rénovation, démolition
DD	Développement durable
DQI	Design quality indicators
ÉTS	École de technologie supérieure
GBC	Green Building Challenge
GBI	Green Building Initiative

ICI	Industries, commerces, institutions
iiSBE	International initiative for a sustainable built environment
KPIs	Key performance indicators
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
MENV	Ministère de l'environnement du Québec
MR	Matières résiduelles
OGC	Office of Government Commerce
SPIs	Secondary performance indicators
TPSGC	Travaux publiques et services gouvernementaux Canada
USGBC	US Green Building Council

INTRODUCTION

L'industrialisation de notre société n'a pas laissé sur ces traces que des résultats positifs. La surconsommation des ressources naturelles et la production incommensurable de déchets sont des impacts bien funestes que nous ont légués ces deux derniers siècles de développement industriel et technologique.

Heureusement, la société en est maintenant à l'ère « écolo ». Le syndrome de l'apprenti écologiste a dépassé le stade de tendance pour devenir une nécessité dans nos actions de tous les jours à travers la dernière décennie. Les citoyens prennent tranquillement conscience des limites qu'ils ont eux-mêmes imposées sur l'environnement par leurs pratiques au fil des années (Richard, 2001). Cet engouement pour la protection de l'environnement est ensuite transmis dans toutes les strates de la société (règlements, politiques, méthodes de travail, stratégies de gestion, mœurs, etc.). La pollution, la surconsommation et le gaspillage des ressources sont aujourd'hui devenus synonymes d'inefficacité (Richard, 2001).

Gestion des matières résiduelles de construction, rénovation et démolition

Au Canada, comme dans la plupart des pays industrialisés, près du tiers des matières résiduelles est produit par l'industrie de la construction, rénovation et démolition (CRD) (Addis, 2004; Australia Government, 2005; Hong Kong Polytechnic University, 2005; Kartam, 2004; Recyc-Québec, 2003b; Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2001). Alors qu'environ 90 % de ces matières seraient récupérables, on n'en valorise la plupart du temps que le tiers (Recyc-Québec, 2004; Richard, 2001; Sinnige, 2003; Vaillancourt, 2001). Les efforts ciblent principalement le secteur du génie civil au détriment de l'industrie du bâtiment et se concentrent sur la phase de réalisation d'un projet, c'est-à-dire, en chantier (Recyc-Québec, 2003a).

À chaque année, d'énormes quantités de matières résiduelles CRD sont donc considérées comme de pauvres déchets inutiles et envoyées à l'enfouissement ou à l'incinération. Ces amoncellements de matières, composés de matériaux neufs et de résidus de démolition ou de rénovation, devraient cependant être considérés comme une richesse en les réemployant dans les projets de construction ou en les réintroduisant de nouveau dans des processus manufacturiers.

L'industrie de la construction est fragmentée, c'est-à-dire que ses acteurs sont isolés les uns par rapport aux autres. Elle est donc peu informée sur le concept de développement durable et encore moins de construction durable (Conseil de la science et de la technologie, 2003b). Les bénéfices recherchés présentement par l'industrie concernent principalement le critère économique et bien peu les aspects environnementaux et sociaux.

Des études ont démontré qu'une bonne gestion pouvait générer jusqu'à 30% d'économie sur le coût de disposition des déchets, des économies qui peuvent couvrir amplement l'implantation des nouvelles stratégies comme le choix de certaines technologies de construction lors de la conception et le développement d'un plan de gestion des matières résiduelles *in situ* (Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2002).

Il n'existe pourtant pas de guide d'intégration globale indiquant quoi faire et ne pas faire à chaque étape d'un projet. Le défi demeure donc d'identifier les stratégies de gestion des matières résiduelles disponibles et de les regrouper de façon à faciliter leur application durant tout le cycle de vie du bâtiment.

Objectif

L'objectif principal du projet est de développer un modèle de gestion des matières résiduelles, intégré à un processus d'optimisation de prise des décisions, permettant de minimiser la quantité de déchets générés par un bâtiment, tout au long de son cycle de vie.

Les bénéfices escomptés pour ce secteur de recherches et par l'adoption d'une telle méthode de gestion des matières résiduelles par l'industrie de la construction au Québec peuvent être multiples. Les bénéfices suivants sont présentés par intervenants de l'industrie.

Professionnels du bâtiment :

- L'utilisation d'équipes intégrées pourrait permettre d'augmenter la collaboration multipartite afin de minimiser les modifications tout au long du projet, et par le fait même, de diminuer la production finale de matières résiduelles ;
- L'augmentation de la demande pour des stratégies plus écologiques pourrait entraîner le développement d'une saine concurrence du secteur du bâtiment durable ;

Récupérateurs de matériaux de construction

- La demande pour des filières de disposition alternatives pourrait permettre le développement des marchés de la récupération des matériaux de démolition et du recyclage des matières résiduelles de CRD, ainsi que la création d'emploi dans ces deux secteurs ;
- La réinsertion des matériaux de seconde main dans les nouvelles constructions pourrait avoir pour effet de diminuer les émissions de CO₂ et de préserver l'énergie intrinsèque des bâtiments ;
- Le développement du marché des matériaux de seconde main permettrait possiblement la diminution de la demande en matières premières, et ainsi, la préservation des ressources naturelles et de la biodiversité ;

Manufacturiers de matériaux et produits de construction

- La demande pour les produits à contenu recyclé inciterait probablement les manufacturiers de matériaux à se concentrer sur leurs activités de recherches et de développement pour introduire ces matières secondaires à leur production ;

Filières de disposition et d'élimination des matières résiduelles

- La diminution de la quantité de matières résiduelles CRD produite par le secteur du bâtiment aurait probablement pour effet d'augmenter la durée de vie des sites d'enfouissement au Québec ;
- L'augmentation de la disponibilité et de l'accessibilité pour ces filières alternatives pourrait entraîner une diminution du coût de disposition des matières résiduelles.

Envergure et limites de la recherche

Ce projet de recherche s'inscrit également dans le cadre d'une étude portée sur la gestion des matières résiduelles en chantier. En plus d'une revue approfondie de la littérature, ce mémoire bénéficie de données réelles prises sur le terrain. Cependant, comme la gestion des matières résiduelles provenant de la construction de bâtiment demeure un sujet encore peu exploité, les stratégies soulevées lors de la revue de la littérature ont été examinées en considérant le contexte québécois.

Structure du mémoire

Le mémoire est composé de sept sections. Le premier et le deuxième chapitre comportent une revue de la littérature concernant les notions de base sur le développement durable et le secteur de la construction, les stratégies existantes de gestion des matières résiduelles CRD en bâtiment. Le troisième chapitre expose le cadre théorique du mémoire. La méthodologie de recherche employée, découlant de ce cadre conceptuel, sera ensuite présentée au quatrième chapitre.

Le chapitre 5 présente une étude de cas sur la gestion des matières résiduelles d'un projet de construction de bâtiment durable, l'édifice fédéral le *740 Bel-Air*. Le sixième chapitre exposera la méthode de gestion des matières résiduelles choisie et décrira les différentes stratégies à considérer dans les futurs projets CRD du secteur du bâtiment au Québec.

Finalement, le chapitre 7 fera l'objet de la validation de la méthode par l'application du modèle au projet du *740 Bel-Air* et par la revue de commentaires recueillis de l'industrie sur les résultats exposés dans ce mémoire.

CHAPITRE 1

NOTIONS DE BASE

Dans un contexte québécois où le taux de production de matières résiduelles a été en constante augmentation depuis la dernière décennie (Recyc-Québec, 2003b), il devient nécessaire d'implanter rapidement des solutions efficaces. La population continue de générer des résidus de produits de consommation, mais personne ne veut d'un site d'enfouissement dans sa cours¹, puisque ceux-ci sont parfois synonymes d'odeurs et de contamination des nappes phréatiques.

Au Québec, plusieurs objectifs et stratégies d'action concernant les matières résiduelles CRD ont été lancés avec le *Plan d'action québécois sur la gestion des matières résiduelles 1998-2008* (Environnement et Faune Québec, 1998). Bien que certains de ces objectifs aient déjà été atteints depuis quelques années, il n'en reste pas moins que l'industrie de la construction traîne de la patte en ce qui a trait à son véritable potentiel. En 2004, seuls les deux tiers des matières produites ont été détournés des sites d'enfouissement. Mais ce qui est plus alarmant, c'est que ce secteur souffre d'une augmentation de la quantité de matières générées depuis l'an 2000 (Recyc-Québec, 2003b, 2006a).

Pour bien comprendre l'objectif et le développement du présent mémoire, il est nécessaire de rappeler quelques notions de base. Dans ce chapitre, il sera d'abord question de définir les concepts de développement durable, de bâtiment durable et de déchets. Le point sera ensuite fait sur les matières résiduelles CRD au niveau international, national et provincial, et finalement le cadre légal québécois relié aux déchets sera exposé.

¹ Traduction libre de l'expression anglaise « Not in my back yard ».

1.1 Développement durable

Le secteur de la construction contribue de façon importante au développement de notre société. Les routes et les bâtiments construits ne sont pas que de simples produits de consommation, mais plutôt des outils dont nous nous servons tous les jours et qui serviront à d'autres générations après nous. Mais comment être sûr que ce qui est laissé après nous ne ressemble pas plutôt à un « cheval de Troie » ? Tous ces bâtiments autour de nous devront un jour ou l'autre être remplacés par de nouveaux immeubles. Une panoplie de questions nous vient alors à l'esprit.

- Quelle sera la durée de vie de l'immeuble ?
- Lors de sa démolition, quelle quantité de matières résiduelles sera générée ?
- Combien de ces matières pourront-elles être mises en valeur ?
- De quelle façon les déchets pourront-ils être éliminés et à quel coût ?

Toutes ces questions tournent autour d'un seul sujet, la durabilité. Que ce soit la durabilité des ressources, la durabilité des immeubles, ou encore, la durabilité des sites d'enfouissement, ce sont toutes des considérations que le secteur de la construction doit envisager dans le développement de ses activités.

Les premiers balbutiements du terme « développement durable » se font entendre au tournant des années 70 à 80 (Développement durable - environnement et parcs Québec, 2005). C'est le 4 août 1987 que la Commission mondiale sur l'environnement et le développement, dirigé par Dr Gro Harlem Brundtland de la Norvège, dépose son rapport intitulé *Notre avenir à tous*² lors de l'Assemblée générale des Nations Unies. La définition du développement durable alors apportée est la suivante.

« Développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs » (Commission mondiale sur l'environnement et le développement, 1987).

² Version française de l'ouvrage *Our Common Future*.

Deux considérations sont présentées dans cette définition : le développement d'une société qui répond à nos besoins actuels, mais qui n'amputera pas les activités de nos descendants.

Bien que la définition issue de la Commission Brundtland soit la plus utilisée dans la littérature, l'interprétation que fait l'*Office of Government Commerce* (OGC) du développement durable est également intéressante.

« Accomplissement d'une meilleure qualité de vie par l'utilisation efficace des ressources, tout en réalisant un progrès continu au niveau social, en maintenant une croissance économique stable et en respectant l'environnement »³.

Contrairement à la définition amenée par la Commission Brundtland qui fait un parallèle entre le présent et le futur, la définition de l'OGC démontre le développement continu d'une société. Les sphères de développement social, économique et environnemental ont également été précisées dans cette définition.

Le gouvernement du Québec a également traduit sa perception du développement durable, mais cette fois en trois objectifs distincts (Développement durable - environnement et parcs Québec, 2005).

- Maintenir l'intégrité de l'environnement ;
- Améliorer l'équité sociale ;
- Améliorer l'efficacité économique.

Cette fois-ci encore, le concept de développement continu de la société est considéré sous des aspects environnementaux, sociaux et économiques.

³ Traduction libre de « Sustainable development is the achievement of a better quality of life through the efficient use of resources, which realise continued social progress while maintaining stable economic growth and caring for the environment » (Office of Government Commerce, 2005).

Finalement, si l'on regroupe les différents éléments présentés dans cette section, le développement durable peut être traduit comme suit.

« Considération globale d'objectifs concernant l'environnement, la société et l'économie dans tout acte de la communauté humaine, et ce, par rapport à notre avenir. »

C'est cette approche qui sera utilisée dans le présent mémoire.

1.2 Bâtiment durable

Le concept de développement durable appliqué au bâtiment s'exprime de plusieurs façons. On parle de bâtiment durable, de construction durable, de bâtiment écologique et même de bâtiment vert. Chaque personne, chaque entreprise, chaque organisation, chaque pays a sa propre définition d'un bâtiment durable.

C'est en 1994, à Tampa aux États-Unis, lors de la première conférence internationale sur la construction durable que l'on propose la définition suivante (Conseil de la science et de la technologie, 2003b).

« La création et la gestion responsable d'un environnement sain bâti basé sur des principes écologiques et d'utilisation efficace des ressources⁴ ».

Bien que cette définition concerne tout l'environnement bâti, c'est-à-dire les immeubles, les ponts, les routes, les égouts, les aqueducs, etc., elle peut définir globalement la construction de bâtiments dans l'optique du développement durable. De plus, par le terme « gestion responsable », la définition considère des préoccupations d'ordre social, environnemental et économique afin d'assurer la qualité du bâtiment (Conseil de la science et de la technologie, 2003a).

⁴ Traduction libre de « The creation and responsible management of a healthy built environment based on resource efficient and ecological principles » (Conseil de la science et de la technologie, 2003b).

De plus, comme la définition présentée le sous-entend, il ne faut pas se limiter à l'étape de construction d'un bâtiment, mais également à son utilisation. La construction durable considère l'intégration des phases de conception, construction, exploitation et démolition (Conseil de la science et de la technologie, 2003b) en tenant compte de ses impacts tant du point de vue social et économique, qu'écologique.

Depuis, plusieurs initiatives concernant la promotion du concept de bâtiment durable ont vu le jour, notamment par l'organisation de conférences de niveau international⁵ par l'International Council on Research and Innovation in Building and Construction, les Nations-Unies et l'International Initiative for a Sustainable Built Environment (iiSBE) (Conference on sustainable building Southeast Asia, 2005; iiSBE, 2004). À l'échelle nationale, bien que le mouvement ait été initié principalement par Ressources naturelles Canada et ses recherches en efficacité énergétique, le Conseil du bâtiment durable du Canada (CBDC) joue maintenant le rôle directeur de la promotion de la construction de bâtiment durable à travers le pays (Conseil du bâtiment durable du Canada, 2005), par l'organisation de conférences et par la gestion du système d'évaluation de bâtiment, LEED⁶.

Ces initiatives visent, entre autres, à la promotion de technologies de construction plus écologiques, comme l'efficacité énergétique, la récupération des eaux de pluie et les toitures végétales, ou encore à la sensibilisation à des stratégies de gestion plus intégratives, notamment dans la considération de la problématique des déchets dès le début d'un projet.

1.3 Déchet ou matière résiduelle ?

Lorsque l'on construit, rénove ou démolit un bâtiment, l'issue est inévitable, il y a production de déchets. La notion de déchet provient de l'origine même de l'être humain. Cependant, la problématique des déchets est née de la croissance de la population et finalement de l'urbanisation datant de l'Antiquité. Par exemple, les villes fortifiées du

⁵ Tel l'Action 21 et la série de conférences SB.

⁶ Ce système sera abordé au chapitre 2.

Moyen-Âge ont entraîné l'individualisation de la responsabilité des déchets, chacun était libre d'en faire ce qu'il voulait, incluant les jeter tout simplement au pied de la porte, amenant ainsi la prolifération de maladies (Olivier, 1999). Heureusement, cette époque profane est révolue. La société est maintenant sensibilisée à cette problématique et la plupart des villes industrialisées sont dotées d'un système de collecte à domicile.

Mais qu'est-ce qu'un déchet ? En Angleterre, il est défini par la Loi sur la protection de l'environnement, comme suit.

« Toute substance qui constitue un résidu, un effluent ou autre substance non désirée provenant de l'application d'un processus, et toute substance ou article brisé, corrompu, souillé, contaminé qui exige d'être débarrassé⁷ »

Donc, si l'on tient de cette définition, toute substance non désirée est un déchet.

Mais ce qui est non désiré pour quelqu'un peut être convoité par un autre. Alors, tout résidu n'est pas déchet, puisque certaines matières sont réintroduites dans les cycles de production. Le terme « matière résiduelle » devient donc plus approprié et vient confronter la notion de déchet en lui octroyant, par le terme « matière », un rôle de ressource (Olivier, 1999). Le Plan d'action québécois sur la gestion des matières résiduelles 1998-2008 offre la définition suivante.

« Matière ou objet périmé, rebuté ou autrement rejeté, qui est mis en valeur ou éliminé » (Environnement et Faune Québec, 1998).

La possibilité d'une deuxième vie est alors offerte aux résidus ainsi générés, peu importe la sphère d'activités dans laquelle ils ont été produits.

⁷ Traduction libre de « any substance which constitutes a scrap material or an effluent or other unwanted surplus substance arising from the application of any process ; any substance which requires to be disposed of as being broken, worn out, contaminated or otherwise spoiled » (Addis, 2004).

1.4 Matières résiduelles CRD

Le secteur de la construction n'échappe pas à la problématique des déchets. Par ses activités de construction, rénovation ou démolition provenant du secteur du génie civil et du bâtiment, l'industrie produit une énorme quantité de matières résiduelles appelée CRD (construction-rénovation-démolition). Les matières que l'on peut retrouver dans un conteneur de chantier de construction de bâtiment sont multiples. La liste suivante est décrite de façon plus détaillée en annexe I de ce document.

- Maçonnerie
- Béton
- Asphalte
- Roc/Terre
- Métaux
- Verre
- Céramique
- Bois
- Gypse
- Carton
- Isolant
- Peinture
- Tapis
- Plastique d'emballage
- Vinyle de plancher
- Autres.

En Amérique du Nord, en Europe et dans la plupart des pays industrialisés, la proportion de matière résiduelle produite par le secteur de la construction, incluant le bâtiment et le génie civil, représente entre 25-45 % de tous les secteurs (Addis, 2004; Australia Government, 2005; Hong Kong Polytechnic University, 2005; Kartam, 2004; Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2001). Certains pays, comme l'Angleterre, se rapprochent même des deux tiers de matières résiduelles produites par l'industrie CRD (Dhir, 2004).

Au Québec, Recyc-Québec soutient que ce secteur produit près du tiers des matières résiduelles et que 85 % de cette catégorie est constitué exclusivement de résidus d'asphalte et de béton. Le graphique suivant (figure 1.1) présente la répartition de la production de 11 388 000 tonnes de déchets en 2004, entre les secteurs municipal, institutionnel-commercial-industriel (ICI) et construction-rénovation-démolition (CRD) (Recyc-Québec, 2006a).

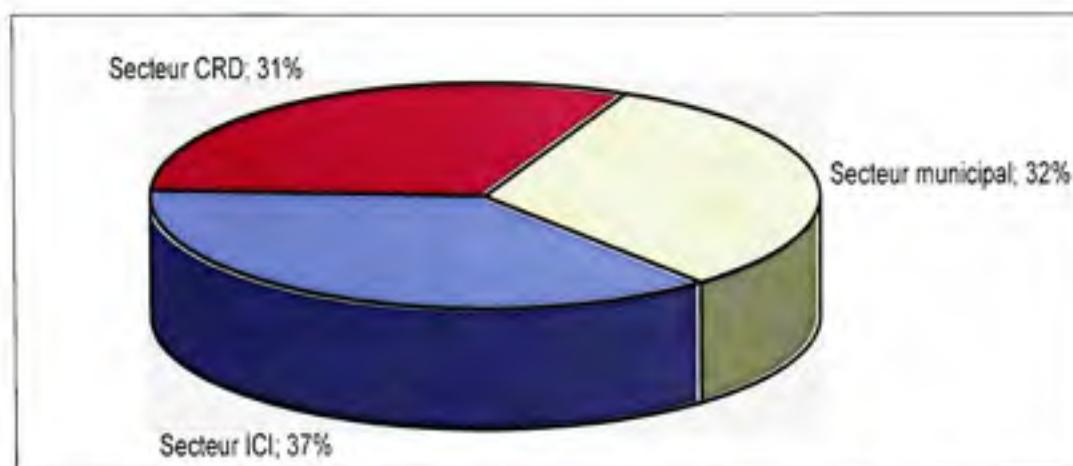


Figure 1.1 Répartition des matières résiduelles au Québec en 2004.
(Recyc-Québec, 2006a)

Sur les 3 509 000 tonnes de déchets produits par le secteur de la construction, rénovation, démolition (CRD) au Québec en 2004, seulement 62 % des déchets ont été récupérés à des fins de recyclage ou valorisation (Recyc-Québec, 2006a) alors que plusieurs études ont démontré que 90% de ces matières sont récupérables (Recyc-Québec, 2004; Richard, 2001; Sinnige, 2003). Nous sommes loin derrière les Pays-Bas qui recyclaient déjà 75 % de ses matières résiduelles CRD en 1999 (Saskatchewan waste reduction council, 2005).

La récupération des matières ne date pas pourtant d'hier. Durant l'Empire romain, on récupérait les pierres de vieilles routes pour en faire de nouvelles (Saskatchewan waste reduction council, 2005). L'ennui est que la majorité des entrepreneurs ne connaissent pas la nouvelle législation, les possibilités et les avantages (diminution des coûts) que peuvent procurer une meilleure gestion des déchets (Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2001). Mais le problème est bien réel au Québec, puisqu'au rythme actuel, les dépôts de matériaux secs atteindront leur pleine capacité d'ici vingt-cinq ans (Vaillancourt, 2001) et les entrepreneurs n'auront d'autre choix que de payer une fortune pour enfouir leurs déchets dans un site d'enfouissement sanitaire ou encore exercer une gestion écologique de leurs matières résiduelles.

1.5 Cadre légal québécois

Les premières décisions reliées à la production de déchets au Québec furent la série de normes déposées, dans le cadre du *Règlement sur les déchets solides*, par le ministère de l'Environnement du Québec (MENV) en 1978 qui avaient pour objectif la fermeture des dépotoirs à ciel ouvert (Ministère de l'environnement du Québec, 1989). Bien que les dépotoirs illicites devenaient de plus en plus rares, les normes régissant les nouveaux dépotoirs n'étaient même pas respectées. En 1989, le MENV adoptait donc la *Politique de gestion intégrée des déchets solides*, ayant pour but de contrer cette nouvelle problématique et avec pour objectif de réduire le taux d'enfouissement de 50 % d'ici l'an 2000 (Ministère de l'environnement du Québec, 1989).

Quelques années plus tard, le gouvernement se rend finalement à l'évidence, l'objectif ne sera pas atteint. Le MENV fait alors appel au Bureau d'audiences publiques pour l'environnement (BAPE) en 1996 pour une consultation publique avec citoyens, groupes d'écologistes, et industries. Un an plus tard, le BAPE publiait le rapport *Déchets d'hier, ressources de demain* (Bureau d'audiences publiques pour l'environnement, 1997). Le MENV prend donc en considération cette dernière publication pour établir le *Plan d'action québécois sur la gestion des matières résiduelles 1998-2008* dans lequel des nouveaux objectifs de récupération étaient posés aux principaux secteurs d'activités pour un total de 65% de toutes les matières pouvant être mises en valeur (Environnement et Faune Québec, 1998). L'avantage du plan par rapport à la politique de 1989, c'est que le MENV avait cité, en plus des objectifs, une série d'actions à poser par tous les secteurs, en passant du simple citoyen jusqu'au gouvernement lui-même.

Finalement, le MENV publiait en 2000 la *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008*, une politique confirmant l'engagement du fameux plan, et le tout, conforme à la *Loi modifiant la loi sur la qualité de l'environnement et autres dispositions législatives concernant la gestion des matières résiduelles de 1999*⁸ (Ministère de

⁸ L.Q. 1999.C. 75

l'environnement du Québec, 2003). Six des actions citées sont reliées au secteur CRD. Elles visent entre autres l'élaboration de plans municipaux, l'adoption de normes de gestion et la disparition progressive des lieux d'élimination de matériaux secs, et finalement la déréglementation de l'utilisation des résidus recyclés comme matériau de remblai (Environnement et Faune Québec, 1998).

Le taux de matières résiduelles du secteur CRD détournées des sites d'enfouissement a été en constante augmentation durant la dernière décennie principalement dû au secteur routier et autres ouvrages de génie civil (Recyc-Québec, 2003b, 2006a). Le secteur du bâtiment semble avoir encore beaucoup de chemin à faire.

Le chapitre suivant constitue un aperçu des initiatives, plans et programmes reliés à la construction de bâtiment qui permettent la réduction de la production de matières résiduelles et une meilleure gestion de celles-ci.

CHAPITRE 2

STRATÉGIES DE GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES

À travers ce chapitre seront traités différentes stratégies et concepts employés au pays et à l'échelle internationale pour ainsi identifier les différentes approches (design, plans, techniques et matériaux) minimisant la production de matières résiduelles et anticipant une démolition ultérieure plus écologique. Les concepts de cycle de vie des matériaux et du bâtiment seront présentés dans les deux prochaines sections et seront suivis des stratégies de minimisation dans une troisième section.

2.1 Concepts reliés au cycle de vie des matériaux

Avant de devenir un matériau de construction, des matières premières ont dû être extraites et transformées pour produire la brique d'argile que l'on connaît aujourd'hui. Cette même brique, dans toutes les étapes de son cycle de vie (extraction, transport, fabrication, distribution, utilisation, démantèlement, réutilisation ou élimination) génère des matières résiduelles. Ces résidus sont parfois réintroduits dans leur première chaîne de production, ou dans une autre, et parfois considérés comme de simples déchets. Mais à quel niveau intervenir et de quelles façons ?

2.1.1 Hiérarchie du déchet

Pour effectuer une gestion des déchets efficaces, certains principes de base ne sont pas à négliger. Le concept des 3RV représente la hiérarchie qu'une matière résiduelle doit emprunter, soit la réduction à la source (R), le réemploi des produits (R), le recyclage des matières (R) et la valorisation énergétique (V) (Coventry, 1998). Le produit doit idéalement avoir passé par chacune des étapes précédentes, avant d'en arriver à la valorisation.

Ce concept peut être repris avec le fameux exemple de la brique. Le premier « R » représente la réduction de la consommation de ce produit, par des estimations plus justes, par exemple, ou par l'application d'une certaine précaution dans la manipulation du produit et ainsi éviter le gaspillage. Le deuxième « R » désigne le principe de réemploi de la brique ; une fois démantelée d'un bâtiment une brique peut, la plupart du temps, resservir d'objet de maçonnerie sur un autre bâtiment. Le troisième « R » correspond à l'étape de recyclage, c'est-à-dire la réintroduction de la brique dans sa chaîne de production ; elle joue alors le rôle de matière secondaire. Finalement, le « V » représente la valorisation du résidu de brique en énergie, notamment par combustion. Mais cette dernière étape est peu concluante dans notre cas, puisque la brique n'a que peu de valeur énergétique.

Bien que le principe des 3RV demeure un concept très répandu dans la littérature, on entend parler de plus en plus d'un concept davantage détaillé, les 5RV-E : réduction (R), récupération (R), réemploi (R), recyclage (R), réutilisation (R), valorisation (V) et élimination (E). L'ordre hiérarchique de la chaîne est tel que présenté par les définitions suivantes et illustré, encore une fois, avec l'exemple de la brique (Coventry, 1998; Olivier, 1999; Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2001).

- Réduction : -Minimisation de la consommation des matières premières en choisissant des ressources renouvelables, des produits avec contenu recyclé et des produits remanufacturés ;
-Réduction des possibilités de production de matières résiduelles par des options de conception ou techniques de construction ;
-Minimisation de la quantité de résidus générés à la suite de la fabrication, de la distribution ou de l'utilisation d'un produit.

Exemple : Choisir une brique ayant été récupérée d'un autre bâtiment, ou encore, renfermant un certain contenu de matières recyclées.

- **Récupération** : Collecte des matières secondaires aux fins de réemploi, recyclage ou autre forme de valorisation.
Exemple : Une fois démantelée du bâtiment, la brique peut être récupérée pour une future utilisation.

- **Réemploi** : Utilisation répétée d'un produit sans modification de son apparence ou de ses propriétés.
Exemple : Réutilisation de la brique sur un bâtiment ou encore dans un muret extérieur, mais sans qu'elle soit modifiée.

- **Recyclage** : Utilisation d'une matière secondaire dans le même procédé manufacturier dont il est issu, en remplacement d'une matière vierge de même nature.
Exemple : Réinsertion de résidus de briques (coupes de briques neuves ou de vieilles briques cassées) dans son cycle de fabrication initial.

- **Réutilisation** : Introduction d'un matériau récupéré dans un autre cycle de production que celui dont il est issu.
Exemple : Concassage de briques de démolition ne pouvant garantir leur performance dans leur première vocation, et réutilisation en tant que matériau de remblai ou dans l'aménagement paysager (rocaille ou sentier).

- **Valorisation** : Récupération de l'énergie contenue dans les liens chimiques par transformation de matériaux récupérés.
Exemple : Combustion des biogaz dégagés par la décomposition de la brique ou combustion directe de la brique dans les cimenteries. Des options peu concluantes.

- **Élimination** : Disposition d'une ressource sans permettre qu'elle puisse servir de matériau secondaire.

Exemple : Enfouissement de la brique. Une option qui ne devrait être envisagée, puisque le cycle de vie de la brique peut facilement s'arrêter à l'étape de réutilisation.

Par ses sept étapes, le concept des 5RV-E est beaucoup plus complet que la hiérarchie des 3RV d'abord présentée. Le principe de récupération y est ajouté et les termes de recyclage et de réutilisation y sont distingués. De plus, l'élimination, parfois inévitable, est considérée.

Bien que la volonté des consommateurs de produits de construction puisse être dans le respect de la hiérarchie des 5RV-E, leurs actions suivront la disponibilité des marchés. La brique récupérée devra être enfouie s'il n'existe aucun récupérateur de produits de seconde main ou aucune filière de recyclage, de réutilisation ou de valorisation. Mais pour inciter le développement de ces marchés, il faut d'abord démontrer un intérêt pour la gestion de ces matières résiduelles et ainsi éviter qu'elles ne terminent en déchets.

2.1.2 Gestion intégrée des matières résiduelles

Le terme « gestion intégrée » est maintenant employé dans tous les domaines où un certain niveau de gestion est nécessaire. Les stratégies de management des matières résiduelles CRD employées actuellement sont bien loin des principes de gestion intégrée et du respect du concept des 5RV-E. Les méthodes employées, plutôt traditionnelles, omettent trop souvent de considérer le principe de cycle de vie des matériaux et du bâtiment. La figure suivante (figure 2.1) présente l'approche traditionnelle d'utilisation des ressources dans le cycle de vie des matériaux.



Figure 2.1 *Cycle de vie des matériaux – Approche linéaire.*
(Addis, 2004)

Cette approche linéaire démontre une utilisation plutôt primaire des matériaux de construction. Les ressources passent d'une étape à l'autre sans possibilité de deuxième vie, ce qui encourage la production de matières résiduelles. Cette démarche peut être illustrée par un exemple : d'abord un arbre est coupé, puis transporté dans une usine d'équarrissage du bois pour en faire des planches ; ces planches servent ensuite dans la composition d'un plancher d'un immeuble résidentiel ; une fois que l'immeuble ne convient plus aux besoins du propriétaire, il est démolit ; tous les résidus incluant les fameuses planches issues de l'arbre de départ sont envoyés à l'enfouissement. Malheureusement, cette manière d'aborder la gestion des ressources est encore utilisée dans beaucoup trop de projets de construction.

Le principe de gestion intégrée des matières résiduelles CRD peut être représenté par une approche à boucle fermée. La figure 2.2 représente un cycle de vie des matériaux qui cadre parfaitement dans l'optique du développement durable.



Figure 2.2 Cycle de vie des matériaux – Approche à boucle fermée.
(Addis, 2004)

Le terme « boucle fermée » exprime clairement le principe de fermeture du cycle de vie d'un matériau en considérant la réintroduction des matières résiduelles dans une chaîne de production de matériaux de construction. Cette approche intègre la considération de la production de déchet dans toutes les phases du cycle de vie du matériau depuis sa fabrication. La boucle produite permet de passer de la fabrication des matériaux, à son utilisation, puis à sa récupération dans la déconstruction du bâtiment. Le schéma suggère ensuite deux options : le réemploi du matériau (avec ou sans modification) ou le recyclage pour finalement retourner dans la chaîne de production.

Ce processus permettrait de non seulement réduire la consommation des ressources naturelles, mais également d'éliminer le terme « déchet ». Cependant, bien que l'élimination n'ait pas été représentée sur le schéma, cet aboutissement est parfois inévitable pour des raisons à la fois écologiques et économiques, puisque recycler ou valoriser certaines matières peut demander d'énormes quantités d'énergie et peut contribuer à la production des

gaz à effets de serre. De plus, les infrastructures nécessaires ne sont pas toujours disponibles. La hiérarchie du déchet découlant du principe des 5RV-E n'est pas complètement traduite par ce schéma. D'abord, parce que l'élimination n'y est pas représentée, mais également parce qu'on ne retrouve aucune trace de valorisation énergétique. De plus, il semble qu'aucune distinction entre les termes « recyclage » et « réutilisation » n'a été faite. Selon le schéma, la matière résiduelle doit inévitablement retourner dans la même chaîne de production, bien qu'elle puisse également être réintroduite dans un autre cycle de fabrication de produit. Par exemple, bien qu'une poutrelle métallique désuète puisse retourner dans la fabrication d'une autre poutrelle, elle peut également être réintroduite dans la chaîne de fabrication de revêtement de tôle ou, plus inusité, dans la fabrication de mobiliers de bureaux.

Des chercheurs de l'université de Delft, aux Pays-Bas, ont développé une échelle représentant l'intégration du cycle de vie des matériaux à celui d'un bâtiment, tout en gardant le principe d'une approche à boucle fermée. L'échelle de Delft est présentée à la figure suivante (figure 2.3).

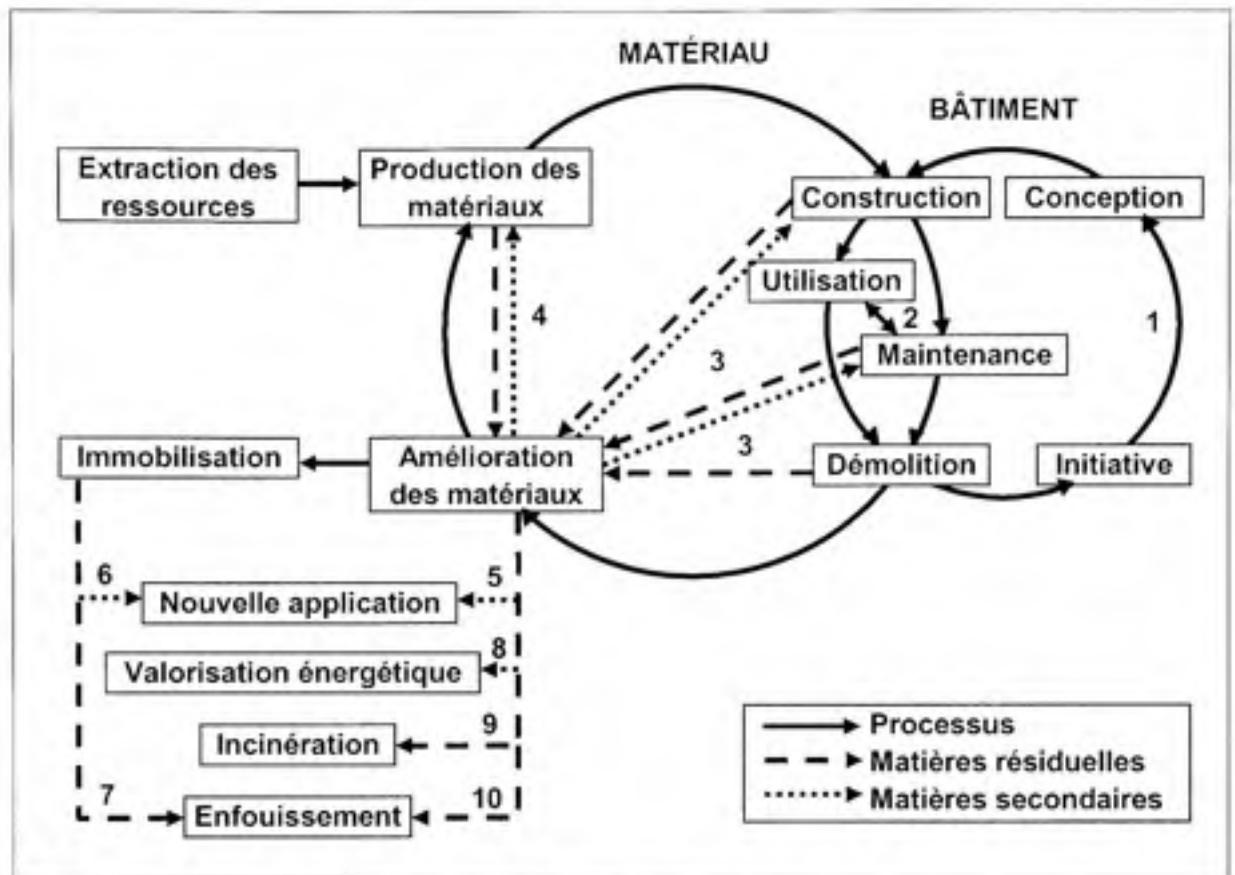


Figure 2.3 Échelle de Delft.
(Kristinsson, Hendriks, Kowalczyk, & Dorsthorst, 2001)

L'échelle de Delft représente donc la gestion intégrée des matières résiduelles tout au long du cycle de vie du matériau et, plus précisément, celui du bâtiment (boucle de droite) qui sera traité dans la prochaine section.

À travers chacune des étapes de ce processus, chaque intervenant aura à prendre des décisions concernant la production éventuelle de matières résiduelles (voir les flèches à large pointillé) et l'utilisation des ressources (voir les flèches à pointillé étroit). La hiérarchie du déchet y est représentée par une série d'actions identifiées dans la figure par des chiffres de un (1) à dix (10). Voici la description de chacune des actions présentées ainsi que quelques exemples (Addis, 2004).

- 1) Prévention : Considérer des approches de conception minimisant la production de déchets tout au long du cycle de vie du bâtiment.
Exemple : Choix de matériaux à contenu recyclé, conception en vue de déconstruire, etc.

- 2) Rénovation : Assurer l'entretien et la rénovation des composantes pour augmenter la durée de vie du bâtiment.
Exemple : Un bon entretien des systèmes mécaniques prolongera leur durée de vie.

- 3) Réemploi des éléments : Récupérer des éléments d'un bâtiment, les restaurer au besoin et les réemployer dans un autre bâtiment.
Exemple : Récupérer des portes d'un bâtiment, changer les serrures et les réintroduire dans un autre bâtiment.

- 4) Recyclage des matériaux : Récupérer des matériaux, s'il y a lieu les décontaminer, et les réintroduire dans la même chaîne de fabrication des matériaux en question.
Exemple : Recycler des panneaux de gypse en les réintroduisant dans leur propre chaîne de fabrication.

- 5) Réutilisation pour une nouvelle application : Réutiliser un matériau récupéré à d'autres fins que celle prévu initialement.
Exemple : Transformer des planches de bois en copeaux de bois en vue d'en faire des panneaux de support.

- 6) Immobilisation avec nouvelle application : Utiliser une matière nocive récupérée en tant que composant d'un nouveau produit.
Exemple : Introduire des cendres volantes provenant des résidus de centrales thermiques dans la fabrication du béton.
- 7) Immobilisation : Transformer une matière nuisible en matière inoffensive avant son élimination.
Exemple : Traitement des huiles usées avant leur incinération avec valorisation énergétique.
- 8) Incinération avec valorisation énergétique : Incinérer des matériaux et en récupérer l'énergie thermique.
Exemple : Incinération de bois traité, vernis ou peint dans les cimenteries.
- 9) Incinération : Disposer des déchets par l'incinération sans récupération de l'énergie.
- 10) Enfouissement : Disposer des déchets par l'enfouissement lorsqu'il n'y a aucune autre utilisation possible.

L'échelle de Delf semble représenter de façon plus complète la hiérarchie du déchet des SRV-E et l'approche à boucle fermée du cycle de vie des matériaux. Le seul bémol se pose sur l'activité « incinération avec valorisation énergétique », puisque avec ce terme la valorisation énergétique par récupération des biogaz, ou encore par compostage, est

totalement exclue. De plus, les étapes 9 et 10 sont dépendantes des particularités régionales. Au Québec, les lieux d'enfouissement ont été préférés aux incinérateurs (Recyc-Québec, 2003b) peut-être par soucis écologiques, mais également par contraintes économiques puisque l'incinération exige d'énormes investissements de départ et des coûts d'opération et d'entretien considérables (Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2001).

Finalement, la gestion intégrée des déchets c'est d'envisager à chaque fin d'étape du cycle de vie d'un matériau quelles seraient les possibilités pour éviter que la matière n'aboutisse trop facilement au site d'enfouissement. L'intégration du concept des 5RV-E à la gestion des matières résiduelles semble alors essentielle pour minimiser la production de déchets tout au long du cycle de vie d'un matériau de construction.

2.2 Concepts reliés au cycle de vie d'un bâtiment

Le cycle de vie d'un bâtiment est étroitement relié à celui des éléments, composantes et matériaux qui le composent, tel qu'il est présenté dans l'échelle de Delft (figure 2.3). Ces matériaux entrent dans le bâtiment à partir de la phase de construction et en sortent lors de la maintenance, de la démolition ou de la déconstruction. Pour mieux observer ce cycle de vie, la section sur les différentes phases du bâtiment de l'échelle de Delft a été isolée dans la figure suivante (figure 2.4).

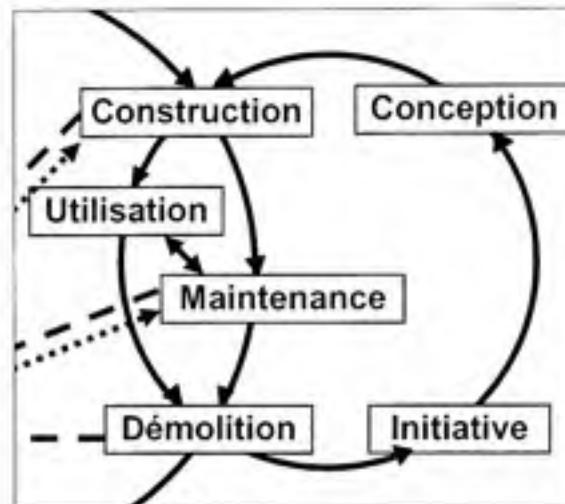


Figure 2.4 Cycle de vie du bâtiment – Échelle de Delf.
(Kristinsson et al., 2001)

La première phase, l'initiative, correspond inévitablement à la première étape dans un processus de gestion d'un projet de construction, soit la planification du projet (Genest & Nguyen, 1995). Comme le terme « initiative » peut donner l'impression de se rapporter à une date précise et non à une phase comprenant plusieurs activités organisationnelles préparatoires à la conception, le terme « planification » du projet serait plus approprié. Ce dernier terme sera employé pour désigner cette phase tout au long de ce mémoire. Dans cette phase de planification, il s'agit d'identifier le besoin du client par différents critères (utilisation, nombre d'occupants, localisation, etc.) et objectifs (superficies locatives, optimisation de la lumière naturelle, etc.) et de le justifier en présentant les options possibles pour atteindre ces objectifs préliminaires. Chaque option est par la suite analysée pour en démontrer sa faisabilité. Les options retenues sont finalement définies de façon plus détaillée en élaborant les différentes lignes directrices du projet, c'est-à-dire le concept du projet (Office of Government Commerce, 2005).

Après avoir planifié de construire un bâtiment, vient la phase de conception. Cette étape comprend l'élaboration des plans et devis préliminaires, découlant du concept préalablement approuvé par le client, où l'ensemble des stratégies de design sont détaillées. Les principaux matériaux et systèmes sont fixés et la concordance entre les dessins de chaque discipline (structure, architecture, mécanique, etc.) est vérifiée. Par la suite, viennent les documents

d'exécution définitifs précisant les méthodes de réalisation et tous les matériaux qui serviront à la construction du projet.

La troisième phase est celle où le bâtiment prend finalement forme, la construction de celui-ci. C'est également à cette étape que le bâtiment commence à produire des matières résiduelles. Une fois la réalisation du projet terminée, le bâtiment est remis au client et mis en service. Il s'agit là de la fin du cycle de vie du projet, puisque la majorité des intervenants impliqués au projet jusqu'à maintenant (professionnels, entrepreneurs, etc.) ont rempli leur mandat et ne seront plus sollicités⁹.

Tel que présenté sur le cycle de vie du bâtiment de l'échelle de Delf (figure 2.4), la phase d'opération du bâtiment peut être divisée en deux activités : son utilisation et sa maintenance. L'entretien du bâtiment et de ses systèmes est essentiel à la prolongation de la durée de vie utile du bâtiment, mais il s'agit d'une activité pouvant également créer des quantités considérables de matières résiduelles. La durée de vie de chacun des matériaux qui le composent n'est pas nécessairement aussi durable que le bâtiment dans son ensemble. C'est pourquoi des activités de rénovation sont nécessaires. Certains matériaux sont remplacés périodiquement pour permettre aux occupants de poursuivre leur utilisation du bâtiment de façon optimale. La figure suivante (figure 2.5) représente la hiérarchie temporelle des composantes d'un bâtiment.

⁹ La composition des intervenants sera abordée au prochain chapitre.

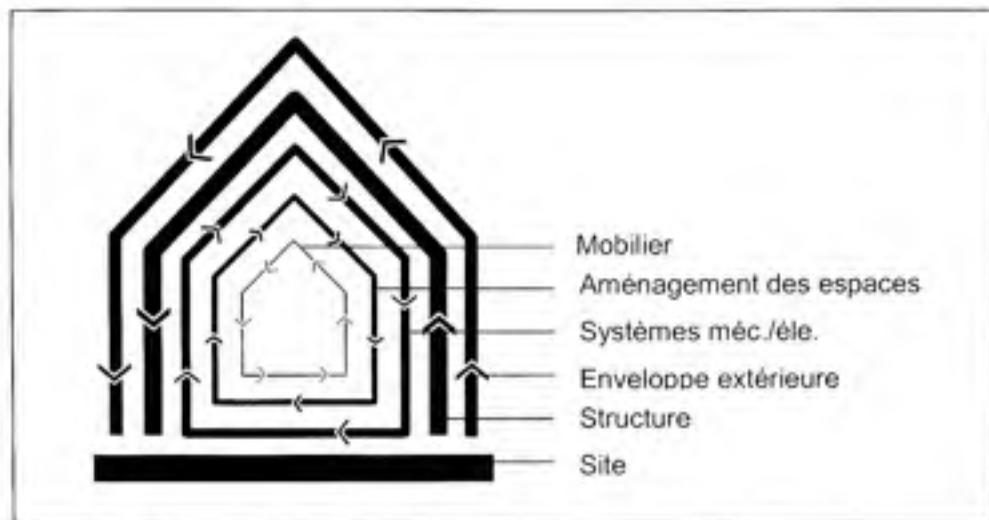


Figure 2.5 *Hiérarchie temporelle des composants d'un bâtiment.*
(Brand, 1994)

Les lignes les plus fines représentent les composants ayant la plus courte durée de vie et devant donc être restaurées ou remplacées en premiers (Kibert, 2005a). Les fournitures, fixes ou non, et la disposition des espaces sont les premiers éléments sur lesquels il faut agir, suivent ensuite les services (mécaniques et électriques), l'enveloppe du bâtiment et la structure. Le site est en quelque sorte l'élément de base qui n'obtient pas de changement majeur, c'est pourquoi il est représenté par une ligne sans flèche.

Finalement, pour retourner au cycle de vie du bâtiment présenté à la figure 2.4, la dernière phase est la démolition de celui-ci, l'étape produisant le plus de matières résiduelles. Mais cette démolition peut prendre plusieurs formes, comme le démantèlement en vue de reconstruire le bâtiment autre part, ou encore la déconstruction pour récupérer les éléments et matériaux à d'autres fins.

Ce qui est intéressant dans la représentation du cycle de vie du bâtiment de la figure 2.4, c'est qu'après avoir démoli le bâtiment, une flèche relie cette dernière phase à la première étape du cycle de vie, l'initiative ou encore la planification d'un nouveau projet. Encore une fois, l'approche à boucle fermée est représentée pour démontrer la durabilité possible des éléments d'un bâtiment. Par le démantèlement ou la déconstruction, une nouvelle vie est

offerte aux matériaux récupérés en leur permettant de retourner de nouveau dans la boucle du cycle de vie de bâtiment, et non, dans un site d'enfouissement.

Cependant, la figure 2.4 démontre également, lors de la phase de démolition, la possibilité que certaines matières résiduelles ne soient pas récupérées automatiquement pour être réintroduites dans le cycle de vie du bâtiment. Mais la flèche sortant de cette phase retourne tout simplement dans le cycle de vie des matériaux, tout en respectant la hiérarchie du déchet du concept des 5RV-E.

