

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
Gabriel SYLVAIN

ÉTUDE DE L'IMPACT DE L'ÉMERGENCE DES PROJETS DE BÂTIMENTS
ÉCOLOGIQUES SUR LE PROCESSUS DE LIVRAISON DE PROJET DE BÂTIMENT

MONTRÉAL, LE 22
JUILLET 2013



, Gabriel Sylvain, 2013



Cette licence [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) signifie qu'il est permis de diffuser, d'imprimer ou de sauvegarder sur un autre support une partie ou la totalité de cette œuvre à condition de mentionner l'auteur, que ces utilisations soient faites à des fins non commerciales et que le contenu de l'œuvre n'ait pas été modifié.

PRÉSENTATION DU JURY

CE MÉMOIRE A ÉTÉ ÉVALUÉ PAR UN JURY COMPOSÉ DE :

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

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

Mme Danielle Monfet, membre du jury
Département de génie de la construction à l'École de technologie supérieure

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

LE 14 JUIN 2013

À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier tous ceux qui m'ont soutenu durant la période de rédaction de ce mémoire. Je remercie particulièrement ma conjointe, Sophie, pour ses encouragements et son soutien, sans lequel rien n'aurait été possible, de même que mes quatre enfants, Emmanuel, Alexandra, Élizabeth et Juliette, pour leurs sacrifices énormes. Je remercie également Mme Ellen Meijer pour son apport au présent document ainsi que mes parents, Monique et Mario, pour leurs encouragements continus et leurs exemples de vie.

Je remercie mon directeur, M. Gabriel Lefebvre, pour sa patience, ses conseils et pour le temps qu'il a consacré au suivi de mon travail. Je suis reconnaissant envers les membres du jury qui m'ont accordé de leurs précieux temps pour l'évaluation de ce mémoire.

Finalement, je souhaite remercier les enseignants de l'École de technologie supérieure pour la qualité de l'enseignement et les gestionnaires pour la patience qu'ils ont démontrée envers moi au cours de mes études.

ÉTUDE DE L'IMPACT DE L'ÉMERGENCE DES PROJETS DE BÂTIMENTS ÉCOLOGIQUES SUR LE PROCESSUS DE LIVRAISON DE PROJET DE BÂTIMENT

Gabriel SYLVAIN

RÉSUMÉ

L'industrie de la construction possède les meilleures opportunités d'influencer la situation environnementale en raison de sa part importante dans la consommation d'énergie et dans le réchauffement planétaire. Présentement, la construction écologique est dans les premières étapes d'un changement de paradigme des fondements de son industrie : elle se transforme d'une tendance temporaire en un mode de vie et une façon de transiger des affaires. À ce jour, il demeure, au Québec, très peu de recherche, voire aucune, qui traite de la mise en œuvre du processus de livraison d'un projet de bâtiment écologique, émergeant du nouveau paradigme.

Cette étude présente une revue de la littérature des éléments moteurs et des obstacles environnementaux, économiques et sociaux du changement de paradigme ainsi que les attributs et la structure organisationnelle du processus de livraison issu de l'émergence des projets de construction écologique. Les résultats d'une étude qualitative tenue à l'aide d'un questionnaire judicieusement élaboré, publié par le web et destiné aux professionnels de l'industrie ayant déjà réalisé des projets de bâtiment écologique au Québec, sont présentés et discutés. La présente recherche permettra d'abord aux intervenants de l'industrie de la construction au Québec d'améliorer leur compréhension du changement de paradigme présentement en cours et du processus de livraison d'un projet de bâtiment écologique, et dans un deuxième temps, de s'informer du niveau de compréhension des intervenants de l'industrie de la construction au Québec et puis d'identifier les opportunités d'amélioration.

La revue de la littérature a permis de conclure que le processus de livraison traditionnel n'est pas adapté à la mise en œuvre d'un projet de bâtiment écologique et qu'un changement radical du processus de livraison doit être implanté. Les résultats de l'étude qualitative démontrent que les intervenants de l'industrie de la construction au Québec, particulièrement les professionnels et les entrepreneurs, sont respectivement réfractaires au changement de paradigme et inconfortable face à leurs nouveaux rôles et responsabilités. La sensibilisation, l'éducation et les formations massives des intervenants, soutenues et à grande échelle, s'offrent comme solution évidente pour assurer la mise en œuvre et la pérennité du processus de livraison des projets de bâtiment écologique au Québec.

Mots-clés : processus de livraison, projet de bâtiment écologique, changement de paradigme, Québec, bâtiment vert

A STUDY ON HOW THE EMERGENCE OF GREEN BUILDING PROJECTS IMPACTS THE DELIVERY PROCESS OF BUILDING PROJECTS

Gabriel Sylvain

ABSTRACT

The construction industry has some of the best chances to influence our environmental situation because of the important role it plays in energy consumption and global warming. Green building is currently in the first stages of a paradigm shift affecting the foundations of the construction industry where it used to be a temporary trend but is now changing into a way of life and a way of conducting business. Up to today there has been very little or no research done in Québec on the implementation of the delivery process emerging from the new paradigm brought on by green building projects.

This study presents a review of the literature on the driving forces behind and the environmental, economic and social obstacles in the way of this paradigm shift, as well as the attributes and organizational structure of the delivery process emerging from green building projects. The results from a qualitative study will be presented and discussed. The study was conducted using a carefully elaborated questionnaire posted online for industry professionals having carried out green building projects in Québec. This research will allow industry stakeholders of Québec's construction industry to increase their understanding of the current paradigm shift and the green building delivery process. The study will also indicate the level of this understanding among Québec's construction industry stakeholders and identify ways to improve it.

Review of the literature showed that the traditional delivery process is not suited for the implementation of green building projects and that a radical change must be made in the delivery process. The results of the qualitative study indicated that the stakeholders of Québec's construction industry, especially the professionals and the general contractors, are opposed to the paradigm shift and uncomfortable with their new roles and responsibilities. A large scale campaign involving raising awareness, education and massive training seems to be the obvious solution for safeguarding the implementation and sustainability of the green building project delivery process in Québec.

Key words: delivery process, green building project, paradigm shift, Québec, green building

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 NOTIONS DE BASE ET OBJECTIF DE LA RECHERCHE	3
1.1 La définition d'un projet de bâtiment écologique (PBE).....	3
1.1.1 Les attributs d'un projet de bâtiment écologique	8
1.1.2 Les systèmes d'évaluation de performance écologique des bâtiments.....	9
1.1.3 Le contexte actuel du bâtiment durable en Amérique du Nord.....	10
1.2 Les autres définitions et notions de base essentielles	11
1.3 Objectifs de la recherche.....	11
CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE	15
2.1 Les insuffisances du processus de livraison traditionnel dans le cadre des projets de bâtiment écologique	15
2.1.1 Les attributs du processus de livraison traditionnel.....	15
2.1.2 La linéarité du processus de livraison traditionnel.....	17
2.1.2.1 La conception isolée et le manque d'intégration des systèmes du bâtiment.....	17
2.1.2.2 La création de contraintes défavorables et le gaspillage des ressources.....	19
2.1.3 Les objectifs opposés des intervenants du processus de livraison traditionnel.....	20
2.1.4 Conclusion.....	21
2.2 Le changement de paradigme issu de l'émergence des projets de bâtiment écologique.....	21
2.2.1 Les nouveaux critères de succès du changement de paradigme.....	22
2.2.2 Le changement de mentalité des intervenants des projets de construction	24
2.2.3 Les éléments moteurs et les obstacles du changement de paradigme	25
2.2.3.1 Les éléments moteurs environnementaux du changement de paradigme	25
2.2.3.2 Les obstacles environnementaux du changement de paradigme	27
2.2.3.3 Les éléments moteurs économiques du changement de paradigme	28
2.2.3.4 Les obstacles économiques du changement de paradigme.....	29
2.2.3.5 Les éléments moteurs sociaux du changement de paradigme .	30
2.2.3.6 Les obstacles sociaux du changement de paradigme.....	32
2.2.4 Conclusion.....	33
2.3 Les attributs essentiels du processus de livraison d'un projet de bâtiment écologique	34

2.3.1	L'approche holistique du processus de livraison de PBE	35
2.3.2	La définition claire des objectifs globaux communs.....	37
2.3.3	L'utilisation de nouveaux cadres décisionnels.....	38
2.3.4	Clôture et mise en route des projets écologiques	41
2.3.5	Conclusion.....	42
2.4	La structure organisationnelle de base du processus de livraison de projets de bâtiment écologique.....	42
2.4.1	L'implication hâtive des intervenants	43
2.4.2	L'implication hâtive des entrepreneurs	46
2.4.3	L'augmentation de la collaboration et de la synergie entre les intervenants.....	51
2.4.3.1	La gestion des connaissances par les approches de Co-ingénierie	52
2.4.3.2	La gestion accrue de la documentation et approche d'amélioration continue.....	58
2.4.4	Conclusion.....	60
CHAPITRE 3	MÉTHODOLOGIE.....	61
3.1	Les données de conception	62
3.1.1	Exemple de données de conception.....	65
3.2	Collecte des données.....	70
3.2.1	Outils de collecte des données.....	71
3.2.2	Les limites et la qualité des données	72
3.2.3	Le faible taux de participation et la révision des intervenants visés pour l'étude qualitative	73
3.3	Validation des données	76
3.4	Analyse des données	76
3.4.1	Limite de l'analyse des données et des résultats	78
3.5	Présentation des prochains chapitres.....	78
CHAPITRE 4	LE CHANGEMENT DE PARADIGME.....	81
4.1	Le degré d'importance des caractéristiques du changement de paradigme.....	81
4.1.1	Discussion des résultats.....	85
4.2	Le degré d'importance des éléments moteurs et des obstacles du changement de paradigme.....	87
4.2.1	Discussion des résultats.....	91
CHAPITRE 5	LES ATTRIBUTS ESSENTIELS DU PROCESSUS DE LIVRAISON D'UN PROJET DE BÂTIMENT ÉCOLOGIQUE	97
5.1	Le degré d'importance des outils contribuant à l'émergence du processus de livraison d'un PBE.....	97
5.1.1	Discussion des résultats.....	99
5.2	Le degré d'importance supplémentaire des attributs d'un processus de livraison d'un PBE.....	102
5.2.1	Discussion des résultats.....	108

5.3	Le degré d'importance supplémentaire de la diffusion des objectifs du client dès les premières étapes du projet selon les critères de succès d'un projet de construction.....	113
5.3.1	Discussion des résultats.....	116
5.4	Le degré d'importance supplémentaire de débiter la mise en route du projet dès l'étape de conception selon les critères de succès d'un projet de construction	120
5.4.1	Discussion des résultats.....	124
5.5	Le degré d'importance supplémentaire de mettre en service les équipements comme un tout selon les critères de succès d'un projet de construction.....	126
5.5.1	Discussion des résultats.....	129
CHAPITRE 6	LA STRUCTURE ORGANISATIONNELLE DU PROCESSUS DE LIVRAISON D'UN PROJET DE BÂTIMENT ÉCOLOGIQUE.....	133
6.1	Le degré d'importance supplémentaire des caractéristiques de la structure organisationnelle du processus de livraison d'un PBE	133
6.1.1	Discussion des résultats.....	139
6.2	Le degré d'importance supplémentaire que tous les intervenants soient intégrés dès les premières étapes du projet.....	146
6.2.1	Discussion des résultats.....	152
6.3	Le degré d'importance supplémentaire de l'accentuation de la collaboration et la synergie entre les intervenants	154
6.3.1	Discussion des résultats.....	159
CONCLUSION.....		167
ANNEXE I	LES AUTRES DÉFINITIONS DE BASE ESSENTIELLES	171
ANNEXE II	L'HISTOIRE DE LA PRATIQUE DE PROJET DE BÂTIMENT ÉCOLOGIQUE	179
ANNEXE III	LE DÉVELOPPEMENT DURABLE ET LE BÂTIMENT ÉCOLOGIQUE	183
ANNEXE IV	INFORMATIONS SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES ÉLÉMENTS MOTEURS ET LES OBSTACLES DU CHANGEMENT DE PARADIGME	185
ANNEXE V	ÉTUDE QUALITATIVE	233
ANNEXE VI	TABLEAUX DÉTAILLÉS DES RÉSULTATS DE L'ÉTUDE QUALITATIVE	249
ANNEXE VII	PRÉSENTATION DES RÉSULTATS AUX QUESTIONS FACULTATIVES DE L'ÉTUDE QUALITATIVE	265
BIBLIOGRAPHIE.....		269