Au-delà des quelques alternatives plus écologiques à la démolition traditionnelle mentionnées précédemment, plusieurs stratégies de gestion des matières résiduelles peuvent être considérées à chacune des phases du cycle de vie du bâtiment présentées dans cette section, pour minimiser la production de ces matières tout au long de la durée de vie utile de l'édifice.

2.3 Stratégies de gestion des matières résiduelles spécifiques aux différentes phases du cycle de vie d'un bâtiment

Tel que présenté dans la section précédente, chaque phase du cycle de vie du bâtiment est tributaire de celles qui la précèdent et chacune d'elles influe également sur le déroulement des phases subséquentes. D'où l'importance d'intégrer la problématique des matières résiduelles à partir du tout début d'un projet.

Le tournant écologique a amené les chercheurs et les professionnels du domaine de la construction de bâtiment à mettre sur pied une panoplie de stratégies pour encourager le développement du marché de la construction durable. Cependant, comme cette nouvelle ligne de pensée n'est pas encore dans les mœurs, et surtout, dans les normes de l'industrie, la responsabilité dans le choix de ces stratégies revient tout simplement au maître d'œuvre. Différentes stratégies de gestion des matières résiduelles seront présentées spécifiquement à

chacune des phases du cycle de vie d'un bâtiment, soit la planification, la conception, la construction, l'opération et la démolition du bâtiment.

2.3.1 Planification

Tel que présenté précédemment par l'échelle de Delf (figure 2.4), la phase de planification, ou d'initiative du projet, correspond à la première étape du cycle de vie d'un bâtiment. Peu de stratégies concernant la gestion des matières résiduelles propre à cette phase ont été soulevées dans la littérature. Pourtant, il s'agit de l'étape du cycle de vie d'un bâtiment où les objectifs et les critères du projet sont déterminés. Les matières résiduelles doivent faire partie de ces préoccupations. C'est donc à cette étape que les objectifs de détournement, ainsi que les lignes directrices en termes de minimisation de la production de matières résiduelles doivent être fixés pour assurer la performance du projet tout au long des étapes subséquentes à la planification.

Les normes et les programmes de certification peuvent être utilisés comme spécifications ou lignes directrices dans l'atteinte des objectifs établis pour un projet de construction.

2.3.1.1 Normalisation

D'abord, la norme *CSA Z762-95-Design for the environment*, de la Canadian Standards Association (CSA), est un outil qui fait le parallèle entre les principes fondamentaux de conception durable et les critères de conception plus traditionnels. Ces principes couvrent les aspects de ressources non renouvelables, de conservation, de matières dangereuses, de préoccupations mondiales comme l'appauvrissement de la couche d'ozone et les changements climatiques, puis de préoccupations plus locales comme les écosystèmes et la qualité de vie des occupants. Cette norme réfère ensuite à un autre standard reconnu, la norme *CSA Z60-94-Life Cycle Assessment*, qui favorise donc l'analyse du cycle de vie des produits sous quatre aspects : les matières premières, la fabrication, l'utilisation (ainsi que l'entretien et la réutilisation) et la gestion finale des déchets. L'objectif de cette norme est

donc d'assurer que la conception et la réalisation du bâtiment se déroulent dans une approche de développement durable (Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2000a).

La CSA a également développé une norme sur la durabilité des bâtiments, la CSA S478-95(R2001)-*Guidelines on durability in buildings*. Cette norme couvre tous les aspects de durabilité du bâtiment et de ses composantes au niveau des phases de conception et d'opération. Elle cible des niveaux de performance minimum de la durabilité globale du bâtiment et oblige les concepteurs à considérer des stratégies de design facilitant, lors des opérations futures du bâtiment, le remplacement ponctuel des composantes n'ayant pas la même durée de vie que le bâtiment dans son ensemble (Canadian Standards Association, 1995). La gestion des matières résiduelles y est donc abordée sous l'aspect de minimisation de leur production par la conception de bâtiment plus durable.

2.3.1.2 Systèmes d'évaluation

Pour ce qui est des systèmes d'évaluation dans le domaine du bâtiment durable, plusieurs modèles sont présentement disponibles sur le marché, tel *BRE's Environmental Assessment Method* (BREEAM) et *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED).

BREEAM est un programme britannique de reconnaissance des performances environnementales pour les bâtiments, géré par le *Building Research Establishment* (BRE). Les performances sont mesurées sous les aspects d'efficacité énergétique, de pollution de l'air, de transport, de gestion de l'eau, d'écosystème, de choix des matériaux et de gestion des déchets. Il existe plusieurs versions du système disponibles pour les différents types de construction (institutionnel, résidentiel, commercial, etc.), mais également s'il s'agit d'une nouvelle construction ou d'un bâtiment existant déjà en opération. Selon la catégorie de bâtiment, le programme considère une soixantaine de critères ayant différents pointages. Une dizaine de ces critères sont directement reliés à la gestion des déchets sur le site et au choix de matériaux récupérés. Ce système d'évaluation permet également la certification du

bâtiment sous quatre niveaux selon le nombre de points obtenus. La certification BREEAM n'est pourtant disponible qu'en Angleterre (Building Research Establishment, 2005). Une version canadienne avait été mise sur pied dans les années 90, celle-ci a ensuite subi une évolution et a pris le tournant des années 2000 sous le nom de Green Globes¹⁰ (Green Building Initiative, 2007).

Le système de cotation LEED, qui a été développé à l'époque par le *United State Green Building Council* (USGBC), est en plusieurs points semblable au BREEAM. Plus près de chez nous, la version canadienne, LEED Canada-NC, comporte 70 critères de performance, d'un point chacun et sept conditions préalables à la certification. Les critères sont répartis dans six catégories, soit l'aménagement écologique du site, la gestion efficace de l'eau, l'énergie et l'atmosphère, les matériaux et les ressources, la qualité de l'air intérieur et l'innovation. Deux critères sont réservés à la gestion des déchets durant la construction, cinq autres critères concernent la réutilisation de bâtiment, sections de bâtiment ou matériaux récupérés, deux critères concernent la teneur en matière recyclée des matériaux choisis, et finalement, un critère est réservé à l'utilisation des matériaux et à la production de matières résiduelles tout au long du cycle de vie du bâtiment. Comme son homologue BREEAM, le système de cotation LEED offre quatre niveaux de certification. Cependant, les seules versions présentement disponibles au *Conseil du bâtiment durable du Canada* (CBDC) sont applicables exclusivement aux nouvelles constructions, ou aux rénovations majeures, ainsi qu'aux intérieurs commerciaux (Conseil du bâtiment durable du Canada, 2004; US Green Building Council, 2005).

Bien que LEED demeure la certification de bâtiment durable la plus populaire en Amérique du Nord (Larsson, 2000), d'autres systèmes de normalisation considérant la problématique des déchets sont également disponibles au Canada, tel C-2000, Green Globes et SBTool.

C-2000 est un programme-pilote développé par *Ressources naturelles Canada* pour permettre de diminuer l'énergie intrinsèque et donc d'augmenter l'efficacité énergétique du

¹⁰ Ce programme sera abordé plus loin dans cette section.

bâtiment (Larsson, 2000). Les 86 critères d'évaluation sont présentés sous forme d'actions dans une arborescence divisée en 16 catégories touchant les différents aspects de la construction durable (Larsson, 2003). La problématique de la gestion des matières résiduelles y est donc abordée principalement sous forme de critères de conception avec l'objectif de minimiser l'énergie intrinsèque du bâtiment. Cependant, ce programme-pilote n'a touché que quelques projets exclusifs jusqu'à maintenant et ne constitue pas un système de cotation accessible au public.

Le système de cotation Green Globes (ancien BREEAM Canada) est issu d'un partenariat entre le gouvernement fédéral canadien et le secteur privé, le *Green Building Initiative* (GBI). Il offre quatre niveaux de certification couvrant pratiquement les mêmes critères que LEED ou BREEAM (ECD Energy & Environment Canada, 2004). Depuis 2005, le programme Green Globes est aussi offert aux États-Unis et il devient le premier programme de bâtiment durable à être considéré comme un standard par l'*American National Standards Institute* (ANSI) (Green Building Initiative, 2006a). L'aspect intéressant de ce système, c'est qu'il intègre des critères de gestion de projet, notamment au niveau de la conception intégrée, l'approvisionnement écologique, la mise en service améliorée et les mesures d'urgence environnementale (Green Building Initiative, 2006b). Ce programme n'obtient cependant pas la même popularité que le système LEED, peut-être dû au nombre de points (plus de 1000) répartis dans chacun des critères d'évaluation, ce qui apporte une certaine complexité à l'outil.

Le SBTool, une initiative de Ressources naturelle Canada et développé par l'*International initiative for a sustainable built environment*, demeure l'outil le plus complet en termes de bâtiment durable. Le système de cotation SBTool compte près de 120 critères à qui l'on a octroyé différentes valeurs, dont une dizaine reliés aux matières résiduelles. La différence de ce programme comparativement aux autres systèmes, c'est qu'une partie des points est attribuée à la phase de pré-conception, c'est-à-dire à la planification du projet (iiSBE, 2007). L'outil considère les critères sociaux et économiques reliés au bâtiment durable et offre aussi un volet de comparaison avec les programmes LEED et Green Globes (Larsson,

2005). Le SBTool permet également de situer le projet par rapport au marché. Bien qu'il demeure le programme le plus rigoureux, son suivi peut sembler trop exhaustif par certains intervenants d'un projet, notamment au niveau de la construction.

Pour mieux analyser les besoins d'un projet, il est nécessaire de comparer ces différents outils selon leurs spécificités. Le tableau suivant (tableau 2.1) est un récapitulatif des différents programmes présentés.

Tableau 2.1

Programmes de certification de bâtiment durable

Programme	Disponibilité au Canada	Certification	Nombre global de critères	Nombre de critères concernant les MR	Commentaires
BREEAM	Non	5 niveaux	environ 60 selon type de bâtiment	environ 10 selon type de bâtiment	<ul style="list-style-type: none"> - Plusieurs programmes disponibles selon type de bâtiment - Couvre globalement les aspects de bâtiment durable - Considère le cycle de vie du bâtiment à partir de la conception - Facile d'utilisation
LEED	Oui	4 niveaux	70 points et 7 conditions préalables	10	<ul style="list-style-type: none"> - Disponible seulement pour les nouvelles constructions et les intérieurs commerciaux - Couvre globalement les aspects de bâtiment durable - Considère le cycle de vie du bâtiment à partir de la conception - Facile d'utilisation
C-2000	Oui	-	86	14	<ul style="list-style-type: none"> - Projets de démonstration - Axé sur l'efficacité énergétique - Considère le cycle de vie du bâtiment à partir de la planification
Green Globes	Oui	5 niveaux	31	4	<ul style="list-style-type: none"> - Les critères n'ont pas tous la même valeur - Couvre globalement les aspects de bâtiment durable - Considère le cycle de vie du bâtiment à partir de la conception - Facile d'utilisation - Plus de 1000 points possibles
SBTool	Oui	Selon pointage	Près de 120	Près de 10	<ul style="list-style-type: none"> - Couvre de façon détaillée tous les aspects de bâtiment durable - Considère le cycle de vie du bâtiment à partir de la planification - Peut sembler exhaustif

Ce tableau démontre donc que LEED et SBTool semblent être les outils les plus appropriés, concernant les matières résiduelles, étant présentement disponibles au Canada. Maintenant, il importe au client de choisir s'il se servira de ces programmes seulement comme lignes directrices au projet ou s'il investira dans la certification finale du bâtiment.

Finalement, contrairement aux normes CSA préalablement présentées, ces programmes de certification ne comportent pas d'outil d'aide à la gestion des matières résiduelles proprement dit, il n'en demeure pas moins qu'ils soient d'excellents incitatifs à l'intégration globale de ces stratégies de construction écologiques dans l'industrie du bâtiment. L'utilisation de systèmes de certification ne peut qu'encourager l'amélioration de la performance concernant les matières résiduelles dans la construction de bâtiment.

2.3.2 Conception

Les lignes directrices concernant les matières résiduelles par rapport à la conception sont nombreuses. L'équipe de conception devrait prévoir un design de bâtiment qui minimisera la production de matières résiduelles lors de la construction (technologies et matériaux), de l'exploitation de l'édifice (changement de vocation, rénovation, durabilité) et lors de sa démolition (récupération d'éléments de bâtiment ou de matériaux).

En plus de répondre aux besoins des futurs usagers, le propriétaire du bâtiment devrait considérer que la vocation des espaces (bureau, classe, salle de réunion, etc.), ou même du bâtiment en son entier (commerce, école, édifice à bureaux, etc.), ne resteront probablement pas toujours les mêmes tout au long de la vie utile du bâtiment. Les professionnels doivent donc tenir compte d'une certaine flexibilité dans la conception du bâtiment en plus des critères déjà établis au concept du projet.

Le propriétaire devrait également prévoir la fin de vie du bâtiment s'il veut que celle-ci demeure à la fois écologique et rentable. La conception pour la déconstruction tient compte du moment où le bâtiment cessera son exploitation. Grâce à sa conception initiale, le bâtiment pourra être déconstruit (et non démolit) pour ainsi en récupérer les matériaux et composantes pour les réintroduire dans le cycle de vie des matériaux.

Le choix des matériaux et des technologies de construction peut aussi grandement influencer sur la capacité du bâtiment à consommer des ressources et à générer des matières

résiduelles. Des choix judicieux s'imposent pour prolonger la durée de vie du bâtiment et atteindre les objectifs fixés au début du projet.

Dans la littérature, ces stratégies sont présentées par différents auteurs (cités tout au long de cette section), mais aucune de ces visions ne considère à la fois tous les thèmes tels qu'ils seront abordés dans cette partie du chapitre. Cette section constitue donc la présentation de différentes approches de gestion des matières résiduelles appliquées à la phase de conception du bâtiment soit la conception pour la flexibilité, la conception pour la déconstruction et le choix des matériaux et des technologies de construction minimisant la production de matières résiduelles.

2.3.2.1 Concevoir pour la flexibilité

Un bâtiment est d'abord conçu pour un usage précis, mais qu'en est-il de son avenir quand cette vocation n'est plus requise ? Les professionnels devraient tenir compte du fait qu'un bâtiment soit sujet à des changements d'utilisation ou à des réaménagements futurs. La considération de la flexibilité permet alors de prolonger la durée de vie d'un bâtiment en bonne condition en lui offrant la possibilité de changer plus facilement de vocation soit en réaménageant les espaces ou encore en y ajoutant des extensions (Poon C.S. et Jaillon L., 2002). Cette approche de conception peut se traduire dans la minimisation et le choix des matériaux de finition (plancher flottant, tuiles de plancher, plafond suspendu, etc.), dans les systèmes d'aménagement (cloisons mobiles et unités préfabriquées mobiles, planchers surélevés, etc.), ou encore dans les options de conception de la structure. L'équipe de conception devrait alors considérer l'exploitation du bâtiment sur toute sa durée de vie utile, pour bien cerner toutes les possibilités. Par exemple, un espace à bureau peut probablement devenir une salle de conférence et des salles de classe peuvent se transformer en laboratoire, ou mieux, en auditorium. Les différents partis de l'équipe de conception devraient donc s'entendre en ce sens et développer leur concept autour des vocations ainsi établies.

Cependant, Coventry (1998) ajoute un bémol à ce concept de flexibilité en ce qui a trait au surdimensionnement des structures (prévoyant ainsi l'adaptation du bâtiment). Cette approche est parfois plus coûteuse que si le bâtiment avait été conçu avec seule la vocation de départ. Le surdimensionnement peut encourager le gaspillage des ressources, mais pourrait également gêner les futures adaptations au bâtiment (Coventry, 1998).

L'alternative à ce surdimensionnement, est la standardisation des espaces. Les concepteurs aménagent donc les espaces de façon à ce que leurs dimensions soient équivalentes peu importe la vocation première de la pièce. Par exemple, tous les bureaux, qu'importe le poste de l'occupant, peuvent être d'une même grandeur satisfaisant l'utilisation de tous les occupants, et l'espace occupé par une salle de conférence peut être égal à celui de quatre de ces bureaux juxtaposés ; la structure n'a qu'à suivre ce quadrillé. Il devient plus facile de faire des réaménagements, selon les besoins, tout au long de la durée de vie du bâtiment.

Les professionnels devraient donc avoir le rôle de considérer l'approche de flexibilité dans la phase de conception d'un projet, mais également de maintenir cette considération à travers les modifications et changements au design apportés soit par le client, par l'entrepreneur ou par les professionnels eux-mêmes, tout au long de la phase de réalisation du projet. Les modifications de dernière minute font partie des facteurs influençant le plus les variations dans le design (C. S. Poon, Wan Yu, A.T. et Jaillon, L., 2004; Poon, 2001). En plus de s'assurer que ces variations répondent toujours aux besoins initiaux du client, ces modifications devraient également tenir compte des objectifs de minimisation des matières résiduelles retenus par l'équipe de conception, tel le facteur de flexibilité. Des changements apportés à la disposition des espaces, aux hauteurs de plafond, à l'élimination d'un plancher surélevé apportant une certaine flexibilité à l'aménagement des systèmes mécaniques, sont tous des éléments pouvant gêner les futurs réaménagements du bâtiment.

Les avantages à l'approche de concevoir pour la flexibilité sont d'abord économiques, car elle augmente la durée de vie d'un bâtiment et diminue donc la demande en nouvelles constructions. En conséquent, les bénéfices sont également environnementaux puisque la

flexibilité retarde la démolition du bâtiment et, par le fait même, la production de matières résiduelles (Poon C.S. et Jaillon L., 2002).

2.3.2.2 Concevoir pour la déconstruction

Une approche intéressante dans la sélection de stratégies de minimisation est celle de la conception en vue de la déconstruction. La déconstruction est en somme une démolition sélective où l'on désassemble un bâtiment par section en vue de récupérer le maximum de matières possibles destinées au réemploi et au recyclage. La hiérarchie des considérations dans l'application de ce concept est la suivante (Guy B. et Shell S., 2005).

- Conception
 - Minimiser la dépréciation prématurée du bâtiment par la sélection de matériaux selon leur performance.
- Construction
 - Établir les conditions « tel que construit » du bâtiment ;
 - Développer un plan de déconstruction basé sur le processus de construction.
- Éléments
 - Considérer des éléments modulaires qui répondent aux dimensions standards en vue de les déplacer ou les réemployer dans un autre bâtiment.
- Composantes
 - Considérer des composantes facilement détachables des éléments en vue de leur réutilisation avec ou sans modification.
- Sous-composantes
 - Considérer des sous-composantes facilement détachables des composantes en vue de leur réutilisation avec ou sans modification.
- Matériaux
 - Considérer des matériaux se séparant facilement des sous-composantes pour devenir des matériaux homogènes en vue de leur réutilisation, recyclage ou autre valorisation.

Cette approche de démantèlement d'un bâtiment nécessite une attention particulière des professionnels au niveau des détails de joints et raccordements. On favorise les boulons aux soudures et les attaches aux adhésifs. Les matériaux deviennent ainsi facilement détachables et exempts de contamination (colle) (Addis, 2004). La minimisation des surfaces finies est également un critère important. Par exemple, un plafond de béton laissé apparent permet d'éviter les matières résiduelles engendrées par les travaux de peinture ou encore par l'installation d'un plafond suspendu. Le groupe d'architectes norvégiens GAIA a développé un système permettant d'assister le concepteur dans ses démarches. Ce système, appelé ADISA (*Assemble for DIS-Assembly*), promeut l'élimination des composites, le choix de matériaux locaux traditionnels et les techniques de construction simplifiées en divisant le bâtiment en différents systèmes et en y introduisant 45 standards de composantes pouvant être assemblés sous une panoplie de configuration (Myhre, 2000).

La clé pour assurer une déconstruction efficace et ainsi minimiser la production de déchet, c'est la quantité et la qualité des informations recueillies durant la construction par les professionnels (Dorsthorst et B.J.H. et Kowalczyk T., 2002). Pour pouvoir déconstruire un bâtiment, son propriétaire doit avoir en main des plans et autres documents reflétant le design, les matériaux et les technologies considérés réellement durant la construction du bâtiment et non ce qui a été planifié au départ. L'entrepreneur en charge de la déconstruction d'un bâtiment doit savoir exactement quelles sont les composantes, sous-composantes et matériaux employés pour bien planifier le projet de déconstruction et ainsi éviter le gaspillage des ressources (temps, argent et matières) par de mauvais choix de techniques de travail.

Des technologies sont présentement disponibles et abordables pour identifier chaque matériau à l'aide d'une étiquette (électronique ou non) qui lui est propre et ainsi pouvoir créer une base de données sur les différentes caractéristiques et le positionnement de chacun de ces matériaux (Addis, 2004). L'utilisation de cette technologie permet aux propriétaires de connaître en détail la composition de leurs bâtiments et ainsi d'avoir la possibilité de

transmettre cette information à de futurs propriétaires ou encore aux professionnels et aux entrepreneurs pour favoriser la performance d'une éventuelle déconstruction.

Les bénéfices économiques et environnementaux du concept de déconstruction sont reliés à la récupération sélective des matériaux permettant de détourner un maximum de matières résiduelles allant habituellement aux sites d'enfouissement pour les destiner au réemploi ou au recyclage (Poon C.S. et Jaillon L., 2002; Poon, 2001). La qualité des matières ainsi récupérées peut favoriser leur réemploi et, par le fait même, le développement du marché des matériaux de seconde main.

Cependant, l'évolution des technologies peut freiner la performance de déconstruction d'un bâtiment. Les matériaux employés à l'époque ne sont peut-être plus utilisés aujourd'hui, ce qui diminue les possibilités de récupération en vue de les réutiliser sur un autre projet. L'évolution des technologies peut donc également influencer le secteur du recyclage. Les marchés s'adaptent aux matériaux existants et pas nécessairement à ceux datant de plusieurs décennies. Les manufacturiers utilisant des matières secondaires dans la fabrication de leurs produits s'attendent à recevoir une matière d'une composition bien précise. Si les matériaux déconstruits ne correspondent pas aux besoins actuels de ces manufacturiers, les efforts posés lors de la conception du bâtiment auront été vains. Heureusement, cette problématique ne semble pas, pour le moment, affecter les matières principales composant un bâtiment, tel que le béton, la maçonnerie, le bois et les métaux.

2.3.2.3 Choix des matériaux et des technologies de construction

Selon une étude menée par des chercheurs de l'Université de Hong Kong, la problématique du déchet est le facteur le moins considéré dans le choix des matériaux et technologies de construction. Les facteurs les plus importants sont, sans aucun doute, les coûts et l'échéancier (C. S. Poon, Wan Yu, A.T. et Jaillon, L., 2004). Pour pallier à cette ligne de pensée peu durable, plusieurs approches peuvent être considérées.

La première approche serait la considération de standards dimensionnels au niveau du design, mais également dans les besoins pour chaque matériau (C. S. Poon, Wan Yu, A.T. et Jaillon, L., 2004). Par exemple, l'utilisation d'une seule grandeur de montant métallique dans tout le bâtiment permet d'éviter les coupes inutiles et de diminuer les pertes de chacune des commandes. L'utilisation de la technologie de préfabrication, soit pour des éléments (ex. : dalle) ou pour des unités (ex. : salle de bain) permet également la minimisation de la production de déchet sur le site. Ces éléments sont fabriqués sur mesure en usine, dans un environnement contrôlé, avec le souci d'économie des ressources. Un fois ces éléments arrivés sur le site, il ne reste plus qu'à les intégrer à la construction, sans coupe et sans perte.

La technologie de préfabrication, plus fréquemment utilisée dans le secteur commercial, est présentement peu répandue au Québec. Contrairement à la Suède, où 95 % du marché résidentiel était dominé par la préfabrication en 1995, le Québec ne réserve qu'une faible partie du marché, variant entre 10 % et 15 % du secteur résidentiel, à cette technologie (Conseil de la science et de la technologie, 2003a). Certains comportements de l'industrie freinent le développement d'une telle pratique, notamment le mode de paiement des projets de construction. Lorsqu'un projet est construit *in situ*, les matériaux sont payés après leur livraison sur le site, tandis que lorsqu'il y a préfabrication, l'entrepreneur exige la moitié des frais avant même la fabrication des éléments, un mode de paiement peu apprécié des donneurs d'ouvrage. Heureusement, selon le Conseil de la science et de la technologie (2003a), avec les besoins d'augmentation de la productivité, les exigences croissantes en termes de qualité et de développement durable, la pénurie de main-d'œuvre et l'ouverture des marchés d'exportation, l'industrie de la construction semble s'ouvrir tranquillement à l'utilisation de cette technologie.

Les techniques et pratiques employées en chantier ne sont pas à négliger lors de la conception du bâtiment. Les concepteurs doivent considérer la possibilité d'utiliser des méthodes de construction minimisant la production de matières résiduelles notamment dans le choix des composantes, mais également en évitant les ouvrages temporaires. Le coffrage permanent (faisant partie de la structure) ou les coffrages durables (en acier) en sont des

bons exemples de technologies minimisant la production de matières résiduelles en chantier, mais aussi engendrant des économies de temps de main-d'œuvre et donc de coûts (Hong Kong Polytechnic University, 2005).

Le choix proprement dit des matériaux est également un élément clé. Ils doivent d'abord être choisis en fonction de leur cycle de vie par rapport aux coûts reliés. Un bâtiment demandant moins d'entretien, donc moins de remplacement de matériaux ou d'éléments, prolonge ainsi sa durée de vie (C. S. Poon, Wan Yu, A.T. et Jaillon, L., 2004). Le concept de l'analyse du cycle de vie devrait être employé dans le choix de la plupart des matériaux et composantes pour assurer la capacité de ceux-ci de répondre à la durabilité globale du bâtiment. L'analyse du cycle de vie d'un matériau est effectuée par les professionnels sur la base des critères d'évaluation fixés par l'équipe de conception (Lepage, 2006a). Le tableau suivant (tableau 2.2) présente un exemple d'analyse de cycle de vie de matériaux.

Tableau 2.2

Exemple d'analyse de cycle de vie pour les partitions de toilettes
(Lepage, 2006a)

Options	Analyse											
	Avantages	Inconv.	Coût			Durée de vie	Nombre de remplacement sur 50 ans	Coût sur 50 ans	Impacts		Économies annuelles	Période de retour sur investissement
			Base	Entretien	Remplac.				LEED	GB Tool		
Cloisons métalliques												
Cloisons avec stratifié et mdf												
Cloisons avec stratifié et panneaux Woodstark												

Certaines informations de cette analyse peuvent être faciles à déduire, mais, dans certains cas, les recherches peuvent devenir ardues. La majorité de ces informations ne sont connues, la plupart du temps, que du manufacturier et ne sont pas transmises automatiquement aux

fournisseurs. Les gros manufacturiers comme Dow Chemical Company, GP Gypsum, Roxul Inc. ou Soprema, possèdent des sites Internet où l'on peut télécharger des fiches techniques sans problème et où l'information est continuellement mise à jour. Le processus de recherche de l'information peut par contre devenir fastidieux dans certains cas où l'on parle de plus petits fournisseurs qui n'ont jamais entendu parler du terme « bâtiment durable ». Heureusement, il existe des organismes de certification de matériaux comme *Choix environnemental*¹¹, un programme canadien d'étiquetage qui a certifié, jusqu'à aujourd'hui, plus de 1500 produits écologiques sous l'emblème « Éco-logo ». D'autres programmes comme *EcoBuyer*¹², *Green Seal*¹³, *FSC*¹⁴, *Energide*¹⁵ et *Energy Star*¹⁶ encouragent la fabrication de produits plus respectueux de l'environnement tout en soutenant l'authenticité de l'information distribuée (Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2000a).

Le tableau d'analyse du cycle de vie peut également être modifié selon les besoins du projet. Par exemple, lorsqu'un critère de base au projet est la gestion des déchets, une section sur les 5RV-E peut être insérée. La capacité du matériau à se situer dans la hiérarchie des déchets influencera le choix de celui-ci. Il est donc nécessaire d'éviter les matériaux composites puisqu'ils ne sont pas recyclables.

Choisir des matériaux avec un contenu recyclé, c'est d'abord encourager le marché des matières secondaires, mais également éviter que ces résidus récupérés aillent à l'enfouissement. L'usage de matériaux ou d'éléments récupérés d'anciens chantiers (avec ou sans modification) permet aussi d'éviter de consommer d'autres ressources (eau, énergie) nécessaires à l'extraction des matières premières et à la fabrication des produits (Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2001). Il existe plusieurs réseaux de récupération des matériaux de seconde main en Amérique du Nord, disponibles via Internet (Peaks to Prairies Pollution Prevention Information Center, 2002). Au Québec, Recyc-

¹¹ www.environmentalchoice.com

¹² www.ecobuyer.net

¹³ www.green Seal.org

¹⁴ www.fsc.org

¹⁵ www.energide.nrcan.gc.ca

¹⁶ www.epa.gov/energystar.html

Québec tient un répertoire des entreprises de récupération de la province sur son site Internet (Recyc-Québec, 2006b). Malheureusement, ce dernier répertoire n'est pas régulièrement mis à jour et bien que les banques de matériaux récupérés disponibles sur Internet semblent offrir un bon rendement, elles sont peu fréquentées par l'industrie de la construction québécoise. Pour le moment, au Québec, le bouche à oreille demeure la solution la plus efficace pour mettre la main sur d'importantes quantités de matériaux récupérés.

Bien que la plupart du temps ces matériaux offrent un certain standard de qualité, l'opinion publique concernant la qualité de ce type de produit ne semble encore que peu convaincue (Torrington, 2000). Beaucoup d'efforts doivent alors être mis sur l'information et la sensibilisation de l'industrie au sujet des matériaux récupérés ou recyclés.

L'approche de flexibilité, le concept de déconstruction et le choix stratégique de matériaux et de technologies de construction sont trois éléments à considérer lors de la phase de conception du bâtiment pour assurer la minimisation de la production de matières résiduelles pendant la construction, mais également tout au long du cycle de vie du bâtiment. Cependant, il peut sembler ardu de combiner à la fois ces trois concepts dès le début d'un projet, puisqu'en plus de s'articuler à travers l'expertise des professionnels, ces stratégies concernent toute une panoplie d'intervenants (client, entrepreneurs, occupants, opérateurs, etc.), que l'on ne retrouve pas habituellement à la table de conception.

2.3.3 Construction

Tel que présenté précédemment, durant la phase de conception, l'équipe de projet doit favoriser des concepts de design, des matériaux et des technologies qui minimiseront la production de matières résiduelles durant la réalisation du projet et tout au long du cycle de vie du bâtiment. Mais pour assurer une certaine performance dans cette réalisation, elles doivent être spécifiées aux documents d'exécution. *Travaux publics et services gouvernementaux Canada (TPSGC)* a développé le *Guide du DDN pour la rédaction de*

devis de construction et de rénovation respectueux de l'environnement (2000a), un document assistant l'équipe de conception dans leur rédaction des documents contractuels en insistant sur les particularités écologiques du projet. Les devis contiennent ainsi toutes les spécificités concernant les normes à respecter, le choix des matériaux, technologies et techniques de construction minimisant la production de matières résiduelles, ainsi que les stratégies de gestion à apporter lors de cette troisième phase du cycle de vie du bâtiment, la construction.

La construction est la première phase du cycle de vie d'un bâtiment où des matières résiduelles sont directement générées. Au-delà des efforts posés lors des phases antérieures, les intervenants auront nécessairement à gérer un certain volume de déchets. L'objectif de l'étape de réalisation du projet est donc de détourner un maximum de matières résiduelles des sites d'enfouissement selon le principe de gestion de la hiérarchie des 5RV-E.

La responsabilité de la gestion des matières résiduelles sur un chantier n'est pas toujours claire. C'est pourquoi le client doit inclure cette responsabilité aux documents contractuels. L'entrepreneur et ses sous-traitants ont donc l'obligation de répondre à cet engagement.

Pour faciliter la gestion des matières résiduelles sur le site, l'attribution de cette fonction à une personne spécialisée est une première étape. L'individu en question peut être soit un spécialiste des déchets engagé spécialement pour le contrat, soit un membre de l'équipe de professionnels, ou encore un membre expérimenté de l'équipe de projet de l'entrepreneur, ayant bien sûr la connaissance nécessaire sur la législation environnementale et les codes de construction qui régissent le projet (Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2001). Cette personne aura donc la responsabilité de coordonner les stratégies de gestion des matières résiduelles *in situ*.

Ces différentes stratégies peuvent être regroupées sous la forme d'un plan officiel répertorié dans une section spécifique des devis contractuels¹⁷ (Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2000b). Dans la littérature, les auteurs semblent s'entendre sur les principales étapes de l'élaboration d'un plan de gestion des matières résiduelles en chantier qui, essentiellement, sont les suivantes : effectuer un audit pour identifier tous les types de matières résiduelles pouvant être produites, élaborer un plan de réduction des déchets, le mettre en œuvre et le maintenir durant toute la phase de construction du projet, puis en faire le bilan (Australia Government, 2005; Department of Trade and Industry, 2004; Poon, 2001; Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2002). Ces étapes sont décrites de façon plus détaillée ci-après.

2.3.3.1 Audit

La première étape d'un plan de gestion des matières résiduelles de construction est de faire un audit des déchets (Australia Government, 2005). Le but de cet audit est de connaître les types et les quantités de déchets pouvant être produits tout au long du chantier (Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2001). Les calculs sont effectués par une vérification exhaustive des plans et devis. Une fois les types et volumes de matériaux et de déchets estimés, il faut identifier les options et les barrières possibles pour chacune de ces matières (réemploi, recyclage, etc.). Des exemples de disposition pour chacune des matières sont disponibles en annexe I.

2.3.3.2 Plan de réduction

Après l'audit des déchets, le responsable doit établir un plan de réduction. L'objectif de ce plan est d'établir de quelle façon la production de déchet peut être réduite au maximum pour chacune des matières (Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2001) et ainsi identifier la filière d'élimination la moins coûteuse et la plus écologique selon le principe

¹⁷ Section 01355-*Gestion et élimination des déchets* du Devis directeur général ou section 00 74 21-*Gestion et élimination des déchets de construction/démolition* du répertoire normatif MasterFormat 2004 (The Construction Specifications Institute & Construction Specifications Canada, 2004).

des 5RV-E. La disponibilité des infrastructures selon les régions peut être une barrière, c'est pourquoi il est essentiel de détecter cet obstacle avant le début du chantier et ainsi prévoir une solution alternative. Un sommaire des quantités de matières pouvant être détournées des sites d'enfouissement doit donc être dressé, en y incluant les options de détournement choisies (Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2002). Toute cette information peut être recueillie sous forme de tableau (*Voir* annexe II).

Un plan des aménagements de récupération des matières doit ensuite être dressé de façon à ce qu'il suive et ne gêne pas l'évolution des travaux. Le tri des matières peut être effectué à la source (sur le chantier) ou peut être pris en charge par une entreprise spécialisée. Cette dernière option demande moins d'installations sur le site, demande moins de surveillance, est plus rapide, mais plus coûteuse. Le tri à la source, quant à lui, permet plus facilement la réutilisation des matériaux sur le site, demande une surveillance accrue au niveau de la contamination des matières, mais permet de retirer un maximum de bénéfices économiques reliés aux matières (Recyc-Québec, 1999).

Chaque sous-traitant devrait être responsable des déchets qu'il produit. Une attention particulière doit également être posée au niveau des commandes de matériaux. La surestimation des quantités peut encourager le gaspillage et la surconsommation des ressources en chantier (Poon C.S. et Jaillon L., 2002). Le contrôle et l'entreposage des matériaux sont aussi à considérer. Des matériaux bien identifiés et protégés éviteront les commandes supplémentaires dues à un mauvais inventaire ou à la dégradation de ces derniers. À cet effet, il est primordial de prévoir les espaces d'entreposages, de les communiquer dans les documents contractuels et de les identifier clairement selon l'évolution des travaux (Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2002).

Pour encourager la réduction et un tri des matières efficace, le responsable du plan de gestion des déchets peut aussi instaurer un programme de sanction et de bonus envers les sous-traitants, le tout devant être inclus aux documents contractuels (Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2002).

2.3.3.3 Mise en œuvre

L'étape essentielle à la bonne mise en œuvre d'un programme de gestion des matières résiduelles sur un chantier est sans aucun doute la communication du programme à tous les intervenants sur le chantier avant le début du projet (Australia Government, 2005). C'est le rôle du responsable du plan de gestion des déchets de s'assurer de la communication du programme, des responsabilités de chacun par rapport à celui-ci et du bon respect du plan tout au long du projet.

Les installations de récupération doivent également être clairement identifiées pour éviter toute confusion lors du tri des matières, par des codes de couleurs par exemple. Différentes reconnaissances peuvent être offertes aux ouvriers (t-shirt, lettre de reconnaissance) pour leur bonne adhésion au programme et pour encourager les initiatives personnelles (Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2002). De plus, un dépliant de sensibilisation peut être distribué au voisinage pour minimiser la contamination possible des conteneurs par l'externe, si ceux-ci ne se trouvent pas sur le site sécurisé du chantier.

Le suivi des matières sur le chantier s'effectue par le responsable du plan de gestion des matières résiduelles. En plus du suivi des quantités de matières qui sortent du chantier, le responsable doit effectuer des vérifications fréquentes des installations de récupération pour vérifier si le tri est adéquat et s'il n'y a pas d'agent contaminant dans les conteneurs (Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2001). Le responsable doit également vérifier régulièrement la concordance de la production de déchets réelle avec l'estimation initiale. Au cas où il y aurait des dépassements, des mesures correctives devront être apportées au plan (Poon, 2001).

2.3.3.4 Bilan

À la fin du projet, un bilan du plan de gestion des matières résiduelles doit être produit d'abord pour faire état des résultats, mais également pour identifier des lignes directrices

pour les projets futurs. Le rapport final devrait comporter les éléments suivants (Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2002).

- Poids et volume de la quantité totale de matières résiduelles produites ;
- Poids et volume de la quantité totale de matières résiduelles détournées des sites d'enfouissement (réutilisation, recyclage, valorisation) ;
- Comparaison des pourcentages prévus de récupération des déchets par rapport à ce qui a été indiqué dans la vérification ;
- Analyse des coûts de la gestion des matières résiduelles ;
- Résumé des problématiques, solutions potentielles, et recommandations.

Les commentaires de tous les intervenants du chantier (ouvriers et professionnels) peuvent être recueillis sous forme de sondage distribué à la fin du projet. Cela peut contribuer à identifier les points à considérer pour les prochains chantiers (Wilson, Skitmore, & Seydel, 2000).

Ce type de bilan peut servir d'élément de base pour des projets futurs, mais également à des fins de comparaison avec le marché. Des exemples de gabarits de présentation de ces informations sont disponibles en annexe II.

2.3.4 Opération

Comme il a déjà été mentionné dans ce chapitre, la phase d'opération correspond aux activités d'entretien et d'utilisation du cycle de vie du bâtiment, tel que présenté par l'échelle de Delf (figure 2.4). La façon dont le bâtiment est exploité influence la production de matières résiduelles. Un bâtiment qui est entretenu périodiquement et de manière rigoureuse durant toute sa vie, aura une durée de vie beaucoup plus longue qu'un bâtiment où la maintenance a été déficiente. Les opérateurs doivent donc se préoccuper de l'entretien de l'édifice pour minimiser la production de matières résiduelles due au remplacement des composantes,

mais doivent également s'occuper de gérer les matières résiduelles produites lors des activités de rénovation du bâtiment.

Les stratégies de gestion des matières résiduelles concernant la phase d'opération dans le cycle de vie du bâtiment ne sont que peu abordées par la littérature. Les opérateurs sont intéressés à mesurer régulièrement leur performance énergétique, et même parfois leur consommation d'eau, pour s'assurer que leur bâtiment respecte toujours les coûts d'exploitation prévus (Beltran, 2006), mais peu de préoccupations sont tournées vers la production de matières résiduelles. Bien que les indicateurs de performance soient fréquemment utilisés comme outil de mesure, l'étape de comparaison avec le marché est souvent négligée.

Concernant la production de déchets, seuls certains programmes de certification, comme LEED Canada-NC, encouragent le questionnement de l'équipe de conception sur la capacité des opérateurs à considérer la gestion des matières résiduelles durant toute la durée de vie du bâtiment. Si le critère en question est choisi par l'équipe de projet au moment de la planification, le propriétaire doit fournir, par exemple pour LEED, un programme de gestion de la qualité ainsi qu'un plan de durabilité des bâtiments en conformité avec la norme CSA S478-95 (R2001), *Guideline on durability in buildings*, pour prouver que la durée de vie du bâtiment et de ses composantes sera supérieure aux prescriptions de cette même norme (Conseil du bâtiment durable du Canada, 2004). Les opérateurs doivent donc respecter les directives prescrites en termes d'entretien durant toute l'exploitation du bâtiment pour assurer la durabilité globale du bâtiment.

Depuis déjà quelques années, deux nouveaux programmes de certification semblent se populariser chez les exploitants de bâtiment. Il s'agit de LEED-EB et de Visez Vert. LEED-EB est en fait une version du programme LEED exclusive aux bâtiments existants. Pour ce qui est de la problématique des matières résiduelles, le sujet y est abordé avec sensiblement les mêmes exigences que LEED Canada-NC, mais sans la considération des activités de conception (Conseil du bâtiment durable du Canada, 2004; Us Green Building Council,

2007). On y retrouve les mêmes critères de performance concernant le choix de matériaux à contenu recyclé et la gestion des matières résiduelles de rénovation ; mais auxquels s'ajoutent des critères de gestion des matières résiduelles produites par les utilisateurs, comme les fluorescents par exemple. Bien qu'il puisse s'appliquer sur le territoire québécois, ce programme est exclusivement administré par le USGBC (Us Green Building Council, 2007). La version canadienne du CBDC devrait voir le jour sous peu.

Le programme Visez Vert est en fait la version française de la certification Go Green du *Building Owners and Managers Association* (BOMA) (Boma Québec, 2007). Les critères concernant les matières résiduelles sont sensiblement les mêmes que pour la certification LEED-EB, à l'exception qu'ils ne constituent pas directement d'objectifs chiffrés. Par exemple, LEED-EB demande une performance minimale de 75 % de détournement des sites d'enfouissement des matières résiduelles CRD, tandis que Visez Vert se base sur les meilleures pratiques en référant la gestion des matières résiduelles CRD aux objectifs recommandées par l'organisme Recyc-Québec, en l'occurrence 60 %¹⁸ (Boma Québec, 2007; Recyc-Québec, 2006a; Us Green Building Council, 2007).

Ce qu'il y a de particulier avec ces deux programmes, contrairement à LEED Canada-NC, c'est que les critères de performance doivent faire l'objet de politiques officielles des exploitants du bâtiment (Boma Québec, 2007; Us Green Building Council, 2007). Il s'agit donc d'un engagement formel de l'administration à intégrer ces nouvelles pratiques, ainsi que leurs objectifs de performance, dans les opérations courantes du bâtiment.

Ces deux certifications ont des durées d'octroi limitées. Les exploitants doivent donc prouver le maintien de leur performance à chaque échéance pour renouveler leur adhésion au programme (Boma Québec, 2007; Us Green Building Council, 2007). L'avantage d'opter pour LEED-EB au lieu de Visez Vert se situe au niveau de la transition avec le programme de certification adopté en début de projet, LEED-Canada NC.

¹⁸ Selon la *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008* (Ministère de l'environnement du Québec, 2003)

Mais au-delà de ces programmes de certification, doit-on croire que les exploitants prennent les précautions nécessaires en termes de production et de gestion des matières résiduelles, en ce qui a trait à l'entretien et à la rénovation de leur bâtiment ? La littérature demeure plutôt muette à ce sujet.

2.3.5 Démolition

La démolition n'est pas seulement une phase du cycle de vie d'un bâtiment, mais également l'activité finale du schéma linéaire du cycle de vie des matériaux présenté au tout début de ce chapitre. Le concept de démolition est simple, il s'agit de mettre fin à l'utilisation d'un bâtiment en le mettant à terre, sans nécessairement apporter des spécifications sur la démarche à suivre au niveau de la gestion des matières (Saskatchewan waste reduction council, 2005). Tous les résidus produits peuvent être disposés au même endroit (par exemple, un site d'enfouissement). C'est une stratégie rapide d'exécution, peu coûteuse, plutôt bruyante et énormément productrice de déchets (Poon, 2001; Saskatchewan waste reduction council, 2005).

Tel que mentionné lors de la présentation des stratégies de gestion des matières résiduelles lors de la phase de conception, l'alternative à cette démolition proprement dite est la déconstruction du bâtiment. Bien que ce concept semble émerger du début de ce millénaire (Guy B. et Shell S., 2005; Kibert, 2005a), la déconstruction ne date pourtant pas d'hier. Tel que souligné au premier chapitre de ce mémoire, les romains de l'Antiquité se servaient déjà de pierres provenant de vieux chemins pour reconstruire de nouvelles routes (Saskatchewan waste reduction council, 2005). L'industrialisation a peut-être été la cause de la disparition passagère de ce concept.

Tel que présenté dans la section de ce chapitre attribuée à la phase de conception du bâtiment, on peut définir la déconstruction comme étant la démolition sélective d'un bâtiment afin de récupérer des matériaux ou des éléments de construction en vue de les réemployer ou les recycler (Addis, 2004; Guy B. et Shell S., 2005). Cette stratégie demande

plus de temps que la démolition traditionnelle, mais les bénéfices rapportés peuvent couvrir l'investissement en ressources humaines (Kibert, Chini, & Languell, 2000).

Bien que les matériaux de démolition représentent la plus grande partie des matières résiduelles CRD (Kibert, 2005a), on constate que c'est en amont et non en aval qu'il faut agir. Si le concept de déconstruction n'est pas considéré dès le départ dans la phase de conception du bâtiment, cette stratégie alternative n'obtiendra pas les résultats escomptés concernant la qualité et la quantité de matières résiduelles récupérées (Addis, 2004; Guy B. et Shell S., 2005; Poon C.S. et Jaillon L., 2002). Pour effectuer une déconstruction efficace, ce concept devrait d'abord être considéré lors de la conception (élément facilement récupérable, sans attache chimique ou autre contaminant) et également maintenu lors de la construction du projet (plan tel que construit, collecte d'informations sur les matériaux), puis lors de toute l'opération du bâtiment (suivi des modifications). L'équipe de déconstruction pourra alors élaborer un plan de déconstruction optimal.

La procédure à suivre pour optimiser la récupération des matières est semblable aux différentes étapes présentées dans la phase de construction, soit la réalisation d'un audit des déchets, l'élaboration d'un plan de réduction respectant le concept des 5RV-E et comprenant une méthodologie de démantèlement, la mise en œuvre du plan et la rédaction d'un bilan final. Une déconstruction efficace devient donc une alternative au gaspillage des ressources, en termes de déchets (minimisation de leur production par l'optimisation de la récupération des matières) et en termes d'économies (économie par la vente de matériaux pouvant être réemployés et par la différence entre les frais de recyclage et d'enfouissement).

Le concept de déconstruction s'inscrit parfaitement dans l'approche de cycle de vie des matériaux et des bâtiments présentée par l'échelle de Delft, puisque les matières ainsi récupérées retournent, pour la plupart, dans le cycle en vue d'être réemployées dans la construction d'un nouveau bâtiment ou réintroduits dans la fabrication de nouveaux produits.

2.4 Résumé

Au tout début du chapitre, des concepts concernant le cycle de vie des matériaux (hiérarchie du déchet, approche linéaire et à boucle fermée) et le cycle de vie du bâtiment (planification, conception, construction, opération et démolition) ont été présentés. Plusieurs stratégies de gestion des matières résiduelles spécifiques à chacune des cinq grandes phases du cycle de vie d'un bâtiment ont été abordées. Pour mieux visualiser l'ampleur des outils ou concepts exposés, en voici un résumé.

Au niveau des outils favorisant la phase de planification d'un bâtiment durable, les programmes de certification, comme LEED, sont des incitatifs à l'intégration de stratégies plus écologiques dans la conception d'un bâtiment. Les normes, quant à elles, peuvent constituer un support efficace à la conception. Mais leur caractère facultatif doit nécessairement avoir un effet négatif sur leur utilisation.

Pour ce qui est de la phase de conception, les notions de flexibilité et de déconstruction ont été présentées. Des concepts qui permettent une plus grande flexibilité dans les futures adaptations ou changements de vocation du bâtiment et qui optimisent la récupération des éléments, composantes ou matériaux en fin de vie du bâtiment. L'importance de choisir des matériaux selon leur composition, leur capacité à être réemployés ou recyclés, et selon l'analyse de coûts/cycle de vie a également été soulignée. Les concepteurs devraient aussi tenir compte des technologies disponibles pour réduire les possibilités de production de matières résiduelles en chantier, notamment par la préfabrication d'éléments de construction. Finalement, une attention particulière doit être posée dans la rédaction des documents contractuels pour assurer une meilleure transmission de l'information à l'équipe de réalisation du projet concernant les normes à respecter, les technologies et matériaux prescrits et la gestion des matières résiduelles sur le site.

Un processus de gestion des matières résiduelles *in situ* a été présenté concernant la phase de construction du projet. Ce processus comprend généralement un audit des déchets pour

vérifier toutes les sources possibles de matières résiduelles, un plan de réduction des déchets pour prévoir toutes les filières de disposition possibles pour chacune des matières récupérées, la mise en œuvre dudit plan avec un programme de communication et un bilan final du projet.