LISTE DES TABLEAUX

		Page
Tableau 1.1	Résumé des définitions courantes du bâtiment	5
Tableau 3.1	Processus méthodologique utilisé par Korkmaz et al. (2010).....	63
Tableau 3.2	Résumé des données de conception de l'étude qualitative	68
Tableau 4.1	Degré d'importance des variables dépendantes lié au changement de paradigme (CDP001)	82
Tableau 4.2	Degré d'importance des éléments moteurs et des obstacles du changement de paradigme (CDP002)	87
Tableau 5.1	Degré d'importance des outils contribuant à l'émergence du processus de livraison d'un PBE comme pratique courante (APL001).....	98
Tableau 5.2	Degré d'importance supplémentaire des attributs du processus de livraison d'un PBE (APL002).....	103
Tableau 5.3	Degré d'importance supplémentaire des attributs du processus de livraison pour la rencontre des critères de succès d'un projet de construction d'un bâtiment (APL004)	114
Tableau 5.4	Nombre de projets de bâtiment écologique réalisés selon les entreprises et le type d'intervenants.....	119
Tableau 5.5	Degré d'importance supplémentaire de débiter la mise en route du projet dès les étapes de conception pour la rencontre des critères de succès d'un PBE (APL005).....	120
Tableau 5.6	Le degré d'importance supplémentaire de mettre en service les équipements comme un tout selon les critères de succès d'un PBE (APL006)	126
Tableau 6.1	Degré d'importance supplémentaire des caractéristiques de la structure organisationnelle du processus de livraison d'un projet de bâtiment écologique (SOP001)	134
Tableau 6.2	Nombre de projets de bâtiment écologique réalisés selon le type d'intervenants.....	146

Tableau 6.3	Nombre de projets de bâtiment écologique réalisés par l'employeur selon le type d'intervenants	146
Tableau 6.4	Le degré d'importance supplémentaire que tous les intervenants soient intégrés dès les premières étapes du projet pour la rencontre des critères de succès d'un PBE (SOP002).....	148
Tableau 6.5	Le degré d'importance supplémentaire que tous les intervenants soient intégrés dès les premières étapes du projet pour la rencontre des critères de succès d'un PBE selon les professionnels (SOP002).....	149
Tableau 6.6	Le degré d'importance supplémentaire de la collaboration et la synergie accrues entre les différents intervenants selon les critères de succès d'un PBE (SOP003)	155
Tableau 6.7	Le degré d'importance de la mise en place de nouveaux procédés d'échange d'information et de documentation entre les intervenants (GCPL002)	156

LISTE DES FIGURES

		Page
Figure 1.1	Démarche de la recherche	14
Figure 2.1	Cycle de vie d'un projet de bâtiment traditionnel.....	16
Figure 2.2	Le nouveau paradigme de la construction écologique	23
Figure 2.3	Courbe de la capacité d'influencer les coûts	44
Figure 2.4	Période de collaboration du processus de conception intégrée vs processus de livraison traditionnel	55
Figure 3.1	Démarche de la recherche concernée par l'étude qualitative.....	62
Figure 3.2	Schématisation des données de conception des attributs du processus de livraison d'un PBE	67
Figure 3.3	Relation entre la taille de l'échantillon et la puissance des statistiques	74

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

ACC	Analyse du cycle de vie
ACG	Analyse du coût global
AIA	American Institute of Architects
APL	Les attributs essentiels du processus de livraison d'un PBE
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CASBEE	Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency
CBDCa	Conseil du bâtiment durable du Canada
CCE	Commission de coopération environnementale
CDP	Le changement de paradigme issu de l'émergence d'un PBE
CIB	Conseil International pour la recherche du bâtiment
CICA	Confederation of International Contractors Association
COV	Composés organiques volatils
CVCA	Chauffage, de ventilation et de conditionnement d'air
EPA	Environmental Protection Agency
GCPL	Gestion des connaissances dans le processus de livraison d'un PBE
GES	Gaz à effet de serre
GTA	Greater Toronto Area
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
ONU	Organisation des nations unies
PBE	Project de bâtiment écologique

XX

PCI	Processus de conception intégrée
PLT	Processus de livraison tradition
QAI	Qualité de l'air intérieur
SBM	Syndrome du bâtiment malsain
SOP	La structure organisationnelle du processus de livraison d'un PBE
UIA	Union Internationale des Architectes
UNEP	Nations Environment Program
USEPA	United States Environmental Protection Agency
USGBC	U.S. Green Building Council
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development

INTRODUCTION

Le McGraw-Hill qualifie le bâtiment écologique de « *révolution tranquille* », au-delà de l'édifice, il s'agit de l'une des tendances dont la croissance est la plus rapide toutes industries confondues (Green Building SmartMarket report de 2006 rapporté par Robichaud et Anantatmula, 2011). En effet, la demande pour les bâtiments écologiques a augmenté de façon spectaculaire au cours des dernières années et devrait se poursuivre au cours des 10 prochaines années (Robichaud et Anantatmula, 2011). À l'heure actuelle, les bâtiments écologiques occupent environ 2 % du marché des nouveaux bâtiments non résidentiels aux États-Unis et au Canada (CCE, 2008; Pulaski et al., 2003; Sobin, Molenaar et Gransberg, 2010). Toutefois, les progrès de la technologie des dernières années combinés à la conscientisation de l'industrie de la construction aux dommages sur l'environnement de leurs activités, et depuis peu, aux avantages financiers, a contribué à la transformation rapide de l'image du bâtiment écologique. D'ailleurs, plusieurs professionnels soulignent que la question à se poser n'est pas si les bâtiments écologiques deviennent pratique courante, mais plutôt quand ils le deviendront (Landman, 1999).

Au-delà des performances environnementales, les projets de bâtiment écologique se distinguent des projets de bâtiment traditionnel par leurs processus de livraison et la performance des bâtiments (Korkmaz, Horman et Riley, 2009). Ces projets modernes créent de nouvelles exigences administratives et complexifient toutes les étapes de la livraison du bâtiment. À cet égard, de nombreuses études ont démontré que le processus de livraison traditionnel, encore abondamment utilisé aujourd'hui, n'est pas en mesure de répondre aux besoins spécifiques que représente un projet de bâtiment écologique (Lapinski, Horman et Riley, 2006; Sobin, Molenaar et Gransberg, 2010). Malgré cette prise de conscience, les intervenants de la construction s'attachent aux pratiques de gestion traditionnelles, ce qui crée des dysfonctions lors de l'exécution de projets de bâtiment écologique (Glavinich, 2008; Riley, Pexton et Drilling, 2003; Robichaud et Anantatmula, 2011; Shelbourn et al., 2006).

Face à ce nouveau défi, l'industrie de la construction doit repenser tous les aspects de ses opérations, modifier ses pratiques et mettre au point un processus de livraison structuré pour la gestion de projet de bâtiment écologique (PBE). L'objectif de cette recherche est donc de définir clairement et de manière globale l'impact du changement de paradigme présentement en cours en fournissant une compréhension structurée des attributs clés et de la structure organisationnelle du processus de livraison d'un PBE qui ne sont pas pratique courante dans l'industrie de la construction.

Pour étudier cette problématique, le présent mémoire se divise en six grands chapitres. Dans le premier chapitre, les notions de base nécessaires à la compréhension du mémoire sont présentées. Dans le deuxième chapitre, une revue de la littérature scientifique traitant de la gestion des projets de bâtiment traditionnel et écologique est proposée; il s'agit du cœur du présent ouvrage. Cette revue permettra d'établir les données de référence et de comparaison pour les résultats obtenus suite à l'étude qualitative effectuée auprès des professionnels de l'industrie.

Le troisième chapitre décrit la méthodologie utilisée lors de l'étude qualitative de cette recherche pour l'obtention de résultats factuels. Elle a été réalisée auprès des intervenants de l'industrie de la construction au Québec ayant déjà réalisé des projets de bâtiment écologique au cours des dernières années. Les données de conception, la méthode de la collecte, la validation et l'analyse des données y sont détaillées. Dans le quatrième, le cinquième et le sixième chapitre, les résultats sont présentés, interprétés et discutés par rapport aux données de référence du deuxième chapitre. Dans ces chapitres, il sera possible de valider les impacts réels des projets de bâtiment écologique, soit de valider le niveau de compréhension et de mise en œuvre des intervenants de l'industrie de la construction au Québec; de fournir un cadre pour la mise en œuvre d'un processus de livraison spécifique au PBE; d'identifier les opportunités d'amélioration; de fournir une méthodologie de recherche. Ipso Facto, cette recherche permettra aux professionnels, aux entrepreneurs et aux équipes de projet désirant réaliser un PBE, d'adapter ou de parfaire leurs pratiques de gestion de projet pour ainsi améliorer les chances de succès.

CHAPITRE 1

NOTIONS DE BASE ET OBJECTIF DE LA RECHERCHE

1.1 La définition d'un projet de bâtiment écologique (PBE)

Un projet de bâtiment écologique (PBE) diffère d'un projet de bâtiment dît traditionnel en raison de l'ajout accru d'objectifs sociaux, environnementaux et économiques tout au long du processus de livraison. Ce type de projet est une amélioration significative du projet de bâtiment traditionnel par son livrable, le bâtiment. Il consomme significativement moins d'énergie, d'eau et de matériaux, produit un environnement de travail plus sain et améliore grandement la qualité de l'environnement bâti (Lucuik, 2005). À l'heure actuelle, le bâtiment écologique dépasse les enjeux environnementaux qui lui sont souvent associés en raison des premiers efforts dans des années 1960 à 1980 qui se limitaient à l'économie d'énergie (CCE, 2008) (*Voir : ANNEXE II pour plus de détails*). Au-delà du livrable, le bâtiment écologique est en soi un mode de réalisation, un processus de livraison de projet. Selon la Commission de coopération environnementale, le bâtiment écologique évoluera au point de devenir « [...] *un processus continu permettant de créer des matériaux, des bâtiments et des collectivités axés sur la santé, la restauration et la récupération, et de renforcer le tissu économique, environnemental et social [...]* » (CCE, 2008, p.47) (*Voir : ANNEXE III pour plus de détails*). Les systèmes d'évaluation environnementale de bâtiments écologiques qui évaluent le projet de la conception jusqu'à son exploitation ont d'ailleurs fortement contribué à l'évolution de la définition du bâtiment écologique et à sa renommée.

La définition de la construction écologique du juge Charles J. Kibert présentée lors du symposium international sur le développement durable organisé en 1994 par le Conseil International pour la recherche du bâtiment (CIB) à Tampa en Floride demeure encore aujourd'hui une référence¹. Selon Kibert, la construction durable est l'ensemble des activités de l'industrie de la construction basé sur des principes écologiques et d'efficacité des

¹ L'historique de la construction écologique et du développement durable est présenté aux ANNEXE II et ANNEXE III respectivement

ressources qui contribuent à la durabilité dans les secteurs environnementaux, économiques et sociaux par son produit, le milieu bâti² (Kibert, 2007; 2008; Kunszt, 2003; Nelms, Russell et Lence, 2005; Ofori, 1998). Par définition, le bâtiment écologique est une composante de la construction écologique appliquant les thèmes fondamentaux du développement durable (Kibert, 2008; Landman, 1999; Sage, 1998; Shelbourn et al., 2006). La norme proposée par l'ASTM E06-71 « *La spécification de l'ensemble minimum d'attributs pour un bâtiment qui prétend favoriser la durabilité* » [traduction] définit d'ailleurs les exigences minimales pour un bâtiment écologique (Trusty, 2008, p.6). Toutefois, malgré les efforts effectués à travers le temps, il n'existe pas de définition unique unanimement acceptée pour définir la construction durable et le bâtiment écologique. Cette incertitude est liée directement à la définition du développement durable (ou durabilité) qui est à la fois large, englobante et floue quant aux stratégies et aux attitudes de conception durable (Cywinski, 2001; Zachariah, Kennedy et Pressnail, 2002). De plus, l'éventail de questions environnementales ne cesse de croître. Il continuera donc d'exister une certaine ambiguïté pour ce qui est de présenter une définition précise du bâtiment écologique. C'est d'ailleurs l'une des raisons pour laquelle les auteurs, les organismes et les sociétés impliquées dans la mise en œuvre de PBE possèdent leurs propres définitions ou s'opposent aux définitions couramment utilisées (Lucuik, 2005). Le Tableau 1.1 ci-dessous dresse un portrait global des définitions les plus utilisées dans l'industrie de la construction pour caractériser le bâtiment écologique.

² Voir la définition à l'ANNEXE I

Tableau 1.1 Résumé des définitions courantes du bâtiment

Terme	Définition	Source
Conception durable	« Une philosophie de conception qui vise à maximiser la qualité de l'environnement bâti, tout en minimisant ou en éliminant les impacts négatifs sur l'environnement naturel. » [traduction]	McLennan 2004, The Philosophy of Sustainable Design / (Robichaud et Anantatmula, 2011, p.49)
Construction durable	« Dans la perspective plus large du développement durable, l'effort de l'industrie de la construction à utiliser les ressources naturelles plus efficacement et à atténuer les effets néfastes des bâtiments et des activités de construction sur l'environnement. » [traduction]	(Mago, 2007, p.1)
Construction durable	« L'objectif de la construction durable est de créer et d'exploiter un environnement construit sain en fonction de l'efficacité des ressources et la conception écologique en mettant l'accent sur les sept principes de base couvrant le cycle de vie du bâtiment : la réduction de la consommation des ressources, la réutilisation des ressources, l'utilisation de ressources recyclables, la protection de la nature, l'élimination des substances toxiques, l'évaluation du coût du cycle de vie, et la qualité. » [traduction]	Kibert 2005, quoting the Conseil International du Bâtiment CIB, Sustainable Construction: Green Building Delivery and Design / (Robichaud et Anantatmula, 2011, p.49)
Bâtiment écologique	« Les bâtiments [écologique] qui sont conçus, construits et exploités de façon à stimuler l'environnement économique, sanitaire, et la productivité au-delà de la construction conventionnelle. » [traduction]	U.S. Green Building Council momentum / (Robichaud et Anantatmula, 2011, p.49)
Bâtiment écologique	« Une conception, une construction, et une exploitation soignée ainsi qu'une réutilisation ou élimination du milieu bâti en respectant l'environnement, l'efficacité énergétique et les principes durables; ces définitions peuvent être utilisées de façon interchangeable pour celles du bâtiment de haute performance, du bâtiment écologique, de la conception globale de bâtiment, du bâtiment durable, et de la conception durable. » [traduction]	McGraw-Hill Construction 2006, Green building smart market report/ (Robichaud et Anantatmula, 2011, p.49)
Bâtiment écologique	« La pratique de (1) accroissement de l'efficacité avec laquelle les bâtiments et l'énergie, l'eau et les matériaux sont utilisés sur le site, (2) la réduction de l'impact sur la santé humaine et l'environnement grâce à une meilleure conception, construction, exploitation, maintenance et disposition durant le cycle de vie du bâtiment. » [traduction]	Cassidy 2003, quoting the Office of the Federal Environmental Executive White Paper on Sustainability / (Robichaud et Anantatmula, 2011, 49)

Terme *(Suite)	Définition (Suite)	Source (Suite)
Bâtiment écologique	« <i>Le processus de construction qui incorpore des considérations environnementales dans toutes les phases du processus de construction de maisons. Cela signifie que lors de la conception, de la construction et de l'exploitation d'une maison [ou d'un bâtiment]; l'efficacité de l'énergie et de l'eau, l'aménagement de lotissements, la conception de bâtiment et le choix de matériaux économes de ressources, la qualité de l'environnement intérieur, la maintenance par le propriétaire, et l'impact global de la maison sur l'environnement sont tous pris en compte.</i> » [traduction]	National Association of Homebuilders 2006, Model green homebuilding guidelines / (Robichaud et Anantatmula, 2011, p.49)
Bâtiment écologique	« <i>Le bâtiment écologique réfère à la qualité et aux caractéristiques de la structure créée en utilisant les principes et les méthodes de construction durable.</i> » [traduction]	(Kibert, 200, p.98)
Bâtiment écologique	« [...] <i>l'utilisation de pratiques et de matériaux préférables du point de vue de l'environnement dans la conception des bâtiments, le choix de leur emplacement, leur construction, leur exploitation et leur élimination finale. Cette notion englobe la rénovation et la modernisation des bâtiments existants ainsi que les nouvelles constructions, qu'il s'agisse de bâtiments résidentiels, commerciaux, publics ou privés.</i> » [traduction]	(CCE, 2008, p.1)
Bâtiment écologique	« [...] <i>la conception et la construction de bâtiments à l'aide de méthodes et de matériaux qui utilisent efficacement les ressources et qui ne compromettent pas l'environnement, la santé ou le bien-être des occupants de l'immeuble, des travailleurs de la construction, du public ou des futures générations.</i> » [traduction]	(Landman, 1999, p.II)
Bâtiment écologique	« <i>Le bâtiment écologique est l'utilisation de processus et la création de structures qui sont écologiquement responsable et économe en ressources, et ce tout au long du cycle de vie d'un bâtiment, soit lors de la conception, de la construction, de l'exploitation, de l'entretien, des rénovations et de la déconstruction. Cette pratique complète et élargit les préoccupations classiques de construction concernant l'économie, l'utilité, la durabilité et le confort. Le bâtiment écologique est également connu comme le bâtiment durable ou de haute performance.</i> » [traduction]	United States Environmental Protection Agency (USEPA) / (Zigenfus, 2008, p.9)

Selon Robichaud et Anantatmula (2011) les définitions du bâtiment écologique trouvées dans la littérature scientifique peuvent être résumées en une philosophie et une pratique associée à la gestion de projet de construction qui cherche à :

- « [...] *minimiser ou éliminer les impacts sur l'environnement, les ressources naturelles et les sources d'énergie renouvelables pour promouvoir la durabilité de l'environnement (milieu) bâti.*
- *améliorer la santé, le bien-être et la productivité des occupants et l'ensemble des communautés;*
- *cultiver le développement économique et des rendements financiers pour les développeurs et l'ensemble des communautés; et appliquer l'approche du cycle de vie, de la planification et le développement communautaire; » [traduction] (Robichaud et Anantatmula, 2011, p.49).*

Parmi les nombreux libellés contenus dans la littérature, plusieurs se chevauchent et sont utilisés de façon interchangeable, tels que : construction « *écologique* », « *durable* », ou : bâtiment « *vert* », « *durable* », « *intelligent* », « *de haute performance* », « *à haut rendement énergétique* » (Landman, 1999; Lucuik, 2005). De même, la conception écologique, la conception durable, et la conception verte sont des termes qui décrivent l'application des principes de durabilité à la conception des bâtiments (Kibert, 2008). Pour le présent document, l'expression bâtiment écologique sera utilisée puisque la littérature francophone utilise principalement ce libellé.

Pour quelques auteurs, dont Deane (2008), Riley et al. (2003), Kunzst (2003), Reed (2007) et Zachariah et al. (2002), l'utilisation des expressions dérivées de la construction écologique, telles qu'architecture durable ou bâtiment écologique, est intellectuellement malhonnête puisqu'aucun bâtiment n'est vraiment durable ou écologique. Ces auteurs réfèrent à la seconde loi de la thermodynamique selon laquelle l'appauvrissement des ressources est inévitable dans le maintien de tout environnement.

Par contre, tous s'entendent à l'effet que les activités de construction endommagent l'environnement et conduisent à la nécessité de limiter ces dommages, non seulement pour l'environnement, mais aussi pour la société et l'économie (Shelbourn et al., 2006).

1.1.1 Les attributs d'un projet de bâtiment écologique

Les attributs d'un projet de bâtiment écologique (PBE) incluent la réduction des déchets de construction, de la consommation de l'énergie et de l'eau, l'amélioration de la qualité de l'environnement intérieur, le bien-être des occupants et du milieu bâti environnant, l'intégration de systèmes novateurs aux matériaux et aux produits déjà utilisés dans la pratique (Augenbroe et Pearce, 1998; CCE, 2008; Kibert, 2007; Landman, 1999; Lucuik, 2005). La littérature scientifique regroupe généralement ces attributs en sept domaines communs, soit:

1. La sélection du site et l'orientation du bâtiment;
2. La consommation d'énergie;
3. La sélection des matériaux;
4. La qualité de l'environnement intérieur;
5. La consommation d'eau;
6. Les méthodes de construction;
7. L'analyse du coût global (Kibert, 2008; Zachariah, Kennedy et Pressnail, 2002).

Pour Kibert (2008), le PBE possède trois caractéristiques importantes qui ont contribué à son émergence sur marché de la construction et qui ont été essentielles à son succès. D'abord, il apporte une réponse éthique et pratique aux problèmes environnementaux actuels. Deuxièmement, les PBE apportent presque toujours un avantage économique lorsque l'analyse est basée sur analyse du coût global (ACG). Finalement, les membres de l'équipe de projet, particulièrement les concepteurs, reconnaissent l'effet potentiel de l'immeuble et de son fonctionnement sur les occupants et sur le milieu environnant (Kibert, 2008; Qingrui et Changming, 2013).

1.1.2 Les systèmes d'évaluation de performance écologique des bâtiments

Avec l'émergence des PBE est apparu le besoin de mesurer la performance écologique des bâtiments. Les systèmes d'évaluation de la performance des bâtiments écologiques ont alors été mis sur pied. Au fil du temps, les systèmes d'évaluation ont rencontré de nouvelles fonctions soit, la promotion des bâtiments de haute performance, et l'accroissement de la demande du marché pour de nouveaux PBE et de nouveaux matériaux écologiques à des prix abordables (Deane, 2008; Mago, 2007; Nelms, Russell et Lence, 2005; Syal, Mago et Moody, 2007; Zachariah, Kennedy et Pressnail, 2002).

Parmi les systèmes les plus importants, notons Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency (CASBEE), Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM), The green building program method, C-2000, Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) et GBTool. Le Canada, par le biais du Conseil du bâtiment durable du Canada (CBDCa), a adopté et adapté LEED issu du U.S. Green Building Council (USGBC). LEED est maintenant utilisé aux États-Unis non seulement à titre d'outil d'évaluation, mais également comme standard de facto du bâtiment écologique (Kibert, 2007).

L'effet des systèmes d'évaluation, notamment LEED, s'étend maintenant jusqu'aux sociétés immobilières et aux locataires d'immeuble, qui reconnaissent de plus en plus la valeur ajoutée de la certification des systèmes d'évaluation. Les institutions financières et les bureaux d'assurance commencent à offrir des produits et des tarifs préférentiels pour les bâtiments certifiés (Deane, 2008). Selon Kibert (2008), si l'on devait projeter le taux de croissance du système d'évaluation LEED à la fin de la décennie, la majorité des bâtiments commerciaux et institutionnels seraient conçus et construits selon les critères du système d'évaluation du USGBC.

Cependant, en raison de son utilisation volontaire, il n'existe pas de consensus sur les méthodes à utiliser pour l'évaluation de la performance environnementale des bâtiments. De

plus, les résultats de l'évaluation des données de projet par les systèmes d'évaluation sont divergents et parfois même contradictoires, et ce, pour un même bâtiment. L'évaluation des bâtiments devient alors intimement liée aux systèmes d'évaluation utilisés (Zachariah, Kennedy et Pressnail, 2002). Toutefois, il demeure que les systèmes d'évaluation de performance écologique ont largement contribué à l'émergence et à la singularisation de la nature du bâtiment écologique (Trusty, 2008).

1.1.3 Le contexte actuel du bâtiment durable en Amérique du Nord

Les projets de bâtiment écologique (PBE) ont connus une croissance spectaculaire au cours des dix dernières années; le marché est en processus de changement. Le public et les intervenants de l'industrie sont de plus en plus conscients des avantages de la construction écologique (Pulaski et al., 2003; Robichaud et Anantatmula, 2011). Par contre, malgré les pressions législatives et sociales pour un milieu bâti plus sain, de nombreuses constructions sont encore réalisées dans un mode «*business-as-usual*», sans réaliser les avantages évidents des PBE (Vanegas et Pearce, 2000). Dans les faits, ces projets ne représentent qu'une infime portion du marché de la construction nord-américaine, soit environ 2% du marché des nouveaux bâtiments non résidentiels au Canada. Aux États-Unis, où le marché du PBE est plus mature, de 5 à 8 % des nouveaux bâtiments ont été enregistrés auprès de l'USGBC en 2004 dans le but d'obtenir une certification LEED (CCE, 2008; Lucuik, 2005).

En plus des initiatives des sociétés privées, un nombre croissant de gouvernements nationaux et locaux à travers le pays encouragent les pratiques de construction écologiques à l'aide de divers instruments financiers, de zonage et d'autres incitations réglementaires. Pourtant, la majorité des bâtiments sont toujours conçus et construits avec peu de considération pour les impacts écologiques. Bref, le défi actuel est de construire de façon plus intelligente (U.S. Green Building Council, 2003).