Pour la phase d'opération, on retrouve l'application de normes ou de programmes de certification liés à la conception du bâtiment et identifiés lors de la phase de planification du projet. Des décisions qui doivent être prises en amont du projet. Cependant, d'autres programmes de certification qui peuvent être adoptés durant l'exploitation du bâtiment sont maintenant disponibles sur le marché, tel que LEED-EB et Visez Vert. L'application de ces programmes est nécessairement plus contraignante que pour ceux adoptés lors de la conception du bâtiment, puisque la plupart des critères de performance doivent faire l'objet de politiques entérinées par les gestionnaires du bâtiment, mais également par le fait que ces gestionnaires doivent périodiquement prouver le maintien de leur performance pour renouveler leur certification.

Finalement, pour la phase de démolition, le concept de déconstruction a été rappelé avec toute l'importance d'en tenir compte lors de la conception du bâtiment. Le processus de gestion des matières résiduelles sur le site est semblable à celui employé lors de la phase de construction.

Toutes ces stratégies sont à considérer pour minimiser la production des matières résiduelles tout au long du cycle de vie d'un bâtiment. Cependant, la responsabilité de la gestion des matières semble changer d'une stratégie à l'autre et d'une phase à l'autre. On remarque qu'aucun fil conducteur ne ressort des éléments présentés. Le défi demeurerait donc dans l'application de ces stratégies de façon continue et intégrée entre cinq phases distinctes, et les différents acteurs d'une industrie fragmentée.

CHAPITRE 3

CADRE THÉORIQUE

Le chapitre précédent présentait des stratégies spécifiques à la gestion des matières résiduelles pour chacune des phases du cycle de vie du bâtiment, de la planification d'un projet à la démolition d'un édifice. Cette revue de la littérature a permis de mieux cerner la problématique des matières résiduelles dans ce contexte évolutif.

Ce chapitre constitue le cadre théorique de ce mémoire. Un énoncé de la problématique identifiée sera d'abord présenté, suivi d'une section sur les différentes stratégies d'intégration de la gestion des matières résiduelles.

3.1 Problématique

La revue de la littérature, présentée au chapitre précédent, a démontré qu'une série d'actions pouvait être mise en place dès l'amorce du projet pour minimiser la production de matières résiduelles tout au long du cycle de vie du bâtiment. De plus, d'autres stratégies de gestion des matières résiduelles *in situ*, c'est-à-dire lors de la construction, de l'opération et de la démolition, peuvent être employées pour détourner un maximum des matières produites des sites d'enfouissement.

Cependant, bien que ces stratégies puissent sembler indépendantes les unes des autres par la responsabilité distincte des parties prenantes des différentes phases, on remarque que le facteur de réussite de ces stratégies est étroitement lié aux décisions, concernant les matières résiduelles, prises en amont du projet. La fragmentation de cette responsabilité à travers de cycle de vie du bâtiment ne pourrait vraisemblablement pas conduire à une performance optimale globale en termes de gestion des matières résiduelles.

La clé de cette problématique se trouve donc au niveau de l'intégration des matières résiduelles à un processus de gestion spécifique de ces décisions. Ce processus doit pouvoir distribuer les décisions de chaque intervenant concernant les matières résiduelles, à travers une série de points stratégiques suivant l'évolution d'un besoin, du lancement d'un projet jusqu'à la disposition d'un bâtiment.

Cette problématique vient confirmer l'objectif principal de ce mémoire qui est de développer une méthode de gestion des matières résiduelles, intégrée à un processus d'optimisation de prise des décisions, permettant de minimiser la quantité de déchets générés par un bâtiment, tout au long de son cycle de vie.

Les trois volets couverts par l'énoncé de cet objectif sont présentés ci-après.

- Optimiser le processus décisionnel des différents intervenants d'un projet de construction (clients, gestionnaires, entrepreneurs, ingénieurs, architectes, consultants, ouvriers, etc.) ;
- Intégrer des perspectives durables lors de la conception minimisant la production de matières résiduelles pendant toute la durée du cycle de vie d'un bâtiment ;
- Établir un programme de gestion des déchets permettant de détourner un maximum de matières résiduelles des sites d'enfouissement, durant les phases de construction, opération et démolition.

3.2 Stratégies d'intégration de la gestion des matières résiduelles

Le chapitre 2 présentait différentes stratégies concernant la gestion des matières résiduelles tout au long du cycle de vie du bâtiment. En regardant cette série d'interventions de plus près, on remarque l'importance de l'intégration de toutes ces phases dès le début de la planification du projet si l'on veut minimiser la production de déchets tout au long du cycle de vie du bâtiment.

Jusqu'à maintenant, aucune intégration des différentes stratégies de gestion des matières résiduelles présentées n'a été reliée à un processus couvrant toutes les étapes d'un projet. Cette lacune représente la littérature actuelle, puisque les auteurs cités se concentrent seulement sur une phase précise ou un acteur particulier d'un projet.

Les différentes approches, technologies et méthodes présentées précédemment doivent nécessairement faire l'objet d'une décision dans un processus de gestion de projet. Le processus décisionnel d'un projet pourrait donc servir de stratégie d'intégration continue de la gestion des matières résiduelles d'un bâtiment.

Sommairement, selon le guide *Project Management Body of Knowledge* (Project Management Institute, 2004) les principales phases de gestion d'un projet sont la faisabilité, la planification, la réalisation (conception et construction), la mise en opération et la fermeture du projet. Des phases offrant certaines similitudes avec les différentes étapes du cycle de vie du bâtiment présentées au chapitre 2 (planification, conception, construction, opération et démolition). La rigueur et le détail dans un processus de gestion des décisions sont essentiels, puisque les changements, le manque d'information ou les décisions de dernière minute peuvent influencer considérablement les étapes postérieures au niveau des quantités de déchets générés par le projet (Coventry, 1998; Poon C.S. et Jaillon L., 2002). La courbe de Pareto, présenté à la figure suivante (figure 3.1), représente l'habileté décisionnelle à influencer positivement le déroulement du projet dans le temps.

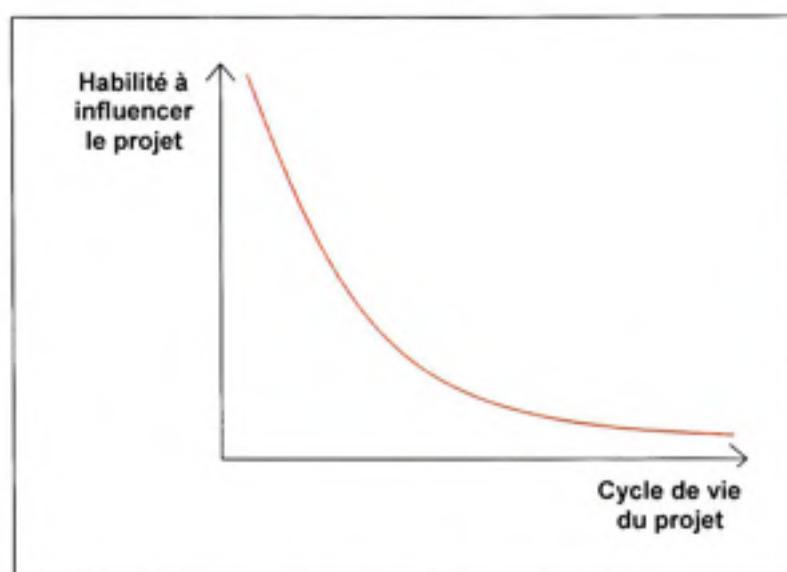


Figure 3.1 *Courbe de Pareto.*
Adapté de Chini et Balanchandra (2002)

Cette courbe indique que plus les décisions au niveau des stratégies de gestion des matières résiduelles sont prises tôt dans le projet, plus elles auront l'habilité d'influencer les résultats finaux quant à la minimisation de leur production. Les modifications et les décisions prises en fin de projet ne donneront que peu d'appui à l'objectif de minimisation et auront peut-être même l'effet contraire, c'est-à-dire de favoriser la production de matières résiduelles. Les décisions doivent donc être prises en amont du projet.

La figure suivante (figure 3.2) présente non seulement le principe de la courbe de Pareto, mais intègre également trois paramètres supplémentaires soit l'impact décisionnel sur les coûts du projet, le schéma décisionnel traditionnel et le schéma décisionnel optimisé.

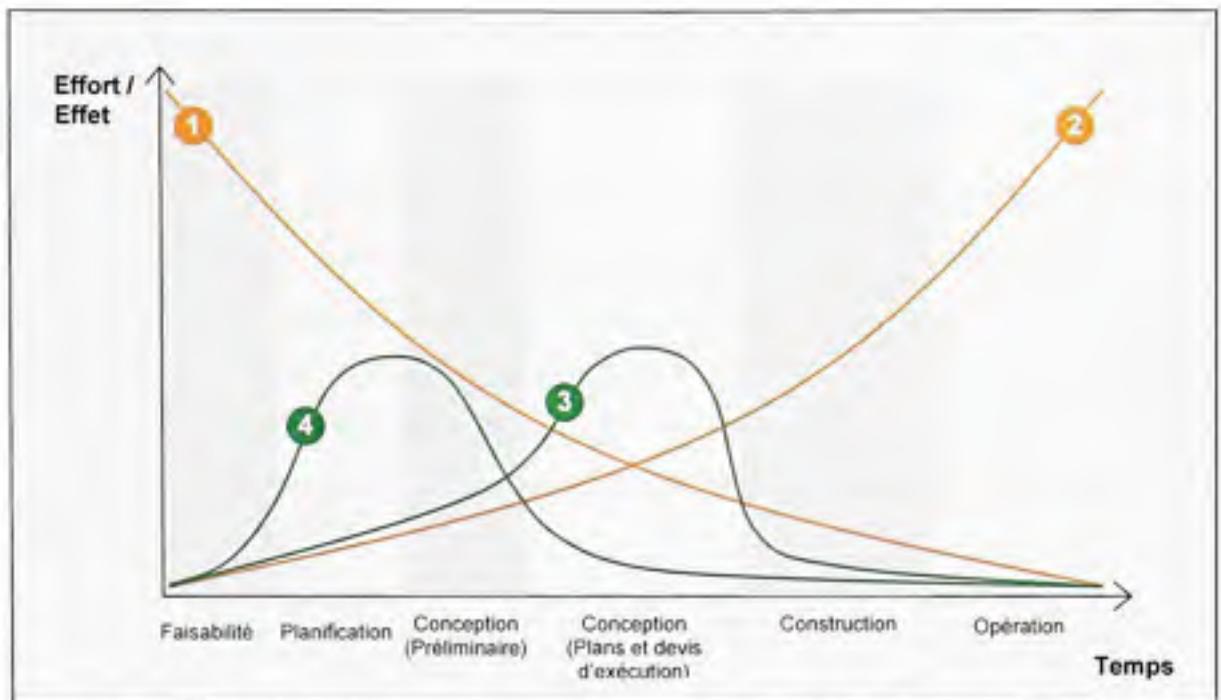


Figure 3.2 *Schéma des efforts décisionnels du cycle de gestion d'un projet.*
Adapté de *Construction Users Roundtable (2004)*

La courbe de Pareto présentée à la figure 3.1 correspond au premier arc orangé (1) de la figure 3.2. Il s'agit, encore une fois, de la capacité d'une décision à influencer positivement un projet. Plus le projet avance dans le temps, plus cet effet décroît. La deuxième courbe orangée (2) représente l'effet que les changements apportés tout au long d'un projet ont sur les coûts. L'impact économique des changements croît avec le temps.

Le graphe situé au centre de la figure (3) représente la courbe des efforts mis dans la prise de décision à travers le déroulement d'un projet traditionnel. On remarque, par sa répartition, que la majorité des décisions sont prises dans la phase de conception des plans et devis d'exécution, une phase située dans un intervalle d'influence moyenne sur la capacité fonctionnelle du projet et également d'influence moyenne sur les coûts du projet. Pour augmenter la capacité d'une décision à influencer positivement un projet, c'est-à-dire de façon fonctionnelle et économique, le sommet de la courbe d'efforts doit être déplacé vers la gauche de la figure, soit en amont du projet. Ce graphe (4) traduit alors un schéma décisionnel amélioré où les caractéristiques d'un projet sont mieux définies dès le départ. Ce

qui est synonyme de moins de changements pendant le projet, moins d'erreurs et moins de risques de dépassements de coûts (Fallon & Hagan, 2006).

Mais qu'arrive-t-il lorsque l'interprétation des informations est déficiente ? Par exemple, bien qu'en début de projet, le client ait transmis sa propre définition de ses besoins, il est probable que cette dernière ne soit pas interprétée de la même façon par l'équipe de conception. Si le problème n'est pas immédiatement détecté, il en résulte inévitablement une série de décisions basées sur des perceptions erronées. Ces problèmes d'interprétation des informations peuvent survenir à différents moments dans un projet, tel que présenté à la figure suivante (figure 3.3).

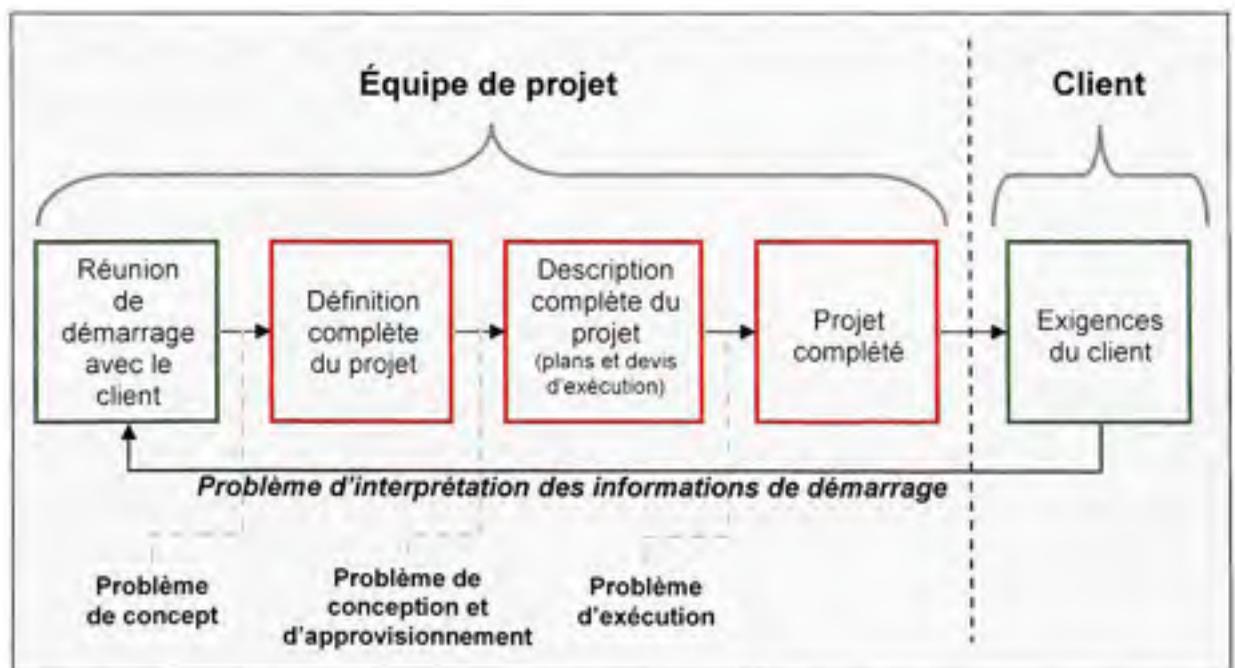


Figure 3.3 *Analyse des écarts d'interprétation.*
Adapté de Winch (2002)

Par son approche, Winch (2002) essaie de démontrer la relation de cause à effet des problèmes d'interprétation pouvant survenir tout au long d'un projet. Les écarts que l'on peut retrouver entre l'interprétation des professionnels des besoins transmis par le client lors de la réunion de démarrage se font sentir dès le début de la conception (problème de concept). Il va de même pour l'interprétation des plans et devis d'exécution par les

entrepreneurs du projet (problèmes d'exécution). Le produit livré peut finir par présenter des différences importantes avec les exigences initiales du client. Encore une fois, on dénote la fragmentation entre les intervenants d'un projet.

Pour en revenir plus précisément au sujet de ce mémoire, l'objectif à ce stade-ci est donc d'intégrer les stratégies de gestion des matières résiduelles présentées au chapitre 2 à un processus décisionnel correspondant au schéma optimisé (courbe d'effort n°4 de la figure 3.2). Pour assurer la performance continue du projet et également éviter les écarts d'interprétation présentés précédemment (figure 3.3), cette intégration devrait également tenir compte de la fragmentation des interventions dans le déroulement traditionnel d'un projet. Les sections suivantes relateront des stratégies d'intégration, en termes d'optimisation des ressources, de développement du processus décisionnel et de suivi continu de la performance.

3.2.1 Conception intégrée

Tel que soulevé précédemment, le processus de gestion de projet traditionnel semble fragmenté, puisqu'il n'implique que peu d'intégration entre les acteurs eux-mêmes et entre les décisions prises à chacune des phases. Les intervenants entrent donc de façon séquentielle dans le cycle de vie du bâtiment, tel que présenté à la figure suivante (figure 3.4).

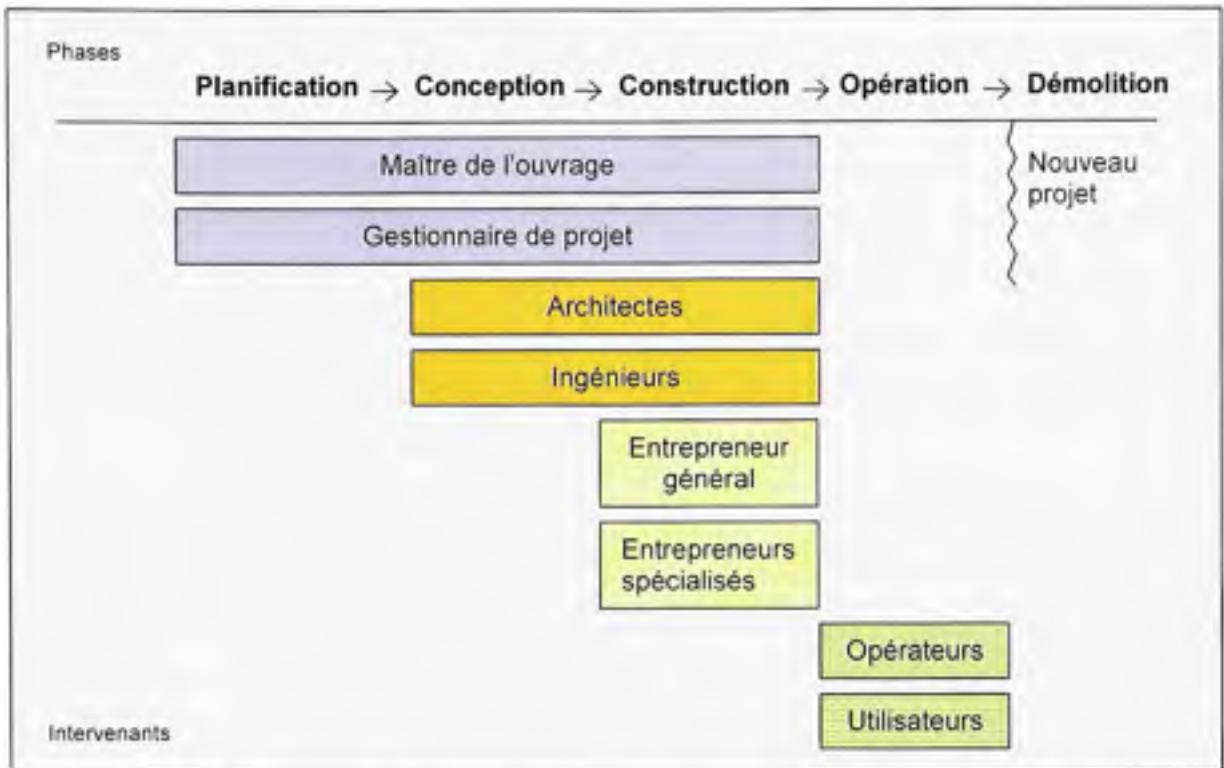


Figure 3.4 *Apparition des intervenants dans un projet - Approche traditionnelle.*
Adapté de J.-F. Lepage (2006b)

Les intervenants présents dans chacune de ces phases n'ont pas les moyens, à cause du découpage séquentiel de l'approche traditionnelle, de prévoir les besoins de leurs successeurs. Les activités de chacun des intervenants sont compartimentées dans leur phase respective. Par exemple, un promoteur (maître de l'ouvrage) manifeste une certaine exigence sans savoir si elle répondra totalement aux besoins des futurs utilisateurs, ou encore, des professionnels orientent leur concept sans se soucier de la faisabilité de la construction du bâtiment. De plus, la phase de démolition a été séparée du reste du schéma dans la figure 3.4, puisque le processus de gestion traditionnelle ne considère pas le cycle de vie du bâtiment, mais bien le cycle de vie d'un projet, c'est-à-dire jusqu'à la mise en service ou l'opération du bâtiment. Chacun s'occupe de ses tâches, sans se préoccuper de la démolition ultérieure du bâtiment, une étape qui demeure pourtant tributaire du déroulement des phases antérieures.

Il peut donc résulter de l'approche traditionnelle, une planification déficiente, un manque de coordination dans la phase de conception, de nombreux changements lors de la réalisation du projet en chantier, des dépassements de coûts, un produit difficile d'entretien et mal adapté aux besoins des utilisateurs, et surtout, une diminution de la durée de vie du bâtiment et une démolition inefficace (Larsson, 2004; Office of Government Commerce, 2003b). Ces éléments rejoignent la courbe d'efforts d'une approche traditionnelle (graphe n°3 de la figure 3.2) et les possibilités d'écarts d'interprétation (figure 3.3) présentées précédemment.

Pour pallier aux faiblesses de ce découpage séquentiel et ainsi assurer l'intégration de tout le cycle de vie du bâtiment dans le processus de gestion d'un projet, il est nécessaire de regrouper ces intervenants et de les introduire en amont du projet, pour finalement se diriger vers une courbe d'efforts optimisée, tel que présentée précédemment à la figure 3.2 (graphe n°4). La figure 3.5 représente une approche plus intégrée du déroulement d'un projet puisque les principaux acteurs apportent leur expertise et font lieu de leurs besoins respectifs, dès le début du cycle de vie d'un bâtiment.

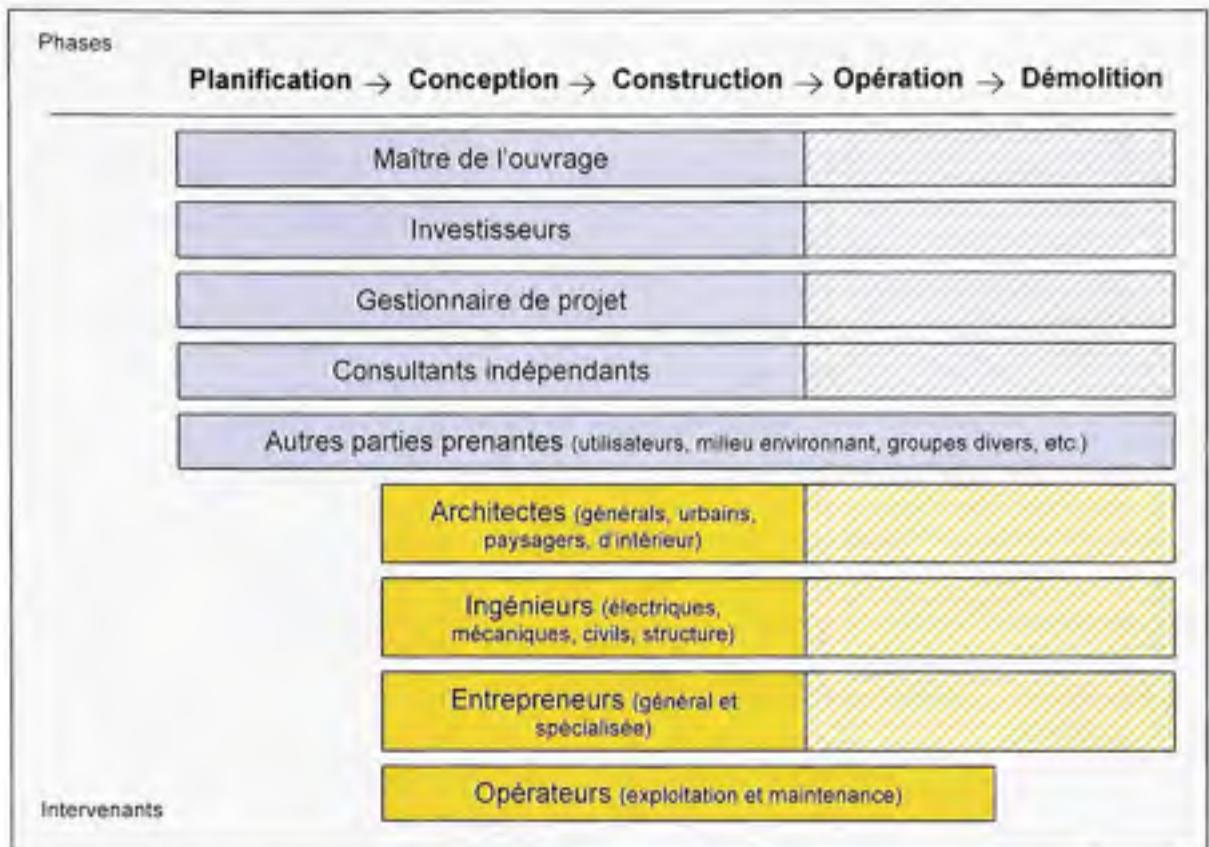


Figure 3.5 *Apparition des intervenants dans un projet - Approche intégrée.*

La figure 3.5 présente les deux points d'entrée des différents intervenants dans le cycle de vie du bâtiment, soit une équipe de base lors de la planification à laquelle vient se greffer des membres complémentaires pour la phase de conception (Office of Government Commerce, 2003a, 2003b). Le terme employé pour cette fameuse escouade est « équipe de projet intégrée » (Office of Government Commerce, 2003b). Bien que les professionnels ne soient représentés que lors de la phase de conception, ils exercent leur présence à partir de la phase de planification du bâtiment sous le terme de « consultants indépendants ». La raison est telle que le projet peut être avorté dès la première phase s'il n'a pas démontré sa faisabilité. Les sections hachurées signifient la présence du même type d'intervenants sans toutefois correspondre aux mêmes individus. Par exemple, l'entrepreneur général en charge de la construction ne se sera probablement pas le même que lors des projets de rénovation ou lors de la démolition.

Pour mieux comprendre que les deux points d'entrée (planification et conception) ne correspondent pas à deux équipes distinctes, mais bien d'une seule équipe de projet à laquelle s'intègrent différentes catégories d'intervenants, l'*Office of Government Commerce (2003b)* propose le schéma suivant (figure 3.6).

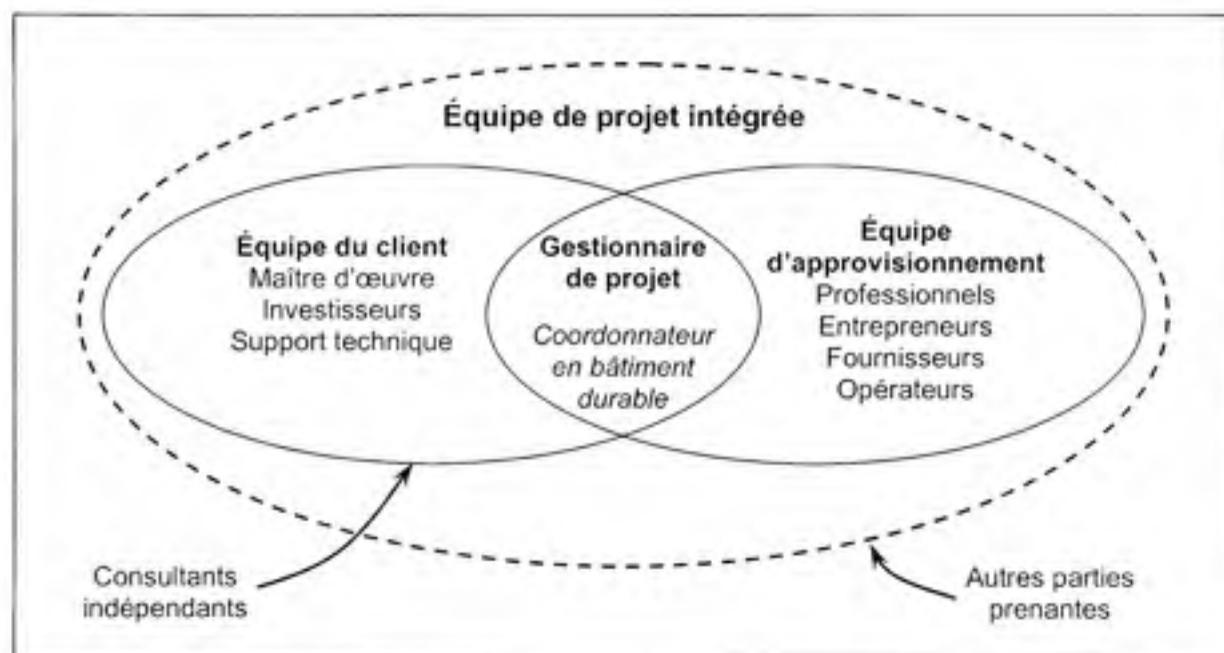


Figure 3.6 *Composition d'une équipe de projet intégrée.*
Adapté de l'*Office of Government Commerce (2003b)*

L'équipe de projet intégrée est donc composée principalement de l'équipe du client, du gestionnaire de projet et d'une équipe d'approvisionnement. L'équipe du client peut faire appel à des consultants indépendants. Ces derniers sont situés à l'extérieur de l'ovale, puisqu'ils n'ont aucune responsabilité sur le déroulement du projet ; ils jouent en quelque sorte le rôle de conseiller. L'équipe d'approvisionnement, quant à elle, est composée d'intervenants responsables de livrer un produit ou d'offrir un service spécifique au projet. Finalement, les autres parties prenantes, telles que les utilisateurs ou autres groupes concernés, jouent le rôle de ressources au projet.

L'équipe de projet intégrée se doit de consulter ces différents acteurs pour établir certains critères dans la planification et la conception du projet, mais ces derniers n'ont aucun

pouvoir décisionnel, ni aucune responsabilité envers le projet (Office of Government Commerce, 2003b).

La particularité de la figure 3.6 par rapport à la figure 3.5, c'est qu'on y trouve un acteur supplémentaire, le coordonnateur en bâtiment durable, situé au centre du schéma. Cet intervenant joue à la fois le rôle de support technique envers le client, notamment dans le choix de l'équipe d'approvisionnement, et de facilitateur à l'équipe de projet intégrée pour stimuler l'innovation et pour assurer une certaine performance dans l'intégration des stratégies de bâtiment durable au design du projet (Larsson, 2002; Lepage, 2006b). Bien qu'il puisse être associé à la catégorie « consultants indépendants », puisqu'il n'a aucune obligation de résultat par rapport au projet, de par l'importance de son rôle, il a été représenté au centre du schéma, soit d'égal au gestionnaire de projet.

Tel que présenté au début de ce chapitre, la concentration des interventions de cette équipe multidisciplinaire doit se situer dans les deux premières phases, soit la planification du projet et la conception du bâtiment, puisque l'objectif de la création d'une telle équipe est de pouvoir intégrer la considération de chacune des phases du cycle de vie d'un bâtiment dès le début du projet. L'équipe de projet intégrée s'engage donc dans un processus de planification et conception du bâtiment en considérant l'expertise de chacun dans l'intégration de stratégies de bâtiment durable (flexibilité, déconstruction, matériaux recyclés, etc.). Le terme alors utilisé pour cette approche est « processus de conception intégrée » (Office of Government Commerce, 2003a). Plusieurs organisations ont déjà établi des modèles de conception intégrées définissant chacun des critères à évaluer, ainsi que l'ordre d'intégration à suivre (Construction Industry Council, 2005b; Green Building Initiative, 2006b; iiSBE, 2007; Larsson, 2002, 2004, 2005). Comme ils ne sont pas directement reliés à la gestion des matières résiduelles proprement dite, leur détail ne sera pas abordé par ce mémoire. L'approche intégrée est l'élément à retenir dans cette section.

De plus, bien que la phase de démolition n'apparaisse pas dans l'approche traditionnelle, et comme l'équipe de projet intégrée ne reste en fonction que jusqu'à la mise en service du

bâtiment, la considération de cette étape finale du cycle de vie du bâtiment doit faire partie du processus de conception intégrée pour assurer la minimisation des impacts à la cessation de l'exploitation du bâtiment.

En plus d'augmenter la durée de vie du bâtiment, de diminuer le coût final du projet, d'augmenter la qualité du bâtiment, d'encourager l'innovation et de livrer le bâtiment de façon efficace et efficace (Larsson, 2004; Office of Government Commerce, 2003b), en considérant le cycle de vie du bâtiment, la conception intégrée est un ingrédient essentiel à la gestion des matières résiduelles. Cette approche permet donc de réaliser des bâtiments de haute performance en suivant des objectifs fonctionnels, environnementaux et économiques définis dès l'initiative du projet (Larsson, 2002). Par l'expertise globale de l'équipe intégrée, le bâtiment peut être conçu en fonction de sa production de matières résiduelles durant la construction, l'opération et, à la fin de son exploitation, lors de la démolition.

La conception intégrée permet donc de diminuer les possibilités de modifications au design du bâtiment dues aux écarts d'interprétation ou aux lacunes professionnelles d'une équipe de projet traditionnelle, tout au long de la conception et de la construction du bâtiment. Une étude récente effectuée par l'Université Polytechnique de Hong-Kong démontre que les causes principales de changements apportés sont, par ordre d'importance, les spécifications de dernières minutes du client, la complexité du design, le manque de communication, le manque d'information, les conditions imprévues du site et les projets de longue durée (Poon C.S. et Jaillon L., 2002). La collaboration et la coordination multipartite qu'amène la conception intégrée peuvent facilement éviter les quatre premières causes de changement et ainsi éviter la consommation excessive des ressources, la production de matières résiduelles supplémentaires et les coûts qui y sont reliés.

Toutefois, le principe de conception intégrée et le modèle d'équipe de projet qu'il implique ne peuvent s'appliquer à tous les modes de réalisation que l'on retrouve dans le domaine de la construction de bâtiment. Voici un aperçu des principaux modes de réalisation.

- Traditionnel :

Le maître de l'ouvrage octroie d'abord les mandats aux professionnels pour l'élaboration des plans et devis, puis, avec l'aide des professionnels, un mandat est octroyé à un entrepreneur général pour effectuer les travaux à prix forfaitaire, c'est-à-dire, pour une rémunération fixe. L'entrepreneur général utilise ensuite la même méthode pour octroyer les contrats aux entrepreneurs spécialisés. Il s'agit du type de projets le plus répandu (Gervais, 2001; Winch, 2002).

- Gestion des disciplines :

Ce mode de réalisation implique une gestion de projet effectuée par un tiers. Un gestionnaire de projet, représentant le maître de l'ouvrage, s'assure de la planification, de la coordination, du contrôle du projet et du suivi des travaux de construction, jusqu'à la mise en service. Le gestionnaire de projet est aussi responsable de l'octroi des mandats aux professionnels et aux entrepreneurs spécialisés (Gervais, 2001), sans toutefois être imputable de leur performance (Winch, 2002). Ce type de réalisation est habituellement traité par contrat à honoraires convenus, avec ou sans prix maximum garanti (Aecon Québec, 2006; Kibert, 2005b).

- Gérance de construction :

La principale différence avec le mode de réalisation précédent, c'est que le gérant de construction agit à titre de conseiller au maître de l'ouvrage, plutôt qu'à titre de planificateur et de coordonnateur du projet. Le gérant de construction a l'obligation de s'assurer que la conception et la réalisation respectent les contraintes établis (Gervais, 2001; Winch, 2002). Le gérant de construction a donc également un rôle de gestionnaire des entrepreneurs spécialisés qui peut se traduire sous deux formes; il peut soit agir à titre d'entrepreneur général ou soit superviser les mandats en lien contractuel direct avec le maître d'ouvrage (Ritz, 1994; Winch, 2002). Ce mode de réalisation est habituellement traité par contrat à honoraires convenus, avec ou sans prix maximum garanti, et peut parfois être forfaitisé en cours de route, notamment

pour le service d'entreprise générale (Aecon Québec, 2006; Kibert, 2005b; Nadeau, 2006).

- Clé en main :
Ce mode de réalisation, également appelé *design-build*, consiste à octroyer un mandat, à prix forfaitaire, à une entreprise unique. Cette entreprise a pour rôle l'exécution de toutes les tâches de réalisation d'un projet, de la conception à la mise en service du projet. Le mandat peut être octroyé à honoraires convenus, avec ou sans prix maximum garanti (Gervais, 2001; Kibert, 2005b; Ritz, 1994). Ce mode de réalisation n'est pas recommandé pour les projets à hauts risques. Il s'agit cependant du mode idéal pour les projets répétitifs du point de vue économique (optimisation des ressources) (Winch, 2002).

- Partenariat public privé (PPP) :
Il s'agit du même principe que le mode de réalisation clé en main, avec quelques particularités. Le mandat inclut également le financement du projet, l'opération et la maintenance du bâtiment pendant une période et selon des modalités définies (Aecon Québec, 2006).

Tel qu'il a été démontré en début de section, pour réaliser un projet de construction de bâtiment sous le principe de conception intégrée, les intervenants du projet doivent entrer en jeu à des points stratégiques du processus de gestion, durant les phases de planification et de conception. Les projets en mode de réalisation traditionnel se prêtent difficilement à la conception intégrée, puisque l'entrepreneur subit le design; il ne peut influencer les concepteurs du projet. Les autres modes de réalisation se prêtent par contre parfaitement à ce type de conception. Tous les intervenants doivent cependant être mobilisés au plus tôt dans le processus pour débiter la phase de conception avec une équipe intégrée. En plus, comme le gestionnaire de projet est indépendant du reste des intervenants, il serait alors aisé d'y jumeler un coordonnateur en bâtiment durable. L'intégration des opérateurs au processus de conception intégré obtient sensiblement le même coefficient de difficulté dans

chacun des modes de réalisation, à l'exception du PPP où le financement du projet est directement relié à l'opération du bâtiment.

Finalement, le processus de conception intégrée doit permettre d'assurer une meilleure coordination entre les décisions. Tous les intervenants doivent travailler autour d'une même table pour éviter la disparité entre les différents produits de la phase de conception (plans et devis d'architecture, de structure, de mécanique, etc.) qui se traduit trop souvent lors de l'exécution en chantier par de nombreuses modifications aux plans et devis et des coûts supplémentaires au projet.

3.2.2 Processus de gestion intégrée des décisions

La section précédente traitait globalement de l'équipe de projet proprement dite, de sa composition et des interactions que doivent avoir ses différents participants entre eux pour permettre l'intégration de tout le cycle de vie du bâtiment, dès le début du projet. Cependant, pour éviter de prendre de mauvaises décisions au mauvais moment, et ainsi risquer de ne pas rencontrer les objectifs initiaux du projet, l'intégration des stratégies de minimisation de la production de matières résiduelles doit suivre un processus décisionnel bien défini. Un processus décisionnel qui permettrait de traduire les efforts décisionnels de l'équipe de projet par le schéma optimisé (graphe n°4) de la figure 3.2 présentée précédemment.

C'est dans les années 80 que le concept du *gating* a fait son apparition (Product development institute, 2006). Il s'agit d'un concept permettant d'encadrer le schéma de prise de décision d'un projet, que ce soit dans le développement de nouveaux produits ou dans l'élaboration de projets. Le *gating* est en fait un processus décisionnel progressif permettant de mieux diriger les actions des différents intervenants dans un projet et de retracer facilement leurs décisions, et ce, quel que soit le domaine d'élaboration du projet (Office of Government Commerce, 2005).

Le *Stage-GateTM*, présenté à la figure 3.7, a été développé en 1988 par Robert G. Cooper du *Product Development Institute* dans le but de favoriser l'innovation et faciliter la prise de décision à travers le processus de développement de produits (2006b). Ce concept est représenté par un schéma composé d'étapes (*stage*) et de portes (*gate*) formant la progression du processus décisionnel.

À travers les étapes, l'équipe de projet exécute une série d'actions prédéfinies, établies pour assurer un déroulement efficace et efficient du projet (Cooper, 2006b). Chaque étape est précédée d'une porte, qui peut également se traduire par un point décisionnel critique. C'est à chacune de ces portes que l'équipe de projet détermine si le projet doit se poursuivre ou non. Cette décision est prise en examinant la capacité du projet à répondre à une série de « livrables », c'est-à-dire une liste d'objectifs mesurables prédéfinis (Cooper, 2006b). Le principe du *gating* est étroitement lié à l'analyse des écarts d'interprétation présentée par Winch (figure 3.3). Un tel encadrement dans un processus décisionnel permettrait probablement de minimiser et même d'éliminer les écarts d'interprétation possibles entre la planification, la conception et la réalisation d'un projet, puisque l'équipe en place doit répondre à ces livrables (étapes) avant de passer à la prochaines porte. On s'assure ainsi que l'on répond toujours aux besoins du projet tout au long du développement de celui-ci.

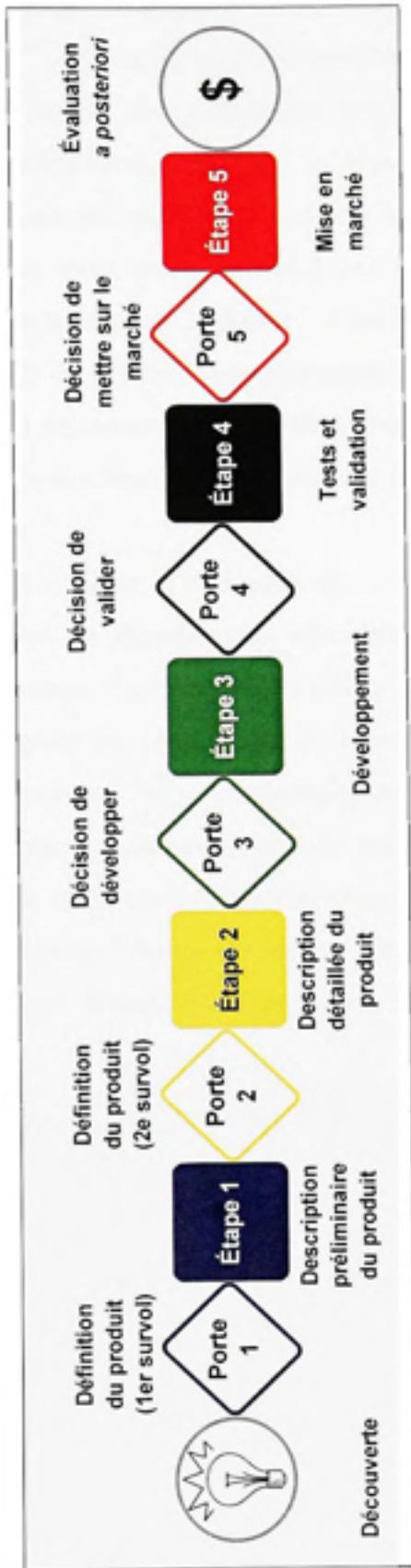


Figure 3.7 Stage-Gate™.
(Cooper, 2006a)

La figure 3.7 présente les différentes étapes et points décisionnels comportant le *Stage-Gate™*. Le premier élément apparaissant au schéma est bien sûr la découverte d'une idée ou d'un besoin. Suit ensuite les étapes de description préliminaire et détaillée du produit, le développement du produit, la période de test et, finalement, la mise en marché du produit. Chacune de ces étapes est reliée à une porte décisionnelle permettant de passer d'une étape à l'autre après avoir répondu à une série de critères prédéfinis. Le dernier élément présenté par le schéma de la figure 3.7 est l'évaluation *a posteriori*, non seulement l'évaluation du succès du produit, mais plus particulièrement l'évaluation du déroulement du processus. Le détail des actions et des critères établis dans le cadre du *Stage-Gate™* doit être constamment adapté aux besoins des utilisateurs (Product development institute, 2006).

Selon Cooper, l'utilisation de ce processus permet d'effectuer le développement d'un produit de manière plus efficiente, plus efficace et plus rapidement que les différentes approches traditionnelles (Product development institute, 2006). Cependant, pour assurer la rigueur du déroulement du processus à travers l'équipe de projet, un coordonnateur doit être nommé, tel que mentionné auparavant dans la présentation de la notion de l'équipe intégrée. Le coordonnateur du processus n'a pas seulement le rôle de diriger l'équipe de projet, mais également celui d'analyser les résultats obtenus à chacune des portes et ainsi d'autoriser l'équipe de projet à passer à l'étape subséquente du déroulement du processus (Cooper, Edgett, & Kleinschmidt, 2006).

Depuis sa création, le *Stage-Gate™* a subi de nombreuses adaptations aux différents types de projets ou domaines d'application. Cependant, ce n'est qu'au début du siècle que l'OGC a développé le *Gateway™* pour la gestion des projets publics britanniques, un processus décisionnel progressif découlant du concept de *gating* et adapté à l'industrie de la construction durable (Office of Government Commerce, 2005). La figure 3.8 présente le schéma du *Gateway™*.

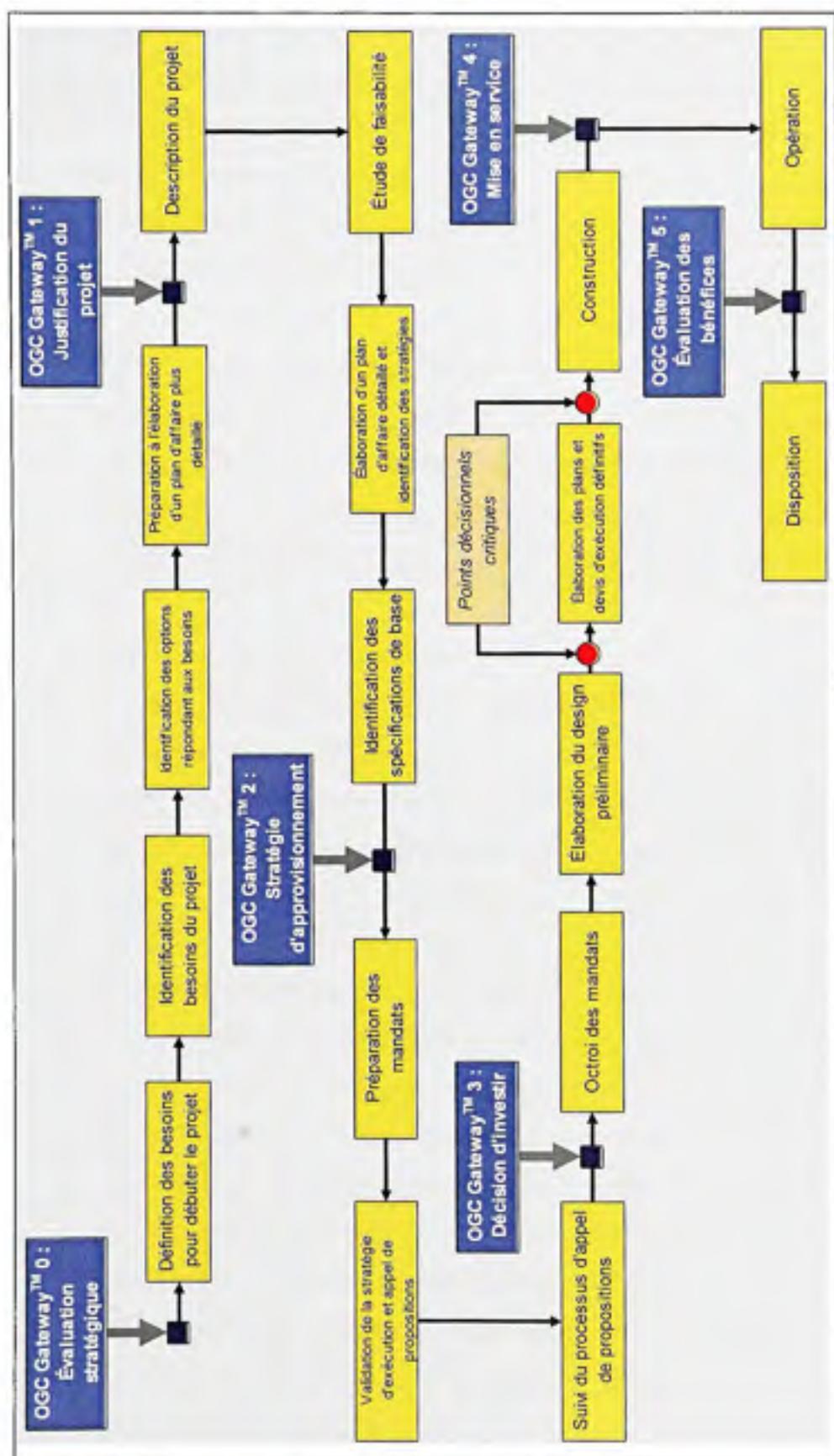


Figure 3.8 Gateway™.
(Office of Government Commerce, 2005)

Le *Gateway*TM est en fait un outil de suivi permettant une planification et une gestion de projet plus performante que la gestion de projet traditionnelle, à travers une approche d'intégration globale des différents aspects du concept de bâtiment durable, dont la gestion des matières résiduelles. Tel que présenté à la figure précédente (figure 3.8), le *Gateway*TM divise le processus décisionnel d'un projet de construction en six portes¹⁹ définies ci-après (Office of Government Commerce, 2005).

- **Porte 0 - Évaluation stratégique :**
La première étape est la prise de conscience d'un besoin. Le gestionnaire de projet (maître d'œuvre) et son équipe doivent d'abord en établir une description détaillée et identifier les différentes options pouvant répondre à ces besoins. Un premier plan d'affaire qui inclut le budget initial doit ensuite être élaboré.
- **Porte 1 - Justification du projet :**
L'équipe de projet établit les principaux objectifs en termes de critères spécifiques et de construction durable. Une étude de faisabilité doit ensuite être effectuée pour établir les stratégies pouvant être adoptées. Le plan d'affaires détaillé est révisé selon les stratégies d'approvisionnement et les spécifications identifiées (concept, programme, niveau de qualité, etc.).
- **Porte 2 - Stratégie d'approvisionnement :**
À cette étape, le maître d'œuvre doit définir les mandats de l'équipe intégrée et valider si l'équipe en place peut répondre aux besoins du projet ou s'il doit partir en processus d'appel de propositions. Dans le cas où cette dernière option serait choisie, avant de partir en appel de propositions, l'équipe de projet en place doit déterminer les critères de sélection et d'évaluation des répondants pour cette nouvelle équipe de projet intégrée. Tous les aspects et objectifs de bâtiment durable, telle la gestion des déchets, doivent être clairement définis dans chacun des mandats.

¹⁹ Traduction libre du terme *gate*.

- Porte 3 - Décision d'investir :

Le maître d'œuvre procède à l'octroi des mandats pour l'équipe de conception intégrée. Cette équipe peut ensuite réaliser les plans et devis préliminaires du projet. Le projet doit répondre aux besoins du client tout en demeurant flexible aux solutions de rechange proposé par celui-ci, il s'agit là du premier point critique identifié par l'OGC. Ce point critique exprime le principe de Pareto présenté à la figure 3.1, puisqu'après ce jalon, il sera beaucoup plus difficile d'apporter des modifications à la description initiale du projet. Les plans et devis préliminaires sont ensuite employés pour effectuer la conception détaillée du projet (plans et devis d'exécution définitifs) lorsque le projet rencontre ou excède le projet original. Le deuxième point critique est alors posé, entre la conception détaillée du projet et l'étape de construction du bâtiment avec des revues périodiques de la performance du projet. Bien qu'il n'en ait pas été sujet par l'OGC, au Québec, l'entrepreneur général est pour la plupart du temps choisi par les professionnels après les plans et devis définitifs (mode de réalisation traditionnel ou gestion de construction). Cette procédure va à l'encontre du principe d'équipe intégrée préalablement présenté. Dans ce cas, le processus d'appel d'offres et de soumissions s'effectue à cette étape du processus décisionnel. Tout au long des travaux de construction, l'équipe intégrée doit se préparer pour la mise en service du bâtiment. Après la construction, vient finalement l'évaluation *a posteriori* du projet pour vérifier l'atteinte des objectifs de départ.

- Porte 4 - Mise en service :

Avec l'équipe intégrée, le maître d'œuvre procède à la mise en service du bâtiment selon les critères de durabilité établis au départ. Des revues périodiques devront être effectuées, durant toute la vie opérationnelle du bâtiment, par la firme responsable de son opération concernant la capacité de celui-ci à répondre à ses critères initiaux et le confort des occupants. L'information recueillie permettra de situer la performance du bâtiment et d'effectuer les corrections nécessaires (maintenance,

agrandissement, etc.), mais elle servira également comme base de données pour les futurs projets.

- Porte 5 - Évaluation des bénéfices :

La disposition du bâtiment est l'aboutissement des évaluations périodiques des bénéfices apportés par la performance du bâtiment et sa capacité de répondre aux besoins de ses occupants. À la fin du cycle de vie du bâtiment et de sa fonction actuelle, deux choix s'offrent alors au client : la disposition du bâtiment à une autre vocation ou sa disposition par la déconstruction.

Ces différentes portes sont en fait des points décisionnels stratégiques d'un processus de gestion de projet s'imbriquant dans le cycle de vie d'un bâtiment, où la problématique des déchets devrait être considérée du début jusqu'à la fin. Si on revient au cycle de vie du bâtiment présenté au chapitre 2, les trois premières portes correspondent à la phase de planification déjà présentée. La troisième porte, intitulée « Décision d'investir », vient marquer le début des phases de conception et construction. Les quatrième et cinquième portes, quant à elles, correspondent exactement aux phases d'opération et de démolition du bâtiment. Le *GatewayTM* est donc un processus décisionnel couvrant parfaitement les différentes étapes du cycle de vie du bâtiment. Ce processus pourrait donc être utilisé pour intégrer la problématique des matières résiduelles à la gestion des décisions d'un projet.

Tel que démontré précédemment, chaque décision d'un processus de gestion de projet influe sur les suivantes. Par sa rigueur et sa précision, le processus décisionnel présenté permettrait d'effectuer l'ingénierie inverse d'un projet. À tout moment dans le projet, lorsqu'il y a manifestation d'un changement au concept initial, le chemin inverse du processus décisionnel peut être employé pour analyser les conditions préalables et ainsi déterminer les impacts économiques et environnementaux du changement.

Ce concept d'ingénierie inverse provient à l'origine du secteur informatique. Ce principe était principalement utilisé dans l'analyse d'un système pour en identifier les critères de

conception et ainsi pouvoir fabriquer une copie du produit en question (Office de la langue française, 2002).

L'application d'un tel concept, dans le cadre d'un processus décisionnel accompagnant un projet de construction, permettrait de justifier (ou de rejeter) les modifications et changements proposés tout au long du projet. Ainsi, en remontant la chaîne de prises de décisions, l'équipe intégrée peut déterminer la recevabilité d'une proposition de changement en examinant judicieusement les choix qui ont découlé des critères de conception initiaux du projet. Une proposition allant à l'encontre des objectifs initiaux, tels que la minimisation de la production de matières résiduelles, devrait tout simplement être rejetée si l'équipe intégrée n'est pas prête à assumer les impacts des changements proposés.

Cependant, pour pouvoir effectuer une telle analyse, quel que soit le moment du projet, chaque étape d'un processus décisionnel doit donc être bien encadrée et bien documentée. Ce processus décisionnel progressif permettrait donc d'effectuer une gestion efficace des matières résiduelles produites par un projet de construction de bâtiment, mais également de prévenir la production de déchets supplémentaires par l'application de l'ingénierie inverse aux changements apportés tout au long du cycle de vie du bâtiment.

Tel que mentionné précédemment le *GatewayTM* permet, par le biais de l'OGC, d'effectuer le suivi des projets publics britanniques avec une approche de développement durable. Pour permettre l'utilisation de cet outil dans une perspective de gestion des matières résiduelles appliquée à l'industrie de la construction québécoise, il faut considérer la gestion de l'outil autrement. La gestion d'un tel processus par un organisme indépendant, tel que proposé par le modèle britannique, limite l'application de l'outil aux projets publics. Pour répondre au besoin d'intégration des stratégies de gestion des matières résiduelles au processus décisionnel de tout type de projet, la gestion de l'outil et la validation des portes reviennent alors au facilitateur indépendant de l'équipe de projet intégrée, soit le coordonnateur en bâtiment durable tel que le « gatekeeper » proposé par Cooper (2006). Le *GatewayTM* pourrait donc être utilisé dans une perspective d'intégration globale du concept de bâtiment

durable dans un projet, ou encore, pour l'intégration de la problématique des matières résiduelles au processus décisionnel d'un projet. Pour répondre à l'objectif premier de ce mémoire, seule cette dernière option sera considérée.

Une telle utilisation du *GatewayTM* offre cependant une certaine limitation au niveau du suivi des dernières phases du cycle de vie du bâtiment, le coordonnateur de bâtiment durable n'étant plus en place pour faire le suivi de la phase d'opération du bâtiment et pour valider la dernière porte du processus, soit l'évaluation des bénéfices. À ce moment, le rôle doit alors être laissé au propriétaire du bâtiment et aux prochaines équipes de projet qui prendront en charge les futures rénovations ou modifications au bâtiment existant.

3.2.3 Étalonnage

La section sur la conception intégrée a permis de mieux définir une équipe de projet adaptée à un schéma décisionnel optimisé. La deuxième section définissait l'arborescence de ce processus décisionnel. L'équipe de projet ainsi formée peut donc suivre un processus décisionnel défini pour optimiser l'intégration de la problématique des matières résiduelles. Mais comment s'assurer d'atteindre les objectifs initiaux en termes de matières résiduelles à chacune des étapes du cycle de vie du bâtiment? La gestion intégrée des matières résiduelles doit permettre de faire un certain suivi de ces objectifs pour mesurer la performance du bâtiment aux différentes phases de son cycle de vie et également prévenir les écarts d'interprétation pouvant survenir tout au long du projet.

Au-delà des normes et des systèmes de cotation qui ont comme objectif, pour la plupart, de fixer des cibles quantifiables de gestion des matières résiduelles, les indicateurs de performance et de qualité permettent d'effectuer le suivi de la probabilité d'un projet à atteindre les cibles et également de tenter de demeurer en constante amélioration par rapport à ces objectifs. L'équipe intégrée doit donc fixer le choix des indicateurs dès le départ pour permettre l'étalonnage régulier du projet et ainsi assurer la qualité et la performance du bâtiment tout au long du processus (Office of Government Commerce, 2003b).

3.2.3.1 Indicateurs de qualité du design

Tout d'abord, l'indicateur de qualité du design (DQI – Design quality indicator) a été développé par le *Construction Industry Council* (CIC) du Royaume-Uni, en collaboration avec plusieurs autres partenaires, afin d'obtenir une meilleure valeur de la phase de conception et ainsi améliorer la qualité du bâtiment (Construction Industry Council, 2005a). L'équipe intégrée doit d'abord déterminer sous quels aspects (esthétique, espace, efficacité, sécurité, confort, durabilité, etc.) le bâtiment sera évalué, avant même de débiter la conception. Contrairement aux indicateurs de performance qui permettent de mesurer et de comparer des critères quantifiables, un sujet qui sera abordé un peu plus loin dans cette section, le DQI permet l'évaluation de l'importance de critères de conception.

L'outil offert par le CIC présente une série d'éléments classés par catégories : fonctionnalité (accès, utilisation et espaces), qualité du bâti (performance, ingénierie et construction) et impact (intégration sociale et urbaine, environnement interne, matériaux et innovation) (Construction Industry Council, 2005b). À ces affirmations, un niveau de qualité doit être attribué, soit « fondamental », « valeur ajoutée » et « excellence »²⁰. Il s'agit des niveaux d'importance accordés aux critères de conception. Par exemple, comme la gestion des matières résiduelles est un facteur concernant la fonctionnalité, les impacts du projet et la qualité du bâti, il doit normalement être considéré comme un critère devant obtenir un niveau de qualité « excellence ».

Les membres de l'équipe intégrée s'entendent donc sur des objectifs communs en classifiant les affirmations reliées aux catégories, selon leur importance et leur applicabilité, tel que présenté sur l'interface suivante (figure 3.9).

²⁰ Ce concept de classification est nommé FAVE (Fundamental, Added-Value, Excellence) (Construction Industry Council, 2005b).

DQI
LEADER

Home
DQI Project
Management Home
Updates and
Developments
FAVE Briefing Tool
Create a new
assessment

Edit FAVE Weightings

Use this page to edit the project value weightings (FAVE weightings) into text i There is a [guide with resources](#) to help you define these weightings.

You should give the set of weightings a name that can help you identify it later

Name of FAVE weighting set:

Access				
	W	A	F	A
	V	E	E	E
1 There should be good access to public transport	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2 There should be sufficient car parking	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3 The building should provide good access for all	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4 The building should cater for cyclists	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5 The layout and landscape around the building should provide good access for people	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6 There should be safe and secure access for goods	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7 The building layout should be easily understood	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
8 It should be easy to find your way around the building	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
9 The signage should be clear	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10 The building should cater for the need of people with impaired sight	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11 The building should cater for the needs of those people with impaired hearing	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12 The building should be accessible to wheelchair users	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figure 3.9 *Interface de classification des critères DQI.*
(Construction Industry Council, 2005b)

Le programme demande ensuite à chaque acteur de revoir ces critères et de poser son appréciation personnelle à travers un questionnaire établi et ainsi recueillir les données du marché par groupe d'intervenants. La figure 3.10 présente un exemple de ce questionnaire.

DQI	QUESTIONNAIRE																																																																								
<ul style="list-style-type: none"> Introduction Functionality <ul style="list-style-type: none"> Access Space Uses Summary Build Quality <ul style="list-style-type: none"> Performance Engineering Construction Summary Impact <ul style="list-style-type: none"> Urban & Social Integration <li style="background-color: #333; color: white;">Internal Environment Furn & Materials Character & Innovation Summary My Weightings Likes and Dislikes 	<p>Impact Impact includes a building's ability to delight, to intrigue, to create a sense of place, and uplift the local community and environment. Also the design's contribution to the arts and science of building and architecture.</p> <p>Internal Environment Internal Environment is concerned with the quality inside the buildings envelope. The quantitative aspects of some of these elements are dealt with under Performance.</p> <table border="0"> <thead> <tr> <th></th> <th style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Strongly Disagree</th> <th style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Disagree</th> <th style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Neutral/Disagree</th> <th style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Slightly Agree</th> <th style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Strongly Agree</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 The building will be a pleasure to use</td> <td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>2 The building will not feel cramped or overcrowded</td> <td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>3 The building will reduce stress for users</td> <td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>4 The circulation spaces and common areas will be enjoyable</td> <td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>5 The natural light in the building will be of high quality</td> <td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>6 The artificial light in the building will be of high quality</td> <td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>7 The indoor temperature of the building will be comfortable in all seasons</td> <td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>8 The indoor air quality will be pleasant</td> <td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>9 The building will have good acoustics</td> <td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>10 The building will provide good views</td> <td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>11 The level of personal control of the internal environment will be appropriate</td> <td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;"> <input type="button" value="Close Section"/> <input type="button" value="Previous Section"/> <input type="button" value="Next Section"/> </p>		Strongly Disagree	Disagree	Neutral/Disagree	Slightly Agree	Strongly Agree	1 The building will be a pleasure to use	<input type="radio"/>	2 The building will not feel cramped or overcrowded	<input type="radio"/>	3 The building will reduce stress for users	<input type="radio"/>	4 The circulation spaces and common areas will be enjoyable	<input type="radio"/>	5 The natural light in the building will be of high quality	<input type="radio"/>	6 The artificial light in the building will be of high quality	<input type="radio"/>	7 The indoor temperature of the building will be comfortable in all seasons	<input type="radio"/>	8 The indoor air quality will be pleasant	<input type="radio"/>	9 The building will have good acoustics	<input type="radio"/>	10 The building will provide good views	<input type="radio"/>	11 The level of personal control of the internal environment will be appropriate	<input type="radio"/>																																												
	Strongly Disagree	Disagree	Neutral/Disagree	Slightly Agree	Strongly Agree																																																																				
1 The building will be a pleasure to use	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																				
2 The building will not feel cramped or overcrowded	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																				
3 The building will reduce stress for users	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																				
4 The circulation spaces and common areas will be enjoyable	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																				
5 The natural light in the building will be of high quality	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																				
6 The artificial light in the building will be of high quality	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																				
7 The indoor temperature of the building will be comfortable in all seasons	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																				
8 The indoor air quality will be pleasant	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																				
9 The building will have good acoustics	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																				
10 The building will provide good views	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																				
11 The level of personal control of the internal environment will be appropriate	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																				

Figure 3.10 *Questionnaire d'appréciation des critères DQI.*
(Construction Industry Council, 2005b)

Ce questionnaire permettra non seulement de comparer l'appréciation des critères entre les membres de l'équipe et les objectifs du projet, mais également entre les groupes d'intervenants du marché qui ont aussi répondu à ce questionnaire dans le cadre d'autres projets. Cette activité permet de voir si les aspirations de chacun concordent avec le marché et les critères de conception du projet, et donc, si des modifications sont nécessaires aux objectifs communs.

En résumé, une fois le processus de conception débuté, le DQI doit être employé régulièrement pour déterminer l'atteinte partielle des critères selon les niveaux de qualité prescrits dans les objectifs de départ. La figure 3.11 représente un exemple de graphique pouvant être utilisé pour comparer ces résultats.

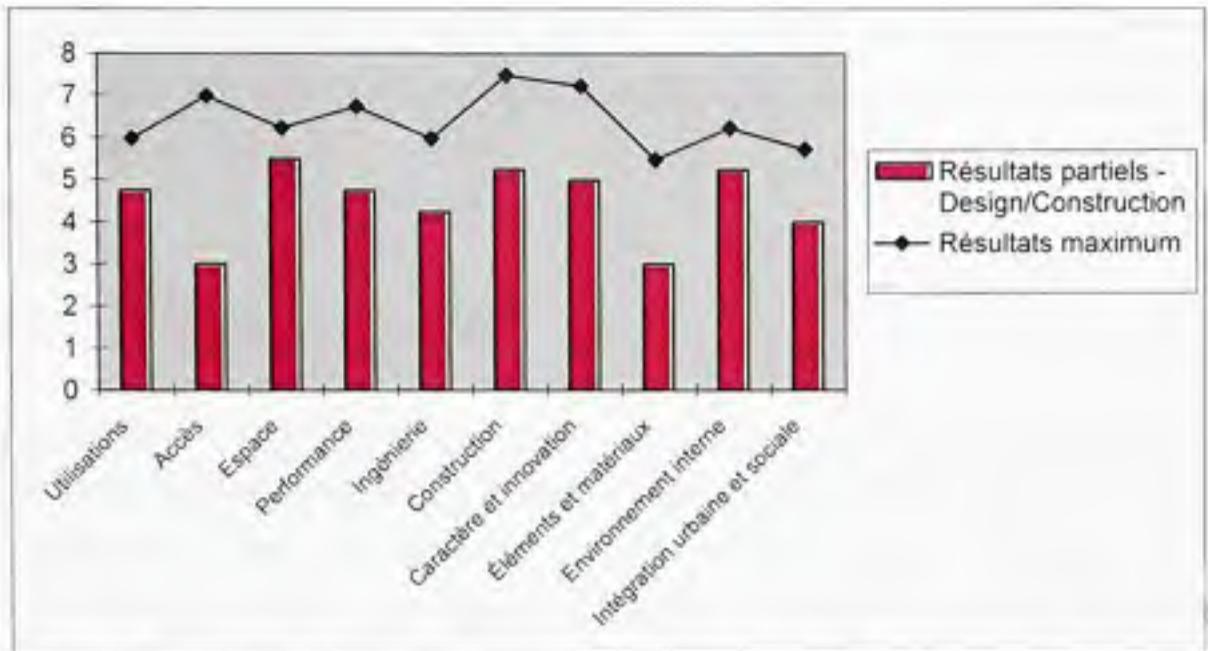


Figure 3.11 *Comparaison des résultats partiels avec les critères DQI.*
(Construction Industry Council, 2005b)

Le DQI est avant tout un outil pour mesurer l'appréciation de la qualité du design par rapport aux critères de départ, il sert à qualifier et non à quantifier la performance du bâtiment. Il s'agit en quelque sorte d'un moyen de communication commun entre les intervenants, par exemple, le niveau d'importance de l'activité de gestion des matières résiduelles a été fixé par un consensus de l'équipe de projet. La comparaison des écarts à différentes étapes et différents intervenants encourage l'équipe de conception à se concentrer sur les moyens et les options pour améliorer le design tout au long de la phase de conception et de construction (Construction Industry Council, 2005a).

Bien que la problématique des matières résiduelles soit abordée par le DQI, l'utilisation de cet indicateur trouve toute sa performance dans une perspective globale de conception, notamment, en considérant tous les aspects du bâtiment durable. Son utilisation exclusive aux critères en relation avec les matières résiduelles perdrait tout son sens puisqu'il s'agit d'évaluer l'appréciation d'un seul élément en dépit des autres critères de conception. Un des objectifs de l'utilisation du DQI est de pouvoir déterminer une certaine hiérarchie dans l'importance des différents critères de conception pour chacun des membres de l'équipe de

projet (Construction Industry Council, 2005a). Comme le DQI paraît essentiel à la performance du projet en termes de matières résiduelles, il sera considéré dans l'élaboration du modèle de gestion avec la condition que le projet ait une approche globale de bâtiment durable.

3.2.3.2 Indicateurs de performance

Les indicateurs de performance, proprement dits, ont pour objectif de mesurer le niveau de succès du projet ou du bâtiment par rapport aux objectifs quantitatifs initiaux. Il s'agit de trois étapes : le choix des indicateurs, la mesure de ceux-ci et la comparaison de la performance par rapport aux objectifs initiaux et par rapport au marché, c'est-à-dire l'étalonnage²¹ (KPI Project Management Group, 2004). L'étalonnage du projet amène l'équipe intégrée à se questionner sur les caractéristiques et les stratégies qui auraient pu ou qui ont influencé la performance du projet.

Les indicateurs de performance doivent être utilisés durant le projet, pour en assurer son amélioration, et en fin de projet, pour situer sa performance par rapport aux objectifs initiaux et au marché. Ils peuvent également être employés au cours de la phase d'opération et lors de la disposition du bâtiment. Il suffit d'utiliser les critères appropriés à la date requise. L'indicateur proposé par le *KPI Project Management Group* (2004) quantifie les matières résiduelles produites par rapport aux coûts du projet. Voici un exemple de calcul²².

1. La valeur totale d'un projet est de 2M\$ et la quantité finale de déchets sortis du chantier est de 2497 m³.
2. Calcul de l'indicateur :

$$\frac{2497m^3}{2,000,000\$} \times 100,000 = 125m^3 / 100,000\$$$

²¹ Traduction du terme *Benchmarking*.

²² Inspiré d'un exemple tiré du *Environment Key Performance Indicators Handbook (KPI Project Management Group, 2004)*.

3. La comparaison de cet indicateur dans le graphique approprié indique une performance de 18 % par rapport au marché. Ce qui signifie que 18 % des projets semblables enregistrés ont une performance inférieure ou égale, et 82 % possèdent une performance supérieure au bâtiment mesuré.

D'autres indicateurs, tels que la quantité de matières produites (poids ou volume) par rapport à la superficie de plancher du projet, sont également présentés dans la littérature (Winch, 2002). Toutefois, comme la construction durable est un secteur émergent au Québec, peu de banques de données sur la gestion des matières résiduelles CRD sont présentement disponibles pour permettre d'effectuer un étalonnage avec le marché. Les indicateurs de performance ne sont alors utilisés qu'à titre d'outil de mesure par rapport aux objectifs initiaux.

Il est également possible de faire le suivi de la performance du projet à l'aide de système de cotation, tel que le SBTool présenté au chapitre 2. Le SBTool permet notamment à l'équipe de projet de déterminer une pondération pour chacun de ses critères. Par exemple, pour la gestion des matières résiduelles durant la construction, l'équipe de projet doit d'abord situer l'objectif visé par rapport aux définitions des niveaux de performance du système, il s'agit là d'indicateurs. Une cote est alors accordée à chaque niveau de performance, soit « -1 » pour une faible performance, « 0 » pour une performance acceptable, « 3 » pour une bonne performance et « 5 » pour une performance exemplaire (iiSBE, 2007). Cette cote est ensuite pondérée par le niveau d'importance accordé au critère par rapport aux autres éléments du système, soit une pondération de 1 à 5. L'équipe de projet peut alors mesurer la performance globale du projet ou vérifier la performance du projet par rapport à un critère en particulier, tel le pourcentage de détournement des matières résiduelles des sites d'enfouissement. Plus la performance mesurée se rapproche de « 5 », plus le projet se dénote par son caractère exceptionnel; tandis que « 0 » correspond à la moyenne du marché.

Des outils informatiques sont présentement disponibles sur le marché pour d'abord aider l'équipe de projet à établir un plan de gestion des matières résiduelles et finalement pour

faire le suivi des indicateurs de performance, tels que *SMARTwaste* du BRE et *Waste Account Envirowise* du *Environmental Technology Best Practice Programme*.

Waste Account Envirowise est un outil permettant d'établir un plan de gestion des matières résiduelles en industrie et d'en faire le suivi. Cependant, comme il n'est pas particulièrement adapté au domaine de la construction, ou plus particulièrement, à la gestion des matières résiduelles sur un chantier de construction de bâtiment, son utilisation peut sembler lourde et peut ne pas du tout répondre aux besoins d'un projet, puisqu'il ne donnera que peu d'indices sur la performance de ce dernier. La figure 3.12 présente la feuille de calculs globaux du *Waste Account Envirowise*.

WASTE ACCOUNT							
Date		Last year's waste quantities and costs		This year's waste quantities and costs		Changes in quantities and cost of waste	
Type of Waste	Units	Year 1 (base-line)		Year 2		Reduction	
		A	B	C	D	E = A - C	F = B - D
		Quantity	Cost (£)**	Quantity	Cost (£)**	Reduction	Saving (£)
Waste*							
Trade waste							
Recycled materials							
Hazardous waste							
Solvents							
Other							
Water							
Mains supply	m ³						
Sewerage	m ³						
Trade effluent	m ³						
Energy							
Electricity	kWh						
Gas	kWh						
Other fuel	kWh						
Floor area***	m ²						
		Total cost in year 1		<input type="text"/>	Total cost in year 2		<input type="text"/>
					Difference in costs (year 1 - year 2)		<input type="text"/>

* It doesn't matter which units you use, eg bags, bins, skips, kg or tonnes. You just need to be consistent and able to relate your units to the units on your bills.

** You can work out the cost by multiplying the quantity by the unit cost given on your bills.

*** It is important to record floor area so that year-on-year comparisons are realistic and meaningful.

Figure 3.12 Feuille de calculs - *Waste Account Envirowise*.
(*Environmental Technology Best Practice Programme*, 2006)

Dans cette feuille de calcul, la quantification des matières résiduelles correspond à leur production par type et aux coûts annuels reliés. La mesure de la performance est donc effectuée par rapport aux chiffres de l'année précédente. Ce genre de calculs ne serait applicable qu'à un promoteur ou à un entrepreneur effectuant des projets répétitifs de façon continue d'une année à l'autre. Pour toute autre situation, l'utilisation de cet outil serait superflue.

À l'opposé, *SMARTWaste* a été développé dans le but précis de répondre aux besoins de gestion des matières résiduelles et de mesure de la performance des chantiers de construction. Les principaux volets offerts par l'outil *SMARTWaste* sont la gestion *in situ*, le suivi de la performance, les audits et la recherche de ressources.

SMARTWaste permet d'effectuer un suivi clair, où il est aisé de faire des revues périodiques des indicateurs. Les rapports générés (figure 3.13 et figure 3.14) sont simples à comprendre et peuvent être facilement introduits au bilan final. Il est aussi possible d'y enregistrer les différents frais reliés à la gestion des matières résiduelles sur ce projet et ainsi effectuer un suivi des coûts. Tel que mentionné précédemment, le logiciel offre également la possibilité de comparer ses résultats à une base de données à jour de projets réels (Kwan, 2001) et ainsi de déterminer sa performance globale, ou idéalement, par matière.

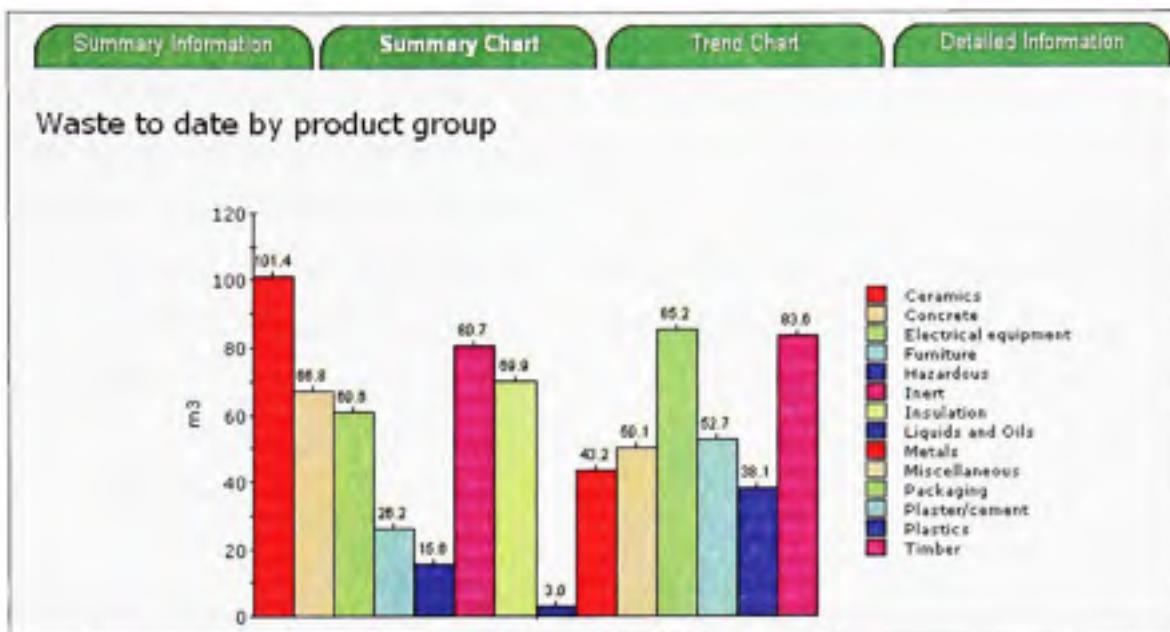


Figure 3.13 Exemple de rapport SMARTWaste - Graphique sommaire.
(BRE, 2006)

Summary Information | Summary Chart | Trend Chart | Detailed Information

Project Performance	Total waste	Tonnage		To landfill	Segregated	EPI	KPI
	(m³)	Lower	Upper	(%)	(%)		
Ceramics	101.38	35.85	129.48	95	5	8.45	440.8
Concrete	66.85	74.25	74.25	71	29	5.57	290.65
Electrical equipment	60.63	10.91	13.74	80	20	5.05	263.61
Furniture	26.24	4.6	23.61	97	3	2.19	114.08
Inert	80.73	90.02	120.69	95	5	6.73	351.02
Insulation	69.85	10.96	10.96	95	5	5.82	303.7
Metals	43.16	13.99	58.27	95	5	3.6	187.67
Miscellaneous	50.11	8.15	31.57	100	0	4.18	217.85
Packaging	85.21	18.11	76.69	71	29	7.1	370.47
Plaster/cement	52.74	17.48	24.98	87	13	4.4	229.32
Plastics	38.14	8.28	8.28	27	73	3.18	165.81
Timber	83.6	17.78	36.12	44	56	6.97	363.49
Liquids and Oils	2.97	0	0	100	0	0.25	12.91
Hazardous	15.61	0	0	4	96	1.3	67.88

EPI - M⁴I Environmental Performance Indicator (m³/100m²)
KPI - DTI Key Performance Indicator (m³/E100K)

Figure 3.14 Exemple de rapport SMARTWaste – Informations détaillées.
(BRE, 2006)

La validité des résultats transmis par cet outil est cependant reliée à la qualité des données recueillies par l'entrepreneur général lors de la construction. Les informations collectées se doivent d'être précises pour obtenir un diagnostic reflétant la situation réelle en chantier et ainsi apporter rapidement les modifications adéquates à l'amélioration de la performance du bâtiment. Les données recueillies peuvent ensuite s'ajouter à la banque de données utilisée pour les activités d'étalonnage avec le marché pour ainsi assurer la tenue à jour des comparables.

3.3 Résumé

Plusieurs éléments ont été présentés lors de la revue de la littérature des chapitres 1 et 2, des notions de base sur les matières résiduelles CRD jusqu'aux stratégies de gestion de ces matières à chacune des phases du cycle de vie du bâtiment.

Tout d'abord, la hiérarchie du déchet et le principe des 5RV-E préconisent la réduction à la source. Cette approche laisse entendre que pour diminuer la production de matières résiduelles, il est essentiel de s'occuper en premier lieu de la prévention à partir du début du projet. Ce principe d'intervention respecte également l'approche véhiculée par la courbe de Pareto et la courbe d'efforts optimisée des figures 3.1 et 3.2 présentées dans ce chapitre. Plus les décisions sont prises en amont du projet, plus elles auront d'habileté à influencer celui-ci. Cette concentration des efforts dans les décisions prises en début de projet aura donc pour effet de minimiser les sources possibles de production de matières résiduelles durant tout le cycle de vie du bâtiment, mais également d'éviter les coûts qui y sont rattachés.

La deuxième considération représente un autre point important qui est ressorti de la littérature. C'est la qualité des résidus provenant de la construction versus ceux provenant des secteurs de la rénovation et de la démolition. Il est beaucoup plus facile de traiter des résidus produits lors de projets de construction, que ceux produits lors d'activités de rénovation ou de démolition, puisque les matières résiduelles sont plus facilement

identifiables et exemptes de contaminant (peinture, colle, etc.)²³. Il faut donc considérer les volets plus problématiques du cycle de vie du bâtiment dans chacune des décisions prises tout au long de celui-ci. L'emphase doit donc être mise sur la minimisation de la production de matières résiduelles à partir du tout début du cycle de vie du bâtiment en considérant à chaque étape l'intégration de toutes les phases subséquentes. Inévitablement, le cycle de vie des matériaux doit aussi être considéré.

L'approche de conception intégrée présentée dans ce chapitre devient donc primordiale dans l'élaboration d'un modèle de gestion des décisions, puisque la collaboration multipartite favorise la considération de chacune des étapes du cycle de vie du bâtiment et contribue à minimiser les problèmes d'interprétation. Chaque type d'intervenant d'un projet est alors impliqué dans le processus décisionnel dès l'amorce du projet. Ce processus décisionnel doit couvrir de façon détaillée des cinq phases du cycle de vie du bâtiment, tel que le processus décisionnel progressif du *Gateway™* proposé par l'OGC, pour permettre à l'équipe intégrée de mieux guider leurs décisions à travers les différentes stratégies de gestion des matières résiduelles proposées à chaque étape d'un projet.

Pour réduire les possibilités d'écarts d'interprétation lors de la conception et pour assurer la performance continue du bâtiment lors de sa construction et tout au long de sa vie, l'étalonnage à l'aide d'indicateurs de performance et de qualité du design a également été abordé. L'utilisation d'indicateurs de qualité du design a pour objectif de mesurer l'appréciation des caractéristiques du design par rapport aux critères de départ, notamment en ce qui a trait à la considération de la minimisation des matières résiduelles. Cependant, tel que mentionné dans la section précédente, ces indicateurs trouvent leur performance par l'analyse globale des critères de conception. Ils seront donc abordés dans l'élaboration du modèle en considérant que le projet intègre une perspective globale de bâtiment durable.

Les indicateurs de performance, quant à eux, permettent de déterminer le niveau de performance du bâtiment à différentes étapes du processus de construction, d'opération ou

²³ Voir les stratégies de gestion des matières résiduelles au Chapitre 2.

de démolition par rapport aux objectifs initiaux et à la performance de projets comparables. Ils succèdent, en quelque sorte, aux indicateurs de qualité du design. La figure suivante (figure 3.15) représente graphiquement l'influence du *gating* (et donc nécessairement de la conception intégrée) ainsi que de l'étalonnage sur les problèmes d'interprétation possible tels que présenté précédemment par l'analyse de Winch (2002) (figure 3.3).

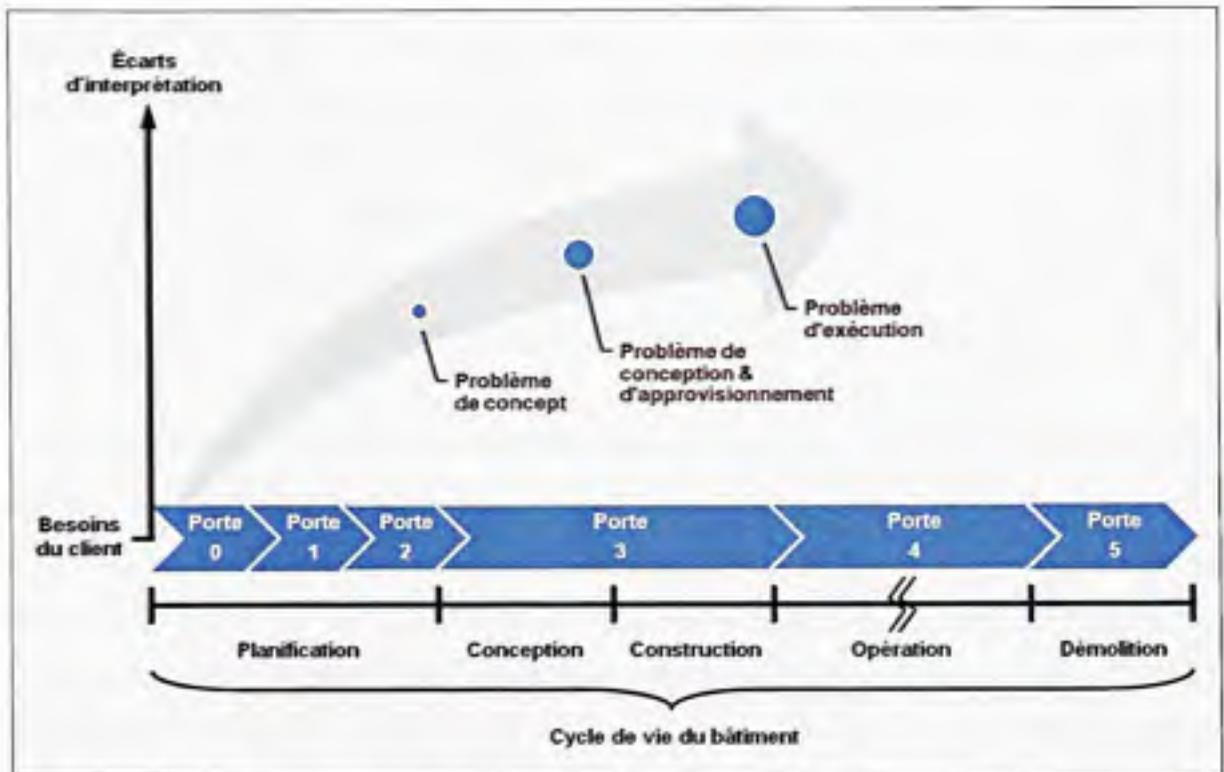


Figure 3.15 *Évolution des écarts d'interprétation dans le cycle de vie du bâtiment.*

À la figure 3.15, l'analyse des écarts d'interprétation de Winch (2002), pour un processus décisionnel traditionnel, est représentée par la flèche supérieure. Les écarts s'additionnent tout au long du projet, ce qui explique l'ascension de celle-ci. Le processus décisionnel optimisé, quant à lui, est représenté par la flèche horizontale. Ce processus de type *gating*, auquel on associe un étalonnage fréquent, aurait pour effet de réduire considérablement ces écarts par une prise de décision optimisée. Par exemple, trois portes constituent la première phase du cycle de vie du bâtiment pour permettre de concentrer l'effort décisionnel en amont du projet. Trois vérifications seront donc portées durant la phase de planification

avant de passer à la conception du projet, ce qui permettrait de s'ajuster à temps dans l'avenue où un écart d'interprétation était détecté.

Le cadre conceptuel de ce mémoire a permis de poser certaines conditions et limites à l'élaboration d'un modèle de gestion intégrée des matières résiduelles provenant de l'industrie de la construction de bâtiment. Cependant, certaines limites doivent également être posées à l'application d'un tel processus. L'utilisation d'un tel modèle a pour objectif d'encadrer le processus décisionnel traditionnel et de faciliter l'intégration de stratégie de gestion des matières résiduelles. Son application à des projets de petite envergure, comme la construction d'une résidence unifamiliale, ne ferait qu'alourdir la tâche de l'équipe de projet, qui se limite la plupart du temps à deux intervenants, soit le propriétaire ou le promoteur, et l'entrepreneur général. L'application du modèle qui sera proposé dans le cadre de ce mémoire se limite donc aux projets de moyenne à grande envergure.

En résumé, ce chapitre a permis de mieux cerner les stratégies d'intégration des activités de gestion des matières résiduelles tout au long du cycle de vie du bâtiment. La formation d'équipes de travail multidisciplinaires, l'identification d'un processus décisionnel global, ainsi que l'importance des outils de suivi et d'étalonnage de projets y ont été abordées. Le chapitre 2, quant à lui, présentait les différentes stratégies de gestion des matières résiduelles spécifiques à chacune des phases du cycle de vie du bâtiment, soit la planification, la conception, la construction, l'opération et la démolition. Un lien doit maintenant être créé entre ces stratégies de gestion et les stratégies d'intégration présentées dans ce chapitre pour permettre aux intervenants d'un projet d'utiliser un seul et même modèle d'intégration global de la gestion des matières résiduelles.

Les chapitres suivants exposeront la méthodologie employée pour rassembler l'information présentée dans un modèle de gestion détaillé et pour déterminer la validité du modèle à répondre aux objectifs énoncés dans le cadre de ce projet de mémoire.

CHAPITRE 4

MÉTHODOLOGIE

Au Québec, l'industrie de la construction ne semble pas encore réaliser les réels avantages que pourrait lui apporter une meilleure gestion de ses matières résiduelles. Les raisons pour lesquelles la province ne démontre pas encore son engouement pour la gestion des matières résiduelles CRD peuvent être multiples. Tel qu'il a été observé dans les chapitres précédents, l'industrie est fragmentée et très conservatrice, mais essentiellement, c'est qu'il n'existe que peu de données à ce sujet au Québec.

Il y a eu quelques projets pilotes tels que la déconstruction d'un vieux bâtiment commercial à Saint-Jean-sur-Richelieu (André J. Fortin architecte, 2003), la construction du Mountain Equipment Coop à Montréal (Lepage, 2003), la rénovation du Collège Notre-Dame-de-Lourdes à Longueuil (Desrochers, 2004) et la rénovation d'un immeuble résidentiel à Montréal, le projet Cuvillier (Mamfredis, 2006). Plus récemment, il y a eu la construction du Pavillon Mackay-Lassonde de l'École Polytechnique, ainsi que la Tohu (Bâtiment des Arts du cirque), mais les détails concernant la gestion des déchets de ces deux projets de la région montréalaise n'ont pas été publiés. De plus, il est alors important de souligner que chacun des projets présentés ci-haut effectuait une gestion des matières résiduelles pour une phase bien précise, soit la construction, la rénovation ou la déconstruction. Aucun de ces projets n'a abordé le cycle de vie d'un bâtiment dans son entier.

La revue des différentes stratégies de gestion des matières résiduelles spécifiques à chaque phase du cycle de vie d'un bâtiment, présenté au chapitre 2, a démontré que bien que l'intégration des différentes phases était nécessaire dès le début de la planification du projet, la littérature ne faisait pas mention du fil directeur entre ces phases. Chaque auteur démontrait une stratégie pour une phase bien précise d'un projet ou parfois pour un intervenant particulier.

Les stratégies d'intégration des décisions au cycle de vie d'un bâtiment, qui ont été présentées par la suite, pourraient lier les différentes phases et les différents intervenants du cycle de vie d'un bâtiment à travers un seul et même processus décisionnel et ainsi permettre une meilleure accessibilité au concept de la gestion des matières résiduelles à l'industrie de la construction de bâtiment. Cependant, tel que mentionné précédemment, les exemples d'utilisation de telles méthodes d'intégration dans des projets s'étant déroulés au Québec sont présentement inexistantes.

Ce chapitre présente d'abord une question de recherche découlant de la revue de la littérature, du cadre conceptuel et de la problématique identifiée. Il expose ensuite, de façon détaillée, la méthodologie employée pour répondre à cette question de recherche.

4.1 Question de recherche

La préoccupation principale de ce mémoire est d'identifier un modèle de gestion des matières résiduelles CRD efficient et efficace, accessible à tout intervenant d'un projet.

Comment intégrer les différentes stratégies de gestion des matières résiduelles CRD au processus décisionnel d'un projet pour constituer une approche à la fois accessible à l'industrie de la construction québécoise et considérant la problématique des matières résiduelles de façon continue dans l'ensemble des phases du cycle de vie d'un bâtiment?

Pour s'assurer du volet d'accessibilité à l'industrie de la construction québécoise, il semble alors inévitable de diriger l'analyse du modèle vers des études de cas portant sur des projets s'étant déroulés au Québec. D'autre part, comme la question de recherche précise un volet intégrateur considérant l'ensemble du cycle de vie du bâtiment, la ou les études de cas choisies devront couvrir une majorité de ces phases.

La section suivante présente la méthodologie suivie pour rencontrer les objectifs de ce mémoire et ainsi répondre à la question de recherche posée.

4.2 Structure de recherche

L'aspect d'intégration de la gestion des matières résiduelles au cycle de vie d'un bâtiment n'a été que peu abordé dans la revue des stratégies présentées dans la littérature et le manque de données réelles démontre que, sur le terrain québécois, il s'agit d'un concept peu considéré dans l'élaboration de projet de construction de bâtiment. Mais en l'absence de fondements théoriques, il est nécessaire de se tourner vers l'application de ces stratégies de gestion intégrée des matières résiduelles sur un cas réel. Ce projet d'étude sera donc abordé par une approche de triangulation, puisque pour répondre à la question de recherche, il est nécessaire de considérer les stratégies présentées dans la littérature, d'étudier les données réelles du déroulement d'un projet de construction de bâtiment et de valider le modèle de gestion des matières résiduelles retenues auprès de l'industrie.

La structure de recherche sera développée en suivant la démarche proposée par Yin (2003), tel que présenté ci-après.

- Développement de la théorie (chapitres 1, 2 et 3 du présent mémoire) ;
- Choix d'un ou plusieurs cas à étudier et définition du protocole de collecte des données (chapitre 4) ;
- Présentation du déroulement du cas et du processus de collecte (chapitre 5) ;
- Analyse des données et conclusion du cas (chapitre 5) ;
- Retour sur la théorie et sur le cadre d'analyse (chapitres 6) ;
- Élaboration de recommandations par la proposition d'un modèle (chapitre 6)

Finalement, pour compléter cette structure de recherche, il y aura validation du modèle proposé (chapitre 7), puis des conclusions seront tirées et des recommandations seront identifiées concernant ce projet d'étude et les pistes recherches futures. Ces étapes sont décrites de façon plus détaillée ci-après.

Pour répondre à l'importance de l'accessibilité du modèle de gestion des matières résiduelles CRD aux différents intervenants de l'industrie de la construction québécoise, l'étude d'un ou de plusieurs cas réels est primordiale. Yin (2003) propose quatre types d'étude de cas présentée à la figure suivante (figure 4.1).

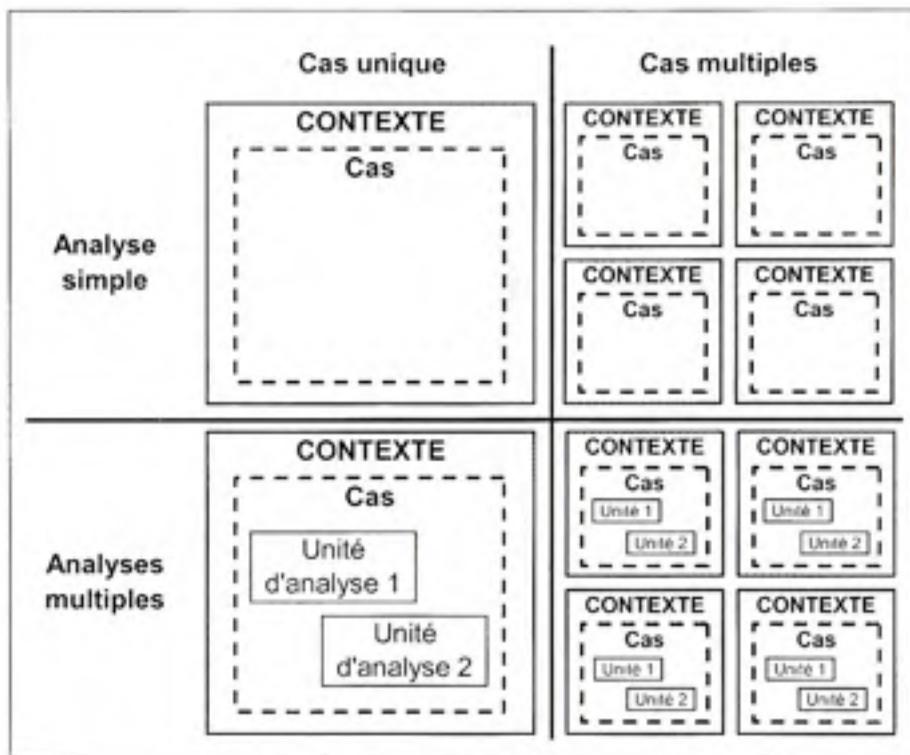


Figure 4.1 Principaux types d'étude de cas.
(Yin, 2003)

La matrice de la figure 4.1 présente quatre types d'étude de cas de base, soit les éléments suivants.