Toutefois, les obstacles à la construction écologique persistent, y compris la capacité de livrer un PBE avec des contraintes de coût acceptables. Un second défi est de repousser les

limites du système, des phases du processus de livraison et des intervenants qui, dans la pratique actuelle, ont la meilleure influence sur la performance du milieu bâti (Augenbroe et Pearce, 1998; Robichaud et Anantatmula, 2011).

1.2 Les autres définitions et notions de base essentielles

Les autres définitions de base, dont celles de l'industrie de la construction, des intervenants, des professionnels, de la construction écologique, de la conception écologique, du processus de livraison, de l'analyse du coût global, du coût de fonctionnement et de l'analyse du cycle de vie sont présentées à l'ANNEXE I.

Notons que dans le présent document et tel que généralement reconnu, les données et les statistiques des États-Unis peuvent être appliquées au contexte canadien. Le Canada et les États-Unis utilisent des méthodes et des normes similaires pour ce qui est de la conception et de la construction de leurs bâtiments. Plusieurs similitudes dans les pratiques commerciales des deux pays, surtout en ce qui a trait aux effets de la productivité des bâtiments écologiques, ont déjà été démontrées dans le passé. Ipso facto, les coûts de construction aux États-Unis sont semblables à ceux observés au Canada (Lucuik, 2005).

Entre les deux pays, cependant, il existe un écart notable au chapitre des coûts de chauffage, de ventilation et de conditionnement d'air (CVCA) des bâtiments, qui reflète les différences climatiques, plus particulièrement pour ce qui est du sud des États-Unis (Lucuik, 2005). Par conséquent, pour le présent ouvrage, les résultats et les données provenant d'études américaines seront considérés équivalents sauf dans le cas des coûts d'installation et d'exploitation des systèmes CVCA où la différence de climat peut considérablement influencer les résultats, le cas échéant des précisions seront apportées.

1.3 Objectifs de la recherche

Bien qu'il existe d'abondantes recherches, lignes directrices, études de cas traitant de la construction écologique, la plupart ne traitent pas des composantes du processus de livraison

(Vanegas et Pearce, 2000). Il existe un besoin de définir les paramètres du processus de livraison d'un PBE, et surtout d'étudier les pratiques de réalisation, car ils se distinguent des projets traditionnels par leurs processus et leurs résultats (Korkmaz, Horman et Riley, 2009; Russell et al., 2007). Selon Shelbourn (2006), le besoin d'une approche structurée pour la mise en œuvre des pratiques de durabilité et des méthodes au sein des projets de construction est criant. Landman (1999) avançait des propos semblables alors qu'elle décriait le manque de constante dans les PBE au niveau de la définition, des méthodes et des processus.

À ce jour, aucun consensus n'a été établi et un processus de livraison alternatif dans les activités courantes de l'industrie doit encore être implanté pour s'ajuster aux exigences des PBE. Pareillement, très peu de recherches, voir aucune au Québec, examine le processus de livraison émergeant du nouveau paradigme qui prend place dans l'industrie de la construction actuellement. Il est reconnu que le processus de livraison des PBE est plus complexe et demande une étroite collaboration de chacun des intervenants (Klotz et al., 2009). Par conséquent, peu de personnes œuvrant dans l'industrie du bâtiment possèdent une compréhension complète et exacte de ce qu'est un bâtiment écologique et du processus de livraison qu'il exige (Lucuik, 2005). Les propriétaires et les équipes de projet doivent donc être guidés lors de leur démarche de gestion d'un projet de bâtiment écologique (Korkmaz, Horman et Riley, 2009; Pulaski, Horman et Riley, 2006; Riley, Pexton et Drilling, 2003).

L'objectif de cette étude est de contribuer à la compréhension des attributs et de la structure organisationnelle d'un PBE et d'encourager les intervenants désirant réaliser un PBE à adapter et/ou parfaire leurs pratiques et leurs connaissances de la gestion de PBE.

Dans le cadre du présent exercice, la revue de la littérature scientifique portant sur les insuffisances du processus de livraison traditionnel, le changement de paradigme, les attributs essentiels et la structure organisationnelle du processus de livraison de PBE permettra, plus spécifiquement :

1. D'améliorer la compréhension des intervenants de l'industrie de la construction du Québec par rapport aux insuffisances du processus de livraison traditionnel et aux éléments fondamentaux du changement de paradigme;
2. D'améliorer la compréhension des intervenants de l'industrie de la construction au Québec en ce qui a trait aux attributs et à la structure organisationnelle du processus de livraison nécessaire au succès d'un PBE;
3. De fournir un cadre pour les recherches futures concernant l'analyse des relations et des pratiques des intervenants de l'industrie de la construction du Québec lors de PBE.

Également, les résultats d'une étude qualitative ciblée auprès des intervenants de la construction du Québec ayant réalisé des PBE dans les dernières années seront mis en relation avec la littérature scientifique. Ces corrélations permettront :

1. **De valider le niveau de compréhension et de mise en œuvre** des intervenants de l'industrie de la construction au Québec qui ont réalisé des PBE par rapport aux lignes directrices et les conclusions des études scientifiques publiées à ce jour dans la revue de littérature;
2. **De fournir un cadre pour la mise en œuvre** d'un processus de livraison spécifique au PBE;
3. **Identifier les opportunités d'amélioration** à court et moyen terme pour les professionnels œuvrant dans le domaine;
4. **Fournir une méthodologie de recherche** pour de valider si dans leurs pratiques les intervenants de l'industrie de la construction au Québec qui ont réalisé des PBE appliquent les lignes directrices et les conclusions des études scientifiques publiées en ce qui concerne le processus de livraison associé au nouveau paradigme issu des PBE.

La Figure 1.1, à la page suivante, illustre la démarche utilisée dans le cadre de la présente recherche.

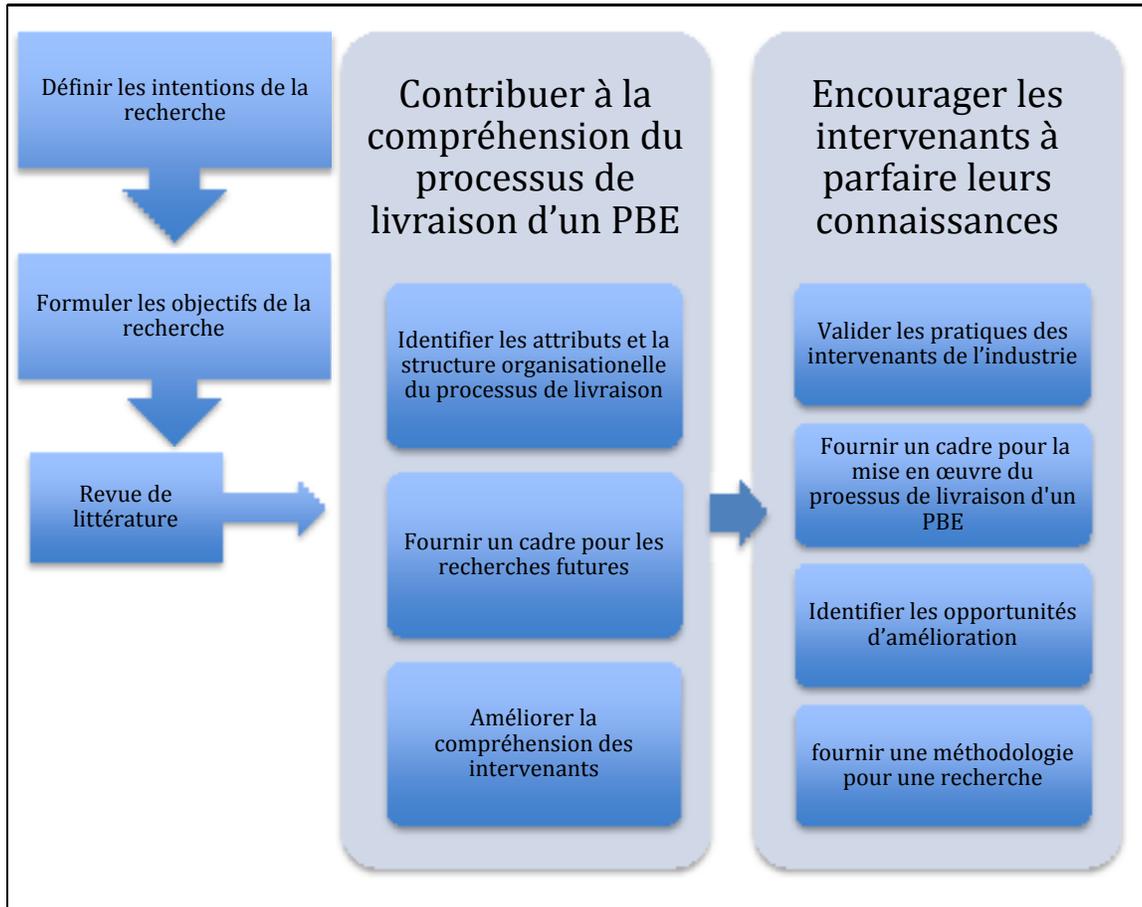


Figure 1.1 Démarche de la recherche

CHAPITRE 2

REVUE DE LITTÉRATURE

2.1 Les insuffisances du processus de livraison traditionnel dans le cadre des projets de bâtiment écologique

La présente section du chapitre 2 présente le constat de la situation actuelle du processus de livraison traditionnel lorsqu'il est utilisé au cours d'un projet de bâtiment écologique (PBE). Les changements des dernières années dans l'industrie de la construction ont entre autre augmenté significativement la complexité des procédés de construction et ont exposé les insuffisances du processus de livraison traditionnel (Acharya et al., 2006). Toutefois, la majorité des PBE sont réalisés selon le processus de livraison traditionnel, et ce, malgré le fait qu'il n'est pas adapté aux besoins de la conception et la construction de PBE (Deane, 2008). En effet, les dysfonctions du processus de livraison traditionnel occasionnent souvent des conflits entre les intervenants, des surcoûts en raison d'imprévus, des erreurs, de nombreux ordres de changement, des travaux à reprendre et des poursuites judiciaires qui retardent la mise en œuvre étendue de PBE (Kibert, 2008; Mago, 2007). La présente section expose les attributs et les insuffisances du processus de livraison traditionnel dans le cadre de PBE.

2.1.1 Les attributs du processus de livraison traditionnel

La littérature scientifique propose plusieurs théories sur le cycle de vie d'un projet de construction traditionnel, toutefois, la majorité s'entend sur un minimum de quatre ou cinq grandes phases. Pour le présent document, les phases du cycle de vie d'un projet de construction traditionnel se limiteront aux phases de faisabilité, de conception, de réalisation et de post construction. Chacune de ces phases se compose de plusieurs sous-phases comme l'illustre la Figure 2.1 ci-dessous.

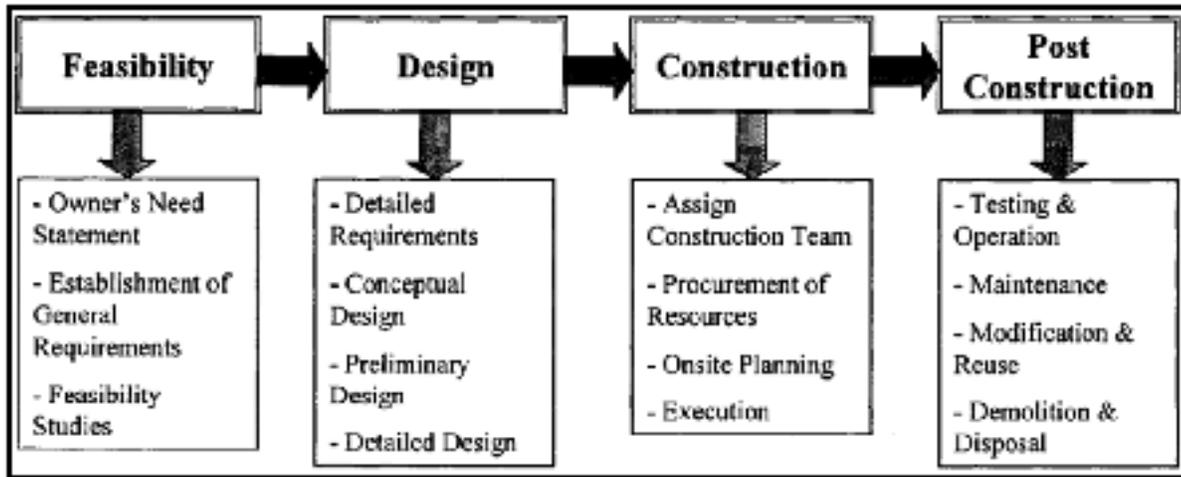


Figure 2.1 Cycle de vie d'un projet de bâtiment traditionnel
Tirée de Mago (2007, p.43)

Le processus de livraison traditionnel débute inévitablement par un accord entre le client et l'architecte au sujet des concepts de base, tels que la configuration générale du projet, l'orientation du bâtiment, la fenestration et, habituellement, l'apparence générale extérieure, de même que les matériaux de base. Il s'agit de l'étape de la faisabilité. Lors de l'étape suivante, la conception, l'architecte produit des plans qui sont transmis aux ingénieurs pour qu'ils matérialisent le concept et proposent les systèmes mécaniques, électriques et structuraux. Les plans sont révisés au besoin pour se conformer au budget du propriétaire et finalement livrés pour l'exécution suite à l'attribution du contrat principal à l'entrepreneur ayant déposé la soumission conforme la moins onéreuse. Alors débute l'étape de réalisation, la construction (Anon, 1991; Deane, 2008; Kibert, 2008; Klotz et al., 2009; Lucuik, 2005; Robichaud et Anantatmula, 2011).