- Étude d'un cas unique à analyse simple : Cadre conceptuel basé sur un contexte d'analyse spécifique, un seul modèle à étudier et une seule variable à analyser.

- Étude de cas multiples à analyse simple : Cadre conceptuel basé sur plusieurs contextes d'analyse, plusieurs modèles à étudier selon le nombre de contexte et une seule variable par étude à analyser.
- Étude d'un cas unique à analyses multiples : Cadre conceptuel basé sur un contexte d'analyse spécifique, un seul modèle à étudier et plusieurs variables à analyser.
- Étude de cas multiples à analyses multiples : Cadre conceptuel basé sur plusieurs contextes d'analyse, plusieurs modèles à étudier selon le nombre de contexte et plusieurs variables par étude à analyser.

Dans le cadre de ce projet de mémoire, l'objectif est d'identifier un modèle de gestion intégrée des matières résiduelles CRD dans un contexte bien précis, l'industrie de la construction de bâtiment au Québec; donc un seul modèle et un seul contexte d'analyse. La matrice de Yin figure 4.1 propose alors une étude de cas unique. Comme l'étude de plusieurs cas permet d'effectuer une validation par comparaison des résultats trouvés et donc de renforcer la validité du modèle face à la critique et au scepticisme, l'utilisation d'un cas unique doit être solidement justifié (Yin, 2003). Le choix de l'étude de cas doit donc être évalué par sa capacité à répondre au cadre conceptuel du projet.

L'autre volet de la question de recherche se situe dans l'intégration des stratégies de gestion à travers toutes les étapes du cycle de vie d'un bâtiment et dans l'accessibilité d'un tel modèle aux différents intervenants d'un projet. Ces deux unités d'analyse confirment alors le type d'étude de cas, soit l'étude d'un cas unique à analyses multiples.

Pour faire suite aux quelques projets pilotes énumérés au début de ce chapitre, Travaux publics et services gouvernementaux Canada (TPSGC), division importante du

gouvernement fédéral du Canada, s'est également lancé dans un projet de bâtiment durable. Il s'agit du 740 Bel-Air, situé dans l'arrondissement Sud-Ouest de la Ville de Montréal.

Le projet du 740 Bel-Air comporte plusieurs avantages en fait d'étude de cas pour ce mémoire. D'abord, le projet en était à la phase de construction du bâtiment. Il était donc plus facile, en étudiant cette phase, de revenir en arrière vers les décisions prises lors des étapes de planification et de conception que de prendre un projet qui vient tout juste d'éclore et d'attendre patiemment les résultats des autres phases. Ce projet se déroulait également en mode de réalisation traditionnel ; il était donc intéressant d'identifier les caractéristiques d'un projet moins adaptable à la conception intégrée et à la gestion des matières résiduelles. De plus, le 740 Bel-Air avait la particularité d'avoir passé à travers la phase de démolition, ou plutôt, de déconstruction des bâtiments existants sur le site. Les données recueillies couvrent alors presque que toutes les phases du cycle de vie d'un bâtiment, exception faite de la phase d'opération du bâtiment.

Le type de client convenait également parfaitement à la démarche entreprise dans le cadre de ce mémoire. TPSGC est un leader en ce qui a trait à la conception d'immeuble écologique et à la gestion des matières résiduelles CRD, notamment par la rédaction de plusieurs guides d'application et protocoles sur le sujet, mais également par l'application de certaines stratégies de conception et de construction durable sur plusieurs projets jusqu'à maintenant (Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2000a, 2000b, 2001, 2002, 2004, 2007). TPSGC a également pris l'engagement en 2005 que tous les nouveaux projets de construction de l'organisme s'inscriraient dans le cadre d'une certification LEED Canada-NC de niveau minimum « Or » (Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2007). Finalement, un propriétaire privé n'aurait pas offert toute la latitude que le gouvernement fédéral, un organisme public, présentait pour ce projet.

Au niveau de la collecte des données, plusieurs sources ont été utilisées. D'abord, un partenariat entre l'École de technologie supérieure (ÉTS) et l'entrepreneur général Decarel a permis de suivre toute la phase de construction de ce projet et le volet gestion des déchets.

Nous avons donc assuré une présence sur le chantier pour appliquer certaines stratégies de gestion des matières résiduelles, mais également pour recueillir une panoplie d'informations sur le fonctionnement réel d'un projet de construction. L'analyse du projet a permis d'identifier les différentes contraintes rencontrées et les pistes de solutions envisagées concernant la gestion des matières résiduelles en chantier.

Parallèlement au volet « construction » du projet 740 Bel-Air, quelques entrevues semi-dirigées ont été effectuées avec différents intervenants du projet se situant dans les trois catégories du schéma présenté à la figure 3.6 sur la composition d'une équipe de projet intégrée, soit un représentant de TPSGC à la fois gestionnaire et chargé de projet, un architecte de l'équipe de conception et deux membres de l'entrepreneur général. Cet exercice avait pour objectif d'identifier de quelle façon les intervenants du projet ont considéré la problématique des matières résiduelles dans chacune des étapes du processus décisionnel. Ces entrevues ont permis d'obtenir des informations spécifiques sur les phases antérieures du projet 740 Bel-Air qu'on n'aurait pu obtenir autrement que par la sollicitation des différents intervenants.

Pour compléter le processus de collecte de l'information, les documents existants émis par TPSGC concernant le projet 740 Bel-Air ont été également considérés. L'information recherchée se situait principalement au niveau du bilan quantitatif de la gestion des matières résiduelles durant la phase de déconstruction et ainsi déterminer si les stratégies employées ont permis d'atteindre les objectifs initiaux fixés par TPSGC.

Les données recueillies par les observations en chantier, par les documents ou par les entrevues ont fait l'objet d'une analyse et des conclusions ont été tirées dans le but de compléter les concepts et stratégies présentés dans la littérature. Les différentes observations entre la théorie et l'étude de cas ont permis l'élaboration d'un modèle de gestion des matières résiduelles CRD adaptée au processus décisionnel d'un projet de construction typique.

Finalement, pour contrer la critique provenant du fait qu'une seule étude de cas ait été portée, le modèle a fait l'objet de deux méthodes de validation. La première validation suit l'application théorique du modèle au projet 740 Bel-Air par l'utilisation du principe d'ingénierie inverse présenté au chapitre 4. Pour démontrer la capacité du modèle à intégrer la problématique des matières résiduelles à travers chacune des étapes de son processus, l'exercice de validation doit permettre de remonter la chaîne de prises de décisions du projet jusqu'aux critères de conception initiaux. La continuité du processus décisionnel ainsi inversé a donc permis de déterminer la validité du modèle en termes d'intégrité du cycle décisionnel, mais également en termes d'accessibilité à un projet de construction type s'étant déroulé au Québec.

La deuxième validation provient directement de l'industrie. Les commentaires recueillis d'un gestionnaire de projet de construction de bâtiment ont permis d'appuyer la démonstration de l'accessibilité du modèle aux différents intervenants de l'industrie de la construction.

CHAPITRE 5

ÉTUDE DE CAS : LE 740 BEL-AIR

Le 740 Bel-Air, une initiative de Travaux publics et services gouvernementaux Canada (TPSGC), est un projet incluant les phases de déconstruction des édifices existants et de construction d'un nouveau bâtiment durable. En collaboration avec l'entrepreneur général Decarel, nous avons pu suivre de plus près ces travaux en coordonnant l'aspect de la gestion de matières résiduelles pendant toute la durée du projet de construction. Ce chapitre consiste en une présentation de cette étude de cas. La description du projet sera d'abord exposée, il s'en suivra les spécifications quant au processus de collecte des données et les résultats de la gestion des matières résiduelles, ainsi que leur analyse, seront finalement présentés.

5.1 Description du projet

Le parc immobilier de TPSGC vieillit. Près de 85 % des 370 immeubles qui le composent ont plus de 25 ans et nécessitent des interventions importantes. Ce parc immobilier ne doit pas seulement être considéré comme un avoir désuet, mais également comme un ensemble de ressources pour de futures constructions (Cole & Auger, 1999).

Situé au centre-ville de Montréal sur le site d'une ancienne fonderie datant de 1880, l'édifice localisé au 740 rue Bel-Air ne correspondait plus aux besoins de ses clients. Le site était contaminé et les bâtiments étaient dans de très mauvaises conditions, ce qui écartait les possibilités de rénovations majeures du 740 Bel-Air. Avec les besoins immobiliers urgents des multiples locataires de TPSGC, la décision fut de démarrer un projet modèle intégrant les principes de développement durable, de la déconstruction à l'exploitation du nouveau bâtiment (Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2004).

Les différentes phases du projet (caractérisation environnementale, déconstruction, décontamination, conception et construction) se sont déroulées de l'année 2000 jusqu'à la fin 2005 et ont totalisé 60 M\$. Le 740 Bel-Air, un édifice de 15 000 m² utilisables regroupant bureaux et entrepôts, s'inscrit également dans le cadre d'une certification LEED Canada-NC de niveau *Or*.

De longues périodes d'attente ont séparé les différentes phases du projet, suivant les aléas des projets gouvernementaux. Aucun processus décisionnel défini n'a été utilisé pour lier les stratégies adoptées par les différentes équipes de travail dans le long déroulement de ce projet. L'objectif de cette étude de cas est d'étudier le déroulement d'un tel projet, en termes de prise de décisions, de stratégies adoptées et de résultats encourus, pour éventuellement déterminer comment intégrer un plan de gestion des matières résiduelles performant à de futurs projets.

5.2 Processus de collecte des données

Tel que mentionné au chapitre précédent, bien que nous assurions la coordination du programme de gestion des déchets sur le chantier avec l'entrepreneur général, les phases de déconstruction, de planification et de conception du projet devaient également être considérées.

Au niveau de la déconstruction du 740 Bel-Air, la principale source de données fut un rapport présenté à l'événement Contech 2004 (Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2004). Ce document présentait les exigences de départ en termes de gestion des matières résiduelles, ainsi que les résultats quantitatifs finaux et les recommandations suite à la déconstruction des installations. Ce rapport est disponible en annexe III de ce document.

Par la suite, les renseignements sur les décisions prises dans les phases de planification et de conception du nouveau bâtiment, ont été collectés à travers des discussions et des entrevues

semi-dirigées d'une durée moyenne d'une heure effectuées avec le gestionnaire de projet de TPSGC et un architecte faisant partie de l'équipe de conception. Les termes abordés lors de ces discussions sont présentés à l'annexe IV de ce mémoire. Une panoplie d'informations sur les stratégies adoptées dans la conception a également été tirée des documents contractuels (devis de construction).

D'autres entrevues ont été menées avec le directeur de projet et le directeur du service de l'estimation de l'entrepreneur général. Ces entrevues ont permis de recueillir de l'information au niveau de la perception des matières résiduelles par les gestionnaires de projets et des stratégies adoptées dans la planification pré-construction. La présence de l'ÉTS sur le terrain a permis de collecter les quantités de matières résiduelles produites et de connaître la façon dont elles ont été gérées et disposées. Les commentaires de la main-d'œuvre de chantier ont également été recueillis tout au long du projet.

5.3 Présentation des résultats

Avant même l'application de tout concept de gestion des matières résiduelles, la considération première doit être le ferme engagement du client. Si des problèmes doivent se présenter en cours de route, on doit sentir sa volonté à prendre les décisions dans le respect du plan de gestion des déchets adoptés. Dans le cas du 740 Bel-Air, TPSGC avait manifesté ses intérêts dès le départ envers la gestion des matières résiduelles. Tout d'abord en choisissant la déconstruction comme alternative à la démolition et ensuite en s'engageant dans un processus de certification environnementale comprenant l'application d'un plan de gestion des déchets.

Les informations recueillies seront présentées selon les étapes de déconstruction, planification du nouveau bâtiment, conception et réalisation du projet, dans cet ordre de succession. Les étapes d'opération et de disposition finale du bâtiment ne seront pas abordées directement, puisque l'étude de cas s'est arrêtée à la fin de la phase de

construction. Cependant, les éléments les concernant qui ont été intégrés à la planification et la conception du projet ont été relevés dans ce chapitre.

5.3.1 Déconstruction de l'ancien bâtiment

Bien que l'engagement du client demeure la base de la réussite du projet, l'engagement de tous les intervenants du projet (professionnels, entrepreneur général, sous-traitant) est également nécessaire à l'atteinte des objectifs de départ. Pour le 740 Bel-Air, TPSGC a souscrit ses engagements sous forme contractuelle. Le choix de la firme d'architecture (Aedifica) s'est effectué en tenant compte des propositions abordant le projet de démolition de façon plus écologique.

Sous la supervision de TPSGC, la firme Aedifica a retenu plusieurs stratégies de déconstruction pour le projet. Notamment, le projet incluait la récupération de certains matériaux comme de la brique, du bois et de la tôle en vue de les réutiliser dans le nouveau bâtiment. Pour ce qui est des dalles de béton, elles ont été entièrement transformées en agrégats. De plus, toute une section de façade de l'ancien édifice a été préservée pour sa valeur patrimoniale et a été intégrée dans la conception du nouveau bâtiment. Aedifica a pris en charge le suivi de la gestion des matières résiduelles pendant la déconstruction et l'entreposage des matériaux récupérés.

Dès l'appel d'offres, des exigences minimales avaient été fixées par TPSGC au niveau de la récupération en vue de réutilisation ou de recyclage en tenant compte du marché des matériaux de déconstruction à Montréal (Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2004). Ces objectifs et les résultats finalement atteints sont présentés au tableau suivant (tableau 5.1).

Tableau 5.1

Disposition des matières résiduelles provenant de la déconstruction du 740 Bel-Air
(Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2004)

Description des matières	Disposition des matières			Récupération totale	
	Enfouissement	Réutilisation	Recyclage	Objectif minimum	Récupération réelle
Dalles de béton	0%	0%	100%	80%	100%
Blocs de béton	62%	38%	0%	35%	38%
Briques	7%	1%	92%	40%	92%
Armature	0%	0%	100%	80%	100%
Acier structural	0%	11%	89%	80%	100%
Métaux	0%	7%	93%	80%	100%
Bois	18%	11%	71%	25%	82%
Isolant	99%	1%	0%	0%	1%

Bien que TPSGC ait réussi à atteindre et même dépasser ses objectifs initiaux, plusieurs observations ont été relevées suite au projet au niveau du concept de déconstruction (Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2004).

- Délais de déconstruction plus longs que prévu initialement ;
- Coûts légèrement supérieurs à l'estimation ;
- Demande une plus grande collaboration entre les entrepreneurs.

Ces observations sont plutôt réalistes, si l'on tient compte de la nouveauté du concept de déconstruction au Québec. Les deux premiers éléments auront cependant tendance à disparaître avec l'adoption de la déconstruction comme standard dans l'industrie. Le manque de collaboration entre les entrepreneurs était peut-être dû à l'absence d'un plan de communication clair du programme de gestion des matières résiduelles, mais également au manque d'expérience à ce sujet par les dirigeants de chantier. Pour pallier à cette dernière problématique, le modèle de gestion présenté au prochain chapitre devra permettre de bien outiller les intervenants d'un projet de déconstruction en termes de processus, mais également au niveau de la disponibilité d'informations techniques sur l'existant.

5.3.2 Planification du nouveau projet

Parallèlement à la déconstruction, les premiers concepts du nouveau projet ont été établis. Une série d'objectifs avaient été fixés au départ par TPSGC et l'équipe de planification (firme d'architecture Aedifica), puis ont été intégrés dans toutes les demandes de propositions des professionnels et aux documents d'appel d'offres. Voici les objectifs reliés aux matières résiduelles (Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2004).

- Favoriser la valorisation des matériaux et la réduction des déchets ;
- Minimiser les coûts d'exploitation du bâtiment ;
- Effectuer des choix judicieux de matériaux dans une perspective écologique.

Une estimation préliminaire de l'équipe de planification du projet a démontré que le potentiel de détournement des matières résiduelles des sites d'enfouissement se chiffrait à 75 %, en excluant les matériaux d'excavation (Bourbeau, 2005).

5.3.3 Conception du nouveau bâtiment

L'équipe de conception du nouveau bâtiment a été formée de représentants de TPSGC, d'un consortium d'architectes (Beauchamp Bourbeau/ABCP/Busby et associés) qui avait également le rôle de coordonnateur, d'une firme d'ingénierie en structure (Saia, Deslauriers, Kadanoff, Leconte, Brisebois, et Blais) et d'une firme d'ingénierie en électromécanique (Pageau, Morel et associés). Il y a également eu quelques apparitions de consultants spécialisés et de l'équipe responsable des opérations futures du bâtiment chez TPSGC. La phase de conception, dont la gestion avait été attribuée au consortium d'architectes, s'est donc déroulée en respectant les objectifs initiaux reliés aux déchets, c'est-à-dire limiter la quantité et le type de matières résiduelles générées par la réalisation du projet. Voici un bref résumé des options choisies et des actions posées (tableau 5.2).

Tableau 5.2

Options de design du 740 Bel-Air
(Bourbeau, 2005)

Options de design	Exemples d'actions prises
Minimisation des surfaces à revêtement pour éviter les déchets de découpe et les résidus de peinture.	Laisser beaucoup de surfaces à béton apparent, notamment la plupart des plafonds.
Normalisation des grandeurs pour éviter les surplus de commande à dimensions différentes.	Design des cloisons avec seulement trois épaisseurs différentes de montants métalliques.
Choix spécifique de matériaux écologique.	Considération d'un type de tapis plutôt qu'un autre, parce que le manufacturier reprenait les retailles.
Réutilisation de matériaux.	Réutilisation de briques, de tôle et de bois provenant du bâtiment existant et de poutrelles d'acier provenant d'un autre chantier.

Un plan de gestion des matières résiduelles *in situ*, respectant le principe des 5RV-E, a également été établi par un consultant spécialisé (Jacques Whitford) et inséré aux devis : chaque entrepreneur, sous-traitant et ouvrier devait s'y conformer dans leur soumission. Ce plan exposait les principes de réduction à la source (techniques de travail) et de tri de matières sur le chantier.

La principale problématique du projet fut les délais entre chacune des phases du projet. Des délais découlant principalement du fait que ce soit un projet gouvernemental, donc tributaire des dépôts de budgets et des changements de gouvernement. Ces contraintes de temps ont occasionné de nombreux changements dans le choix des matériaux, dus à l'évolution du marché et à la disponibilité des produits. Plusieurs options de conception ont également été écartées par contrainte de coût. Tel a été le cas des cloisons préfabriquées interchangeable qui ont été simplement remplacées par des cloisons fixes standards (Bourbeau, 2005). L'idée de départ était beaucoup plus favorable à la minimisation de la production de déchets sur le site et à ses capacités en vue d'une déconstruction ultérieure. De là l'importance

d'établir une planification détaillée en début de projet pour s'assurer de l'attribution des budgets appropriés à des critères de conception bien définis.

Finalement, c'est au niveau de cette phase du projet que l'équipe de design a suggéré l'enregistrement du projet à la certification LEED Canada-NC. En voyant le potentiel du projet d'obtenir une telle certification, notamment au niveau de la gestion des déchets, TPSGC s'y est engagé (Bourbeau, 2005).

5.3.4 Construction du nouveau bâtiment et fermeture du projet

La construction du nouveau bâtiment a débuté en octobre 2004. Le principal rôle de l'entrepreneur général concernant les matières résiduelles était de s'assurer du bon respect du plan de gestion des déchets établi par les professionnels sur le chantier, soit la coordination des éléments suivants.

- Sensibilisation au gaspillage ;
- Tri des matières dans les conteneurs adéquats ;
- Attention particulière à la contamination des matières.

L'entrepreneur général avait donc le rôle maître concernant la gestion des matières résiduelles durant la phase de construction, puisque ce dernier avait un engagement contractuel (sans pénalité, ni bonus) de détourner un minimum de 75 % des matières résiduelles produites sur le site.

Pour assurer l'application de ces principes, il était nécessaire d'informer adéquatement les différents intervenants. Les représentants de sous-traitants ont participé à une séance d'information sur leur responsabilité envers le plan de gestion des déchets et les autres plans environnementaux du projet. Par la suite, chaque nouvel ouvrier recevait à son arrivée sur le chantier une petite formation sur la gestion des déchets et une carte comprenant une quinzaine de principes environnementaux à respecter pour le projet. Les ouvriers devaient garder en tout temps cette carte sur le chantier et toute personne allant à l'encontre de ces

principes pouvaient être soit suspendus pour la journée ou pour toute la durée du chantier, selon le cas. De plus, un espace de communication a été aménagé pour transmettre facilement toute l'information nécessaire aux ouvriers, notamment, les mises à jour du plan de disposition des conteneurs de récupération lorsque celui-ci était modifié, ainsi que le taux de performance du projet. En général, les réactions des ouvriers étaient positives à l'application d'un tel plan. Chacun d'eux était bien informé du rôle à suivre et la plupart semblaient motivés par la particularité du projet.

Sept conteneurs étaient en permanence sur le chantier, soit pour le bois, les métaux, le gypse, la brique, le béton, le carton et les déchets. Chaque conteneur était identifié par une affiche précisant le nom de la matière et ses exclusions (*Voir annexe V*). Les conteneurs étaient inspectés régulièrement et lorsqu'il y avait contamination des matières, le sous-traitant responsable devait en payer les frais de décontamination. Comme l'évolution du chantier entraînait le déplacement fréquent des conteneurs, un plan de disposition des conteneurs était constamment tenu à jour et distribué aux responsables de chacun des sous-traitants. Ces déplacements fréquents ne permettaient pas aux ouvriers d'adopter une certaine routine dans la gestion de leurs matières, ils devaient continuellement s'adapter à la nouvelle répartition des conteneurs. Ce type de désagrément peut entraîner un phénomène de démotivation. Dans le cas d'un site où l'implantation du bâtiment est importante, comme le 740 Bel-Air, une gestion des matières résiduelles hors site serait plus appropriée.

Pour assurer le suivi des matières vers leur filière de disposition, une feuille de route prescrite au devis devait être remplie pour chaque conteneur quittant le chantier. Cette feuille de route, ainsi qu'un aperçu des différentes filières de disposition pour chacune des matières impliquées dans le projet sont présentés en annexe V. Tel qu'observée sur le projet, la gestion des bons de balance ou de livraison des matières est une tâche plutôt ardue. Ils ne sont pas toujours redirigés vers la personne appropriée. L'utilisation d'une telle feuille de route a permis d'assurer une certaine traçabilité des matières.

D'octobre 2004 à décembre 2005, un total de 1 059 tonnes métriques de matières résiduelles ont été produites²⁴. Cette valeur est bien en dessous de la quantité initialement estimée de 4 112 tonnes métriques de déchets, correspondant en moyenne entre 5 % à 10 % du poids total des matériaux entrant sur le chantier. Donc, la quantité de matières résiduelles produites correspond à 26 % de l'estimation initiale. Cette diminution peut être la conséquence possible de trois hypothèses.

- Surestimation initiale de la quantité de matières résiduelles pour le projet ;
- Efforts significatifs de réduction à la source de la part des ouvriers ;
- Combinaison des deux affirmations précédentes.

La figure 5.1 expose la répartition des différentes matières résiduelles du projet 740 Bel-Air.

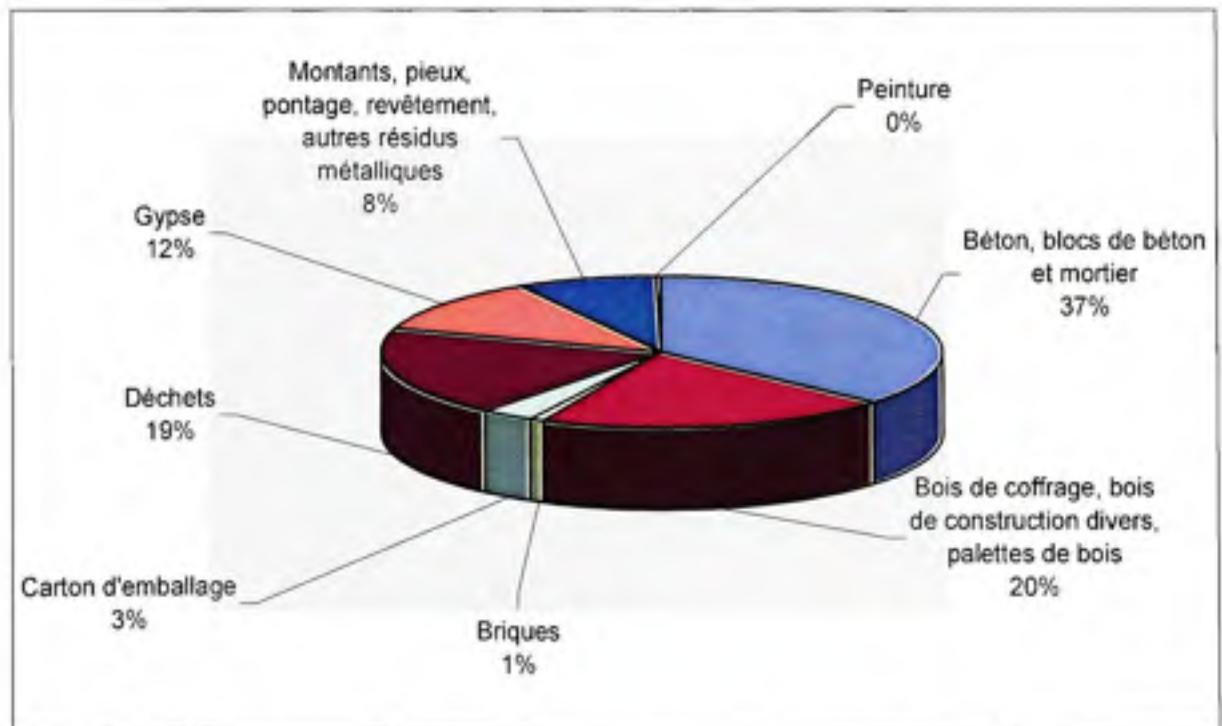


Figure 5.1 Répartition des matières résiduelles récupérées sur le 740 Bel-Air.
(Pitre, 2006)

²⁴ Le total exclu les matériaux d'excavation. De plus, les résidus de peinture n'ayant pas été pesés, leur poids a été estimé à 2 tonnes métriques.

Le graphique précédent démontre un taux de récupération de 80 % de toutes les matières produites, soit 5 % de plus que l'estimation initiale. Bien que ce taux semble impressionnant, il faut tenir compte que le concept de gestion des matières résiduelles était un changement d'habitude pour la plupart des acteurs du projet. Plusieurs obstacles rencontrés tout au long du projet ont contribué à augmenter la quantité de déchets produits. Le manque d'espace sur le site, la contamination des conteneurs et l'état du marché de la récupération et du recyclage sont les principaux obstacles que le 740 Bel-Air a dû affronter. Une description plus détaillée de toutes les problématiques rencontrées est disponible en annexe V.

En moyenne, le coût d'un conteneur de 40 verges cubes pour l'enfouissement varie entre 300 \$ et 350 \$ pour la région de Montréal. Le coût moyen pour la disposition plus écologique des conteneurs du projet se chiffre à 239 \$ par conteneur (ou 38 \$/tonne métrique)²⁵. À première vue, l'entrepreneur aurait réalisé des économies de 20 % à 30 % par rapport au coût normal d'enfouissement des déchets.

Cependant, la gestion des matières résiduelles *in situ* ne fut pas aussi lucrative que peut le laisser paraître le paragraphe précédent. L'élaboration de l'analyse coûts-bénéfices a permis de déterminer la rentabilité réelle du projet. Bien que l'estimation initiale rapportait une certaine rentabilité du projet, l'analyse des faits a permis d'identifier un déficit de l'ordre de 95 000 \$ en tenant compte de tous les frais encourus ainsi que la main-d'œuvre octroyée à cette activité. Le sommaire de l'analyse est présenté en annexe V.

La différence entre un projet rentable et déficitaire est, dans ce cas, principalement due aux problématiques présentées en annexe (matériaux endommagés récupérés de la déconstruction, permis d'occupation, etc.), mais également par la sous-estimation du budget octroyé par l'entrepreneur général pour la gestion des matières résiduelles pour le projet. Le manque d'expérience de l'entrepreneur, ainsi que des problèmes d'interprétation des

²⁵ Incluant les ristournes de la vente de certaines matières (recyclage des métaux et du carton).

documents de soumission sont probablement l'explication de cette sous-estimation (Nadeau, 2006).

5.4 Analyse des résultats

La stratégie analytique de ces résultats est simple, il s'agit de ressortir les informations des données recueillies qui ont fait l'objet d'une décision dans le déroulement des différentes phases du projet. Ces événements sont présentés dans le tableau chronologique suivant (tableau 5.3).

Tableau 5.3

Sommaire chronologique des événements du 740 Bel-Air

Phase	Acteur	Évènement
Justification du projet	TPSGC	Engagement du propriétaire à adopter des stratégies de minimisation des déchets
		Choix de l'option de déconstruction au lieu de la démolition
Approvisionnement	TPSGC	Intégration des objectifs de gestion de matières résiduelles aux documents contractuels
	Professionnels	Engagement contractuel sur les objectifs de minimisation des déchets
Planification et déconstruction de l'ancien bâtiment	Professionnels	Récupération de matériaux (brique, bois et tôle) en vue de la nouvelle construction
		Préservation d'une façade
Planification et conception du nouveau bâtiment	TPSGC	Enregistrement en vue d'obtenir une certification en bâtiment durable
	Professionnels	Option de design : Minimisation des surfaces à revêtement
		Option de design : Normalisation des grandeurs
		Option de design : Choix spécifiques de matériaux
		Option de design : Cloisons flexibles changées par cloisons fixes
Professionnels	Option de design : Réemploi des matériaux récupérés lors de la déconstruction et d'un autre projet	
Professionnels	Élaboration d'un plan de gestion des matières résiduelles en chantier et intégration aux documents de construction	
Entrepreneur général	Estimation du budget concernant les matières résiduelles	
Construction du nouveau bâtiment	Entrepreneur général	Engagement d'un responsable de la gestion matières résiduelles
		Intégration des exigences de gestion de matières résiduelles aux documents contractuels des sous-traitants
		Choix des filières de disposition
		Coordination du plan de gestion des déchets
		Formation des intervenants en chantier
		Formation et sensibilisation de la main-d'œuvre de chantier
		Disposition temporaire des conteneurs dans la rue
		Mis à la disposition d'un employé pour l'entretien des conteneurs
	Professionnels et EG	Modifications dans l'utilisation de la tôle récupérée lors de la déconstruction
Bilan sur le projet	Entrepreneur général	Analyse coûts-bénéfices pour la gestion des matières résiduelles en chantier

L'analyse des résultats quantitatifs concernant le détournement des matières résiduelles des sites d'enfouissement démontre que le mode de réalisation d'un projet traditionnel peut donner d'intéressants résultats. Bien que les éléments de décision présentés dans le tableau précédent démontrent plusieurs des stratégies de minimisation de production de matières résiduelles et de diminution de la consommation des ressources présentées au chapitre 2, les modifications au projet ainsi identifiées, telles la disposition des conteneurs et l'utilisation

de la tôle récupérée, semblent tributaires de l'absence de l'entrepreneur dans l'équipe de conception.

Ces éléments mettent en évidence une certaine discontinuité des interventions des acteurs tout au long du projet. Il n'y a pas de responsabilité décisionnelle continue entre les phases. Le maître de l'ouvrage semble avoir été responsable des premières phases, les professionnels ont ensuite pris le relais dans la déconstruction et la conception du projet, et finalement, l'entrepreneur général est le principal responsable des décisions en chantier. À première vue, il semble logique que chacun de ces intervenants ait la responsabilité décisionnelle de leurs phases respectives, mais ce principe va à l'encontre de la conception intégrée. Il y a risque que les décisions de la phase de conception ne tiennent pas compte de la faisabilité de construction, et vice-versa, les changements en chantier ne sont pas nécessairement communiqués aux concepteurs. Tel a été le cas pour le 740 Bel-Air, les problématiques de la disposition des conteneurs et de la tôle récupérée sont liées aux installations de chantier et seul l'entrepreneur possède les connaissances nécessaires sur l'entreposage adéquat des matériaux et la disposition des espaces de travail sur un chantier. Un coordonnateur en bâtiment durable engagé au tout début du projet, tel que présenté dans la revue de la littérature du chapitre 3, aurait pu assurer une certaine continuité entre les phases et coordonner l'intégration de la problématique des matières résiduelles au processus décisionnel du projet, et ce, en toute objectivité. Ces éléments viennent confirmer l'utilisation d'un processus de conception intégrée dans un modèle de gestion des matières résiduelles, tel que proposé par ce mémoire.

La décision d'attribuer un responsable des matières résiduelles provenant de l'extérieur de la firme de construction, démontre que l'entrepreneur général ne possédait pas les ressources nécessaires au sein de sa firme pour combler ce mandat. Cependant, le

tableau 5.3 démontre que ce responsable a été engagé peu après le début de la phase de construction, soit suite à l'octroi du mandat à l'entrepreneur et donc après l'estimation du budget de construction concernant la gestion des matières résiduelles. Un budget sous-estimé a donc été déposé initialement par l'entrepreneur (voir l'analyse coûts-bénéfices en annexe V), ce qui est sans aucun doute dû au manque d'expérience à interpréter le plan de gestion des déchets fourni aux documents contractuels. Encore une fois, l'importance de réunir tous les intervenants le plus tôt possible dans le projet, dès la phase de conception, est soulignée. Si tel avait été le cas pour le 740 Bel-Air, l'entrepreneur général aurait pu participer aux discussions concernant l'élaboration de ce plan et ainsi mieux prévoir les coûts reliés dans le dépôt du budget de construction.

Le choix de l'entrepreneur général d'attribuer un ouvrier au nettoyage des conteneurs découle des nombreuses contaminations des matières survenues tout au long du projet. La contamination provenant de l'extérieur aurait pu être évitée par une meilleure disposition et protection des conteneurs (clôture). L'argumentaire d'une équipe intégrée comprenant l'entrepreneur général revient alors en ligne de compte. Concernant la contamination tribulaire d'une mauvaise gestion des matières résiduelles sur le site, les observations recueillies en chantier ont permis de déduire que l'information transmise aux responsables des différents sous-traitants n'était pas communiquée aux ouvriers de chantier, ni à leurs fournisseurs. Ce manque de communication est probablement dû à la déficience des documents contractuels à responsabiliser les différents intervenants en chantier. En plus de la formation directement offerte aux ouvriers à leur arrivée sur le chantier et de l'espace de communication spécialement aménagé près des aires de repos du chantier, une clause pénalité/bonus quant à l'atteinte des objectifs finaux aurait pu être insérée aux documents contractuels. Ces éléments seront retenus dans l'élaboration du modèle de gestion intégrée des matières résiduelles de ce mémoire.

Cette étude de cas a permis d'identifier les événements décisionnels en rapport à la problématique des déchets dans chacune des phases du projet. De plus, par sa particularité de projet à la fois de déconstruction et de construction, le 740 Bel-Air est sans doute le cas

le plus complet de projet, ayant adopté des stratégies de gestion des matières résiduelles, à s'être déroulé récemment au Québec. Cette analyse des informations recueillies sur le 740 Bel-Air vient alors confirmer certains éléments déjà abordés dans la revue de la littérature, telle la conception intégrée et les stratégies de gestion des matières résiduelles *in situ*.

Le chapitre suivant présente l'élaboration du modèle d'intégration de la gestion des matières résiduelles au processus décisionnel d'un projet de construction de bâtiment. Un retour sera ensuite effectué sur l'étude de cas du 740 Bel-Air pour valider le modèle ainsi défini.

CHAPITRE 6

MODÉLISATION DE LA GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES INTÉGRÉE AU PROCESSUS DÉCISIONNEL

L'étude de cas du chapitre précédent a permis d'identifier une série de décisions et d'observations, concernant les matières résiduelles, qui ont été relevées tout au long du projet de déconstruction et de construction du 740 Bel-Air. Tenant compte de cette étude, de la revue de la littérature et du cadre conceptuel théorique de ce mémoire, ce chapitre fait état de proposition d'un modèle de gestion intégré à un processus décisionnel suivant le cycle de vie d'un bâtiment. Un modèle qui sera par la suite validé, entre autres, par l'étude de cas présentée précédemment.

Un portrait global de l'adaptabilité du processus décisionnel à la gestion des matières résiduelles sera d'abord dressé, puis en second lieu, chaque phase sera présentée plus spécifiquement en y attribuant une liste de vérification des éléments à intégrer à chacune des étapes du processus.

6.1 Adaptabilité du processus décisionnel progressif à la gestion des matières résiduelles

Tel qu'il a été présenté au chapitre 3, le concept de *gating* et plus précisément le *GatewayTM* développé par l'OGC est un processus décisionnel progressif permettant de diriger les intervenants dans leurs actions par rapport au cycle de vie d'un bâtiment. L'intégration de la gestion des matières résiduelles à un processus décisionnel de type *GatewayTM* permettrait d'anticiper et d'éviter les modifications et changements découlant de mauvaises décisions et ainsi minimiser la production de matières résiduelles à chacune des étapes du cycle de vie d'un bâtiment.

Pour mieux visualiser les différentes étapes de ce processus décisionnel, il est nécessaire de diviser le schéma présenté au chapitre 3 (figure 3.8) en différentes sections, tel que proposé à la figure suivante (figure 6.1).

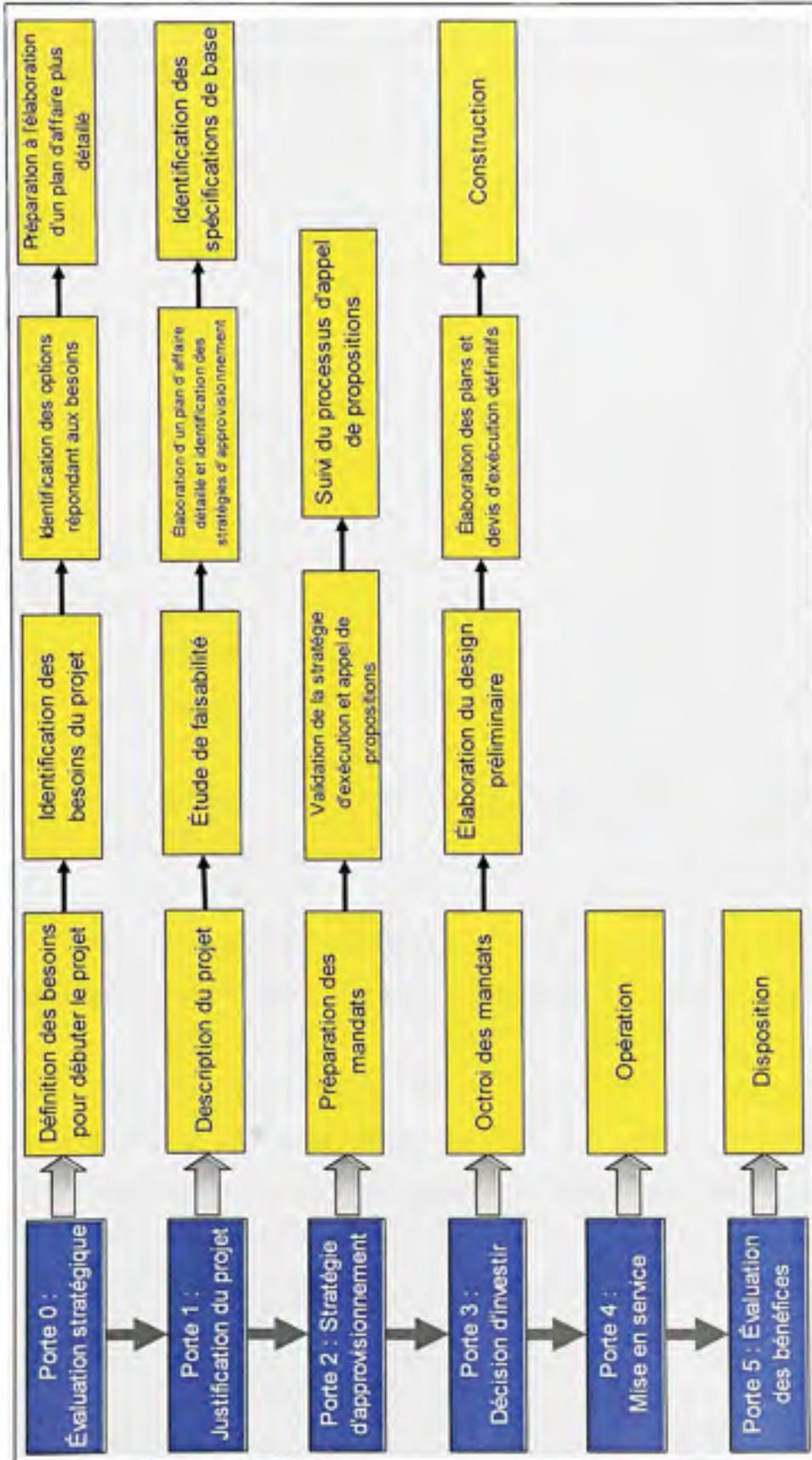


Figure 6.1 *Processus décisionnel progressif.*
Adapté de l'Office of Government Commerce (2005)

Tel que spécifié au chapitre 3, chacune des étapes présentées est étroitement liée aux différentes phases du cycle de vie d'un bâtiment, soit la planification (portes 0, 1 et 2), la conception (porte 3), la construction (porte 3), l'opération (porte 4) et la démolition (porte 5). Une attention particulière peut être portée à la porte 5 où le terme « disposition » a été retenu du *GatewayTM* au détriment du terme « démolition » du cycle de vie du bâtiment. Le premier terme semble plus disposé à considérer les alternatives à la démolition, telle la déconstruction.

L'intégration du cycle de vie du bâtiment dans un processus décisionnel est essentielle à la polyvalence du processus ; bien que les décisions diffèrent d'un projet à l'autre, les phases traversées par ces projets demeurent les mêmes. Les différentes étapes suivent le cycle de vie du bâtiment et concordent parfaitement avec un processus décisionnel de type *gating*. Le processus décisionnel progressif peut donc être facilement appliqué à n'importe quel projet de construction, rénovation ou démolition de bâtiment pour minimiser la production de matières résiduelles tout au long du cycle de vie d'un bâtiment. La représentation du processus décisionnel progressif proposée par la figure 6.1, suivant l'arborescence du *GatewayTM* de l'OGC, fait état de représentation globale du modèle d'intégration élaboré dans le cadre de ce mémoire.

Toutefois, pour répondre adéquatement à chacune des étapes du processus décisionnel progressif certaines conditions, antérieurement analysées, doivent s'appliquer.

- I. Tel que présenté dans le cadre conceptuel théorique (chapitre 3) et souligné dans l'analyse de l'étude de cas (chapitre 5), l'approche intégrée est essentielle pour assurer l'introduction du concept de minimisation de la production de matières résiduelles dès l'amorce d'un projet de construction, de rénovation ou de démolition de bâtiment. La conception intégrée est donc une condition au modèle de gestion proposé.

- II. De plus, pour valider objectivement la capacité de l'équipe de projet à répondre aux différentes étapes du processus progressif, un mandat doit être donné à un responsable coordonnateur dès le début du projet. Ce coordonnateur en bâtiment durable doit orienter l'équipe de travail dans toute la réalisation du projet et s'assurer, au terme de chacune des portes, que toutes les étapes aient été complétées avant de passer au point décisionnel stratégique suivant dans le processus de gestion, c'est-à-dire, à la porte subséquente. Par exemple, au terme de la *Porte 2 : Stratégie d'approvisionnement*, le coordonnateur doit s'assurer que l'équipe de projet a préparé chacun des mandats nécessaires au déroulement du projet, validé la stratégie d'exécution, rédigé un appel de propositions faisant objet des spécificités du projet et défini les critères de sélection de l'équipe intégrée, et ce, avant d'autoriser le passage à la *Porte 3 : Décision d'investir*. Cette validation, de la part du coordonnateur en bâtiment durable, permet d'assurer la considération globale des différents aspects de la gestion des matières résiduelles à chacune des étapes du projet.

6.2 Intégration de listes de vérification au processus décisionnel

Pour maintenir l'applicabilité de ce processus décisionnel progressif à tout type de projet, il est nécessaire de détailler les différentes étapes comprises dans les cinq phases de ce processus pour bien cibler les points décisionnels concernant la problématique des matières résiduelles. Bien que l'OGC présente déjà le *GatewayTM* dans une perspective globale de bâtiment durable, le détail de chacune des étapes doit être élaboré précisément en fonction de la gestion des matières résiduelles.

Les sections suivantes constituent donc un aperçu des différents points à considérer à chacune des étapes stratégiques de l'arborescence du *GatewayTM*. Ces éléments ont été définis, en partie, à partir de la description du processus par l'OGC, mais principalement en regroupant les différents concepts et stratégies de gestion des matières résiduelles présentés dans la première partie de ce mémoire (chapitres 1, 2 et 3) à travers le processus du

GatewayTM. Tel que mentionné précédemment, le suivi du processus de gestion des matières résiduelles doit être assuré par un consultant externe à l'équipe de projet, soit le coordonnateur en bâtiment durable. Le modèle de gestion intégrée proposé prend donc la forme de listes de vérification suivant chacune des phases du processus décisionnel du *GatewayTM*. L'arborescence décisionnelle accompagnée des listes de vérification constitue donc l'outil de gestion du coordonnateur. Ces listes de vérification sont disponibles en annexe VI.

6.2.1 Porte 0 : Évaluation stratégique

La phase « évaluation stratégique » constitue la prise de conscience d'un besoin, la mise sur papier des premières spécifications dans un plan d'affaires préliminaire. La figure 6.2 présente les points décisionnels de cette phase.



Figure 6.2 *Porte 0 : Évaluation stratégique.*

Adapté de l'Office of Government Commerce (Office of Government Commerce, 2005)

À la première étape, le directeur d'investissement du projet doit d'abord former une équipe de projet possédant les connaissances appropriées pour mener le projet dans l'optique du développement durable et plus particulièrement en termes de matières résiduelles. À ce moment, l'équipe est composée principalement d'un responsable du maître de l'ouvrage, des investisseurs, du coordonnateur en bâtiment durable et du gestionnaire de projet. En tenant compte des différentes parties prenantes du projet, cette équipe doit ensuite fixer des objectifs préliminaires concernant les matières résiduelles et identifier les différents obstacles pouvant survenir en cours de route. C'est également lors de cette phase que les possibilités d'adhérer à un programme de certification ou de subvention et le choix de

certaines outils (ex : DQI) sont examinés, puisque les éléments choisis pourront orienter les décisions subséquentes.

La deuxième étape concerne l'identification des besoins du projet. Une première évaluation des indicateurs de qualité du design est effectuée. Les objectifs sont plus clairement définis en tenant compte des critères de succès de ceux-ci, puis l'équipe de projet est en mesure de confirmer la capacité du maître d'œuvre à répondre à ces objectifs (réalisme vs optimisme).

Vient ensuite l'identification des options pour répondre aux besoins précédemment définis, notamment le choix définitif d'un programme de subvention ou de certification. Tel que présenté au chapitre 2, l'utilisation du programme de certification LEED Canada-NC 1.0 semble le programme le plus approprié en ce qui concerne les matières résiduelles. L'équipe de projet intégrée vérifie également si des bâtiments existants, ou des composantes de bâtiments existants, peuvent être récupérés ou réemployés pour répondre aux besoins du projet. À la fin de cette étape, le maître de l'ouvrage confirme la nécessité du projet.

Finalement, l'équipe de projet vérifie que les besoins identifiés correspondent aux objectifs établis. Le coordonnateur en bâtiment durable octroie l'autorisation de passer à la *Porte 1*.

6.2.2 Porte 1 : Justification du projet

Dans la phase de justification du projet, les principaux objectifs et lignes directrices en termes de matières résiduelles sont posés. La figure 6.3 présente les étapes décisionnelles de cette phase de justification du projet.

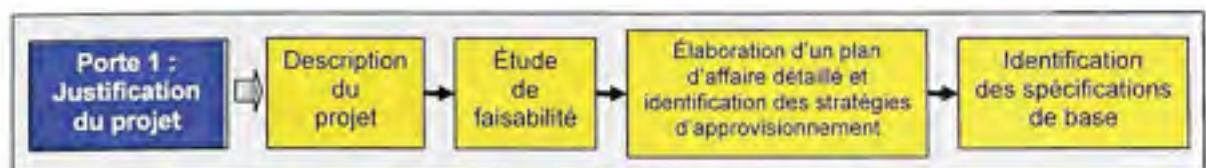


Figure 6.3 *Porte 1 : Justification du projet*

Adapté de l'Office of Government Commerce (Office of Government Commerce, 2005)

LEED Canada-NC 1.0 et des éléments identifiés par la revue des indicateurs de qualité du design.

L'étape suivante est l'étude de faisabilité du projet. L'équipe de projet doit vérifier la faisabilité de ces particularités et des critères de performance associés en termes de temps, de coût, de qualité et de performance.