Puis, basés sur l'estimation du projet de l'entrepreneur, les contrats des sous-entrepreneurs et des fournisseurs ainsi que l'échéancier des travaux sont définis et finalisés. Les travaux sont ainsi réalisés selon le contrat signé entre le client et l'entrepreneur. Lors de l'étape de post construction, les professionnels émettent des listes de déficiences selon les documents contractuels du contrat principal. L'entrepreneur produit les garanties et coordonne des

sessions de formation pour les systèmes qui requerront de la maintenance, avec les utilisateurs du bâtiment (Mago, 2007).

2.1.2 La linéarité du processus de livraison traditionnel

L'implication des intervenants est fonction du mode de réalisation. À l'image du cycle de vie du processus de livraison traditionnel, l'implication des principaux intervenants s'effectue successivement, linéairement. Déjà en 1987, O'Connor et al (1987) identifiaient l'utilisation efficace des connaissances et de l'expérience de tous les intervenants en période de conception comme le mécanisme manquant au processus de livraison pour pouvoir atteindre les objectifs globaux des projets de construction. Les membres de l'équipe de conception se trouvent souvent face au fait accompli dans la mesure où ils sont impliqués successivement dans la conception du projet suite à l'établissement des concepts de base du projet par les intervenants précédents.

Pareillement, l'entrepreneur, les sous-entrepreneurs et les fournisseurs se font impliquer dans les phases de construction et post construction seulement, ce qui crée une fracture dans la continuité du processus de livraison (Mago, 2007; Syal, Mago et Moody, 2007). Fondamentalement, le conflit entre la conception et la construction se situe entre le besoin de base du concepteur d'assumer une méthode et une séquence de construction et la responsabilité contractuelle de laisser à l'entrepreneur le plus de liberté possible pour déterminer sa propre méthode et séquence des travaux (Fisher et Tatum, 1997).

2.1.2.1 La conception isolée et le manque d'intégration des systèmes du bâtiment

La contribution successive des membres de l'équipe de projet (architecte, ingénieurs et entrepreneur) résulte en la fragmentation des relations contractuelles et des connaissances disponibles. Cette approche limite l'échange efficace d'information et mène à l'optimisation individuelle par les différents intervenants (Fisher et Tatum, 1997). Les professionnels ont alors tendance à se spécialiser et à offrir des services techniques isolés, créant un effet de silo

rendant difficiles l'intégration des systèmes du bâtiment, la gestion des changements, la réduction des risques et la maîtrise des coûts en cours de projet (Anon, 1991; Deane, 2008; Robichaud et Anantatmula, 2011). Les connaissances de tous les intervenants ne sont pas appliquées systématiquement au cours du processus de livraison de projet et bien souvent l'utilisation de leurs services lors de projet de construction est limitée en raison du manque d'expérience et de la compréhension partielle de l'étape de réalisation par les concepteurs (Deane, 2008; Lam et al., 2009; Lingguang, Mohamed et AbouRizk, 2009; Nelms, Russell et Lence, 2005; Pearce, 2006; Pulaski, Horman et Riley, 2006; Shelbourn et al., 2006). Il en émane un bâtiment fonctionnel, mais peu efficace en raison des systèmes mal intégrés entre eux, provoquant des retards à l'échéancier, des différends entre les intervenants, une réduction des performances globales du projet et bien souvent une perturbation du milieu bâti en périphérie du chantier. Par exemple, un concepteur spécialiste en refroidissement confronté à un local trop chaud aura tendance à augmenter la capacité du système mécanique plutôt qu'à en analyser la cause réelle : une isolation inadéquate ou l'éclairage naturel inapproprié du local. (Lucuik, 2005)

Par ailleurs, les stratégies de conception traditionnelles visent bien souvent la simple conformité à la réglementation (Vanegas et Pearce, 2000). Landman (1999) souligne d'ailleurs que seulement cinq à dix pour cent (5 à 10%) des professionnels du bâtiment intègrent systématiquement des éléments durables dans leurs projets de construction. Par conséquent, bien que certains professionnels proposent des systèmes perfectionnés à haut rendement, l'intégration tardive de ces systèmes dans le processus de livraison ne produit que des augmentations de performance marginales qui ne peuvent pas pallier aux répercussions des décisions initiales de conception inadéquates et peu intégrées entre eux (Kibert, 2007; Lucuik, 2005). Une quantité considérable de clients sont alors insatisfaits en raison de la sous-performance globale de leurs bâtiments (Nelms, Russell et Lence, 2005).

2.1.2.2 La création de contraintes défavorables et le gaspillage des ressources

Également, le manque d'intégration et la fragmentation du processus de livraison traditionnel couplé au manque d'expérience de l'équipe de conception en chantier peut également entraîner l'imposition de contraintes défavorables aux intervenants de la phase de construction et ultimement à l'admission de méthodes de construction inefficaces (Fisher et Tatum, 1997). Le processus de livraison traditionnel élimine pratiquement toute possibilité d'intégrer les connaissances de construction de l'entrepreneur lors des étapes de conception (Lingguang, Mohamed et AbouRizk, 2009). Les études de cas indiquent d'ailleurs que l'intégration des caractéristiques écologiques et des solutions alternatives à mi-mandat d'un projet est la raison de l'augmentation des coûts des caractéristiques durables et des délais supplémentaires de PBE (Charette, 2006; Lapinski, Horman et Riley, 2005; Mago, 2007; Riley, Pexton et Drilling, 2003; Robichaud et Anantamula, 2011). À cet égard, dans bien des cas, ce gaspillage peut être évité par l'implication accrue d'intervenants tels les professionnels et les entrepreneurs possédant les compétences et les connaissances dès la phase de conception pour rationaliser la conception et améliorer les performances globales du projet (Enache-Pommer et Horman, 2008; Pulaski, Horman et Riley, 2006).

Cette impropriété du processus de livraison traditionnel entraîne une quantité énorme de gaspillage des ressources et des déchets de construction nécessitant une nouvelle conception ou des ordres de changement techniques qui auraient pu être évités (Fisher et Tatum, 1997; Florez, Castro et Medaglia, 2012; Yuan, 2013). Historiquement, l'utilisation d'actions correctives durant la phase de construction en réaction au manque d'intégration de la phase de conception, s'est toujours révélée coûteuse et souvent peu efficace (Vanegas et Pearce, 2000). De plus, la complexité inutile du processus linéaire de livraison traditionnel entraîne souvent une augmentation évitable des charges d'exploitation et d'entretien (Kibert, 2007).

2.1.3 Les objectifs opposés des intervenants du processus de livraison traditionnel

La mesure du succès d'un projet est depuis longtemps un point de discorde entre les intervenants. Chacun d'entre eux possède, au minimum, son propre budget, son propre échéancier et ses propres objectifs de qualité pour un projet donné. La réussite du projet pour un intervenant pourrait très bien être un désastre pour un autre. D'ailleurs, lorsqu'il s'agit de déterminer les facteurs critiques de succès, des conflits peuvent surgir. Bien souvent, ces conflits sont créés en raison des perceptions individuelles des intervenants (Acharya et al., 2006; Kraft et Chinowsky, 2003; Lam et al., 2009; Vanegas et Pearce, 2000). Selon Acharya (2006), l'échec des équipes de projet peut être causé par la combinaison de plusieurs facteurs, tels que le manque de communication et d'autonomie des organismes de contrôle, les laisser allées, le refus de compromis, la bureaucratie et le désir du propriétaire pour le contrôle.

Par sa nature contradictoire, le processus de livraison traditionnel est extrêmement difficile à mettre en œuvre lors de PBE. En effet, en raison de la fragmentation du processus de livraison traditionnel, il est fréquent que les objectifs globaux d'un projet ne soient pas clairement compris ou ne soient pas du tout communiqués à tous les intervenants (Blismas et al., 2004). Les étapes de la conception s'effectuent souvent avec un minimum d'interaction entre les disciplines et avec une attention particulière à la vitesse et à l'efficacité de la construction (Kibert, 2008). En raison de son implication en cours de projet, c'est généralement l'entrepreneur qui doit interpréter les objectifs globaux du projet (Mago, 2007). Selon Kibert (2008), sans l'esprit de collaboration, l'atteinte des objectifs des PBE est difficile, voire impossible, dans le climat compétitif et accusatoire du processus de livraison traditionnel. Au surplus, la perception que l'industrie de la construction est un secteur controversé en proie à des conflits demeure présent, ce qui entraîne une coopération limitée entre les intervenants d'un projet (Acharya et al., 2006).

L'absence de travail d'équipe est un problème typique du processus de livraison traditionnel. Lors de ce processus, les membres de l'équipe de projet, des concepteurs jusqu'aux sous-entrepreneurs, sont réunis temporairement, pour une courte période, et aucun suivi post

construction n'est effectué. La plupart des entrepreneurs et sous-entrepreneurs essaient donc de débiter et de terminer le projet le plus rapidement possible (Glavinich, 2008; Robichaud et Anantatmula, 2011). Généralement, ces relations se concluent dans une spirale dynamique de méfiance où le résultat final du projet est sans succès pour les intervenants (Acharya et al., 2006). C'est d'ailleurs dans le but de minimiser les rapports d'opposition, de simplifier l'interaction entre les parties puis de réduire les litiges coûteux et le manque d'expérience des équipes de conception que plusieurs PBE existants ont été réalisés selon le mode de réalisation clé en main (Kibert, 2008; Konchar et Sanvido, 1998).

2.1.4 Conclusion

Bref, l'impropriété de la mise en œuvre du processus de livraison traditionnel lors de PBE repose sur la complexité inutile créée par la linéarité de la démarche non collaborative, au cours de laquelle les objectifs globaux ne sont pas transmis aux intervenants, où les communications et la collaboration interdisciplinaire sont réduites au minimum, et où l'optimisation isolée des performances de chaque système PBE crée un bâtiment sous-optimal, quoique conforme aux codes et règlements en vigueur, à un coût potentiellement plus élevé. Les dysfonctions majeures du processus de livraison traditionnel résident dans le manque d'implication des intervenants dans l'entièreté du projet.

2.2 Le changement de paradigme issu de l'émergence des projets de bâtiment écologique

La prise de conscience de l'impact négatif des bâtiments traditionnels sur l'environnement s'étend aux entreprises, aux industries et aux institutions gouvernementales au point où un nouveau marché s'est instauré (Landman, 1999; Robichaud et Anantatmula, 2011). Venagas et Pearce (2000) soulignent que le changement de paradigme de l'industrie de la construction opère des changements notables dans les processus de livraison couramment utilisés, particulièrement dans l'implication des entrepreneurs, des sous-entrepreneurs et des fabricants / fournisseurs de technologies, de systèmes, de produits et de matériaux dont les bâtiments écologiques sont munis. Au Canada toutefois, selon Lucuik (2005), c'est parmi les

concepteurs de bâtiments et les spécialistes du bâtiment que l'on observe le plus d'intérêt, alors que les entrepreneurs, les promoteurs, les prêteurs et même les propriétaires manifestent peu d'intérêt à ce sujet.

Afin de bien comprendre la transformation du processus de livraison qui s'opère dans l'industrie de la construction suite à l'émergence des bâtiments écologiques, le sous-chapitre suivant expose les nouveaux critères de succès et le changement de mentalité des intervenants des projets de construction issus du changement de paradigme ainsi que les éléments moteurs qui encouragent et les obstacles qui se dressent devant le changement de paradigme.

2.2.1 Les nouveaux critères de succès du changement de paradigme

Un changement de paradigme dans la façon d'aborder les contraintes de temps, de coût et de qualité s'opère présentement dans l'industrie de la construction afin de pallier aux insuffisances du processus de livraison traditionnel et de permettre la mise en place d'un processus de livraison qui répond aux nouveaux besoins des PBE. La Figure 2.2 illustre le nouveau paradigme suggéré par Augenbroe et Pearce (1998) et les paramètres à prendre en compte lors de la gestion de PBE. Ce changement oblige les intervenants à jeter un regard beaucoup plus large sur les critères de réussite traditionnels d'un projet de bâtiment, par exemple :

- le temps, selon l'utilisation de l'évaluation du cycle de vie complet du bâtiment;
- la qualité, selon la considération des paramètres globaux du projet;
- les coûts, selon de nouveaux cadres décisionnels économiques plutôt que purement monétaires (Augenbroe et Pearce, 1998; Kraft et Chinowsky, 2003).

Cette perspective plus étoffée propre au PBE, inspirée du principe du « *Triple bottom line* » (économique, sociale et durabilité environnementale) issue du développement durable, ne signifie pas l'élimination des objectifs traditionnels (coût, temps, qualité), mais plutôt l'incorporation de l'aspect écologique basé sur la durabilité et le cycle de vie d'un bâtiment.

Le défi est donc d'adapter les impératifs de temps, de coût et de qualité aux nouvelles considérations économiques, environnementales et sociales (Deane, 2008; Glavinich, 1995; Lucuik, 2005; Vanegas et Pearce, 2000). L'introduction de la durabilité comme un objectif intégral du projet nécessite toutefois la transition vers l'écologisation des processus de livraison de projet et des procédés de construction ainsi que la redéfinition du rôle actuel des intervenants afin qu'ils puissent contribuer efficacement aux objectifs des projets durables (Mago, 2007).

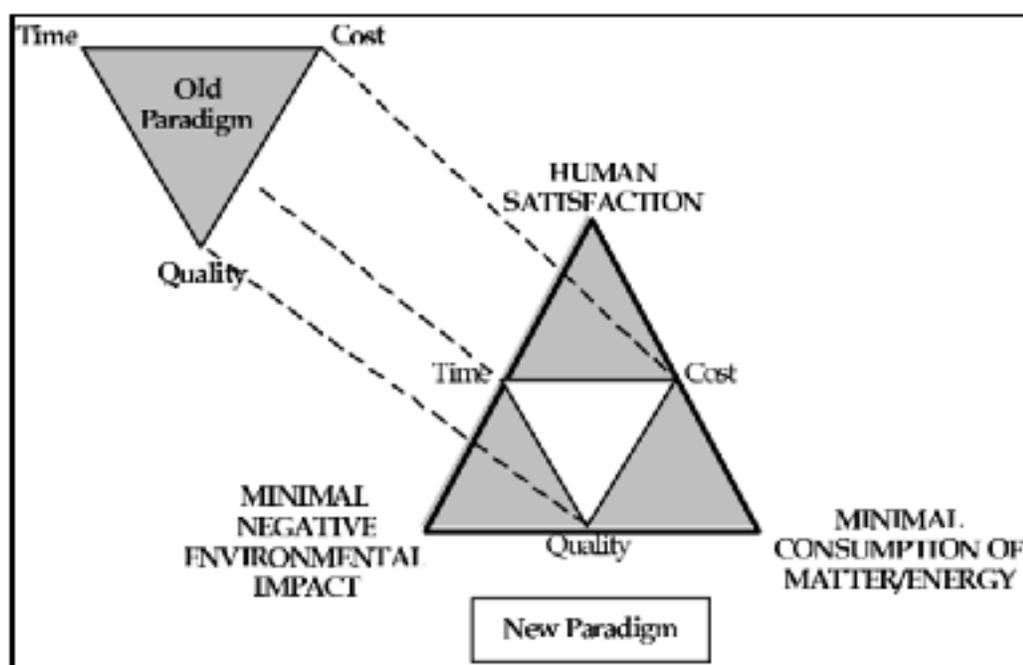


Figure 2.2 Le nouveau paradigme de la construction écologique
Tirée de Augenbroe et Pearce (1998, p.13)

Par contre, ce nouveau paradigme peut être rendu opérationnel seulement grâce à l'introduction d'un nouveau mode de pensée et de nouvelles pratiques de gestion de projet (Mallick, Mathisen et FitzPatrick, 2002). Selon Shelbourn (2006), malgré cette prise de conscience, le besoin d'un processus de livraison structuré et de méthodes de gestion de projet à grande échelle spécifique au PBE demeure entier.

2.2.2 Le changement de mentalité des intervenants des projets de construction

Pour faire face au nouveau défi, les intervenants de l'industrie de la construction doivent revoir toutes leurs opérations et imposer des modifications aux pratiques et aux processus de gestion de projet traditionnels. Selon plusieurs auteurs, il existe un besoin urgent de développer un processus de livraison synergique intrinsèquement viable tant au niveau écologique qu'économique (Augenbroe et Pearce, 1998; Landman, 1999; Shelbourn et al., 2006). Cependant, la nature des intervenants de la construction est évolutive et non révolutionnaire, lente à changer, a tendance à être réfractaire au risque et portée vers le statu quo. Les intervenants de la construction s'attachent aux traditions qui créent les dysfonctions à la mise en œuvre de PBE. Les professionnels voient d'ailleurs les efforts de constructibilité comme une intrusion (Deane, 2008; Kibert, 2008; Kua et Lee, 2002; McIsaac et Morey, 1998; Riley, Pexton et Drilling, 2003; Robichaud et Anantatmula, 2011). Ils acceptent que leur implication soit éphémère et se concentrent uniquement sur les résultats d'un projet actuel et peu ou pas sur les projets à venir. Selon Blismas et al. (2004), ce mode de pensée imprègne chaque aspect de la conception et de la construction d'un projet et elle est sans doute une des causes principales des problèmes actuels de l'industrie. Ce mode de pensée favorise fortement les situations conflictuelles et la fragmentation du processus de livraison. L'impact des processus de livraison alternatifs devra donc être déterminé et prouvé avant leur acceptation répandue puisque les intervenants qui souhaitent persister dans leurs vieilles habitudes pourront citer l'absence d'une argumentation convaincante en faveur de changement (Kraft et Chinowsky, 2003; Ofori, 1998).

Pour McIsaac et Morey (1998), le changement de mentalité, particulièrement l'introduction d'éléments sociaux et environnementaux, jumelé à l'implication grandissante de l'entrepreneur au processus de conception, est accueilli par un sentiment de perte de culture de la profession au sein des intervenants. Les professionnels, particulièrement les ingénieurs, doivent s'apprêter à envisager et à promouvoir des approches écologiques qui ne sont pas nécessairement compatibles avec leurs valeurs et leur culture traditionnelle. En effet, de nombreux intervenants perçoivent les nouvelles considérations des PBE comme un obstacle, avant tout financier, plutôt qu'une opportunité d'en tirer de nouveaux avantages pour eux-

mêmes et pour les membres de l'équipe de projet (Deane, 2008; Qi et al., 2010; Vanegas et Pearce, 2000). D'ailleurs Reed (2007), qualifie le passage d'un système fragmenté à un processus de livraison intégré de saut culturel significatif.

2.2.3 Les éléments moteurs et les obstacles du changement de paradigme

Pour bien comprendre la transformation du processus de livraison qui s'opère dans l'industrie de la construction suite à l'émergence des bâtiments écologiques, la sous-section suivante expose un résumé des éléments moteurs qui encouragent le changement de paradigme et les obstacles qui se dressent contre lui. Certains éléments moteurs sont tangibles. C'est le cas des économies d'énergie, d'eau et de la réduction des déchets de construction. Toutefois, d'autres éléments moteurs demeurent intangibles, soit l'amélioration de la qualité de l'air, de la productivité, le bien-être et la santé des employés (Kats et al., 2003). Le présent sous-chapitre présente un résumé des éléments moteurs et des obstacles du changement de paradigme. Les éléments moteurs et les obstacles au changement de paradigme sont également discutés en détail à l'ANNEXE IV.

2.2.3.1 Les éléments moteurs environnementaux du changement de paradigme

Les activités de l'industrie de la construction sont parmi les principaux contributeurs aux changements climatiques et à l'épuisement des ressources. Au cours de la dernière décennie, les intervenants de l'industrie de la construction sont devenus de plus en plus conscients de leurs impacts sur l'environnement par la pollution causée par le bruit, l'air, les déchets solides, la pollution des eaux, etc. En fait, le bâtiment écologique représente les efforts de l'industrie de la construction pour réduire la dépendance de l'environnement bâti aux ressources naturelles (Kibert, 2008; Landman, 1999; Mago, 2007; Vanegas et Pearce, 2000; Yuan, 2013). Au Canada, les bâtiments seulement sont à l'origine de trente-trois pour cent (33 %) de la consommation d'énergie, de cinquante pour cent (50 %) de la consommation de ressources naturelles, de douze pour cent (12 %) de la consommation d'eau, de vingt-cinq pour cent (25 %) des déchets mis en décharge et de trente-cinq pour cent (35 %) des

émissions de gaz à effet de serre (CCE, 2008; Lucuik, 2005; Yeheyis et al., 2013). Par conséquent, la mise en œuvre et l'exploitation d'un PBE sont motivées par :

1. La réduction des émissions de gaz à effet de serre et les autres polluants atmosphériques attribuables à la consommation d'énergie;
2. La réduction de la consommation de l'eau et des rejets d'eaux usées;
3. La réduction des déchets et de l'utilisation des ressources naturelles;
4. La réduction des polluants liés aux matériaux de construction, aux déchets solides et à la qualité de l'air intérieur et ;
5. La maximisation de l'utilisation des terres.³

À travers le temps, il a été démontré que de meilleures pratiques de conception et de construction peuvent résoudre les défis environnementaux. D'ailleurs, selon le United Nations Environment Programme (UNEP), l'industrie de la construction avait en 2007, les meilleures opportunités de son histoire de réduire l'impact sur l'environnement (Robichaud et Anantamula, 2011). De même, selon Kibert (2008) et Webster (2005), les professionnels, particulièrement les ingénieurs de structure, peuvent déjà réduire les déchets des éléments de structure et les gaz à effet de serre des nouveaux bâtiments de cinquante pour cent (50 %) en utilisant des stratégies simples telles que, spécifier des matériaux récupérés ou recyclés, spécifier des systèmes et des matériaux réutilisables ou recyclés à la fin de leur vie utile.

À cet égard, de nombreux gouvernements fédéraux et locaux américains ont entrepris l'élaboration de mesures incitatives visant à réduire les répercussions environnementales des bâtiments (CCE, 2008). De même, en 2006, Shelbourn (2006) identifiait la gestion des déchets et de l'énergie et le recyclage des matériaux comme étant les domaines offrant le plus de potentiel d'amélioration pour un minimum d'effort et d'impact sur les pratiques l'industrie (Yeheyis et al., 2013).

³ Les références sont détaillées à l'ANNEXE IV

2.2.3.2 Les obstacles environnementaux du changement de paradigme

Malgré les efforts des intervenants de l'industrie de la construction pour réduire l'impact environnemental de la construction, de la démolition, de l'exploitation des bâtiments et de leurs composantes, les bâtiments demeurent dommageables pour l'environnement. En fait, les matériaux de construction en boucles fermées facilement démontables sont inexistantes. D'un point de vue thermodynamique, tous les matériaux engendrent des répercussions environnementales intrinsèques au cours de leur cycle de vie, soit par leur production soit par leur utilisation (Kibert, 2008; Lucuik, 2005).

Le choix de matériaux alternatifs influence très souvent le choix de matériaux connexes qui n'était pas prévu initialement. Une vision holistique du projet est alors inévitable pour assurer la pérennité des ouvrages. Qui plus est, selon l'étude menée par Landman (1999), le manque de fournisseurs de produits et de matériaux durables à proximité du site est un obstacle systématique à la mise en œuvre de PBE. La portée de l'utilisation et des performances des nouveaux matériaux est encore mal définie et les méthodes normalisées pour évaluer la performance environnementale des technologies alternatives n'ont pas encore vu le jour (Augenbroe et Pearce, 1998; Lam et al., 2009; Trusty, 2008). L'industrie de la construction se concentre particulièrement sur la réduction des impacts environnementaux et l'épuisement des ressources, mais se préoccupe peu de l'impact global de l'activité humaine lié au bâtiment sur l'environnement (Kibert, 2007).