Une fois la faisabilité du projet confirmée, l'équipe de projet intégrée procède à l'élaboration d'un plan d'affaires détaillé comprenant les stratégies d'approvisionnement répondant aux particularités du projet en termes de matières résiduelles.

En dernier lieu, les spécifications de base sont identifiées dans le programme du projet. Ces spécifications incluent le choix de l'utilisation d'indicateurs de performance (quantité par coût de projet ou par superficie de plancher), des objectifs mesurables concernant les matières résiduelles (LEED Canada-NC 1.0 : 10 critères disponibles) et une méthodologie de suivi pour les prochaines étapes du cycle de vie du bâtiment (fréquence des mesures des indicateurs de qualité du design, des indicateurs de performance et autres objectifs). De plus, l'équipe de projet doit s'assurer que le concept établi favorise l'innovation dans l'approvisionnement au projet, mais surtout qu'il dégage une certaine flexibilité en vue de modifications au projet ou d'adaptations futures du bâtiment. Après vérification du coordonnateur en bâtiment durable, l'autorisation de passer à la *Porte 2* est donnée.

6.2.3 Porte 2 : Stratégie d'approvisionnement

La phase « stratégie d'approvisionnement » consiste à définir les mandats nécessaires et à déterminer le mode de réalisation du projet. La figure 6.4 montre les différents points décisionnels de la stratégie d'approvisionnement pour le projet.

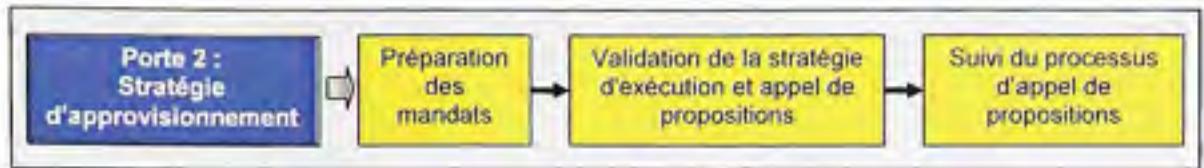


Figure 6.4 *Porte 2 : Stratégie d'approvisionnement*

Adapté de l'Office of Government Commerce (Office of Government Commerce, 2005)

L'équipe de projet doit d'abord définir clairement les mandats de l'équipe d'approvisionnement (conception, construction, opération), en y spécifiant des critères de sélection, ainsi que les cibles et spécifications concernant les matières résiduelles. Dans le cas où l'équipe de projet a retenu un mode de paiement selon la performance du projet à répondre aux cibles (pénalité/bonus), les détails doivent être clairement spécifiés. L'équipe de projet doit s'assurer de l'exhaustivité de la description des mandats tout en favorisant l'innovation dans les propositions. C'est également lors de cette étape que le mode de réalisation du projet est déterminé.

La capacité de l'équipe en place à répondre à ces mandats doit ensuite être examinée. Dans l'affirmative, le processus d'appel de proposition n'est pas enclenché et l'équipe intégrée peut passer à la *Porte 3*, après vérification du coordonnateur en bâtiment durable. Cette situation peut se présenter notamment lorsque les ressources sont disponibles dans l'organisation du maître d'œuvre. Cependant, lorsque l'équipe en place ne peut répondre entièrement aux mandats de réalisation du projet, un processus d'appel de propositions doit être enclenché.

L'équipe de projet, assistée du coordonnateur en bâtiment durable, examine les propositions reçues en considérant l'expertise des firmes en question et les stratégies de développement durable abordées en ce qui a trait à la minimisation de production des matières résiduelles. Le choix des propositions se réalise donc en fonction des critères de sélection préalablement établis et l'octroi des mandats s'effectue à la porte suivante.

6.2.4 Porte 3 : Décision d'investir

Durant cette phase, le donneur d'ouvrage procède à l'octroi de tous les mandats pour l'équipe intégrée. Les aspects de gestion des matières résiduelles doivent être clairement indiqués dans les documents contractuels. Les étapes stratégiques de l'investissement au projet sont présentées à la figure 6.5.

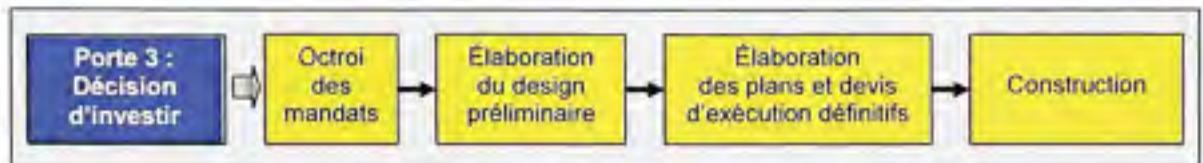


Figure 6.5 *Porte 3 : Décision d'investir*

Adapté de l'Office of Government Commerce (Office of Government Commerce, 2005)

Après l'octroi des mandats au niveau de la conception, de la construction et de l'opération, l'équipe intégrée doit d'abord effectuer une deuxième revue des indicateurs de qualité du design avant de s'affairer au design préliminaire du projet. Déjà, des critères de flexibilité, durabilité et déconstructibilité doivent être pris en compte. Des évaluations de la qualité du design sont conduites de façon régulière tout au long de la conception.

L'élaboration des plans et devis d'exécution doit être exhaustive en ce qui a trait à la gestion des matières résiduelles. Aux critères de flexibilité, durabilité et déconstructibilité, s'ajoutent les précautions à prendre au niveau du choix des matériaux et des technologies de construction minimisant la production de matière résiduelle sur le site. Les plans et devis définitifs doivent également comporter toutes les spécifications sur les options de design choisies, sur les programmes régissant le projet (certification et subvention), sur les plans de communication et de gestion des matières *in situ* à élaborer, sur les informations à recueillir, sur les outils de support à utiliser (ex. : SMARTWaste) et sur la fréquence de mesure de la performance durant la construction et l'opération du bâtiment.

Finalement, la construction doit être régie par un plan de gestion des matières résiduelles mis en œuvre par l'entrepreneur général, en mettant l'emphase sur la communication du programme. L'efficacité de ces précautions doit être mesurée régulièrement, selon la fréquence spécifiée aux devis d'exécution, pour assurer la rencontre des objectifs de départ. L'équipe intégrée doit analyser les résultats transmis et procéder à des réajustements du design ou des méthodologies retenues, en cas de besoin. L'entrepreneur général doit finalement rapatrier les données amassées dans un bilan de gestion des matières résiduelles.

C'est également lors de cette phase que l'on recueille l'information nécessaire pour la mise en service, l'opération du bâtiment, puis la disposition de celui-ci. Un plan de mise en service, ou de durabilité des bâtiments, respectant la certification LEED Canada-NC 1.0 et les autres normes qui régissent les opérations du bâtiment, ainsi qu'un plan de déconstruction suivant les documents « tel que construit » doivent être élaborés par l'équipe intégrée. Le coordonnateur en bâtiment durable examine l'exhaustivité de l'information recueillie et des plans produits avant d'autoriser l'équipe intégrée à procéder à la mise en service du bâtiment.

6.2.5 Porte 4 : Mise en service

Après la construction du bâtiment vient la phase de mise en service de celui-ci selon les critères de minimisation des matières résiduelles établis au début du projet. La figure 6.6 démontre que l'étape d'opération du bâtiment constitue la principale activité de cette phase.

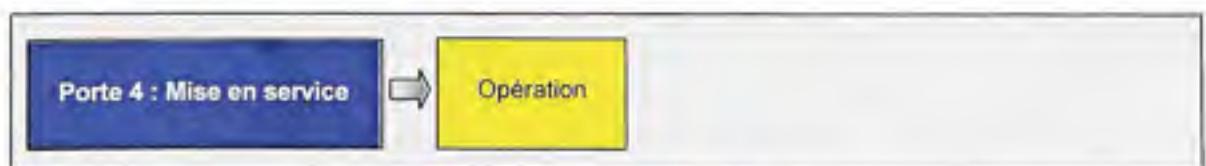


Figure 6.6 *Porte 4 : Mise en service*

Adapté de l'Office of Government Commerce (Office of Government Commerce, 2005)

pour assurer l'efficacité du bâtiment en termes de production de matières résiduelles et la conformité au plan de durabilité prescrit par le programme LEED Canada-NC 1.0. Pour demeurer en constante amélioration par rapport au plan établi, l'adoption d'un nouveau système de certification, tel LEED-EB, demeure un excellent incitatif. Les opérateurs du bâtiment devront prouver leur performance régulièrement tout au long de la durée de vie du bâtiment pour maintenir cette certification.

Finalement, les opérateurs doivent souligner les différents événements concernant les matières résiduelles, survenus durant le déroulement de leurs activités, et transmettre ces informations au propriétaire du bâtiment. Ces particularités ainsi identifiées serviront de recommandations au développement de futurs projets. De plus, tous les changements ou ajouts au concept initial apportés tout au long de la durée de vie utile du bâtiment doivent être répertoriés et joints aux documents « tel que construit » en vue d'assurer l'efficacité de la déconstruction éventuelle du bâtiment.

6.2.6 Porte 5 : Évaluation des bénéfices

La phase finale du processus décisionnel est l'évaluation des bénéfices apportés tout au long du cycle de vie du bâtiment. La disposition du bâtiment est donc l'aboutissement du processus décisionnel tel que présenté à la figure 6.7.



Figure 6.7 *Porte 5 : Évaluation des bénéfices*

Adapté de l'Office of Government Commerce (Office of Government Commerce, 2005)

Il doit donc y avoir une évaluation de la capacité du bâtiment à répondre aux besoins initiaux (objectifs et indicateurs de performance), le cas échéant, à répondre à un changement de vocation. Lorsque le bâtiment ne peut plus répondre à aucune utilisation, tel que les bâtiments existants sur le site du 740 Bel-Air, une nouvelle équipe de projet doit être



Figure 6.7 *Porte 5 : Évaluation des bénéfices*

Adapté de l'Office of Government Commerce (Office of Government Commerce, 2005)

Il doit donc y avoir une évaluation de la capacité du bâtiment à répondre aux besoins initiaux (objectifs et indicateurs de performance), le cas échéant, à répondre à un changement de vocation. Lorsque le bâtiment ne peut plus répondre à aucune utilisation, tel que les bâtiments existants sur le site du 740 Bel-Air, une nouvelle équipe de projet doit être repêchée pour la réalisation du projet de déconstruction. Le plan de déconstruction élaboré durant la phase de construction doit d'abord être révisé selon les modifications apportées au bâtiment durant son opération, des nouveaux objectifs de détournement des matières résiduelles doivent être fixés en respectant le principe des 5RV-E, puis le plan est mis en œuvre. Le suivi de ce nouveau projet se déroule selon le même processus que le projet de construction, avec un plan de gestion des matières résiduelles *in situ* et des mesures régulières de la performance du projet.

Tel que présenté dans le cadre conceptuel théorique, chaque décision prise tout au long de ces phases influera les décisions subséquentes. Pour atteindre le plein potentiel de la performance du projet lors de la déconstruction du bâtiment, ce type de disposition doit être considéré dès le départ et maintenu tout au long du processus décisionnel.

Pour démontrer son applicabilité sur un projet de construction réel, le chapitre suivant exposera l'intégration des différentes décisions du projet 740 Bel-Air au modèle présenté.

CHAPITRE 7

VALIDATION DU MODÈLE

Ce chapitre constitue la validation du modèle de gestion intégrée des matières résiduelles présenté au chapitre précédent. La validation du modèle s'effectuera sous deux volets, soulevant ainsi les deux aspects de la question de recherche de ce mémoire, soit la démonstration du caractère intégrateur du modèle et de sa continuité durant tout le cycle de vie d'un bâtiment, et soit de son accessibilité à l'industrie de la construction au Québec.

La première validation consiste à intégrer les décisions du projet 740 Bel-Air au processus décisionnel progressif présenté et de valider le modèle par l'application du concept de l'ingénierie inverse. Le deuxième volet de la validation, quant à lui, est beaucoup plus subjectif, puisqu'il s'agit de déterminer l'appréciation générale du modèle présenté par un intervenant de l'industrie.

7.1 Validation par l'ingénierie inverse

Avant de procéder à cette première validation, il est nécessaire de rappeler les principes de l'ingénierie inverse. Il s'agit de faire le chemin inverse des constituants d'un processus pour retrouver les critères de conception initiaux d'un projet. Ces constituants sont, dans ce cas-ci, les décisions prises tout au long du projet 740 Bel-Air. Pour démontrer la capacité du modèle à intégrer la problématique des matières résiduelles à travers chacune des étapes de son processus, l'exercice de validation doit permettre de remonter la chaîne de prises de décisions du projet jusqu'aux critères de conception initiaux du projet. La continuité du schéma décisionnel inverse permettra donc de déterminer la validité du modèle à répondre comme élément intégrateur de la problématique des matières résiduelles à travers tout le cycle de vie d'un bâtiment.

Pour faciliter l'application du concept d'ingénierie inverse, les décisions et événements soulevés au chapitre 5, dans la présentation de l'étude de cas, ont été intégrés au modèle présenté au chapitre précédent. Le détail de cette intégration selon les listes de vérification définies pour le modèle proposé est présenté en annexe VII de ce document.

Pour valider, par l'ingénierie inverse, l'utilisation du processus décisionnel progressif présenté dans le cadre de ce mémoire, deux exemples seront présentés ci-après.

7.1.1 1er exemple : Récupération des résidus de béton

Le premier exemple concerne la récupération des résidus de béton lors de la construction du nouveau bâtiment. La figure 7.1 présente l'ingénierie inverse du processus décisionnel reliant les critères de conception initiaux du projet jusqu'à la récupération des résidus de béton à des fins de concassage. Pour mieux cerner le développement des différentes interventions du projet, le processus décisionnel présenté a été inversé. De plus, la figure de la page suivante exprime l'élément à analyser par une case bleue, et les critères de conception initiaux auxquels l'analyse est remontée sont exprimés par une case rouge.

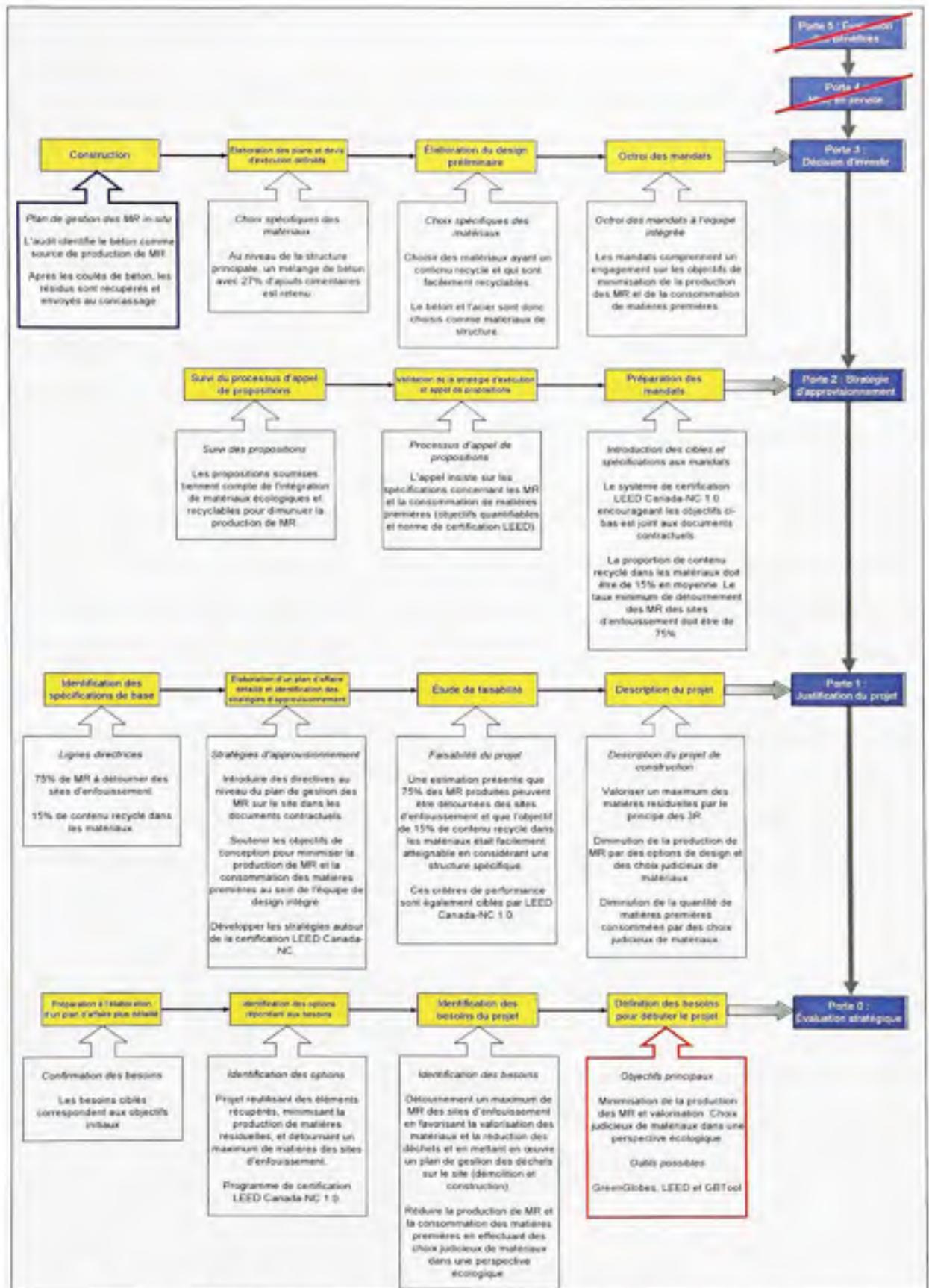


Figure 7.1 Ingénierie inverse – Exemple 1 : Récupération du béton.

Comme les portes 4 et 5 n'ont pas été visées par la présente étude, le début de l'analyse est marqué par la récupération des résidus de béton produits lors des activités de bétonnage. Pour remonter à travers le processus décisionnel qui a résulté cet événement, il est nécessaire de retracer à chaque étape la décision qui a été l'instigatrice de celle-ci et le résultat de la précédente.

La figure 7.1 présente donc à travers les différentes étapes incluses dans chacune des portes, une série de décisions qui ont finalement amené l'entrepreneur général à récupérer les résidus de béton. En remontant le processus, l'analyse démontre que ces décisions relèvent d'un plan de gestion des matières résiduelles sur le site, mais également du choix d'un béton comme matériaux de structure. Le béton avait d'abord été choisi pour ces capacités à être recyclé, mais également parce que des ajouts cimentaires provenant de matières résiduelles récupérées permettaient de diminuer la quantité de ciment utilisé dans la structure et, par le fait même, la consommation de matières premières. En allant un peu plus loin dans le processus, l'analyse relate que ces particularités, ainsi que les outils à employer pour guider ces stratégies, ont été incluses aux documents contractuels de l'équipe intégrée. Finalement, le processus d'ingénierie inverse démontre que dans l'évaluation stratégique du projet, le client avait exprimé un intérêt sur la minimisation de la production des matières résiduelles, la valorisation de celles-ci et sur des choix judicieux de matériaux dans une perspective écologique.

7.1.2 2e exemple : Remplacement du revêtement de tôle métallique

Le deuxième exemple porte sur le remplacement du revêtement de tôle métallique récupérée du projet de déconstruction. La figure 7.2 présente l'ingénierie inverse de ce processus décisionnel. Encore une fois, l'analyse du processus commence à l'étape de construction, avant la mise en service du bâtiment.

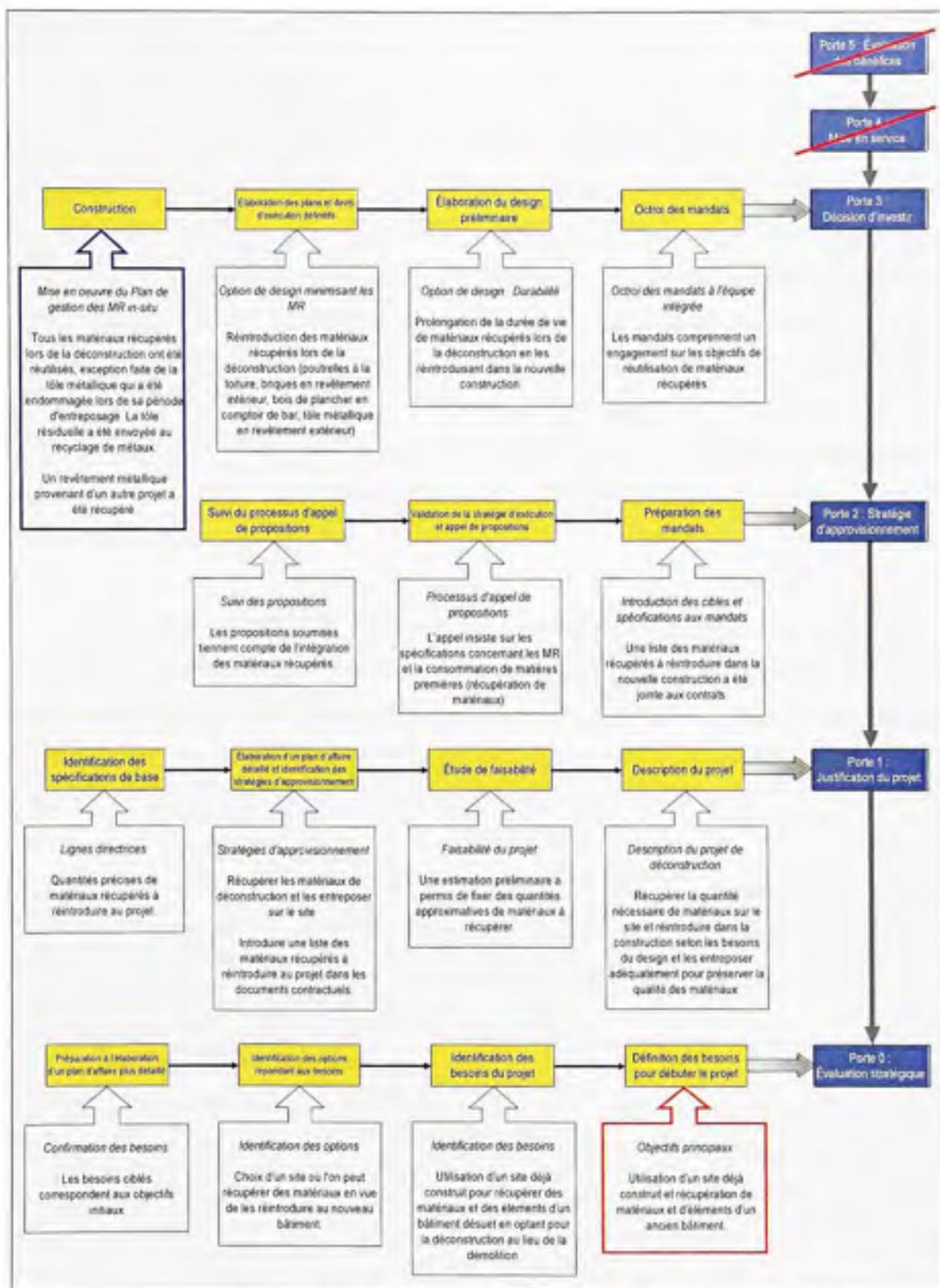


Figure 7.2 Ingénierie inverse – Exemple 2 : Remplacement du revêtement de tôle métallique.

Dès la première case, l'analyse présente la raison du remplacement de revêtement. Bien que l'entrepreneur général dut utiliser ce revêtement, tel que prescrit par les documents contractuels, le mauvais entreposage des matériaux sur le site avait endommagé le matériau en question et avait rendu son utilisation impossible. C'est en remontant dans le processus, que l'ingénierie inverse dévoile que c'est lors de l'élaboration du plan d'affaires détaillé que la décision d'entreposer les matériaux récupérés sur le site a été prise. Cependant, un peu plus loin dans l'analyse, la description du projet spécifiait un entreposage adéquat pour préserver la qualité des matériaux. Finalement, en se dirigeant vers le tout début de l'évaluation stratégique, la définition des besoins pour le projet stipule que l'utilisation d'un site déjà construit et la récupération de matériaux d'un ancien bâtiment faisaient partie des critères de départ.

Ces deux exemples de validation par l'ingénierie inverse ont su démontrer la continuité dans l'intégration de stratégies de gestion des matières résiduelles à un processus décisionnel progressif suivant les principales étapes du cycle de vie d'un bâtiment. Il est donc possible d'affirmer que le modèle élaboré dans le cadre de ce mémoire, permet la gestion des matières résiduelles CRD de façon intégrée au cycle de vie d'un bâtiment.

De plus, la capacité des informations recueillies dans le cadre de l'étude à répondre aux listes de vérification démontre une certaine accessibilité du modèle à ce type de projet. Pour confirmer cet argument, une seconde validation sera réalisée.

7.2 Validation par l'industrie

Cette deuxième validation provient directement de l'industrie. Les commentaires recueillis d'un gestionnaire de projet de construction de bâtiment permettront de démontrer l'accessibilité du modèle aux différents intervenants de l'industrie.

La principale difficulté de ce type de validation est de trouver un représentant de l'industrie, ayant une certaine expérience dans les différents volets de la gestion de projet de

construction. Le candidat retenu dans le cadre de ce projet, provenant à l'origine du domaine du génie civil, œuvre présentement à titre de gestionnaire de projet de dans le secteur du bâtiment. Il possède un peu plus d'une quinzaine d'années d'expérience en gestion de projet, gérance de construction et entreprise générale; trois champs disciplinaires interagissant avec la plupart des intervenants d'un projet de construction de bâtiment. De plus, ce dernier démontre également un certain intérêt pour le domaine de la construction durable et le programme de certification LEED.

Pour assurer une certaine objectivité dans la collecte des commentaires et pour bien cibler l'intégration de la gestion des matières résiduelles à un processus décisionnel suivant le cycle de vie d'un bâtiment, seul le modèle présenté au chapitre 6, ainsi que les listes de vérification de l'annexe VI ont été transmis au répondant. L'objectif de l'exercice, c'est-à-dire de caractériser l'accessibilité du modèle et sa capacité intégrative, a également été mentionné à ce dernier pour mieux diriger cette analyse particulière du modèle.

Les principaux commentaires soulevés sont répartis sous trois principaux axes, soit la schématisation globale du processus décisionnel présenté, la composition des listes de vérification qui y sont rattachées, et son applicabilité.

Tout d'abord, la première remarque s'est portée sur les différentes étapes composant le modèle. Bien que le répondant paraissait cerner le caractère intégrateur du processus décisionnel au cycle de vie d'un bâtiment, le fait que le processus de type *gating* ne soit pas encore utilisé dans le domaine de la gestion de projet de construction au Québec semblait toutefois poser une certaine réticence de la part du répondant. En effet, les outils d'aide à la décision présentement utilisés²⁶ ne ressemblent que partiellement au modèle présenté, puisqu'ils ne visent pas tout le cycle de vie d'un bâtiment, mais plutôt le cycle de vie d'un projet se terminant pour la plupart à l'étape de mise en service. Le répondant a précisé que ce phénomène est principalement dû au mode de réalisation traditionnel, avec entrepreneur général à prix forfaitaire, qui représente selon lui près de 80 % des projets réalisés au

²⁶ Telle que la populaire doctrine du *Project Management Institute* (www.pmi.org).

Québec. Les gestionnaires de projet suivent en quelque sorte les lignes directrices données par leurs clients dans l'application, ou non, d'un processus de conception intégrée et des modes d'exécution favorisant la mise en œuvre de ce principe.

En second lieu, le répondant a soulevé la question de dénomination des étapes. En se concentrant sur le cycle de vie d'un bâtiment, et non sur le cycle de vie d'un projet, la représentation et la définition des différentes phases du processus, ainsi que de chacune des étapes les composant correspondaient à la notion que possédait le répondant. Un bémol a cependant été posé sur l'étape de construction. Le gestionnaire de projet a insisté sur l'appellation de celle-ci. Selon son expérience, la préparation à la mise en service représente une partie importante des activités de construction dans le cadre d'un projet de bâtiment durable. Il ne s'agit pas que d'une période de transition entre la construction et l'opération du bâtiment, mais bien d'un processus de collecte de données et d'élaboration de procédures de mise en service, d'opération et de maintenance du bâtiment s'effectuant tout au long des activités de construction. Il a donc été suggéré que l'étape du processus nommée « construction » change d'appellation pour le terme « construction et préparation à la mise en service ».

L'exhaustivité des listes de vérification a été, quant à elle, grandement soulignée. Jusqu'à maintenant, seule l'expérience de travail, le suivi de programmes de certification, et parfois, l'utilisation de certains outils gouvernementaux²⁷ guidaient les orientations d'un projet en termes de matières résiduelles. Il a été mentionné que bien que les listes en question étaient exhaustives en termes de planification (outils, programmes), de stratégies de conception, de mesure de la performance (construction, opération) et d'intégration du cycle de vie du bâtiment, pour cependant assurer leur accessibilité et leur applicabilité, tous les éléments qui les composent doivent être exprimés de façon courte, claire et précise.

²⁷ Tels que certains guides émis par Travaux publics et services gouvernementaux Canada (2000a, 2000b, 2001, 2002) et le programme de certification LEED (Conseil du bâtiment durable du Canada, 2004)

En dernier lieu, concernant l'application du modèle tel que présenté avec la validation de chacune des phases par un coordonnateur en bâtiment durable, aucune grande inquiétude n'a été soulevée. Le répondant a souligné que bien qu'il n'ait jamais assisté à un processus de gestion avec validation par un tiers, la présence d'un coordonnateur en bâtiment durable dans la réalisation d'un projet ne lui était pas étrangère. En effet, sur la plupart des projets de bâtiment durable auxquels il a participé, un coordonnateur en bâtiment durable avait été mandaté pour orienter l'équipe de conception et, plus particulièrement, pour assurer le suivi d'un programme de certification²⁸. Le répondant a également tenu à mentionner que la validation de chacune des phases du processus par un tiers, pourrait cependant être un élément de réticence de la part de l'équipe de conception et du gestionnaire de projet. Le domaine de la construction peut être parfois plutôt conservateur et faire évaluer sa performance, en quelque sorte, n'est pas toujours une activité plaisante. Le répondant a cependant conclu sur une appréciation positive du modèle en son ensemble, en mentionnant toutefois, l'importance de l'engagement de la part du maître d'œuvre dans la réussite de l'implantation d'un tel processus.

Cette dernière validation représente une méthode d'évaluation qualitative du modèle par l'industrie de la construction québécoise. Bien que recueillir des commentaires d'un seul intervenant de l'industrie puisse sembler subjectif à première vue, il n'en demeure pas moins que ce type de répondant reste un élément clé dans l'appréciation de l'accessibilité du modèle. Les gestionnaires de projet sont, la plupart du temps, les premiers intervenants auprès des donneurs d'ouvrages. Il leur importe donc de choisir le modèle de gestion leur convenant le mieux. Le fait que le gestionnaire de projet répondant possédait à la fois de l'expérience dans la construction durable et dans le bâtiment traditionnel transmet une certaine objectivité dans l'émission des commentaires recueillis. De plus, le profil du répondant était bonifié par une expérience professionnelle ayant puisé ses sources à travers trois champs disciplinaires distincts, soit la gestion de projet, la gérance de construction et l'entreprise générale.

²⁸ En l'occurrence, LEED Canada-NC 1.0.

Finalement, la première validation du modèle par le principe d'ingénierie inverse s'est avérée concluante. Deux exemples ont permis de démontrer la continuité du processus décisionnel et donc de déterminer la validité du modèle à être utilisé comme élément intégrateur de la gestion des matières résiduelles tout au long du cycle de vie d'un bâtiment. De plus, concernant la deuxième validation, certaines interrogations sur le modèle proposé et appréciations ont été soulevées de la part du répondant, notamment sur la schématisation du modèle, la composition des listes de vérification et sur l'évaluation de chacune des phases du processus par un tiers. Ces différents points seront abordés dans l'élaboration des recommandations concluant ce projet de recherche.

CONCLUSIONS

Responsable de près du tiers de toute la production de matières résiduelles, l'industrie de la construction joue un rôle important au sein de cette problématique au Québec. Bien que le dernier bilan de Recyc-Québec démontrait que ce secteur atteignait déjà les objectifs de récupération fixés dans le cadre de la *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008*, la grande partie des matières récupérées correspondaient aux résidus d'asphalte et de béton provenant majoritairement du secteur du génie civil. L'industrie de la construction de bâtiment au Québec envoie donc chaque année des milliers de tonnes de matières résiduelles inutilement dans nos sites d'enfouissement.

La revue de la littérature, effectuée dans le cadre de ce mémoire, a présenté différentes stratégies de minimisation de la production de matières résiduelles pouvant être mises en œuvre dès l'amorce du projet, mais également une série de stratégies de gestion *in situ* pouvant détourner un maximum des matières résiduelles produites, des sites d'enfouissement. Ces stratégies étaient chacune liées à une phase bien précise du cycle de vie du bâtiment et donc employées par un type d'intervenant spécifique. Ce qui dénote alors une certaine fragmentation entre les phases, mais aussi entre les intervenants ou les disciplines du projet. Par contre, il a été démontré que les décisions prises en relation avec ces stratégies, en amont du projet, influençaient sur les décisions et sur les performances subséquentes. En l'absence de fil conducteur, l'interrelation entre les interventions à chacune de ces phases devenait alors un facteur primordial à considérer dans la définition de la problématique de ce projet d'étude.

L'objectif principal de ce mémoire était donc de développer un modèle de gestion des matières résiduelles intégré à un processus décisionnel optimisé pour ainsi minimiser la production de matières résiduelles de façon continue dans l'ensemble des phases du cycle de vie d'un bâtiment. Pour assurer l'intégration d'un tel modèle à travers les activités d'une industrie fragmentée et réticente au changement, ce dernier se devait également de

démontrer une certaine accessibilité aux différents intervenants du secteur de la construction de bâtiment.

Ce projet d'étude a démontré que la conception intégrée était une approche essentielle à l'intégration globale de ces stratégies à un projet de construction de bâtiment. Le rassemblement de tous les acteurs en début de projet permet non seulement une meilleure intégration des disciplines, mais diminue également les problèmes d'interprétation pouvant survenir dans une approche de conception traditionnelle. De plus, pour optimiser le schéma décisionnel et ramener la courbe d'effort vers l'amont du projet, le processus décisionnel progressif de type *gating* a été identifié comme arborescence du modèle de gestion établie dans le cadre de ce mémoire. Finalement, l'étalonnage du projet à l'aide d'indicateurs de qualité du design et de performance semblait la stratégie appropriée pour minimiser les possibilités d'écarts d'interprétation pouvant survenir au niveau des phases de planification et conception et pour assurer la performance continue du bâtiment lors des phases de construction, opération et démolition.

Par l'absence de données dans la littérature, il a été constaté que l'approche de conception intégrée et la gestion des matières résiduelles étaient des concepts émergents dans l'industrie de la construction québécoise. L'analyse d'un cas réel semblait inévitable pour pallier à cette lacune théorique. Un seul cas a été retenu dans le cadre de cette étude, le 740 Bel-Air, un projet de construction d'un édifice fédéral à Montréal. L'étude de cas a été identifiée notamment par le fait qu'elle rejoignait plusieurs phases du cycle de vie du bâtiment ; un cas intégrant à la fois un volet de démolition des bâtiments existants et un volet de construction des nouvelles installations. De plus, le maître de l'ouvrage, Travaux publics et services gouvernementaux Canada, s'est avéré une organisation accessible et ouverte à la participation à ce type de projet. L'étude de cas du 740 Bel-Air a permis d'identifier les particularités d'un projet de construction au niveau décisionnel et d'observer la réceptivité en chantier, ainsi que les impacts, de l'intégration de certaines stratégies de gestion des matières résiduelles.

Ce projet de mémoire a donc permis d'élaborer un modèle de gestion intégrée des matières résiduelles axé sur l'optimisation du processus décisionnel d'un projet. En plus de l'arborescence du processus, des listes de vérification ont été dressées pour accompagner de façon plus détaillée l'intégration des différentes stratégies de gestion des matières résiduelles proprement dites, mais également la mise en place de concepts et d'outils soutenant ces stratégies de gestion, tels la conception intégrée et l'étalonnage. La mise en place d'un coordonnateur en bâtiment durable ayant pour rôle d'orienter l'équipe de projet intégrée à travers chacune des étapes du processus assure une certaine intégrité dans l'application du modèle.

Finalement, il est possible d'affirmer que les deux validations effectuées sur le modèle présenté, soit par l'application du principe d'ingénierie inverse et directement par une évaluation d'un professionnel de l'industrie, ont su répondre aux deux volets de la question de recherche posée dans le cadre de cette étude, c'est-à-dire l'intégration d'un modèle de gestion des matières résiduelles au cycle de vie d'un bâtiment et son accessibilité à l'industrie de la construction québécoise.

L'élaboration de ce modèle (processus et listes de vérification) permettra aux donneurs d'ouvrages et aux gestionnaires de projet d'avoir un outil en main pour intégrer plus facilement la gestion des matières résiduelles dans une perspective durable, à travers le cycle de vie du bâtiment. Il ne reste maintenant qu'à faire adopter tout le fonctionnement qui accompagne ce modèle (mode de réalisation adéquat, équipe intégrée, rôle du coordonnateur en bâtiment durable, etc.) à une industrie plutôt conservatrice.

La société québécoise pourrait bénéficier des nombreux impacts, économiques et environnementaux, de l'adoption de ce modèle par l'industrie de la construction. La gestion intégrée des matières résiduelles pourrait permettre de diminuer la quantité de déchets produits par le secteur du bâtiment et ainsi augmenter la durée de vie des sites d'enfouissement. La demande grandissante pour les matériaux de seconde main et les produits à contenu recyclé contribuerait nécessairement à la préservation des matières

premières, à la protection des ressources et de la biodiversité. La réinsertion de matériaux récupérés dans la construction de nouveaux bâtiments aurait alors pour effet de diminuer la production de CO₂, et ainsi, de préserver l'énergie intrinsèque des bâtiments.

Du côté économique, le développement des marchés pour les filières de disposition alternatives serait nécessairement favorisé, entraînant la création d'emplois dans les secteurs de la récupération et du recyclage des matières CRD, ainsi que la diminution des frais de disposition des matières, un impact également significatif sur les coûts globaux de construction dans un projet. De plus, la demande croissante pour les matériaux à contenu recyclé aurait probablement pour effet de stimuler l'innovation dans les activités de recherches et de développement. Finalement, la prolifération de l'intégration de stratégies plus écologiques dans l'élaboration de projets de construction, rénovation ou démolition, entraînerait inévitablement le développement d'une saine concurrence dans tous les secteurs de l'industrie du bâtiment durable.

Cependant, il ne suffit pas qu'un modèle, si indiqué soit-il, soit tout simplement accessible pour permettre son intégration à l'industrie de la construction, un secteur économique plutôt conservateur dans notre société québécoise. Chaque projet est unique et chaque projet a son lot de contraintes et d'opportunités. Bien que le modèle présenté offre une certaine polyvalence dans son application, pour obtenir le plein potentiel de valorisation d'une gestion intégrée des matières résiduelles sur un projet, l'ingrédient primordial demeure, d'abord et avant tout, l'engagement du maître de l'ouvrage.

RECOMMANDATIONS

Le modèle de gestion des matières résiduelles proposé dans le cadre de ce projet d'étude devait répondre à deux particularités soulignées par la question de recherche posée : soit la capacité du modèle à intégrer la problématique des matières résiduelles à travers un processus décisionnel suivant le cycle de vie d'un bâtiment, et soit, de démontrer une certaine accessibilité à l'industrie de la construction québécoise.

La première validation du modèle, par l'ingénierie inverse, a permis de démontrer la continuité dans l'application du modèle et de son caractère intégrateur des différentes stratégies de minimisation présentées. Par deux exemples tirés de l'étude de cas du 740 Bel-Air, l'application du concept d'ingénierie inverse a permis de remonter, de façon continue, le schéma décisionnel d'un projet jusqu'à la définition du concept de base de ce même projet. Cette validation a également fait ressortir l'importance du principe de la conception intégrée et de l'indéniable influence que peut avoir une décision sur les étapes subséquentes d'un projet. Le modèle élaboré dans ce mémoire semble un cadre efficace à l'intégration de la problématique des matières résiduelles à la gestion des décisions durant tout le cycle de vie du bâtiment.

Le deuxième volet abordé dans l'exercice de validation était de déterminer l'accessibilité du modèle aux différents intervenants de l'industrie. Les commentaires recueillis d'un répondant du secteur de la construction de bâtiment ont permis de noter certaines particularités sur l'application du modèle, soit le caractère peu connu des processus de gestion de type *gating* par le domaine de la construction, l'exhaustivité et la concision des listes de vérification, l'importance de la préparation à la mise en service pendant les activités de construction et soit les effets possibles (réticences des autres intervenants et ralentissement du processus) découlant de l'évaluation des différentes phases par un tiers. De plus, le répondant a souligné le fait que la conception intégrée ne pouvait s'appliquer à

tous les modes de réalisation de projet et qu'en suivant cette optique, le modèle ne serait applicable qu'à une faible proportion des projets seulement.

Bien que cette dernière validation semble avoir fournie des résultats acceptables, le fait de n'avoir sondé qu'un seul intervenant de l'industrie peut causer des doutes sur les conclusions de cette validation. Pour valider plus adéquatement le critère d'accessibilité du modèle en question, un échantillon plus représentatif de l'industrie (plusieurs intervenants situés à différents paliers du secteur de la construction) devrait être sollicité. Les conclusions de l'analyse des résultats pourraient mener à la modification du modèle présenté pour ainsi offrir l'accessibilité soulignée dans la question de recherche posée. Il s'agit là de la première recommandation de ce mémoire.

Cette industrie n'aura pourtant pas le choix d'adapter ses pratiques dans un avenir rapproché puisque la quantité de matières premières s'appauvrit et l'espace dans les sites d'enfouissement diminue. Cependant, même si la meilleure stratégie de gestion des matières résiduelles est mise à la disposition du secteur de la construction, des pressions supplémentaires devront être mises en place pour favoriser l'adhérence à ces nouvelles pratiques et faire de la gestion intégrée des matières résiduelles une activité d'usage dans le développement de nouveaux projets. Les éléments suivants représentent des incitatifs pouvant être appliqués à court et moyen terme.

- Augmenter les tarifs d'enfouissement ;
- Élaborer une réglementation plus stricte en ce qui a trait à la construction durable et aux matières résiduelles CRD au niveau des minimums de récupération ;
- Préserver les ressources naturelles par la taxation de l'utilisation de certaines matières premières dans la fabrication de matériaux de construction ;
- Encourager, par des programmes et des subventions, le développement des marchés de récupération et de recyclage des matériaux problématiques ;
- Définir des standards déterminant le niveau de qualité des produits à contenu recyclé ;

- Promouvoir massivement les systèmes de certification de bâtiment encourageant la gestion des matières résiduelles, auprès des donneurs d'ouvrages, des professionnels et des entrepreneurs ;
- Favoriser les activités de recherche et développement sur les produits à contenu recyclé et/ou recyclables, ainsi que sur les technologies facilitant la séparation des contaminants des matériaux récupérables et sur les méthodes de construction minimisant la production de matières résiduelles.

La deuxième recommandation de ce projet de mémoire se situe donc au niveau des instances gouvernementales municipales, provinciales et fédérales, puisque seul le gouvernement possède le pouvoir nécessaire et l'autorité d'implanter les différents éléments incitatifs présentés ci-avant. Bien que, depuis déjà quelque temps, certains organismes s'appliquent à la promotion de programmes de subvention ou de certification encourageant la construction durable et la gestion des matières résiduelles, ces derniers n'auraient pu en faire autant sans appui gouvernemental. Le gouvernement doit rapidement se positionner sur la problématique des matières résiduelles et entamer les actions nécessaires. L'industrie du bâtiment n'aura d'autre choix que d'évoluer dans cette voie pour s'adapter rapidement à la nouvelle politique gouvernementale.

D'autre part, au-delà des éléments incitatifs favorisant l'implantation de la gestion intégrée des matières résiduelles au sein des activités de construction, rénovation et démolition, d'autres pistes de recherches doivent être envisagées.

Le développement de nouvelles approches ou de nouvelles technologies minimisant la production de matières résiduelles demeure en constante évolution. Des recherches pourraient être portées notamment sur les différentes opportunités que peut offrir la préfabrication. Il serait intéressant de situer le marché québécois par rapport à l'international et d'analyser les impacts du développement de cette technologie au sein de l'industrie de la construction québécoise en ce qui a trait à production de matières résiduelles.

Le manque de données sur des projets réels, s'étant déroulés au Québec, a également été soulevé dans ce mémoire. Pour l'instant, il n'existe pas de banque de données permettant à un projet de mesurer sa performance en termes de matières résiduelles et de la comparer par rapport au marché québécois. Encore une fois, le gouvernement vient jouer un rôle important dans cette cueillette de données et dans le développement d'outils d'étalonnage. Les grands centres de recherches²⁹ pourraient enregistrer des données réelles en termes de quantités et de coûts reliés aux matières résiduelles à chacune des phases du cycle de vie du bâtiment. Ces institutions, en partenariat avec d'autres organismes publics et/ou privés, devraient ensuite fixer des critères de performance propres à chaque type de projet et ainsi permettre aux gestionnaires et donneurs d'ouvrages de mesurer l'efficacité de leurs futurs projets. Ces critères de performance pourront également servir de base dans l'établissement des nouvelles normes ou de nouveaux standards dans l'industrie.

Finalement, la dernière recommandation concerne la gestion de l'outil lui-même. Après la validation de l'accessibilité du modèle sur un plus grand échantillonnage, la mise en place d'une série d'incitatifs gouvernementaux reliés aux matières résiduelles et l'élaboration d'un processus de collecte de données sur les matières résiduelles CRD de projets québécois, l'intégration du modèle aux us de l'industrie est à examiner. Encore une fois, nos centres de recherche gouvernementaux viennent jouer un rôle important. À la table de concertation entre le gouvernement et l'industrie, les questions suivantes doivent inévitablement se poser,

- Quelle entité assurera la gestion de l'outil (nouvel organisme, organisation indépendante, centre de recherches gouvernemental, etc.) ?
- De quelle façon l'outil sera présenté (guide, programme de certification, outil en ligne, etc.) ?
- De quelle façon sera articulé le processus de vérification (accréditation professionnel du coordonnateur en bâtiment durable, organisme désigné, etc.) ?
- Qui seront les premiers utilisateurs du modèle (public ou privé) ?

²⁹ Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches du Canada (IRC-CNRC) et Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL).

- Quels coûts y seront reliés (inscription, vérification, etc.) ?
- Quels seront les incitatifs à son utilisation (certification, subvention, norme, etc.) ?

De toute évidence, le gouvernement doit faire preuve de leadership pour stimuler l'innovation dans ce secteur économique plutôt conservateur et pour favoriser l'intégration de la gestion des matières résiduelles dans tout nouveau projet de construction, de rénovation ou de démolition de bâtiment au Québec.

ANNEXE I

PROVENANCE ET DISPOSITION DES MATIERES RESIDUELLES CRD PROVENANT DU SECTEUR DU BATIMENT

Activités	Matériaux	Causes de production de MR	Possibilités de disposition
Excavation	<ul style="list-style-type: none">• Terre• Sable• Roc	<ul style="list-style-type: none">▪ Surplus de matériel	<ul style="list-style-type: none">- La terre et le sable peuvent être réutilisés comme matériaux de remplissage ou dans la composition des routes.- Le roc peut être concassé et réutilisé comme agrégat.
Coffrage	<ul style="list-style-type: none">• Coffrages de bois• Coffrages d'acier	<ul style="list-style-type: none">▪ Résidus de coupe▪ Coffrages résiduels (suffisamment réutilisés)	<ul style="list-style-type: none">- Le bois peut être récupéré pour la fabrication de panneaux de particules ou pour la valorisation énergétique.- Les panneaux de bois peuvent être réutilisés comme clôture temporaire de chantier.- Le métal peut être envoyé au recyclage.
Bétonnage	<ul style="list-style-type: none">• Armature• Béton	<ul style="list-style-type: none">▪ Mauvaise estimation▪ Erreur ou surplus de commande▪ Modifications aux plans▪ Résidus de coupe d'armature	<ul style="list-style-type: none">- Les coupes d'armature peuvent être envoyées au recyclage de métal.- Les résidus de béton peuvent être concassés et réutilisés comme matériel de remplissage ou autre agrégat.
Maçonnerie	<ul style="list-style-type: none">• Mortier• Brique• Bloc de béton• Pierre• Armature	<ul style="list-style-type: none">▪ Mauvaise estimation▪ Erreur ou surplus de commande▪ Résidus de coupe de maçonnerie ou d'armature	<ul style="list-style-type: none">- Les résidus de mortier, de blocs de béton et de pierre peuvent être concassés et réutilisés comme matériel de remplissage ou autre granulat (sauf le mortier).- Les résidus de brique peuvent être concassés ou broyés et réutilisés dans l'aménagement paysager.- Les coupes d'armature peuvent être envoyées au recyclage de métal.