Cependant, les produits et les équipements écologiques bon marché sont de plus en plus nombreux, les périodes de retour sur l'investissement deviennent plus courtes et sont souvent compensées par des économies énergétiques et opérationnelles importantes sur la durée de vie du bâtiment (Pulaski et al., 2003; US Green Building Council, 2003). Les changements importants des dernières années se sont opérés principalement dans la réutilisation et le recyclage des déchets de construction et de démolition, tels que le bois, l'acier et le béton, dans l'amélioration des produits traditionnels tels que le béton, et dans le développement de technologies complètement nouvelles telles que les géotextiles. Ces nouvelles technologies

rendent l'emploi de matériaux autrefois perçus comme des déchets possible (Augenbroe et Pearce, 1998; Yeheyis et al., 2013; Yuan, 2013). Toutefois, les matériaux ne sont qu'un élément du changement de paradigme de l'industrie de la construction auquel les PBE prennent part.

2.2.3.3 Les éléments moteurs économiques du changement de paradigme

Un consensus semble s'établir au sein des intervenants de l'industrie de la construction selon lequel les avantages sociaux et économiques des projets de bâtiment écologique proviennent et doivent provenir de la protection des avantages environnementaux. Toutefois quelle que soit l'importance de ces avantages, ils doivent s'accompagner d'avantages économiques bien réels qui constituent, encore aujourd'hui, l'essence des décisions opérationnelles. L'amélioration de l'éclairage naturel est un excellent exemple d'un système de PBE qui combine les avantages environnementaux, sociaux et économiques: la réduction de la demande énergétique du bâtiment pour l'éclairage et le chauffage, la diminution des coûts de fonctionnement, l'amélioration de la santé et le bien-être des occupants ainsi que la réduction des coûts de la main-d'œuvre durant l'exploitation du bâtiment et la hausse des ventes dans le cas d'un milieu du détail (Landman, 1999). Le rapport de Kats et al. (2003) confirme ces bénéfices et conclut qu'un investissement minimal de deux pour cent (2%) entraîne typiquement des économies de plus de dix pour cent (10%) des investissements initiaux. Ces économies proviennent principalement des coûts de main-d'œuvre enregistrés par les occupants.

Assurément, les futurs PBE vont participer activement à la création de nouvelles considérations pour la gestion de projet de construction, issues d'éléments moteurs qui autrefois étaient inconnus de l'industrie :

1. L'intérêt des nouveaux intervenants pour les projets de construction;
2. La rentabilité du bâtiment écologique;
3. Les gains de productivité et la réduction des coûts salariaux liés à la qualité de l'air intérieur;

4. La valeur des propriétés, le taux d'occupation et le taux de roulement;
5. Les programmes gouvernementaux et le leadership des gouvernements dans la mise en œuvre de projets de bâtiment écologique;
6. Les autres éléments moteurs intangibles des projets de bâtiment écologique comme : l'amélioration de l'image, l'autonomie et la réduction de risques futurs, la sécurité renforcée, les efforts de collaboration et les avantages concurrentiels.

Les PBE entraînent inévitablement le passage à de nouvelles méthodes d'analyse de coûts, dont l'analyse du coût du cycle de vie (ACC) ou coût global, qui mèneront à des modifications dans les pratiques de l'industrie de la construction (UNEP, 2003; Qingrui et Changming, 2013). L'implication des gouvernements dans la pratique des PBE, par la mise sur pied de programmes règlementaires et non règlementaires et le développement de nouvelles technologies de haute performance, est immanquable (Robichaud et Anantatmula, 2011). Également, l'instauration d'un partenariat entre les administrations publiques, les associations professionnelles et l'entreprise privée permettra de développer des projets modèles et l'expertise nécessaire à l'adoption massive des PBE dans l'industrie de la construction et des nouvelles législations et réglementations. Finalement, le développement de labels liés à la construction durable tels que Green Firm, LEED, BREAM, et FTSE4Good comme outils d'évaluation et de marketing est aussi un des éléments moteurs qui accentuera la promotion d'un marché compétitif de PBE (Shelbourn et al., 2006).

2.2.3.4 Les obstacles économiques du changement de paradigme

Bien que l'intérêt envers les bâtiments écologiques s'accroît rapidement pour diverses raisons, la notion des avantages financiers de ce nouveau produit n'est pas encore solidement implantée dans le secteur de la construction et de l'immobilier en Amérique du Nord (CCE, 2008). En 2011, les propriétaires, les promoteurs et les autres gestionnaires font toujours face à des obstacles qui empêchent l'adoption universelle de pratiques de construction écologique (U.S. Green Building Council, 2003). L'un des principaux obstacles à l'adoption plus étendue des PBE est la pratique conventionnelle, solidement enracinée dans les

pratiques de gestion de projet qui séparent les budgets d'immobilisations et d'exploitation plutôt que d'utiliser l'analyse du coût du cycle de vie (ACC). Cette approche rend plusieurs investissements initiaux non rentables alors que dans les faits, elle pourrait permettre une réduction appréciable des frais d'exploitation (Qingrui et Changming, 2013). Par exemple, l'investissement supplémentaire de temps et d'argent nécessaire à la période de conception d'un PBE, et l'utilisation de matériaux et de technologies écologiques est encore perçu comme un coût initial inutile. Selon *Korkmaz et al.* (2010) et Zachariah, Kennedy et Pressnail (2002), le changement de paradigme couplé à l'instauration de processus de livraison alternatifs et à l'utilisation de l'ACC, font partie inhérente du remède à ce problème.

Le manque de coordination et le manque d'uniformité dans des politiques gouvernementales visant les PBE sont aussi des obstacles économiques importants (CCE, 2008). Jusqu'à présent, les entités publiques semblent bénéficier largement du mouvement des PBE. Par rapport aux pratiques traditionnelles, les technologies écologiques sont bénéfiques du point de vue sociétal en raison de leur efficacité environnementale. Par contre, elles sont défavorables pour les entreprises qui alignent des objectifs axés sur l'économie à court terme (Beheiry, Chong et Haas, 2006; Nelms, Russell et Lence, 2005). Le gouvernement doit donc s'impliquer davantage par diverses mesures, dont l'introduction de méthodes d'analyse financière basées sur le cycle de vie, et appuyer ces mesures par des recherches, de la formation continue, l'adoption de législation donnant droit à des crédits d'impôt pour l'utilisation de technologies novatrices et la réalisation de PBE, la suppression de subventions aux industries nuisibles à l'environnement et la fourniture de prêts à faible intérêt pour les PBE (Bhattacharjee, Ghosh et Jones, 2013; Landman, 1999; Lucuik, 2005).

2.2.3.5 Les éléments moteurs sociaux du changement de paradigme

Selon le CCE, les professionnels de la construction sont devant la plus grande occasion jamais offerte à l'humanité d'augmenter la qualité de vie des citoyens et la vitalité des systèmes sociaux, économiques et environnementaux (CCE, 2008). Cette opportunité unique

proviendrait, entre autres, du fait que la population passe de quatre-vingt à quatre-vingt-dix pour cent (80 à 90 %) de son temps dans le milieu bâti (UNEP, 2003; Vanegas et Pearce, 2000).

Conséquemment, les considérations sociales directement liées au bâtiment en soi, telles que l'apport accru de lumière naturelle et d'air naturel, la réduction de l'humidité et l'utilisation de matériaux à faible taux d'émissions nocives, sont des éléments moteurs majeurs du changement de paradigme (Chasey et Agrawal, 2013). Selon The World Health Organization, près de trente pour cent (30 %) des bâtiments neufs et rénovés aux États-Unis ont une mauvaise qualité de l'air intérieur et sont porteurs du syndrome du bâtiment malsain (SBM). D'ailleurs, l'Environmental Protection Agency (EPA) classe la qualité de l'air intérieur des bâtiments comme l'un des cinq principaux risques pour la santé (Augenbroe et Pearce, 1998; CCE, 2008; Enache-Pommer et Horman, 2009; Landman, 1999; Zachariah, Kennedy et Pressnail, 2002). À cet égard, une étude, réalisée en 2000 par Lawrence Berkeley National Laboratory et citée par le U.S. Green Building Council (2003) et par Lucuik (2005) conclut que l'environnement intérieur plus sain des PBE réduit les coûts de soins de santé et la perte de temps au travail due aux maladies respiratoires de neuf à vingt pour cent (9% à 20%); dues aux allergies et à l'asthme de dix-huit à vingt-cinq pour cent (18% à 25%); et dues aux autres effets sur la santé de vingt à cinquante pour cent (20% à 50%).

Il existe également d'autres éléments moteurs sociaux bien documentés débordant le cadre du bâtiment et de ses occupants, qui peuvent être des arguments convaincants pour toutes les sphères de la société. En effet, les auteurs scientifiques s'entendent que la mise en œuvre des projets de construction ne peut plus porter que sur des questions purement technologiques et économiques, mais doivent également inclure les besoins culturels actuels, tels que :

- l'amélioration des résultats scolaires et du comportement des élèves dans les écoles;
- l'amélioration de la santé des patients dans les hôpitaux;
- la création d'emploi et l'augmentation de l'embauche locale;
- l'amélioration de la sécurité des travailleurs de la construction;

- la promotion de l'utilisation des transports en commun et la réduction de la densification urbaine;
- l'incitation au maintien et à la création de collectivités et de milieux bâtis sains (Chasey et Agrawal, 2013; Cywinski, 2001; Deane, 2008; Hinze, Godfrey et Sullivan, 2013; Nelms, Russell et Lence, 2005; US Green Building Council, 2003).

Bref, selon les auteurs scientifiques de nombreux éléments moteurs sociaux du changement de paradigme et du PBE produisent des rendements financiers pour les employeurs qui éclipsent les économies associées aux gains de performances mesurables des bâtiments.

2.2.3.6 Les obstacles sociaux du changement de paradigme

Malgré les nombreux avantages qu'apportent les PBE, encore aujourd'hui les obstacles sociaux majeurs sont nombreux. La littérature dénonce largement le manque de connaissances générales, la jeunesse de l'industrie, le manque de sensibilisation ainsi que le besoin de formation, d'éducation des professionnels. Nombreux sont les intervenants de l'industrie de la construction au Canada qui considèrent les PBE comme un changement radical, coûteux et inutile (Bhattacharjee, Ghosh et Jones, 2013; Qingrui et Changming, 2013; Ruano et Cruzado, 2012). Peu d'entre eux possèdent une compréhension complète et exacte de ce que sont des bâtiments écologiques et de la façon dont ils sont construits (Lucuik, 2005). Cette ignorance favorise le statu quo commercial plutôt que les opportunités d'innovation et compromet la vitalité à long terme de l'industrie écologique, particulièrement dans le secteur des prêts et de la réalisation (Kibert, 2008; Klotz et Grant, 2009; Landman, 1999; Lucuik, 2005; Mallick, Mathisen et FitzPatrick, 2002). Le niveau actuel des connaissances de la majorité des intervenants de l'industrie du bâtiment demande un effort collectif accru pour que les PBE soient une réussite. Cependant, les investigations de Landman (1999) confirment que le manque d'intérêt et le manque de formation sont deux barrières primaires à la pratique plus répandue des PBE.

De plus, le manque de main-d'œuvre expérimentée et l'insouciance des travailleurs par rapport aux impacts environnementaux du milieu bâti sont également des obstacles sociaux majeurs au changement de paradigme. L'expansion rapide de l'industrie menace d'aggraver le problème du manque de travailleurs expérimentés des entreprises de services de construction et de conception, ce qui risque d'entraîner l'augmentation des coûts de ces services (CCE, 2008; Zhou, Xu et Yao, 2013).

Les avantages des PBE sont incontestables, mais des recherches sont néanmoins nécessaires pour vérifier et quantifier ces gains avec exactitude. De nombreux experts identifient d'ailleurs la recherche comme le plus grand besoin de l'industrie de la construction. Les progrès de la recherche pourront engendrer d'importantes économies pour les consommateurs et augmenter les performances environnementales ainsi que le rendement des investissements. Cependant, par comparaison aux autres industries, l'industrie de la construction et les gouvernements investissent très peu dans les activités de recherche et développement reliées au PBE. En fait, moins d'un pour cent (1%) du budget fédéral de recherche des États-Unis est alloué à la recherche sur les bâtiments écologiques (CCE, 2008; Landman, 1999; U.S. Green Building Council, 2003). Selon la Commission de coopération environnementale (CCE), les dirigeants des gouvernements et du secteur privé doivent développer conjointement des stratégies intégrées pour transformer le marché et encourager l'adoption accélérée de PBE. Parmi ces stratégies, il est essentiel que la mise à jour de l'information, des pratiques exemplaires, des politiques relatives au PBE, et la diffusion et documentation de l'information soit priorité (CCE, 2008; Zhou, Xu et Yao, 2013).