Activités	Matériaux	Causes de production de MR	Possibilités de disposition
Maçonnerie (suite)			<ul style="list-style-type: none"> - Les surplus de matériaux de même que la maçonnerie de démolition en bon état peuvent être apportés dans des centres de récupération de matériaux de seconde main.
Ouvrages métalliques	<ul style="list-style-type: none"> • Éléments de structure • Métaux ouvrés • Pontage métallique 	<ul style="list-style-type: none"> • Résidus de coupe • Modifications aux plans 	<ul style="list-style-type: none"> - Tous les métaux peuvent être envoyés au recyclage de métal. - Les surplus ou les éléments de démolition récupérable peuvent être apportés dans des centres de récupération de matériaux de seconde main.
Charpenterie / Menuiserie / Ébénisterie	<ul style="list-style-type: none"> • Éléments de charpente • Mobilier fixe (bois, stratifié, etc) • Élément de menuiserie (cadre, fond de clouage, escalier, etc) 	<ul style="list-style-type: none"> • Résidus de coupe • Modifications aux plans 	<ul style="list-style-type: none"> - Les surplus ou les éléments de démolition récupérables peuvent être apportés dans des centres de récupération de matériaux de seconde main. - Le bois peut être récupéré pour en faire des panneaux de particules, de la litière pour animaux ou des copeaux pour la valorisation énergétique.
Revêtement de plancher	<ul style="list-style-type: none"> • Bois • Vinyle • Marmoléum • Tapis • Céramique 	<ul style="list-style-type: none"> • Résidus de coupe • Mauvaise estimation • Erreur ou surplus de commande • Modifications aux plans 	<ul style="list-style-type: none"> - Les surplus ou les éléments de démolition réutilisables peuvent être apportés dans des centres de récupération de matériaux. - Le bois peut servir de matériaux de base dans la fabrication de mobilier. - Le bois peut être récupéré pour en faire des panneaux de particules, de la litière pour animaux ou des copeaux pour la valorisation énergétique. - Certains manufacturiers (tapis, vinyle, marmoléum) récupèrent les résidus et les surplus pour les réintroduire dans la chaîne de production. - Bien que les résidus de céramique puissent être concassés et réutilisés comme agrégat, aucune filière de recyclage n'existe présentement au Québec.

Activités	Matériaux	Causes de production de MR	Possibilités de disposition
Revêtement de plafond	<ul style="list-style-type: none"> • Plafond suspendu • Gypse • Panneaux de fibres • Plâtre • Peinture 	<ul style="list-style-type: none"> • Résidus de coupe • Mauvaise estimation • Erreur ou surplus de commande • Matériaux endommagés à la liv., l'entreposage ou la manutention • Contenants vides 	<ul style="list-style-type: none"> - Les surplus de matériaux et les éléments de démolition en bon état peuvent être apportés dans des centres de récupération de matériaux de seconde main. - Seuls les éléments de plafonds suspendus à base de carton sont recyclables, les autres doivent être envoyés à l'enfouissement. - Le gypse non peint est techniquement recyclable. La seule filière de recyclage disponible pour le gypse présentement au Québec est une filière de compostage. - Le marché de récupération du plâtre est en développement, il offrirait probablement un certain potentiel énergétique. - Il n'existe présentement aucun débouché pour les plastiques de construction (contenants de plâtre). - Les contenants de peinture vides ou pleins peuvent être déposés chez les représentants de Peintures récupérées du Québec³⁰ à des fins de recyclage.
Cloisons intérieures	<ul style="list-style-type: none"> • Montants métalliques • Montants de bois • Panneaux de gypse • Panneaux de fibres • Plâtre • Peinture • Lattis de bois • Céramique • Cloisons amovibles • Partitions de toilette (bois, métal) 	<ul style="list-style-type: none"> • Résidus de coupe • Mauvaise estimation • Erreur ou surplus de commande • Modifications aux plans • Matériaux endommagés suite à la livraison, l'entreposage ou la manutention • Contenants vides 	<ul style="list-style-type: none"> - Les surplus de matériaux et éléments de démolition en bon état peuvent être apportés dans des centres de récupération de matériaux. - Tous les métaux peuvent être envoyés au recyclage. - Le bois peut être récupéré pour en faire des panneaux de particules, de la litière pour animaux ou des copeaux pour la valorisation énergétique.

³⁰ Voir le site web www.ecopeinture.ca.

Activités	Matériaux	Causes de production de MR	Possibilités de disposition
Cloisons intérieures (suite)			<ul style="list-style-type: none"> - Le gypse non peint est techniquement recyclable. La seule filière de recyclage disponible pour le gypse présentement au Québec est une filière de compostage. - Le marché de récupération du plâtre est en développement, il offrirait probablement un certain potentiel énergétique. - Il n'existe présentement aucun débouché pour les plastiques de construction (sceaux de plâtre). - Les contenants de peinture vides ou pleins peuvent être déposés chez certains représentants à des fins de recyclage. - Bien que les résidus de céramique puissent être concassés et réutilisés comme agrégat, aucune filière de recyclage n'existe présentement au Québec.
Enveloppe extérieure	<ul style="list-style-type: none"> • Montants métalliques • Gypse • Panneaux de fibres • Contreplaqué • Isolant • Pare-vapeur • Revêtement de bois • Revêtement métallique • Revêtement de vinyle • Revêtement acrylique 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Résidus de coupe ▪ Mauvaise estimation ▪ Erreur ou surplus de commande ▪ Matériaux endommagés suite à la livraison, l'entreposage ou la manutention 	<ul style="list-style-type: none"> - Les surplus de matériaux et les éléments de démolition en bon état peuvent être apportés dans des centres de récupération de matériaux de seconde main. - Tous les métaux peuvent être envoyés au recyclage de métal. - Le bois peut être récupéré pour en faire des panneaux de particules, de la litière pour animaux ou des copeaux pour la valorisation énergétique. - Les plus grands résidus de coupe de bois peuvent être utilisés comme éléments de sécurité temporaires (garde-corps). - Le gypse non peint est techniquement recyclable. La seule filière de recyclage disponible pour le gypse présentement au Québec est une filière de compostage.

Activités	Matériaux	Causes de production de MR	Possibilités de disposition
Enveloppe extérieure (suite)			<ul style="list-style-type: none"> - Il n'existe présentement aucun débouché pour les plastiques de construction (pare-vapeur, revêtement). - Il n'existe aucun marché présentement pour le recyclage des différents types d'isolants, même si techniquement, les isolants rigides sont recyclables. - Les revêtements composites comme les acryliques ne sont pas recyclables.
Toiture	<ul style="list-style-type: none"> • Panneaux de support • Isolant • Membrane • Feutre goudronné • Bardeaux d'asphalte • Bardeaux de bois • Feuille métallique 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Résidus de coupe ▪ Mauvaise estimation ▪ Erreur ou surplus de commande ▪ Modifications aux plans ▪ Matériaux endommagés suite à la livraison, l'entreposage ou la manutention 	<ul style="list-style-type: none"> - Les surplus de matériaux et les éléments de démolition en bon état peuvent être apportés dans des centres de récupération de matériaux de seconde main. - Les panneaux de support en béton léger ne disposent pas présentement de filière de recyclage. - Il n'existe aucun marché présentement pour le recyclage des différents types d'isolants, même si techniquement, les isolants rigides sont recyclables. - Tous les métaux peuvent être envoyés au recyclage. - Les éléments d'étanchéité comme les membranes sont pour la plupart recyclable, mais les installations sont encore inexistantes au Québec. - Les bardeaux d'asphalte, le feutre goudronné et leurs résidus de coupe peuvent être broyés et réintroduits dans certains travaux routiers et dans la composition de chemins de parc. - Le bois peut être récupéré pour en faire des panneaux de particules, de la litière pour animaux ou des copeaux pour la valorisation énergétique.

Activités	Matériaux	Causes de production de MR	Possibilités de disposition
Portes et fenêtres	<ul style="list-style-type: none"> • Fenêtres • Portes et cadres bois • Portes et cadres métalliques • Quincaillerie • Murs rideaux • Scellant 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mauvaise estimation ▪ Erreur ou surplus de commande ▪ Modifications aux plans ▪ Matériaux endommagés suite à la livraison, l'entreposage ou la manutention 	<ul style="list-style-type: none"> - Les surplus de matériaux et les éléments de démolition en bon état peuvent être apportés dans des centres de récupération de matériaux de seconde main. - Les fenêtres ou le verre brisé ne constitue qu'une infime partie sur un chantier, et ne démontre pas d'intérêt de récupération. Il n'existe aucun marché pour le moment. - Le bois peut être récupéré pour en faire des copeaux pour la valorisation énergétique ou pour la fabrication de panneaux à particules de bois, mais les plus grosses pièces peuvent être récupérées pour faire du mobilier et des petits travaux de menuiserie. - Tous les métaux peuvent être envoyés au recyclage de métal. - Les scellants doivent être éliminés dans les installations réservées aux résidus dangereux.
Mécanique	<ul style="list-style-type: none"> • Tuyaux métalliques • Tuyaux de pvc • Appareils sanitaires • Calorifugeage • Conduits de ventilation • Systèmes HVAC • Appareils de plomberie • Scellant 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Résidus de coupe ▪ Mauvaise estimation ▪ Erreur ou surplus de commande ▪ Modifications aux plans ▪ Matériaux endommagés suite à la livraison, l'entreposage ou la manutention 	<ul style="list-style-type: none"> - Les surplus de matériaux et les éléments de démolition (comme les appareils et équipements mécaniques) en bon état peuvent être apportés dans des centres de récupération de matériaux de seconde main. - Tous les métaux peuvent être envoyés au recyclage de métal, de même que les appareils mécaniques désuets. - Il n'existe présentement aucun débouché pour les plastiques de construction. - Il n'existe aucun marché présentement pour le recyclage des différents types d'isolants.

Activités	Matériaux	Causes de production de MR	Possibilités de disposition
Mécanique (suite)			<ul style="list-style-type: none"> - Les scellants doivent être éliminés dans les installations réservées aux résidus dangereux.
Électrique	<ul style="list-style-type: none"> • Filage • Chemin de câble • Câblage • Accessoires • Appareils d'éclairage • Scellant 	<ul style="list-style-type: none"> • Résidus de coupe • Mauvaise estimation • Erreur ou surplus de commande • Modifications aux plans • Matériaux endommagés suite à la livraison, l'entreposage ou la manutention 	<ul style="list-style-type: none"> - Les surplus de matériaux et les éléments de démolition (comme l'éclairage) en bon état peuvent être apportés dans des centres de récupération de matériaux de seconde main. - Tous les métaux peuvent être envoyés au recyclage de métal, de même que le filage et câblage recouvert. - Les ampoules électriques sont considérées comme des déchets et les fluorescents doivent être considérés comme résidus dangereux. - Les scellants doivent être éliminés dans les installations réservées aux résidus dangereux.
Aménagement extérieur	<ul style="list-style-type: none"> • Terre • Sable • Gravier • Asphalte • Béton • Pavé de maçonnerie • Bois de coffrage 	<ul style="list-style-type: none"> • Mauvaise estimation • Erreur ou surplus de commande • Résidus de coupe de maçonnerie et de coffrage • Coffrages résiduels (suffisamment réutilisés) 	<ul style="list-style-type: none"> - La terre, le sable et le gravier peuvent être réutilisés comme matériaux de remplissage ou dans la composition des routes. - Les résidus de béton, de maçonnerie et d'asphalte peuvent être concassés et réutilisés comme matériel de remplissage. - Les surplus de matériaux de même que la maçonnerie de démolition en bon état peuvent être apportés dans des centres de récupération de matériaux de seconde main. - Le bois peut être récupéré pour en faire des copeaux pour la valorisation énergétique.

Activités	Matériaux	Causes de production de MR	Possibilités de disposition
Divers	<ul style="list-style-type: none"> • Carton d'emballage • Plastique d'emballage 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tous les emballages et suremballages. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tous les cartons constituent un marché intéressant au niveau du recyclage. - Il n'existe présentement aucun débouché pour les plastiques de construction.

(Addis, 2004; Hendricks & Janssen, 2001; Mamfredis, 2006; Olivier, 1999; C. S. Poon, Wan Yu, A.T., Wong, S.W. et Cheung, E., 2004; Saskatchewan waste reduction council, 2005; Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2001)

ANNEXE II

PRESENTATION DES INFORMATIONS SUR LA GESTION DES MATIERES RESIDUELLES EN CHANTIER

Audit

◆ *Inventaire des matériaux*

L'inventaire des matériaux s'effectue plus facilement par couche, c'est-à-dire en suivant les plans (sous-sol, rez-de-chaussée, 1^{er} étage, etc.). En voici un exemple.

Nom du bâtiment : Bâtiment A							
Niveau : Toiture							
Division	Classe de matériau	Type de matériau	Usage du matériau	Quantité (un)	Dimensions	Volume (m ³)	Poids (tonne métrique)
Division 4 Maçonnerie	Béton	Bloc	Murs	4	3,3m x 4,9m	5,7	9,59
Division 5 Métaux	Métal	Escalier	Escalier	9	2,4m de hauteur	1,5	1,01
Division 6	Bois	Contreplaqué	Toiture	3	11m x 25m	55,2	8,05
Bois et plastique	Bois	Escalier	Escalier	1	2,4m de hauteur	0,1	0,02
	Bois	Pièce de structure	Toiture	1	11m x 25m	24,2	4,11
	Bois	Pièce de structure	Murs extérieurs	1	2,4m x 11m	2,2	0,37
Division 7	Étanchéité	Panneaux toiture	Toiture	1	11m x 25m	48,8	8,68
Isolation et étanchéité	Isolation	Rigide SM	Murs et plafond	1	11m x 25m	58,3	1,73
	Métal	Solin	Toiture	2	0,3m x 4,9	0,1	0,03
étanchéité	Étanchéité	EDPM	Toiture	1	11m x 25m	0,8	0,67
Total						196,9	34,26

(Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2002)

Les données peuvent ensuite être reportées dans un tableau sommaire et avec les taux et quantités de matières résiduelles estimés. Voici le type de tableau qui peut être utilisé.

Description			Quantité de matériaux		Taux	Quantité estimée de MR		Taux	Taux	Taux
Division	Classe	Type	Volume	Poids	estimé de	Volume	Poids	estimé de	estimé de	estimé de
	de matériau	de matériau	(m3)	(tonne métrique)	(%)	(m3)	(tonne métrique)	(%)	(%)	(%)
Division 2										
Trav. d'emp.										
Division 3										
Béton										
Division 4										
Maçonnerie										
etc...										
Division 15										
Mécanique										
Division 16										
Électrique										
Total										

(ABCP - Beauchamp Bourbeau - Busby + Associés, 2004; Australia Government, 2005; Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2002)

◆ *Taux de production de matières résiduelles*

Il est difficile d'estimer le taux de production de matières résiduelles, puisqu'il varie selon les matières et selon les projets (type, envergure). De récentes recherches ont permis de ressortir les taux suivants pour le secteur résidentiel.

Activités	Matériaux	Pourcentage de déchets *	
		Multi-logements	Unifamilial
Bétonnage	Béton et armature	3-5%	4-5%
Coffrage	Contreplaqué et autres pièces de bois	5%	15%
Maçonnerie	Briques et blocs	6%	4-8%
Cloisons intérieures	Gypse et montants métallique	5%	6-10%
Mortier (mur)	Mortier	7%	4-20%
Coulis et mortier (plancher)	Mortier	1%	4-20%
Plâtrage	Plâtre	2%	4-20%
Revêtement plancher	Vinyle, tapis et céramique	6%	4-10%
Tuiles et carreaux mur	Vinyle et céramique	8%	4-10%
Salles de bain	Robinetterie et joints	2%	1-5%
Cuisine	Robinetterie et joints	1%	1-5%
Emballage	Emballages plastique et carton	5% de tout ce qui est emballé	5% de tout ce qui est emballé

* Le plus faible taux est employé lorsqu'une attention particulière est prise lors de l'estimation, des commandes, de la manutention et de l'entreposage.

(Poon, 2001)

◆ *Options de disposition*

Après avoir dressé l'inventaire des matières résiduelles pouvant être produites, les options de disposition doivent être identifiées pour chaque classe de matériau (béton, bois, etc.). La fiche suivante peut être utilisée.

Classe de matériau :				
Options		Option 1	Option 2	Option 3
Disposition (x)	Réemploi			
	Recyclage ou réutilisation			
	Valorisation			
	Élimination			
Entreprise				
Coordonnées				
Contact				
Détails sur l'activités				
Frais de disposition				

Plan de réduction

◆ *Description du projet et de ses initiatives en matière de minimisation des déchets*

Pour éviter les interprétations divergentes des initiatives de minimisation de la production des matières résiduelles, le responsable de la gestion du programme doit établir une description de ces initiatives en collaboration avec l'entrepreneur général. Cette description peut être accompagnée des initiatives de minimisation en design et présentée sous la forme suivante.

Nom du projet _____		
Adresse du projet _____		
Brève description des ouvrages _____		
Responsable du plan de gestion des matières résiduelles	Entrepreneur	Date
Objectifs de réduction des déchets pour le projet		
Description des initiatives de réduction des déchets dans le design du projet		
Description des actions prises pour la mise en œuvre du plan en chantier		

(Australia Government, 2005)

◆ *Plan de réduction*

Le plan de réduction proprement dit est un document de base comprenant le report des quantités de matières résiduelles estimées, les responsables pour chacune de ces matières, les options de disposition choisies et dans lequel seront ajoutés, à la fin du projet, les totaux de matières résiduelles produites. Il servira d'élément de comparaison à la fin du projet. Les informations peuvent être recueillies dans le formulaire type suivant.

Description			Estimé				Réel				Filière de disposition		
Division	Classe de matériau	Type	Responsables (sous-traitants)	Quantité de MR		Taux de MR à recycler ou réutiliser (%)	Taux de MR à valoriser (%)	Quantité de MR		Taux de MR au réemploi (%)	Taux de MR à recycler ou réutiliser (%)	Taux de MR à valoriser (%)	
				VOLUME (m3)	POIDS (tonne métrique)			VOLUME (m3)	POIDS (tonne métrique)				
Division 2													
Trav. d'emp.													
Division 3													
Béton													
Division 4													
Maçonnerie													
etc...													
Division 15													
Mécanique													
Division 16													
Électrique													
Total													

(Australia Government, 2005; Poon, 2001; Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2002)

Mise en œuvre

◆ *Formation*

Le contenu de la formation peut varier d'un projet à l'autre, mais l'ingrédient essentiel est que cette formation soit donnée à tous les intervenants du chantier. Voici une liste, non exhaustive, des aspects à présenter.

- Présentation globale du projet ;
- Engagement du client ;
- Présentation du programme de certification adopté (s'il y a lieu) ;
- Description des critères de bâtiment durable adoptés ;
- Description des initiatives de minimisation des matières résiduelles lors de la conception ;
- Description des initiatives de minimisation des matières résiduelles dans la construction ;
- Description des actions à prendre dans le déroulement quotidien des travaux ;
- Présentation des plans de disposition des installations de récupération et d'entreposage ;
- Interprétation de l'affichage sur les installations de récupération ;
- Présentation de l'espace d'information.

◆ *Suivi des conteneurs*

Le suivi des matières passe par l'enregistrement des poids et volumes de chacun des conteneurs transitant le chantier. Les enregistrements doivent être reportés dans un tableau sommaire pour pouvoir plus facilement mettre à jour les quantités de matières résiduelles produites.

Avec ces données, la mise à jour des quantités de matières résiduelles produites, réemployées, recyclées ou réutilisées, valorisées et éliminées peut être calculée pour vérifier l'évolution du programme par des graphiques ou par la comparaison des indicateurs de performance.

Bilan

◆ *Rapport final*

Le rapport final a pour objectif de faire l'évaluation du projet. Ce bilan du programme de gestion des matières résiduelles fera œuvre d'élément de base pour les projets futurs. Voici un sommaire non exhaustif du contenu du rapport (ABCP - Beauchamp Bourbeau - Busby + Associés, 2004; Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2001).

- Sommaire ;
- Introduction ;
- Description et particularités du projet ;
- Initiatives de minimisation ;
- Statistiques (nombre et pourcentage du personnel ayant été impliqué au programme, ayant été formé, etc.) ;
- Version finale du plan de réduction ;
- Présentation et analyse des écarts entre les quantités estimées et réelles de matières résiduelles produites, réemployées, recyclées ou réutilisées et valorisées ;
- Graphiques de distribution des matières par classe, par type de disposition, etc. ;
- Situation du projet par rapport au marché à l'aide des indicateurs de performance ;
- Analyse coûts-bénéfices ;
- Présentation des obstacles et limites au projet ;
- Recommandations.

Si des modifications majeures ont été apportées au projet, il faudra réajuster le pourcentage de déchets estimé par rapport aux quantités de matériaux commandés et non aux estimations de départ présentées dans l'inventaire.

◆ *Analyse coûts-bénéfices*

L'analyse coûts-bénéfices présente la faisabilité, ou plutôt, la rentabilité d'un projet. Elle permet également de déterminer si certains objectifs ou certaines limites ont été atteints tels que la vente de matériaux récupérés, les coûts de formation, de transports, etc. L'analyse suivante a été élaborée par Travaux publics et services gouvernementaux Canada (2001).

PARTIE A COÛTS ACTUELS DE GESTION DES DÉCHETS		ESTIMÉS	RÉELS
1	Coûts d'immobilisation pour la manutention des déchets : location ou achat de compacteurs, de conteneurs de grande capacité, de camions spécialisés		
2	Coûts internes de manutention des déchets : personnel et entretien (ouvriers employés dans la construction, la rénovation et la démolition)		
3	Coûts de transport : prix forfaitaires pour le transport		
4	Coûts d'élimination : redevances totales de déversement aux sites d'enfouissement		
5	Moins les recettes : meilleures estimations des recettes découlant de la vente des matériaux réutilisables et recyclables		
6	Coûts actuels totaux de gestion des déchets (1+2+3+4-5)		
PARTIE B COÛTS DE RÉUTILISATION ET DE RECYCLAGE		ESTIMÉS	RÉELS
7	Coûts de gestion de projet : coûts prévus de mise en œuvre et de surveillance du programme		
8	Coûts liés à la vérification des déchets et à l'élaboration du plan de réduction des déchets : honoraires d'experts-conseils		
9	Coûts d'immobilisation : achat ou location de presses à compacter le carton, de conteneurs de grande capacité, création et mise en place de procédés de collecte et d'entreposage des déchets et installation de dépôts		
10	Coûts d'exploitation : main-d'œuvre pour la déconstruction et le tri à la source de matériaux recyclables et réutilisables, coûts additionnels d'électricité, d'eau et d'entretien d'équipement, programmes d'information et de formation		
11	Coûts de transport : coûts de repérage des acheteurs ou des récupérateurs et de transport des matériaux réutilisables et recyclables vers le marché		
12	Coût totaux de réutilisation et de recyclage (7+8+9+10+11)		

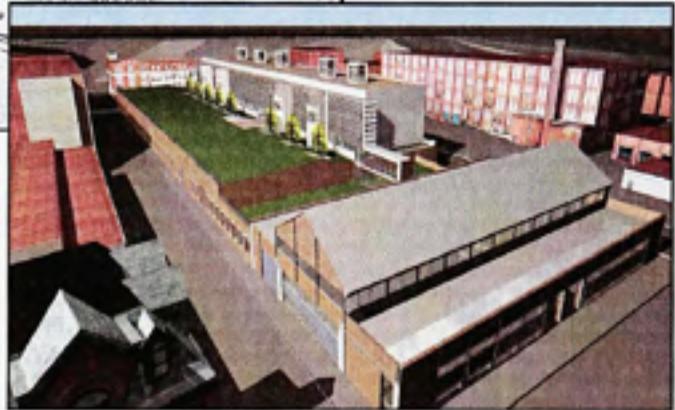
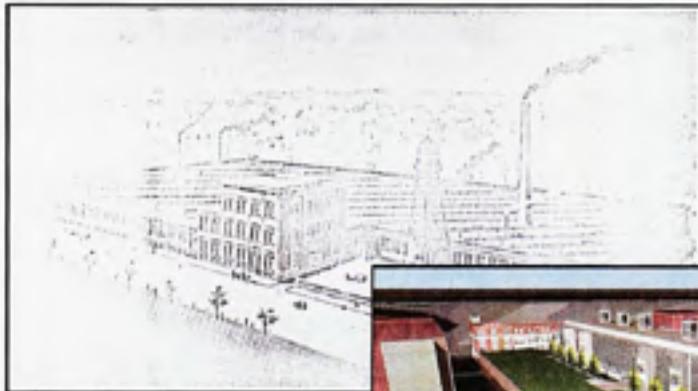
PARTIE C	ÉCONOMIES POTENTIELLES RÉALISÉES GRÂCE À LA GESTION DES DÉCHETS	ESTIMÉS	RÉELS
13	Coûts d'immobilisation évités : économies réalisées grâce aux coûts de location éludés pour les bennes et les conteneurs de grande capacité, etc.		
14	Coûts évités de transport et d'élimination des déchets : économies réalisées grâce à la réduction des frais de transport et redevances de déversement aux sites d'enfouissement		
15	Crédits d'impôt pour la réduction des déchets : économies provenant d'une diminution du taux d'imposition prévu pour l'équipement de recyclage spécialisé		
16	Recettes : argent reçu de la vente de matériaux réutilisables et recyclables		
17	Coûts évités grâce à des mesures de réduction et de réutilisation : économies réalisées par la réduction des achats de matériaux, la réutilisation de matériaux de construction ou de rénovation, etc.		
18	Autres avantages associés à la gestion des déchets de CRD : avantages pour l'environnement, engagements politiques, meilleure image publique, etc.		
19	Économies totales réalisées grâce à la gestion des déchets (13+14+15+16+17+18)		
PARTIE D	FAISABILITÉ DE LA GESTION DES DÉCHETS OU ÉCONOMIES NETTES RÉALISÉES	ESTIMÉS	RÉELS
20	Faisabilité = Économies totales réalisées grâce à la gestion des déchets - (Coûts actuels totaux de gestion des déchets + Coût totaux de réutilisation et de recyclage) (19-(6+12))		

(Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2001)

ANNEXE III

RAPPORT INTITULÉ « PROJET 740 BEL-AIR MONTREAL » PRÉSENTÉ DANS LE CADRE DE L'ÉVÉNEMENT CONTECH 2004

PROJET DU 740 BEL-AIR MONTRÉAL



Soumis par
Travaux publics et Service gouvernementaux Canada, région du Québec

dans le cadre du volet
« Pratique Innovatrice - développement durable »
Événements bâtiment Contech

I. LE PROJET

Travaux publics et Services gouvernementaux Canada (TPSGC) est en processus de réalisation d'un nouvel édifice gouvernemental au cœur même de Montréal. La construction de ce nouvel immeuble de 15 000 m² utilisables qui répondra aux besoins de plusieurs ministères fédéraux, est réalisé selon les nouveaux standards de l'industrie en y intégrant des critères innovateurs et éco-efficients en matière de développement durable (DD). Il s'agit d'un investissement de 40 millions \$ dont plus de 1 millions \$ sont attribuables au composantes de développement durable.

L'ancien édifice situé au 740 Bel-Air dans le quartier St-Henri ne répondait plus aux besoins des clients. La présence de contamination dans le sol, de matières dangereuses dans les bâtiments et des mauvaises conditions des composantes existants rendaient la rénovation de l'édifice irréaliste.

TPSGC a décider de faire un projet modèle en y intégrant les critères de DD dans tout le cycle de vie du projet, à savoir, depuis la « déconstruction » des anciens bâtiments, la décontamination du site jusqu'à la construction et l'exploitation du nouveau bâtiment.

Ce projet a déjà fait l'objet de plusieurs présentation en plus d'une parution lors du colloque international « Green Building » qui a eu lieu en Norvège en 2002.

II. ÉTAPES DU PROJET

La planification du projet a débute en hiver 2000. Compte-tenu de l'envergure du projet, celui est réalisé en plusieurs étapes :

- 1- Evaluation et vérification environnementales du site, du bâtiment et de ses composantes architecturales pour en déterminer les éléments qui pouvaient être conservés pour leur valeur historique, pour inventorier les matériaux et les équipements constitutants et pour détecter la présence de matières dangereuses ou de contamination à l'intérieur même de l'édifice. Complétée en mars 2001.
- 2- La déconstruction et la décontamination du site en accentuant la réutilisation, la récupération et le recyclage (sur le site et hors site) des matériaux (GRV) et en minimisant leur élimination par enfouissement. Complétées en juin 2003.
- 3- La conception du nouvel édifice en intégrant des critères de DD. La construction du lot #1 débute en septembre 2003 et le lot #2 en septembre 2004.
- 4- La mise en service et l'exploitation du bâtiment débutera en décembre 2005.

III. CARACTÉRISTIQUES DU PROJET EN TERME DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

1- DÉCONSTRUCTION ET DÉCONTAMINATION DE L'ANCIEN ÉDIFICE

L'approche innovatrice pour la déconstruction des bâtiments existants a été développée avec l'aide de la firme Aedifica et en collaboration avec l'industrie du recyclage de matériaux de construction et l'organisme Recyc-Québec.

- Réhabilitation du terrain et décontamination de l'édifice (plomb, BPC, amiante) selon la réglementation en vigueur afin de rendre sa déconstruction plus facilement réalisable.
- Conservation, pour sa valeur historique, d'une façade typique de l'ancien édifice en vue de l'intégrer au nouveau bâtiment.
- Spécification dans les documents d'appel d'offres des exigences minimales de récupération, de réutilisation et de recyclage des matériaux que l'entrepreneur devaient atteindre. Généralement ces objectifs sont laissés à la discrétion de l'entrepreneur alors que dans ce projet ils leurs ont été imposés. Ces objectifs ont été fixés suite à une étude du marché de la déconstruction au Québec et des échanges d'informations avec différents organismes impliqués dans l'industrie du recyclage.
- Autres mesures prises lors de la déconstruction:
 1. vente d'équipements;
 2. transformation du béton en agrégats;

Résultats atteints :

Tableau : Résultats de valorisation des matériaux de déconstruction

	Ventilation des options de disposition			Valorisation minimum imposée	Valorisation réelle TPSGC
	Enfouissement (%)	Réutilisation (%)	Recyclage (%)		
Dalle de béton	0.00%	0.00%	100%	80%	100%
Blocs de béton	64.70%	38.25%	0%	55%	58%
Briques	7.21%	0.85%	92%	10%	92%
Armature	0.00%	0.00%	100%	80%	100%
Acier structural	0.00%	10.92%	89%	80%	100%
Métaux	0.00%	6.77%	93%	80%	100%
Bois	18.00%	10.68%	71%	25%	82%
Verre	98.70%	1.29%	0%	0	1%

* Il est à noter que selon les statistiques de Recyc-Québec, l'industrie de la construction du Québec recycle de 20 à 25 % des matériaux secs actuellement.

Les objectifs fixés au projet ont été atteints et même dépassés. Cependant l'approche de déconstruction est encore nouvelle et nécessitera encore des ajustements avant d'être bien implantée dans le marché:

- Délai de déconstructions plus long,
- Coûts légèrement supérieurs pour le donneur d'ouvrage tant et aussi longtemps que le marché ne sera pas mieux structuré et que la réglementation ne changera pas.
- Plus grande collaboration avec les entrepreneurs.

2- CONCEPTION DU NOUVEL ÉDIFICE

La conception détaillée du nouvel édifice est en cours de réalisation. Le lot #1 est complété et le lot#2 le sera en décembre 2005. Les principaux éléments de DD qui seront intégrés au nouvel édifice sont:

- La réduction d'environ 35 % de la consommation d'énergie par rapport aux normes de référence en vigueur ainsi qu'une réduction des gaz à effet de serre. Ces résultats seront atteints entre autres par les mesures suivantes :
 1. enveloppe du bâtiment plus performante;
 2. utilisation de la géothermie et d'un bassin d'accumulation d'énergie comme source principale de chauffage et de climatisation;
 3. optimisation de l'éclairage et de la ventilation naturel;
 4. toit végétal (toit vert) – en plus d'augmenter l'isolation et la durée de vie de la membrane, ce toit rehausse aussi l'aspect « esthétique » de quartier;

5. récupération de l'énergie dans le stationnement;
6. récupération des eaux de pluie et contrôle du débit d'eaux grises rejetées ;
7. utilisation des eaux de pluie pour les toilettes.

D'autres mesures innovatrices seront aussi intégrées au design détaillé à savoir :

- Utilisation de matériaux de construction plus écologiques et à faible émission de composés organiques volatils (COV).
- Utilisation de peintures plus écologiques.

IV L'APPROCHE DE CONCEPTION ET RÉALISATION

Dès la planification du projet des objectifs de DD ont été fixés pour sa réalisation. Ces derniers ont été intégrés dans les demandes de propositions des experts et dans les documents d'appel d'offres.

- Choisir une source d'énergie alternative qui permettra une réduction des gaz à effet de serre par rapport à une source d'énergie conventionnelle ;
- Favoriser la valorisation des matériaux, par conséquent la réduction des déchets;
- Minimiser les coûts d'opération et d'entretien de l'édifice;
- Optimiser l'efficacité énergétique et la qualité de l'air intérieur;
- Effectuer des choix de matériaux judicieux dans une perspective écologique.

L'équipe de conception a été sélectionnée selon son expertise et son approche proposée en DD. La conception devait se faire conformément aux exigences en DD de l'IPSGC et selon le guide de conception LLEED. l'IPSGC prévoit demandé une certification LLEED à la fin du projet.

IV. LES CONCLUSIONS

L'évaluation coûts-bénéfices des éléments de DD dans ce projet donne des résultats très positifs. Sur le plan de l'investissement, on estime que la majorité des coûts liés au DD auront une période de retour simple sur l'investissement inférieur à 8 ans.

À ceci s'ajoute des économies et des avantages moins tangibles tel que réduction des quantités de déchets à l'enfouissement, la conservation de matières premières, la réduction des gaz à effet de serre, un milieu de travail de qualité et plus productif etc.... Selon la littérature, un tel milieu de travail peut augmenter la productivité de plus de 10 %.

Compte tenu de ce qui précède, nous croyons que ce projet est innovateur, économiquement réaliste et socialement avantageux en plus de contribuer significativement à la réduction de notre passif environnemental, à la lutte aux gaz à effet de serre et à l'amélioration du milieu urbain. L'approche développée dans ce projet servira dans la planification des nouveaux projets de l'PSGC.

ANNEXE IV

PLAN DES ENTREVUES SEMI-DIRIGÉES

Cette annexe expose les différents termes abordés lors des quatre discussions semi-dirigées effectuées dans le cadre de ce projet.

Entrevue : TPSGC – Client, directeur de projet

Objectif : Déterminer les différentes interventions du client tout au long du projet, les différences par rapport à un projet traditionnel, les lacunes où il faudrait des interventions supplémentaires.

◆ *Déconstruction*

- Description des critères pour le choix de l'équipe de projet pour la déconstruction.
- Implication de TPSGC dans le suivi du projet, dans le choix des matériaux.
- Origine de l'idée du projet (déconstruction et de récupération de matériaux).
- Détermination des objectifs et des options de récupération et de détournement des matières résiduelles.
- Responsable du suivi en chantier pour la déconstruction.

◆ *Planification*

- Responsable de la phase de planification et implication de TPSGC.
- Implication des matières résiduelles dans la phase de planification.
- Procédure de détermination des objectifs de récupération et de détournement des matières résiduelles.
- Choix de l'obtention d'une certification LEED (quand et préévaluation des critères).
- Critères du choix de l'équipe pour le projet de construction (qui et comment).
- Description de l'équipe intégrée (consultant, architectes, ingénieurs, entrepreneurs, opérateurs).

◆ *Conception*

- Implication TPSGC.
- Déroulement de la conception (rencontre, chef d'équipe, etc.).
- Critères de conception pré-établis concernant les matières résiduelles.
- Introduction du plan de gestion des déchets au devis.
- Modifications demandées par TPSGC en cours de conception concernant les matières résiduelles.
- Problématiques survenues découlant de la gestion des matières résiduelles.

✦ Construction

- Implication de TPSGC et des opérateurs du bâtiment.
- Choix de l'entrepreneur général.
- Introduction de clauses sur les déchets dans les contrats.
- Modifications demandées par TPSGC en cours de construction concernant les matières résiduelles.
- Problématiques survenues découlant de la gestion des matières résiduelles.

✦ Opération

- Déroulement de la mise en service.
- Plan de durabilité, gestion des matières résiduelles.

Entrevue : Beauchamp Bourbeau – Architecte, concepteur et gestionnaire de projet

Objectif : Déterminer les différentes interventions des concepteurs tout au long du projet, les différences par rapport à un projet traditionnel, les lacunes où il faudrait des interventions supplémentaires.

◆ *Déconstruction (pas d'implication du sujet)*

- Opinion sur le choix des matériaux récupérés et à réutiliser.
- Évaluation des résultats.

◆ *Planification (pas d'implication du sujet)*

- Opinion sur le choix de l'équipe intégrée.

◆ *Conception*

- Choix des critères LEED impliquant les matières résiduelles et les matériaux récupérés.
- Déroulement de la conception (rencontre, chef d'équipe, etc.).
- Cadre de conception concernant les matières résiduelles.
- Option de design.
- Choix des matériaux.
- Méthodes de travail envisagées.
- Introduction du plan de gestion des déchets au devis (rédaction).
- Problématiques survenues découlant de la gestion des matières résiduelles.

◆ *Construction*

- Implication dans le choix de l'entrepreneur général.
- Introduction de clauses sur les déchets dans les contrats.
- Suivi de la phase de construction.
- Modifications en cours de construction concernant les matières résiduelles.
- Problématiques survenues découlant de la gestion des matières résiduelles.

◆ *Opération*

- Évaluation des résultats du projet.
- Implication des matières résiduelles dans les documents d'opération du bâtiment.

Entrevue : Decarel – Entrepreneur général, directeur de projet

Objectif : Déterminer les différentes interventions de l'entrepreneur tout au long du projet, les différences par rapport à un projet traditionnel, les lacunes où il faudrait des interventions supplémentaires.

✦ *Déconstruction (pas d'implication du sujet)*

- Opinion sur le choix des matériaux récupérés et à réutiliser.

✦ *Planification (pas d'implication du sujet)*

- Opinion sur le mode de réalisation du projet (équipe intégrée vs entrepreneur).

✦ *Conception (pas d'implication du sujet)*

- Opinion sur le design choisi, les options de conception, les matériaux et les méthodes de travail.
- Impression sur le plan de gestion des matières résiduelles inclus au devis.

✦ *Construction*

- Activités de planification du projet (implication des matières résiduelles pour la soumission et la préparation à la réalisation du projet).
- Introduction de clauses sur les matières résiduelles dans les contrats aux sous-traitants.
- Formation et communication sur le chantier.
- Suivi de la phase de construction (quantité de matières produites).
- Activités de réinsertion des matériaux récupérés.
- Participation des intervenants (professionnels, entrepreneurs et ouvriers).
- Problématiques survenues découlant de la gestion des matières résiduelles.

✦ *Opération*

- Transmission des résultats au client.
- Évaluation des bénéfices et recommandations pour les prochains projets.

Entrevue : Decarel – Entrepreneur général, directeur du service de l'estimation

Objectif : Déterminer les différentes interventions de l'entrepreneur, les différences par rapport à un projet traditionnel, plus particulièrement durant les activités de planification à la construction.

✦ *Déconstruction (pas d'implication du sujet)*

- Implication des matériaux récupérés dans l'estimation du coût des travaux.

✦ *Planification (pas d'implication du sujet)*

- Opinion sur le mode de réalisation du projet (équipe intégrée vs entrepreneur).

✦ *Conception (pas d'implication du sujet)*

- Opinion sur le design choisi, les options de conception, les matériaux et les méthodes de travail.

✦ *Construction*

- Activités de planification du projet, implication du plan de gestion des matières résiduelles pour la soumission et la préparation au projet.
- Introduction de clauses sur les matières résiduelles dans les contrats aux sous-traitants.
- Suivi de la phase de construction (quantité de matières produites vs prévisions budgétaires).
- Problématiques survenues découlant de la gestion des matières résiduelles.

✦ *Opération*

- Transmission des résultats au client.
- Évaluation des bénéfices et recommandations pour les prochains projets.

ANNEXE V

DONNEES SUPPLEMENTAIRES SUR LE PROJET 740 BEL-AIR

◆ *Identification des conteneurs*

L'affichage sur les installations de récupération doit être simple, mais claire. Voici un exemple de l'affichage employé pour le projet 740 Bel-Air.



◆ *Suivi des conteneurs*

Plusieurs méthodes peuvent être employées pour assurer le suivi des matières transitant le chantier. La feuille de route suivante a été prescrite au devis du projet. Elle devait être remplie pour chaque conteneur, puis signée par le transporteur et la filière de disposition avant d'être retournée au responsable du programme avec les bons de pesée.

PROJET	
COMPAGNIE DE TRANSPORT DES MATÉRIAUX	
NOM DU CAMIONNEUR	
DATE ET HEURE DU DÉPART DU CHANTIER	
DESCRIPTION DU CHARGEMENT	
VOLUME DU CHARGEMENT	
POIDS DU CHARGEMENT	
DESTINATION	
<p>Je certifie que les informations décrites ci-dessous sont exactes. J'accepte de transmettre cette feuille de route, dûment remplie, par télécopie ou en personne à l'adresse ci-dessous.</p>	
<p>SIGNATURE DU CAMIONNEUR *</p> <p>* En signant ce formulaire, vous certifiez que le chargement de matériaux décrit ci-dessous sera déchargé au site d'élimination mentionné ci-dessus et sera reçu par un représentant de la compagnie de réception.</p>	
<p>SIGNATURE DU REPRÉSENTANT DE LA COMPAGNIE DE RÉCEPTION**</p> <p>** En signant ce formulaire, vous certifiez que le chargement de matériaux décrit ci-dessous a été expédié à la compagnie de réception dont vous êtes un représentant. Vous vous engagez également à transmettre par télécopie le présent document signé.</p>	
<p>Retourner ce reçu à : (Coordonnées)</p>	

(ABCP - Beauchamp Bourbeau - Busby + Associés, 2004)

◆ *Filières de disposition*

Voici une description des filières de disposition employées pour chacune des matières résiduelles produites sur le projet (Pitre, 2006).

- Asphalte : Aucun travail d'asphaltage n'a été effectué.
- Béton : Les résidus de béton, les blocs de béton et le mortier ont été récupérés et envoyés chez *Construction GFL* à des fins de concassage. Ces nouvelles matières sont ensuite réutilisées comme agrégat de remplissage.
- Bois : Tout le bois a été envoyé chez *Copeaux de bois Sécure* à des fins de valorisation énergétique. Bien que beaucoup de réemploi ait été effectué sur le site, aucune pièce de bois n'avait de valeur significative pour la récupération et le réemploi sur un autre projet.
- Brique : Les coupes de briques neuves devaient d'abord être réutilisées sur le site dans l'aménagement paysager au pourtour du bâtiment. Le conteneur ayant été contaminé par de la brique de démolition et autres déchets provenant du quartier, aucune filière de récupération n'a pu accepter la matière. Le mortier présent dans le conteneur pouvait endommager les concasseurs d'argile. Quelques briques ont été récupérées par des citoyens. La brique restante a finalement dû être envoyée à l'enfouissement.
- Déchets : Les conteneurs à déchet ont été envoyés chez *Mélimax* qui possède un centre permettant de trier toutes les matières du conteneur à déchet pour récupérer un maximum de matière, mal classée par les ouvriers de chantier, allant finalement au recyclage.
- Gypse : Les résidus de gypse ont été récupérés par *Matrec* pour du compostage.
- Matériaux d'excavation : Le roc et la terre ont été envoyés chez *Remplissage Dublin* et seront utilisés éventuellement sur d'autres projets.
- Matières dangereuses : Les matières dangereuses récupérées sont composées exclusivement de sol contaminé par des déversements accidentels. Les matières ont été récupérées par *Onyx Industrie* et *RSR Environnement*.
- Métaux : Les métaux ont été envoyés à deux endroits, soit *Deitcher et frères inc.* et *Les industries de l'acier liée* à des fins de recyclage.

- Papier et carton : Deux sortes de fibres ont été récupérées, soit le carton d'emballage sur le chantier et tout ce qui est fibre de papier dans les bureaux de chantier. Le carton a été récupéré par *RécupérAction des Marionniers inc* et le papier par *SOS Terre bleue*.
- Peinture : Tous les pots de peinture utilisés ont été récupérés par un représentant de *Sico* pour ensuite être envoyés chez *Peintures récupérées du Québec*.
- Plastique : Étant donné la variété et la pauvre qualité de plastique du chantier, aucune filière de récupération n'a voulu se lancer dans le projet. Les matières ont donc été envoyées à l'élimination.
- Verre : Aucun verre n'a été récupéré sur le projet.

◆ *Problématiques*

Voici une liste des principales problématiques rencontrées durant le projet (Pitre, 2006).

- Le manque d'espace sur le site a nécessité le transfert des conteneurs dans la rue et la prise de permis d'occupation à la municipalité.
- La contamination régulière des conteneurs par le voisinage, dû à leur disposition temporaire dans la rue, entraînait des frais de décontamination des conteneurs.
- Il y a eu refus de certains conteneurs par les filières de recyclage dû à des contaminations non détectées. Tel a été le cas de la brique.
- La faible participation des fournisseurs a aussi entraîné beaucoup de désagrément. La plupart du temps, tous les emballages nécessaires à la livraison étaient envoyés dans le premier conteneur, et ce, malgré la signalisation en place et les nombreux avertissements donnés par l'entrepreneur général et les sous-traitants responsables.
- Certains sous-traitants malintentionnés ne respectaient pas le tri des matières. Lorsque celle-ci était détectée, le sous-traitant responsable recevait automatiquement une non-conformité et devait s'occuper du nettoyage.
- Il a été détecté que l'information transmise aux responsables des sous-traitants avait du mal à circuler jusqu'aux ouvriers du chantier. L'entrepreneur général a donc redoublé ses efforts dans la transmission de l'information aux intervenants du projet.
- Les aléas du marché du recyclage n'ont pas permis la récupération du tapis et du vinyle, tel que prévu initialement. Il en a été de même pour le recyclage des matières plastiques, aucune filière de récupération de plastiques de la région de Montréal ne récupérait des plastiques provenant de chantier de construction.
- Les délais entre l'octroi du contrat et la réalisation du projet ont conduit à l'endommagement de certaines matières récupérées. Tel que la tôle de revêtement, qui était entreposée sur le site depuis près d'un an.

◆ *Analyse coûts-bénéfices*

Le tableau suivant représente l'analyse coûts-bénéfices effectuée dans le cadre du projet 740 Bel-Air.

PARTIE A		Coûts actuels de la gestion des déchets CRD		Estimés	Réels
01	Coûts d'immobilisation de la manutention des déchets : location ou achat de compacteurs, de conteneurs de grande capacité, de camions spécialisés, etc.			inclus dans 04	inclus dans 04
02	Coûts internes de traitements des déchets : personnel et entretien (travailleurs employés pendant le chantier).			4 000 \$	12 000 \$
03	Coûts de transport : prix forfaitaire pour le transport.			inclus dans 04	inclus dans 04
04	Coûts d'élimination : redevances totales du déchargement aux sites d'enfouissement et dans les filières d'élimination.			5 000 \$	11 895 \$
05	Coûts totaux actuels de gestion des déchets CRD (01+02+03+04)			9 000 \$	23 895 \$
PARTIE B		Coûts de réutilisation et de recyclage		Estimés	Réels
06	Coûts de gestion de projet : coûts prévus de mise en œuvre et de surveillance du plan de gestion des déchets.			31 000 \$	50 000 \$
07	Coûts de la vérification des déchets CRD et du plan de réduction (voir conception et devis) des déchets (estimations des honoraires des experts-conseil).			- \$	- \$
08	Coûts d'immobilisation : permis d'occupation, achat ou location des compacteurs (carton), création et mise en place des procédés de cueillette des déchets CRD et aménagement des aires d'entreposage, etc.			15 000 \$	40 000 \$
09	Coûts d'exploitation : main-d'œuvre pour la déconstruction et le tri à la source de matériaux recyclables et réutilisables, coûts additionnels pour l'électricité, l'eau et l'entretien de l'équipement, communication et programmes de formation.			2 000 \$	2 000 \$
10	Coûts de transport : coûts de repérage des acheteurs ou des entreprises de récupération, coûts de transport des matériaux réutilisables et recyclables vers les marchés identifiés.			20 000 \$	35 430 \$
11	Coûts totaux de réutilisation et de recyclage (06+07+08+09+10)			68 000 \$	127 430 \$

PARTIE C	Économies éventuelles découlant de la gestion des déchets CRD	Estimés	Réels
12	Coûts éludés d'immobilisation : économies réalisées grâce aux coûts de location éludés pour les bennes Dumpster, les conteneurs de grande capacité, etc.	inclus dans 13	inclus dans 13
13	Coûts de transport et d'élimination des déchets éludés : économies réalisées grâce à la réduction des frais de transport et des redevances de déversement aux sites d'enfouissement.	- \$	2 475 \$
14	Le cas échéant, crédits d'impôt pour la réduction des déchets : économie provenant d'une diminution du taux d'imposition prévu pour l'équipement de recyclage spécialisé.	N/A	N/A
15	Recettes : argent reçu de la vente de matériaux réutilisables et recyclables.	- \$	7 729 \$
16	Coûts éludés grâce à des initiatives de réduction des déchets et de réutilisation, économies réalisées par la réduction des achats de matériaux, la réutilisation de matériaux de construction, etc.	100 000 \$	46 000 \$
17	Autres avantages associés à la gestion des déchets CRD : protection de l'environnement, respect des engagements politiques, amélioration de l'image publique, etc.	- \$	- \$
18	Économies totales découlant de la gestion des déchets (12+13+14+15+16+17)	100 000 \$	56 204 \$
PARTIE D	Faisabilité ou économies nettes découlant de la gestion des déchets CRD	Estimés	Réels
19	Faisabilité = Économies totales provenant de la gestion des déchets CRD - (coûts actuels de gestion des déchets CRD + coûts totaux de réutilisation et de recyclage) = Ligne 18 - (ligne 5 + ligne 11)	23 000 \$	(95 121) \$

(Pitre, 2006)

ANNEXE VI

LISTES DE VERIFICATION

◆ *Porte 0 : Évaluation stratégique*

(Office of Government Commerce, 2003a, 2003b, 2005)

Définition des besoins pour débiter le projet

- ☑ Choisir une équipe de projet et établir les rôles clés ;
 - Responsable du maître de l'ouvrage ;
 - Investisseurs (s'il y a lieu) ;
 - Coordonnateur en bâtiment durable ;
 - Gestionnaires de projet ;
 - Consultants divers (au besoin).

- ☑ Identifier toutes les autres parties prenantes possibles du projet ;
 - Gouvernement fédéral, provincial et municipal ;
 - Partenaires d'affaires ;
 - Opérateurs internes ;
 - Unions commerciales ;
 - Fournisseurs ;
 - Organisations d'intérêts ;
 - Membres du public ;
 - Futurs utilisateurs ;
 - Etc.

- ☑ Identifier les principaux objectifs concernant les matières résiduelles (MR) ;

- ☑ Identifier les principaux risques concernant les MR ;

- ☑ Vérifier les programmes de subvention, de certification et les outils disponibles (indicateurs) en concordance avec les objectifs de MR préétablis.

Identification des besoins du projet

- ☑ Effectuer une première évaluation des indicateurs de qualité du design ;

- ☑ Déterminer des objectifs clairs concernant le MR et définition des critères de succès ;

- ☑ Confirmer la capacité du client à répondre aux objectifs.

Identification des options répondant aux besoins

- ☑ Identifier les options pour répondre aux objectifs stratégiques établis (choix d'un programme de subvention, de certification, et autres outils) ;

- ☑ Vérifier si des bâtiments existants, ou des composantes de bâtiments existants, peuvent être récupérés ou réemployés en tout ou en partie ;
- ☑ Confirmer la nécessité du projet.

Préparation à l'élaboration d'un plan d'affaires plus détaillé

- ☑ Vérifier que les besoins identifiés répondent aux objectifs de départ.

◆ **Porte 1 : Justification du projet**

(Office of Government Commerce, 2003a, 2005)

Description du projet

- ☑ Identifier les particularités du projet en termes de MR et les critères de performance.

Étude de faisabilité

- ☑ Vérifier la faisabilité du projet.

Élaboration d'un plan d'affaires détaillé et identification des stratégies d'approvisionnement

- ☑ Identifier les stratégies d'approvisionnement ;
- ☑ Élaborer un plan d'affaires détaillé.

Identification des spécifications de base

- ☑ Identifier les lignes directrices du projet concernant les MR dans le plan d'affaires détaillé.
 - Est-ce que l'utilisation d'indicateurs est considérée (type et méthodologie envisagés) ?
 - Est-ce que les spécifications en terme de MR sont clairement exprimées et mesurables (objectifs, critères de performance et méthodologie envisagée) ?
 - Est-ce que les spécifications encouragent l'innovation dans l'approvisionnement au projet ?
 - Est-ce que les spécifications encouragent la flexibilité du bâtiment en termes de modifications et d'adaptations ?

◆ **Porte 2 : Stratégie d'approvisionnement**
(Office of Government Commerce, 2003a, 2005)

Préparation des mandats

- ☑ Fixer les critères de sélection de l'équipe d'approvisionnement ;
 - Compréhension du projet
 - Proposition du plan de travail
 - Expertise
 - Aptitude à travailler en équipe intégrée
 - Créativité et innovation

- ☑ Introduire les cibles, les spécifications et les indicateurs.
 - Est-ce que les objectifs de emploi et de recyclage ont été mentionnés ?
 - Pourcentage minimum de contenu recyclé dans le choix des matériaux.
 - Pourcentage minimum de MR détournées des sites d'enfouissement lors de la construction.
 - Liste des matériaux, éléments et composantes récupérés à réintroduire dans la nouvelle construction.

 - Est-ce que toutes les spécifications sont claires et ne reflètent aucune ambiguïté ?
 - Tâches à accomplir.
 - Documents à fournir.
 - Description des programmes à respecter et des indicateurs choisis pour le projet.
 - Présentation du calendrier des évaluations des indicateurs.

 - Est-ce que la façon dont les spécifications sont énoncées stimulera l'innovation dans les propositions ?

 - Est-ce que le mode de paiement est dépendant de la performance atteinte (pénalités et bonus) ?

Validation de la stratégie d'exécution et appel de propositions

- Déterminer le mode de réalisation ;
- Confirmer les arrangements avec l'équipe en place, s'il y a lieu ;
- Partir en processus d'appel de propositions, le cas échéant.

Suivi du processus d'appel de propositions

- Considérer l'expertise et les aspects proposés concernant la minimisation de production des MR dans les propositions reçues.

◆ **Porte 3 : Décision d'investir**

(Addis, 2004; Department of Trade and Industry, 2004; Guy B. et Shell S., 2005; Hong Kong Polytechnic University, 2005; Office of Government Commerce, 2003a, 2005; Poon C.S. et Jaillon L., 2002; Poon, 2001; Travaux publics et services gouvernementaux Canada, 2001)

Octroi des mandats

- ☑ Octroyer les mandats à l'équipe intégrée.

Élaboration du design préliminaire

- ☑ Effectuer une deuxième évaluation des indicateurs de qualité du design avec la nouvelle équipe intégrée ;
- ☑ Élaborer des rencontres périodiques fréquentes avec les membres de l'équipe intégrée pour assurer la concordance du design avec les spécifications du projet et les besoins du client (mesure des indicateurs de qualité du design) ;
- ☑ Considérer les critères de flexibilité, durabilité et déconstructibilité du bâtiment.

Élaboration des plans et devis d'exécution définitifs

- ☑ Élaborer des rencontres périodiques fréquentes avec les membres de l'équipe intégrée pour assurer la concordance du design avec les spécifications du projet, les besoins du client et les différents champs d'expertise (mesure des indicateurs de qualité du design) ;
- ☑ Considérer le concept de flexibilité ;
 - Minimisation de l'utilisation de matériaux de finition
 - Choix des types de finition
 - Systèmes d'aménagement
 - Design de la structure
 - Standardisation des espaces
- ☑ Considérer le concept de déconstruction ;
 - Dimensions et matériaux standards
 - Éléments modulaires
 - Composantes détachables
 - Joints et raccordements mécaniques
 - Étiquetage des matériaux et composantes

- ☑ Choisir des matériaux minimisant la production de MR ;
 - Dimensions standards
 - Matériaux durables demandant peu d'entretien (analyse de cycle de vie)
 - Matériaux ou éléments récupérés d'autres projets
 - Matériaux ayant un contenu recyclé
 - Matières respectant le concept des 5RV
 - Matériaux dont les résidus peuvent être retournés au manufacturier pour les réintroduire dans le cycle de production

- ☑ Choisir des technologies de construction minimisant la production de MR ;
 - Préfabrication
 - Minimisation des ouvrages temporaires

- ☑ Élaborer des plans et devis en y incluant les spécifications sur les options de design, les matériaux, les technologies de construction et la liste des informations à recueillir et les indicateurs de performance à vérifier durant la construction.

Construction

- ☑ Élaborer et mettre en œuvre un plan de gestion des MR *in situ* ;
 - Audit
 - Inventaire de chaque production de MR et options possibles de disposition

 - Plan de réduction
 - Respect des 5RV-E en mettant l'accent sur la réduction et le emploi sur le site
 - Considération des matières dangereuses prévues et imprévues
 - Précaution dans les commandes de matériaux et sensibilisation sur le suremballage auprès des fournisseurs
 - Aire d'entreposage et de disposition
 - Signature du plan par le client et les sous-traitants pour assurer la responsabilité des MR

 - Mise en œuvre et suivi
 - Programme de communication et d'identification des installations
 - Formation et boîte à outils
 - Promotion et motivation
 - Sensibilisation du voisinage
 - Suivi des matières sur le chantier jusqu'aux filières de disposition

- ☑ Mesurer régulièrement les indicateurs de performance concernant la production de MR, les coûts encourus et les bénéfices rapportés ;
- ☑ Rédiger un bilan des MR ;
 - MR produites
 - MR détournées des sites d'enfouissement
 - Analyse des coûts
 - Résumé des problématiques et recommandations
 - Signature du bilan par le client
- ☑ Élaborer un plan de mise en service selon les recommandations des normes et programmes qui régissent le projet³¹ ;
- ☑ Élaborer un plan de déconstruction.

³¹ Le plan de mise en service correspond au plan de durabilité du système LEED Canada-NC 1.0. Tel qu'il est présenté, il peut également s'intégrer à un système de gestion environnemental global, couvrant tous les aspects d'opération et d'occupation du bâtiment.

◆ Porte 4 : Mise en service

(Office of Government Commerce, 2003a, 2005)

Opération

- Suivre le plan de mise en service établi ;
- Orienter les activités de maintenance et d'entretien par rapport aux objectifs de conception (flexibilité, durabilité, déconstructibilité) ;
- Mesurer les indicateurs de performance concernant la production de MR et vérifier la concordance avec le marché et les objectifs de départ ;
- Considérer l'adhésion à un programme de certification pour bâtiment existant ;
- Identifier les problématiques encourues tout au long de l'utilisation du bâtiment ;
- Relever toutes les modifications que le bâtiment a subies tout au long de sa durée de vie utile.

◆ *Porte 5 : Évaluation des bénéfices*
(Office of Government Commerce, 2003a, 2005)

Disposition

- ☑ Effectuer le bilan sur la capacité du bâtiment à répondre aux besoins initiaux.
- ☑ Évaluer la capacité du bâtiment à être à répondre à un changement de vocation.
- ☑ Élaborer et mettre en œuvre un plan de déconstruction des installations.
 - Attribution d'une nouvelle équipe de projet.
 - Mise à jour des informations concernant le bâtiment.
 - Révision du plan de déconstruction préliminaire et des objectifs de détournement des MR des sites d'enfouissement.
 - Suivi des MR en chantier.
 - Mesure régulière de la performance.

ANNEXE VII

LISTES DE VERIFICATION APPLIQUEES AU PROJET DU 740 BEL-AIR

L'intégration des différents événements soulevés et décisions prises tout au long du projet du 740 Bel-Air au processus décisionnel progressif sera présentée en suivant les points de contrôle présentés à l'annexe VI.

◆ *Porte 0 : Évaluation stratégique*

Définition des besoins pour débiter le projet

- ☑ Choisir une équipe de projet et établir les rôles clés ;
 - *TPSGC s'est choisi une équipe de travail, comprenant le gestionnaire de projet Marc Sabourin.*
 - *L'expertise au niveau du développement durable est venue de la firme d'architecture Aedifica.*
- ☑ Identifier toutes les parties prenantes qui sont ou qui seront probablement impliquées dans le projet ;
 - *Gouvernement fédéral.*
 - *Locataires (GRC, la Défense nationale, Développement social Canada, l'Agence des services frontaliers du Canada et l'Agence du revenu Canada).*
 - *Opérateurs du bâtiment.*
 - *Ville de Montréal.*
- ☑ Identifier les principaux objectifs concernant les MR ;
 - *Utilisation d'un site déjà construit et récupération de matériaux et d'éléments d'un ancien bâtiment.*
 - *Minimisation de la production des MR et valorisation.*
 - *Choix judicieux de matériaux dans une perspective écologique.*
- ☑ Identifier les principaux risques concernant les MR ;
 - *Les matériaux et éléments récupérés ne pourront pas être utilisés pour une question de sécurité et de qualité.*
 - *Les ouvriers ne respecteront pas le plan de gestion des déchets en chantier.*

- ☑ Vérifier les programmes de subvention, de certification et les outils disponibles en concordance avec les objectifs de MR préétablis.

- *L'équipe de travail a soulevé GreenGlobes, LEED et GBTool.*

Identification des besoins du projet

- ☑ Effectuer une première évaluation des indicateurs de qualité du design ;

- *Aucun indicateur de qualité du design n'a été utilisé pour le projet.*

- ☑ Déterminer des objectifs clairs concernant le MR et définition des critères de succès ;

- *Utilisation d'un site déjà construit pour récupérer des matériaux et des éléments d'un bâtiment désuet.*

Critères de succès : Choisir l'option de déconstruction au lieu de la démolition.

- *Détournement un maximum de MR des sites d'enfouissement.*

Critères de succès : Favoriser la valorisation des matériaux et la réduction des déchets ;

Mettre en œuvre un plan de gestion des déchets sur le site (démolition et construction).

- *Réduire la production de MR et la consommation des matières premières.*

Critères de succès : Effectuer des choix judicieux de matériaux dans une perspective écologique.

- ☑ Confirmer la capacité du client à répondre aux objectifs.

- *Engagement de TPSGC à adopter des stratégies de minimisation des déchets.*

Identification des options répondant aux besoins

- ☑ Identifier les options pour répondre aux objectifs stratégiques établis ;

- *Le programme de certification LEED Canada-NC 1.0 a été retenu pour le projet.*

- ☑ Vérifier si des bâtiments existants, ou des composantes de bâtiments existants, peuvent être récupérés ou réemployés en tout ou en partie ;
 - *Le site du 740 Bel-Air a été ciblé. Les bâtiments en place ne pouvaient être réemployés pour les besoins du client pour une question de sécurité, mais il y avait possibilité de récupération de matériaux (brique, bois, tôle) et préservation d'une façade (pour le patrimoine seulement).*
 - *TPSGC a également mentionné le réemploi possible de poutrelles métalliques récupérées d'un autre projet du gouvernement fédéral.*

- ☑ Confirmer la nécessité du projet.
 - *TPSGC confirme la nécessité d'un projet réutilisant des éléments récupérés, minimisant la production de matières résiduelles, et détournant un maximum de matières des sites d'enfouissement.*

Préparation à l'élaboration d'un plan d'affaires plus détaillé

- ☑ Vérifier que les besoins identifiés répondent aux objectifs de départ.
 - *TPSGC confirme que les besoins ciblés correspondent aux objectifs initiaux.*

◆ *Porte 1 : Justification du projet*

* *Les services d'une firme d'architecture sont retenus pour assister TPSGC dans la planification du projet de construction. Le consortium ABCP – Beauchamp Bourbeau – Busby et associés se joint donc à l'équipe intégrée.*

Description du projet

- ☑ Identifier les particularités du projet en termes de MR et les critères de performance.
 - *Déconstruction*
 - *Récupérer la quantité nécessaire de matériaux sur le site et réintroduire dans la construction selon les besoins du design et les entreposer adéquatement pour préserver la qualité des matériaux.*
 - *Préserver une façade et la fixer par une structure temporaire.*
 - *Valoriser un maximum des matières résiduelles par le principe des 3R.*
 - *Construction*
 - *Récupération de poutrelles sur un autre site et réintroduction au projet.*
 - *Valoriser un maximum des matières résiduelles par le principe des 3R.*
 - *Diminution de la production de MR (quantité produite vs estimation) par des options de design et des choix judicieux de matériaux.*
 - *Diminution de la quantité de matières premières consommées (quantité de matériaux avec contenu recyclé) par des choix judicieux de matériaux.*

Étude de faisabilité

- ☑ Vérifier la faisabilité.
 - *Une estimation présente que 75 % des MR produites peuvent être détournées des sites d'enfouissement. Ce critère de performance est également ciblé par LEED. Les coûts encourus par une gestion des déchets plus écologique sont semblables à la disposition traditionnelle des déchets.*
 - *L'équipe de travail a conclu que l'objectif de 15 % de contenu recyclé dans les matériaux était facilement atteignable seulement en considérant la structure (acier et béton avec ajouts cimentaires).*
 - *Une estimation préliminaire a permis de fixer des quantités approximatives de matériaux à récupérer.*

Élaboration d'un plan d'affaires détaillé et identification des stratégies d'approvisionnement

- ☑ Identifier les stratégies d'approvisionnement ;
 - *Récupérer les matériaux nécessaires de la déconstruction et les entreposer sur le site.*
 - *Préserver une façade.*
 - *Récupérer des poutrelles d'un autre projet.*
 - *Introduire des directives au niveau du plan de gestion des MR sur le site dans les documents contractuels.*
 - *Soutenir les objectifs de conception pour minimiser la production de MR et la consommation des matières premières (options de design et matériaux) au sein de l'équipe de conception intégrée.*
 - *Développer les stratégies autour de la certification LEED Canada-NC.*
 - *Introduire toutes les spécifications aux documents contractuels.*

- ☑ Élaborer un plan d'affaires détaillé.
 - *L'équipe de travail a élaboré un plan d'affaires détaillé incluant toutes les spécifications concernant les MR et le projet.*

Identification des spécifications de base

- ☑ Identifier les lignes directrices du projet concernant les MR dans le plan d'affaires détaillé.
 - Est-ce que l'utilisation d'indicateurs est considérée ?
 - *Seuls les objectifs mesurables fixés en concordance avec le système de certification LEED Canada-NC ont été retenus comme indicateur. Il n'y aura aucune comparaison avec le marché.*

 - Est-ce que les spécifications en terme de MR sont clairement exprimées et mesurables ?
 - *Oui : 75 % de MR à détourner des sites d'enfouissement, 15 % de contenu recyclé dans les matériaux et les quantités de matériaux récupérés à réintroduire au projet.*

 - Est-ce que les spécifications encouragent l'innovation dans l'approvisionnement au projet ?
 - *Oui, puisqu'il n'y a pas de détail spécifique de design, seulement des lignes directrices.*

 - Est-ce que les spécifications encouragent la flexibilité du bâtiment en termes de modifications et d'adaptations ?
 - *Cet aspect n'a pas encore été abordé par l'équipe de projet.*

◆ *Porte 2 : Stratégie d'approvisionnement*

Préparation des mandats

- ☑ Fixer les critères de sélection de l'équipe d'approvisionnement ;
 - Compréhension du projet
 - *L'équipe de conception devra bien comprendre les objectifs et stratégies ciblés par l'équipe de projet préliminaire.*
 - Proposition du plan de travail
 - *L'équipe devra fixer certaines lignes directrices pour le management des MR sur le site, mais également dans l'approche de design.*
 - Expertise
 - *L'équipe de conception devra posséder un minimum d'expérience sur la gestion des MR en bâtiment et chacun des membres devront en démontrer un intérêt.*
 - *L'entrepreneur général ne sera sélectionné qu'après l'élaboration des plans et devis d'exécution (mode de réalisation traditionnel).*
 - Aptitude à travailler en équipe intégrée
 - *Cet élément n'a pas été considéré dans le cadre du projet.*
 - Créativité
 - *L'équipe de conception devra proposer certaines stratégies novatrices ou originales pour ce qui est de la gestion des MR, notamment sur l'introduction de matériaux récupérés au projet.*
- ☑ Introduire les cibles, les spécifications et les indicateurs.
 - Est-ce que les objectifs de emploi et de recyclage ont été mentionnés ?
 - *La proportion de contenu recyclé dans les matériaux qui doit être de 15 % en moyenne est précisée aux documents contractuels.*
 - *Le taux minimum de détournement des MR des sites d'enfouissement qui doit être de 75 % est indiqué aux documents contractuels.*
 - *Une liste des matériaux récupérés à réintroduire dans la nouvelle construction a été jointe aux mandats.*
 - Est-ce que toutes les spécifications sont claires et ne reflètent aucune ambiguïté ?
 - *Le système de certification LEED Canada-NC 1.0 est joint aux documents contractuels.*

- Est-ce que la façon dont les spécifications sont énoncées stimulera l'innovation dans les propositions ?
 - *TPSGC a bien transmis son engouement pour l'innovation et la créativité.*
- Est-ce que le mode de paiement est dépendant des indicateurs de performance ?
 - *Aucune pénalité, ni bonus n'a été prévu dans l'élaboration des contrats.*

Validation de la stratégie d'exécution et appel de propositions

- ☑ Déterminer le mode de réalisation ;
 - *Dans le cadre de ce projet, le mode de réalisation était prédéterminé par TPSGC. Il s'agit d'un mode de réalisation traditionnel (projet public).*
- ☑ Confirmer les arrangements avec l'équipe en place, s'il y a lieu ;
 - *TPSGC poursuit son mandat avec le consortium ABCP – Beauchamp Bourbeau – Busby et associés et part en processus d'appel de propositions pour le reste de l'équipe de conception.*
- ☑ Partir en processus d'appel de propositions, le cas échéant.
 - *Une section du mandat précise l'engagement de l'équipe de conception par rapport à la problématique des MR.*

Suivi du processus d'appel de propositions

- ☑ Considérer l'expertise et les aspects de DD proposés concernant la minimisation de production des MR dans les propositions reçues.
 - *TPSGC a considéré les différentes propositions concernant les MR, les matériaux écologiques et la réutilisation des matériaux récupérés.*

✦ *Porte 3 : Décision d'investir*

Octroi des mandats

- ☑ Octroyer les mandats de l'équipe intégrée.
 - *Octroi des mandats aux différentes firmes composant l'équipe de conception (ABCP – Beauchamp Bourbeau – Busby et associés, Saïa Deslauriers Kadanoff Leconte Brisebois Blais, Pageau Morel et associés) avec un engagement contractuel sur les objectifs de minimisation de la production de MR, de la consommation de matières premières et de la réutilisation de matériaux récupérés.*

Élaboration du design préliminaire

- ☑ Effectuer une deuxième évaluation des indicateurs de qualité du design avec la nouvelle équipe intégrée ;
 - *Aucun indicateur de qualité du design n'a été utilisé pour le projet.*
- ☑ Élaborer des rencontres périodiques fréquentes avec les membres de l'équipe intégrée ;
 - *L'équipe se réunit périodiquement pour coordonner le design dans chacune des disciplines.*
- ☑ Considérer les critères de flexibilité, durabilité et déconstructibilité du bâtiment.
 - *Projet parallèle : Récupération de matériaux en vue de la nouvelle construction et entreposage sur le site.*
 - *Projet parallèle : Préservation d'une façade.*
 - *Enregistrement en vue d'obtenir une certification en bâtiment durable.*
 - *Option de design : Minimisation des surfaces de revêtement pour assurer la flexibilité des aménagements, mais également la production de résidus de coupe.*
 - *Option de design : Normalisation des grandeurs (aménagement des espaces, mais également dimensions des matériaux).*
 - *Option de design : Planchers surélevés pour faciliter les changements éventuels d'aménagement.*
 - *Option de design : Choix spécifiques de matériaux (matériaux ayant un contenu recyclé, matériaux dont les résidus sont facilement recyclables).*
 - *Option de design : Cloisons flexibles préfabriquées.*
 - *Option de design : Réemploi des matériaux récupérés lors de la déconstruction.*
 - *Les critères de flexibilité et de durabilité ont été considérés, mais le bâtiment n'a pas été conçu pour une déconstruction optimale.*

Élaboration des plans et devis d'exécution définitifs

- ☑ Élaborer des rencontres périodiques fréquentes avec les membres de l'équipe intégrée pour assurer la concordance du design avec les spécifications du projet, les besoins du client et les différents champs d'expertise ;
 - *L'équipe de conception poursuit ses réunions périodiques.*
- ☑ Considérer le concept de flexibilité ;
 - *Option de design : Minimisation des surfaces de revêtement de plancher, aucun revêtement de plafond.*
 - *Option de design : Normalisation des grandeurs au niveau des espaces de bureaux et dans le choix des types de cloison (3 dimensions de montant seulement).*
 - *Option de design : Les cloisons flexibles sont laissées tombées pour des questions économiques.*
 - *Option de design : Planchers surélevés pour faciliter les changements éventuels d'aménagement.*
- ☑ Considérer le concept de déconstruction ;
 - *Option de design : Normalisation des grandeurs au niveau des espaces de bureaux et dans le choix des types de cloison (3 dimensions de montant seulement).*
 - *Option de design : Les cloisons flexibles sont laissées tombées pour des questions économiques.*
 - *Il n'y a eu aucune considération pour des joints et raccordements mécaniques ou encore sur l'étiquetage des matériaux en vue de déconstruire le bâtiment.*
- ☑ Choisir des matériaux minimisant la production de MR ;
 - *Option de design : Minimisation des surfaces de revêtement pour minimiser la production de résidus de coupes.*
 - *Option de design : Normalisation des grandeurs au niveau des espaces de bureaux et dans le choix des types de cloison (3 dimensions de montant seulement) pour minimiser la production de résidus de coupes.*
 - *Option de design : Planchers surélevés et tuiles de tapis pour faciliter les changements éventuels d'aménagement tout en minimisant la production de MR due normalement aux changements électromécaniques et à la pose de nouveaux revêtements de plancher.*
 - *Option de design : Choix spécifiques de matériaux (matériaux ayant un contenu recyclé).*

- *Option de design : Choix spécifiques d'un type de tapis, puisque les coupes peuvent être renvoyées au manufacturier pour recyclage.*
 - *Option de design : Réintroduction des matériaux récupérés lors de la déconstruction (poutrelles à la toiture, briques en revêtement intérieur, bois de plancher en comptoir de bar, tôle métallique en revêtement extérieur).*
- Choisir des technologies de construction minimisant la production de MR ;
- *Aucune option de technologie minimisant la production de MR, telle que la préfabrication, n'a été retenue pour le projet. Seuls quelques éléments de structure d'acier sont prévus d'être assemblés en usine.*
- Élaborer des plans et devis en y incluant les spécifications sur les options de design, les matériaux, les technologies de construction et la liste des informations à recueillir et les indicateurs de performance à vérifier durant la construction.
- *Spécifications sur certains matériaux précis sur le pourcentage de contenu recyclé et les précautions à prendre au niveau des MR.*
 - *Élaboration d'un plan de gestion des matières résiduelles en chantier que l'entrepreneur général devra coordonner et intégrer aux documents contractuels.*
 - *Le système de certification LEED Canada-NC 1.0 est joint aux documents contractuels.*
 - *Une section du contrat engage les soumissionnaires à considérer la problématique des MR dans leurs activités.*
- * Un mandat à prix forfaitaire a été octroyé à l'entrepreneur général (Decarel) avec les mêmes conditions de sélection spécifiques aux MR que lors de la sélection de l'équipe de conception.*
- *Les exigences de gestion des MR ont été introduites aux documents contractuels et un formulaire d'engagement à la récupération et au tri des MR, pour un objectif de 75 % de détournement de l'enfouissement, doit être signé par l'entrepreneur.*
 - *La même formule a été employée dans le cadre de l'octroi des contrats aux sous-traitants spécialisés.*
 - *Dans sa soumission, l'entrepreneur général a procédé à une estimation du budget concernant les MR.*

Construction

- ☑ Élaborer et mettre en œuvre un plan de gestion des MR *in situ* ;
 - *L'entrepreneur général procède à l'embauche d'un coordonnateur de la gestion des MR.*
 - **Audit**
 - *Le coordonnateur de la gestion des MR procède à l'inventaire de chaque classe de MR et identifie les options possibles de disposition pour chacune de ces classes.*
 - **Plan de réduction**
 - *Le coordonnateur de la gestion des MR développe un plan de réduction dans le respect des 5RV-E, comprenant la filière de disposition retenue pour chaque matière*
 - *La filière de disposition retenue pour le tapis n'est pas celle anticipée au départ par l'équipe intégrée. Étant donné le long délai entre la conception et la construction, le manufacturier de tapis ne récupérait plus les résidus de coupe. La destination choisie pour résidus de tapis a donc été l'enfouissement.*
 - *L'entrepreneur général encourage les sous-traitants à prendre des précautions dans les commandes de matériaux pour éviter les surplus.*
 - *L'entrepreneur général désigne des aires d'entreposage protégées selon l'évolution des travaux pour éviter les pertes de matériaux endommagés.*
 - *Une aire de disposition des MR est également désignée pour permettre le tri des matières.*
 - **Mise en œuvre et suivi**
 - *Un programme de formation est mis sur pied. La formation est offerte à chaque nouvel ouvrier sur le chantier en même temps que la réunion de sécurité.*
 - *Création d'une carte comprenant une quinzaine de principes environnementaux. Chaque travailleur doit l'avoir sur lui en tout temps.*
 - *Un système de signalisation a été élaboré et installé sur chaque conteneur.*
 - *Dans chaque espace de repos des travailleurs, de l'information concernant les MR est installée puis constamment mise à jour.*
 - *Un composteur a également été mis à la disposition des travailleurs pour leurs résidus de repas. Le compost récolté leur était distribué.*
 - *Le coordonnateur de gestion des MR assurait le suivi des matières jusqu'aux filières de disposition.*
 - *L'évolution des travaux a amené l'entrepreneur général à disposer une partie des conteneurs dans la rue.*

- *Aucune information n'a été distribuée au voisinage concernant les conteneurs adjacents au chantier.*
 - *Un employé a été affecté directement au tri des matières à cause des contaminations fréquentes par l'extérieur.*
 - *Tous les matériaux récupérés lors de la déconstruction ont été réutilisés, exception faite de la tôle métallique. Les matériaux ayant reposé sur site exposé aux intempéries ont été plus ou moins endommagés. La tôle résiduelle a été envoyée au recyclage de métaux. Un revêtement métallique provenant d'un projet de construction qui n'a pas vu le jour a été récupéré pour le projet 740 Bel-Air.*
- ☑ Mesurer régulièrement les indicateurs de performance concernant la production de MR, les coûts encourus et les bénéfices rapportés ;
- *Les types et quantités de MR produites, réutilisées, recyclées, valorisées et éliminées, ainsi que les coûts reliés sont continuellement mis à jour par le coordonnateur de la gestion des MR.*
- ☑ Rédiger un bilan des MR ;
- *Le coordonnateur rédige une analyse coûts-bénéfices et un bilan des MR. Les problèmes rencontrés y sont également présentés.*
- ☑ Élaborer un plan de mise en service selon les recommandations des normes et programmes qui régissent le projet ;
- *Rien n'a été mis dans le plan de mise en service sur la gestion des MR durant l'opération du bâtiment, puisque le client n'en démontrait pas l'intérêt et que les critères choisis du système de certification LEED Canada-NC 1.0 n'en faisaient pas mention. Cependant, les opérateurs et les utilisateurs du bâtiment ont été sensibilisés aux principes régissant un bâtiment durable. Seules les MR domestiques et de bureaux seront traitées selon les pratiques de cueillette sélective.*
- ☑ Élaborer un plan de déconstruction.
- *Aucun plan de déconstruction n'a été demandé par le client, donc aucune information n'a été prise à ce sujet.*

◆ *Porte 4 : Mise en service*

Cette porte n'a pas été franchie dans l'étude du projet 740 Bel-Air. L'étude de cas s'est arrêtée à la remise du bâtiment au client par l'entrepreneur général.

◆ *Porte 5 : Évaluation des bénéfices*

Tel que mentionné précédemment, l'étude de cas s'est arrêtée avant la quatrième porte, c'est-à-dire avant la mise en service du bâtiment.

LISTE DE REFERENCES

- ABCP - Beauchamp Bourbeau - Busby + Associés. (2004). *TPSGC - EGC Multi-clients 740 Bel-Air Montréal - Devis technique*. Montréal, Canada.
- Addis, W., et Schouten, J. (2004). *Design for deconstruction - Principles of design to facilitate reuse and recycling - C607*. London, UK: Ciria.
- Aecon Québec. *Gérance de construction et de projet*, [en ligne]. http://aeconquebec.com/service_gerance.html Consulté le (2006-12-21).
- André J. Fortin architecte. (2003). *Étude d'un projet de déconstruction au 245 rue Richelieu à Saint-Jean-sur-Richelieu* (Rapport de suivi). Montréal, Québec, Canada: Recyc-Québec.
- Australia Government. *WasteWise Construction Program - Handbook Techniques for reducing construction waste*, [en ligne]. <http://www.deh.gov.au/settlements/industry/construction/wastewise/handbook/> Consulté le (2005-10-16).
- Beltran, J. (2006). Communication personnelle. Montréal, Canada.
- Boma Québec. *Guide de la certification Visez Vert*, [en ligne]. http://www.bomagogreen.com/fr/docs/Application_Guide_f.pdf Consulté le (2007-07-01).
- Bourbeau, C. (2005). Communication personnelle. Montréal, Canada.
- Brand, S. (1994). *How to learn : What happens after they're built*. New York, États-Unis: Penguin Books USA Inc.
- BRE. *SMARTWaste*, [en ligne]. www.smartwaste.co.uk Consulté le (2006-02-20).
- Building Research Establishment. *BREEAM*, [en ligne]. <http://www.breeam.org/> Consulté le (2005-08-03).
- Bureau d'audiences publiques pour l'environnement. (1997). *Déchets d'hier, ressources de demain*. Québec, Canada: Gouvernement du Québec.
- Canadian Standards Association. (1995). *CSA S478-95 (R2001) - Guidelines on durability in buildings*. Mississauga, Canada: CSA.
- Chini, A. R., & Balanchandra, S. *Anticipating and responding to deconstruction through building design - CIB Publication 272*, [en ligne]. <http://www.cce.ufl.edu/pdf/proceedings03.pdf> Consulté le (2005-12-11).
- Cole, R., & Auger, A. (1999). *Guide de l'architecte pour la conception d'immeubles à bureaux en fonction du développement durable*. Ottawa, Canada: TPSGC.
- Commission mondiale sur l'environnement et le développement. (1987). *Our Common Future*. Oxford, UK: Nations Unies.
- Conference on sustainable building Southeast Asia. *About the conference*, [en ligne]. http://www.cibklutm.com/conference_topics.htm Consulté le (2006-01-16).
- Conseil de la science et de la technologie. (2003a). *Avis - Bâtir et Innover - Mémento*. Sainte-Foy, Québec: Gouvernement du Québec.
- Conseil de la science et de la technologie. (2003b). *Le concept de construction durable. Dans Avis - Bâtir et innover*. Sainte-Foy, Québec, Canada: Gouvernement du Québec.

- Conseil du bâtiment durable du Canada. (2004). *LEED Green building rating system - Reference package - LEED Canada-NC 1.0*. Ottawa, Ontario, Canada: CAGBC.
- Conseil du bâtiment durable du Canada. *Accelerating the design and construction of green build*, [en ligne]. http://www.cagbc.org/cagbc_profile/about_us.php Consulté le (2005-12-23).
- Construction Industry Council. *CIC - Design Quality Indicator - Online*, [en ligne]. www.dqi.org.uk/resources Consulté le (2006-03-31).
- Construction Industry Council. *DQI Introductory presentation*, [en ligne]. www.dqi.org.uk/resources Consulté le (2006-03-31).
- Construction Users Roundtable. (2004). *WP 1202 Collaboration. Integrated Information and the Project Life Cycle in Building Design, Construction and Operation*. Cincinnati, États-Unis: CURT.
- Cooper, R. G. *Doing it right - Winning with new products - Working paper No 10*, [en ligne]. www.stage-gate.com Consulté le (2006-10-08).
- Cooper, R. G. *Formula for success in new product development - Working paper No 23*, [en ligne]. www.stage-gate.com Consulté le (2006-10-08).
- Cooper, R. G., Edgett, S. J., & Kleinschmidt, E. J. *Optimizing the Stage-Gate process - What best practice companies are doing (Part 2) - Working paper No 15*, [en ligne]. www.stage-gate.com Consulté le (2006-10-08).
- Coventry, S., et Guthrie, P. (1998). *Waste minimisation and recycling in construction - Design manual - SP134*. London, UK: Ciria.
- Department of Trade and Industry. (2004). *Site waste management plans - Guidance for construction contractors and clients*. London, UK: DTL.
- Desrochers, M. (2004). *Gestion des matières résiduelles de la rénovation du Collège Notre-Dame-de-Lourdes (Rapport final)*. Montréal, Québec, Canada: Recyc-Québec.
- Développement durable - environnement et parcs Québec. *Développement durable : définition, conditions et objectifs*, [en ligne]. <http://www.mddep.gouv.qc.ca/developpement/definition.htm> Consulté le (2005-01-10).
- Dhir, R., Paine, K., Dyer, T. (2004). Recycling construction and demolition wastes in concrete. *Concrete*, 38(mars 2004), 26-28.
- Dorsthorst te B.J.H. et Kowalczyk T. *Design for recycling - Design for Deconstruction and Materials Reuse - CIB Publication 272*, [en ligne]. <http://www.cce.ufl.edu/pdf/proceedings03.pdf> Consulté le (2005-12-11).
- ECD Energy & Environment Canada. (2004). *Rating System and Program Summary*. Toronto, Canada.
- Environmental Technology Best Practice Programme. *Waste account Envirowise*, [en ligne]. <http://www.envirowise.gov.uk/media/attachments/168975/WasteAccount.pdf> Consulté le (2006-03-24).
- Environnement et Faune Québec. (1998). *Plan d'action québécois sur la gestion des matières résiduelles 1998-2008*. Québec, Canada: Gouvernement du Québec.
- Fallon, K. K., & Hagan, S. R. (2006). *10 - Information for the facility life cycle - Report on integrated practice*. Washington DC, États-Unis: The American Institute of Architects.

- Genest, B.-A., & Nguyen, T. H. (1995). *Principes et techniques de la gestion de projets* (2e ed.). Laval, Canada: Les Éditions Sigma Delta.
- Gervais, P. V. (2001). *Note de cours CTN 596 - Administration des contrats de construction*. Montréal, Canada: École de technologie supérieure.
- Green Building Initiative. *History of the Green Globes System*, [en ligne]. <http://www.thegbi.org/greenglobes/history.asp> Consulté le (2006-07-17).
- Green Building Initiative. *Project management*, [en ligne]. http://www.thegbi.org/greenglobes/pdf/1_ProjectManagement_053106.pdf Consulté le (2006-07-17).
- Green Building Initiative. *The GBI : Green Globes*, [en ligne]. <http://www.thegbi.org/greenglobes/history.asp> Consulté le (2007-06-01).
- Guy B. et Shell S. *Design for deconstruction an materials reuse - CIB Publication 272*, [en ligne]. <http://www.cce.ufl.edu/pdf/proceedings03.pdf> Consulté le (2005-12-11).
- Hendricks, C. F., & Janssen, G. M. T. (2001). Construction and demolition waste : general process aspects. *Heron*, 46(2), 79-97.
- Hong Kong Polytechnic University. *Low-Waste Building technologies*, [en ligne]. <http://www.cse.polyu.edu.hk/~cecspoon/lwbt/index.html> Consulté le (2005-11-29).
- iiSBE. *Aperçu de l'iiSBE en 2004*, [en ligne]. www.iisbe.org Consulté le (2005-11-20).
- iiSBE. *About SBTool*, [en ligne]. <http://greenbuilding.ca/iisbe/sbc2k8/sbc2k8-dwn.htm> Consulté le (2007-03-01).
- Kartam, N., Al-Mutari, N., Al-Ghusain, I., Al-Humoud, J. (2004). Environmental management of construction and demolition waste in Kuwait. *Waste Management*, 2004(24), 1049-1059.
- Kibert, C. J. *Deconstruction's role in an ecology of construction - CIB Publication 272*, [en ligne]. <http://www.cce.ufl.edu/pdf/proceedings03.pdf> Consulté le (2005-12-11).
- Kibert, C. J. (2005b). *Sustainable construction - Green building design and delivery*. États-Unis: John Wiley.
- Kibert, C. J., Chini, A. R., & Languell, J. L. *Implementing deconstruction in the United States - Overview of deconstruction in selected countries - CIB publication 252*, [en ligne]. www.dcp.ufl.edu Consulté le (2005-12-11).
- KPI Project Management Group. (2004). *Environment - Key Performance Indicators - Handbook*. Londres, Royaume-Uni: Constructing Excellence.
- Kristinsson, J., Hendriks, C. F., Kowalczyk, T., & Dorsthorst, B. J. H. (2001). *Reuse of secondary elements: Utopia or reality*. Présenté dans le cadre de CIB World Building Congress, Wellington, Nouvelle-Zélande.
- Kwan, J., Mallett, H., Mason, S. et Spencer, D. (2001). *Tool for measuring and forecasting waste generated on site - Scoping study - PR83*. Londres, Royaume-Uni: Ciria.
- Larsson, N. (2000). *Green Building: An Overview*. Ottawa, Canada: Ressources naturelles Canada.
- Larsson, N. (2002). *The Integrated Design Process - Report on a National Workshop held in Toronto in October 2001*. Ottawa, Canada: Ressources naturelles Canada.
- Larsson, N. (2003). *The 2003 C-2000 Process Action Plan*. Integrated Design Process, Ottawa, Canada.
- Larsson, N. (2004). *The integrated design process*. Ottawa, Canada: iiSBE.
- Larsson, N. (2005). *An Overview of the GBC Method and GBTool*. Ottawa, Canada: iiSBE.

- Lepage, J.-F. (2006a). Analyse du cycle de vie des matériaux (pp. Conférence PMI - Favoriser l'intégration du développement durable dans l'industrie de la construction). Montréal, Canada.
- Lepage, J.-F. (2006b). Integrated design process (pp. Conférence PMI - Favoriser l'intégration du développement durable dans l'industrie de la construction), Montréal, Canada.
- Lepage, J.-F., & Tremblay, L. (2003). *Gestion des déchets de construction - Chantier du Mountain Equipment Coop* (Rapport final). Montréal, Canada: Recyc-Québec.
- Mamfredis, V. (2006). *Gestion des déchets CRD sur un chantier résidentiel urbain - Projet Cuvillier*. Montréal, Canada: Studio MMA.
- Ministère de l'environnement du Québec. (1989). *Politique de gestion intégrée des déchets solides*. Québec, Canada: Gouvernement du Québec.
- Ministère de l'environnement du Québec. (2003). *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008*. Québec, Canada: Gouvernement du Québec.
- Myhre, L. *The state of deconstruction in Norway - Overview of deconstruction in selected countries - CIB publication 252*. [en ligne]. www.dcp.ufl.edu Consulté le (2005-12-11).
- Nadeau, R. (2006). Communication personnelle. Montréal, Canada.
- Office de la langue française. *Définition : Ingénierie inverse*, [en ligne]. http://www.granddictionnaire.com/btml/fra/r_motclef/index1024_L.asp Consulté le (2006-08-20).
- Office of Government Commerce. (2003a). Procurement guide - 03 Project procurement lifecycle : The integrated process. Dans *Achieving excellence in construction*. Londres, Royaume-Uni: OGC.
- Office of Government Commerce. (2003b). Procurement guide - 05 The integrated project team. Dans *Achieving Excellence in Construction*. Londres, Royaume-Uni: OGC.
- Office of Government Commerce. (2005). Procurement guide - 11 Sustainability. Dans *Achieving Excellence in Construction*. Londres, Royaume-Uni: OGC.
- Olivier, M. J. (1999). *Gestion des matières résiduelles au Québec*. Saint-Lambert-de-Lauzon, Canada: Les productions Jacques Bernier.
- Peaks to Prairies Pollution Prevention Information Center. *Construction and Demolition (C&D) - Waste management guide*, [en ligne]. <http://peakstoprairies.org/p2bande/construction/c&dwaste/index.cfm> Consulté le (2005-11-22).
- Pitre, M. (2006). *Rapport final - Gestion des déchets de construction - 740 Bel-Air*. Montréal, Canada: Decarel.
- Poon C.S. et Jaillon L. (2002). *A guide for Minimizing Construction and Demolition Waste at the Design Stage*. Hong Kong, Chine: The Hong Kong Polytechnic University.
- Poon, C. S., Wan Yu, A.T. et Jaillon, L. (2004). Reducing building waste at construction sites in Hong Kong. *Construction Management and Economics*(22), 461-470.
- Poon, C. S., Wan Yu, A.T., Wong, S.W. et Cheung, E. (2004). Management of construction waste in public housing projects in Hong Kong. *Construction Management and Economics*(22), 675-689.
- Poon, C. S., Yu, T.W., Ng, L.H. (2001). *A Guide for managing and minimizing building and demolition waste*. Hong Kong, Chine: Hong Kong Polytechnic University.

- Product development institute. *Stage-Gate*, [en ligne]. <http://www.prod-dev.com/stage-gate.shtml> Consulté le (2006-10-08).
- Project Management Institute. (2004). *Project Management Body of Knowledge - PMBOK® Guide* (3e ed.). Newtown Square, États-Unis: PMI.
- Recyc-Québec. (1999). *Guide d'information sur le recyclage des matériaux secs*. Québec, Canada: Recyc-Québec.
- Recyc-Québec. (2003a). *Actes du forum - Forum national sur la gestion des matières résiduelles 2003*. Québec, Canada: Recyc-Québec.
- Recyc-Québec. (2003b). *Bilan 2002 de la gestion des matières résiduelles au Québec*. Québec, Canada: Gouvernement du Québec.
- Recyc-Québec. *Fiche d'information - Les résidus de construction, rénovation, démolition*, [en ligne]. http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/Upload/Publications/zFiche_456.pdf Consulté le (2005-01-12).
- Recyc-Québec. (2006a). *Bilan 2004 de la gestion des matières résiduelles au Québec*. Québec, Canada: Gouvernement du Québec.
- Recyc-Québec. *Répertoire québécois des récupérateurs, recycleurs et valorisateurs*, [en ligne]. <http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/client/fr/repertoires/rep-recuperateurs.asp> Consulté le (2006-01-06).
- Richard, F. (2001). *Guide de gestion des matières résiduelles à l'intention des dirigeants de PME*. Montréal, Québec, Canada: Éditions Ruffec.
- Ritz, G. J. (1994). *Total Construction Project Management*. États-Unis: McGraw-Hill.
- Saskatchewan waste reduction council. *Construction, Renovation and Demolition Waste*, [en ligne]. <http://www.saskwastereduction.ca/crd/index.html> Consulté le (2005-11-29).
- Sinnige, A. (2003). *Construction waste management - A literature review*. Milton, Canada: CANMET Energy Technology Centre-Ottawa.
- The Construction Specifications Institute, & Construction Specifications Canada. *MasterFormat - 2004 Edition Numbers and Titles*, [en ligne]. <https://secure.spex.ca/siteadmin/freedocuments/images/1.pdf> Consulté le (2005-06-01).
- Torrington, M. *Management of construction & demolition waste streams - Overview of deconstruction in selected countries - CIB publication 252*, [en ligne]. www.dep.ufl.edu Consulté le (2005-12-11).
- Travaux publics et services gouvernementaux Canada. (2000a). *Guide du DDN pour la rédaction de devis de construction et de rénovation respectueux de l'environnement*. Hull, Canada: TPSGC.
- Travaux publics et services gouvernementaux Canada. (2000b). *Guide pour la rédaction de devis de construction et de rénovation respectueux de l'environnement*. Hull, Canada: TPSGC.
- Travaux publics et services gouvernementaux Canada. (2001). *Guide pour une construction et une rénovation respectueuse de l'environnement*. Ottawa, Canada: Travaux publics et services gouvernementaux Canada.
- Travaux publics et services gouvernementaux Canada. (2002). *National Construction, Renovation and Demolition Non-Hazardous Solid Waste Management Protocol*. Ottawa, Canada: Gouvernement du Canada.

- Travaux publics et services gouvernementaux Canada. (2004). *Projet du 740 Bel-Air Montréal*. Présenté dans le cadre de Événement bâtiment Contech, Montréal, Canada.
- Travaux publics et services gouvernementaux Canada. *Bureau d'écologisation des opérations gouvernementales*, [en ligne]. <http://www.tpsgc.gc.ca/ecologisation/text/sust-f.html> Consulté le (2007-07-01).
- US Green Building Council. *LEED - Build green. Everyone profits.*, [en ligne]. <http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CategoryID=19> Consulté le (2005-11-25).
- Us Green Building Council. *Green building rating system for existing building - LEED-EB*, [en ligne]. <http://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=913> Consulté le (2007-07-01).
- Vaillancourt, P. (2001). *Analyse du contexte québécois de la gestion des résidus de construction et de démolition*. Mémoire, Université du Québec à Montréal, Montréal, Canada.
- Wilson, O. D., Skitmore, R. M., & Seydel, A. *Waste management in the construction industry - Overview of deconstruction in selected countries - CIB publication 252*, [en ligne]. www.dcp.ufl.edu Consulté le (2005-12-11).
- Winch, G. M. (2002). *Managing construction projects*. Oxford, Royaume-Uni: Blackwell.
- Yin, R. K. (2003). *Case Study Research* (3e ed.). Thousand Oaks, États-Unis: Sage Publications.