2.2.4 Conclusion

En résumé, les défis environnementaux, économiques et sociaux du XXI^e siècle exigent une transition vers de nouvelles pratiques de gestion de projet de construction. Cependant, la transition vers ces nouvelles pratiques n'est pas un problème strictement technologique, mais surtout une question de politique et de leadership (Kibert, 2008). La résistance au changement est inhérente à la modification de toute structure et l'inaction impose des risques

environnementaux, économiques et sociaux importants sur l'ensemble de la société (CCE, 2008). Des dispositions doivent alors être mises en place pour assurer des changements progressifs. Selon Robichaud et Anantatmula (2011), le changement de paradigme doit d'abord passer d'une tendance temporaire à un mode de vie et de gestion de projet. Toutefois, selon plusieurs auteurs scientifiques, pour qu'un changement de paradigme complet survienne dans l'industrie de la construction, des transformations considérables dans les processus de livraison doivent être mises en œuvre, particulièrement dans l'implication des entrepreneurs, des fabricants et des fournisseurs (Augenbroe et Pearce, 1998; Korkmaz, Horman et Riley, 2009; Korkmaz et al., 2010; Landman, 1999; Vanegas et Pearce, 2000).

2.3 Les attributs essentiels du processus de livraison d'un projet de bâtiment écologique

Pour couronner de succès un projet de construction, le respect du processus de livraison est fondamental, et ce, puisque plusieurs caractéristiques lui sont subordonnées. Ces caractéristiques sont entre autres, le niveau d'implication, l'autorité, les responsabilités et le niveau de risque de chacun des intervenants, le type de rémunération des professionnels et les liens contractuels (Glavinich, 2008; Kibert, 2008; Pulaski, Horman et Riley, 2006; Syphers et al., 2003). Le processus de livraison des PBE et les nouvelles stratégies de gestion de PBE, à l'inverse du processus de livraison traditionnel (PLT), perçoivent le bâtiment comme un processus plutôt qu'un produit. Ces stratégies reposent sur l'amélioration des techniques de conception et de construction et visent la satisfaction des occupants et le respect des considérations économiques, environnementales et sociales, depuis la conception jusqu'à la fin du cycle de vie du bâtiment (Kibert, 2008; Pulaski, Horman et Riley, 2006; Zigenfus, 2008). Cependant, au même titre qu'il n'existe pas de définition unique unanimement acceptée pour le bâtiment écologique, il demeure une incertitude face à la définition, aux attributs et à la structure organisationnelle du processus de livraison d'un PBE. Toutefois, les auteurs de la littérature scientifique identifient plusieurs caractéristiques communes au processus de livraison, soit :

- la perception du bâtiment comme un tout intégré, la vision holistique;
- l'établissement d'objectifs globaux et leur diffusion à tous les intervenants du projet;

- l'utilisation de nouveaux cadres décisionnels pour guider les concepteurs lors des décisions à caractère écologique;
- l'élargissement de la phase de clôture et la mise en service;
- l'optimisation de l'utilisation des ressources et la réduction de l'inefficacité par des approches de co-ingénierie, telles que la constructibilité et l'approche « *Lean* »;
- l'utilisation du processus de conception intégré;
- l'implication hâtive des intervenants et l'engagement du propriétaire envers l'écologie;
- l'implication hâtive d'une expertise de construction dès les premières étapes du projet;
- l'accentuation de la communication et de la documentation (Enache-Pommer et Horman, 2009; Korkmaz, Horman et Riley, 2009; Korkmaz, Riley et Horman, 2010; Mago, 2007; Zhou, Xu et Yao, 2013).

Quel que soit le processus de livraison utilisé, ces caractéristiques exigent que les phases de conception et de construction des bâtiments écologiques soient reconsidérées afin d'assurer l'intégration des systèmes du bâtiment et l'atteinte des objectifs fixés. La section suivante présente les attributs essentiels, suivi de la structure organisationnelle du processus de livraison d'un projet de bâtiment écologique.

2.3.1 L'approche holistique du processus de livraison de PBE

L'approche holistique est caractérisée par l'emphase sur la performance globale du PBE et les considérations élargies (économiques, environnementales et sociales) plutôt que sur l'optimisation isolée des systèmes du bâtiment (Glavinich, 2008; Huang, 2013; Mirsky et Songer, 2009). Selon ce principe, le bâtiment est perçu comme un tout intégré comprenant des systèmes différents d'une importance vitale, où les décisions de conception affectent le fonctionnement et la performance d'un ou plusieurs autres systèmes (Pulaski, Horman et Riley, 2006; Trusty, 2008; Younos, 2011). Par exemple, un bâtiment qui utilise des techniques d'éclairage naturel peut réduire la quantité de chaleur dégagée par les luminaires

et ainsi permettre l'utilisation d'un système de conditionnement d'air plus petit (Zigenfus, 2008). Ainsi, la sélection d'un système plus performant serait difficilement justifiable, si à l'échelle du bâtiment, l'amélioration de l'efficacité et de la performance globale est marginale ou absente (Augenbroe et Pearce, 1998). De plus, en raison de la nature intégrée des bâtiments, surtout des PBE, la défaillance d'un système peut entraîner une cascade de problématiques par rapport aux systèmes connexes. Il est donc essentiel que tous les intervenants possèdent un niveau de connaissance approprié (Bal, Bryde et Fearon, 2011; Lucuik, 2005). La vision holistique sous-entend également la prise de conscience, par les membres de l'équipe du projet, de la portée des travaux de chacun des systèmes du bâtiment tout au long du processus de livraison; un élément moteur essentiel au changement de paradigme de l'industrie de la construction écologique (Robichaud et Anantatmula, 2011; Syal, Mago et Moody, 2007).

L'approche holistique s'étend au niveau économique, environnemental et social par la considération, entre autres, des critères de succès de toutes les parties prenantes, des mesures de protection de l'environnement, du bien-être et de la santé des occupants, des travailleurs et de la communauté locale durant toutes les phases du projet (Glavinich, 2008; Huang, 2013; Mirsky et Songer, 2009). Par exemple, le mécontentement communautaire peut motiver des groupes activistes locaux à protester puis compromettre la réussite du projet et ainsi créer une image erronée des parties prenantes du projet (Beheiry, Chong et Haas, 2006; Qi et al., 2010). Une attention particulière doit alors être portée aux facteurs internes et externes pour assurer le succès global du projet. Ce sont les considérations élargies.

L'approche holistique est opposée à la gestion de projet traditionnelle basée sur les résultats historiques de réussite individuelle, où les considérations d'efficacité s'effectuent souvent au détriment des objectifs d'opérabilité, de maintenabilité ou d'esthétique du projet (Kraft et Chinowsky, 2003; O'Connor, Rusch et Schulz, 1987). Malgré qu'elle fût suggérée par de nombreux auteurs par le passé, l'approche holistique est largement ignorée par les intervenants de la construction dans la pratique (Reed, 2007).

2.3.2 La définition claire des objectifs globaux communs

Les recherches publiées dans la littérature scientifique soulignent la nécessité d'une définition claire des objectifs écologiques par l'occupant ou le propriétaire pour assurer le succès d'un PBE, et ce, dès les premières étapes du projet (Glavinich, 2008; Mago, 2007; Mathur, Price et Austin, 2008; Syphers et al., 2003). La diffusion et la rencontre des objectifs globaux par tous les intervenants dès les premières phases du projet demandent un processus de livraison plus intégré et la modification des structures contractuelles (Riley et al., 2004). Généralement, l'octroi des contrats de conception lors de PBE est basé sur la performance globale plutôt que sur les critères de coût, de temps et de qualité seulement. Cette nouvelle approche contractante fournit un incitatif financier aux professionnels pour intégrer des caractéristiques écologiques et accepter la participation d'autres intervenants lors de la conception (Kibert, 2008). Malgré l'opposition au changement de paradigme, la majorité des intervenants de la construction s'entendent sur le fait que l'utilisation de spécifications écologiques comme outil contractuel devrait être adoptée dans le secteur de la construction (Zhou, Xu et Yao, 2013). C'est d'ailleurs l'approche préconisée par les plus gros donneurs d'ouvrage tels que le Département américain de la Défense et la Marine américaine, pour atténuer le problème d'augmentation des prix dû aux spécifications écologiques contenues dans les documents d'appel d'offres (Lam et al., 2009; Riley, Pexton et Drilling, 2003).

Pour que les performances escomptées lors de l'établissement des objectifs globaux soient rencontrées, il est impératif que les motifs sous-jacents soient bien définis et surtout entièrement compris par chacun des intervenants (Lam et al., 2009; Mago, 2007). Plusieurs auteurs soulignent d'ailleurs que la transparence des objectifs est un attribut clé du processus de livraison de PBE. Par le passé, le manque de coordination, de compréhension et de transparence des objectifs a conduit à d'importantes erreurs, de nombreux conflits et même à l'échec de projets (Acharya et al., 2006; Augenbroe et Pearce, 1998; Enache-Pommer et Horman, 2009; Glavinich, 2008; Korkmaz, Riley et Horman, 2010).

L'établissement des objectifs globaux dès les premières phases du projet permet également la mise en place hâtive de nouveaux cadres décisionnels de projet et la réduction des modifications importantes de conception ou des ordres de changement en cours de projet (Robichaud et Anantatmula, 2011). Les résultats de l'étude d'Enache-Pommer et Horman (2009) démontrent que la précocité des objectifs est l'un des trois attributs les plus importants pour atteindre le niveau de durabilité recherché dans les projets d'hôpitaux écologiques.

La poursuite des objectifs globaux est toutefois un processus continu qui débute dès les premières phases du projet et qui s'étend jusqu'aux réunions périodiques de chantier (Mago, 2007). Dans certains cas, les membres de l'équipe de projet nomment un coordonnateur ou un champion qui assure le respect des objectifs écologiques au cours de chacune des étapes du projet. La structure organisationnelle du projet doit, par contre, permettre l'intégration de chacun des intervenants, particulièrement l'entrepreneur et le client, tôt dans le projet.

2.3.3 L'utilisation de nouveaux cadres décisionnels

Les nouveaux cadres décisionnels économiques : analyse du coût global (ACG)

Pour les clients et les professionnels, l'analyse du coût global (ACG) (*Voir* : ANNEXE I pour plus de détails) ou l'analyse du coût du cycle de vie fournit un cadre cohérent et complet pour déterminer la rentabilité réelle des investissements supplémentaires des systèmes alternatifs proposés en phase de conception, en évaluant leurs performances au cours de toute la durée de vie utile d'un bâtiment (Charette, 2006; Kibert, 2008; Kunszt, 2003; Qingrui et Changming, 2013; Sepasgozar et Bernold, 2013). Elle permet de qualifier les économies graduelles d'exploitation et d'entretien telles que les économies liées à l'utilisation de techniques de refroidissement naturelles plutôt que d'un système de climatisation mécanique, ainsi que les économies sociétales et économiques telles que la réduction de la main d'œuvre et des frais de soins de santé et d'infrastructure (Huang, 2013; Landman, 1999). Par contre, pour être efficaces et permettre les ajustements nécessaires le cas échéant, les intervenants

doivent être informés de l'impact des décisions à prendre et des alternatives qui ont le potentiel de réduire le coût global, dès les premières étapes du projet.

Cependant, en raison de la linéarité du processus de livraison traditionnel et du manque de formation, peu de projets profitent de l'ACG et peu d'intervenants en comprennent la portée. De plus, la structure organisationnelle conventionnelle dissocie les coûts de construction et les coûts de fonctionnement. Il s'agit d'une raison majeure pour laquelle l'ACG n'est pas fréquemment utilisée par les professionnels de la construction et pour laquelle le PBE n'est pas pratique courante (Huang, 2013; Lucuik, 2005). Au surplus, par mépris de l'indicateur, les directives et les données nécessaires à l'utilisation de l'ACG fournies par les clients sont souvent approximatives (Charette, 2006). Toutefois, les intervenants changent d'opinion lorsqu'ils comprennent que les phases de conception et de construction représentent seulement un pour cent (1%) du coût global d'un bâtiment, tandis que plus de soixante-dix pour cent (70%) du coût global est déterminé durant cette période (Pulaski, Horman et Riley, 2006).

Plusieurs résultats de recherche ont démontré la rentabilité des PBE ainsi que l'efficacité des nouveaux outils d'analyse économique par opposition au processus de livraison traditionnel qui cherche à optimiser ou à réduire uniquement le coût d'investissement (Charette, 2006; Huang, 2013). Certains éléments sont facilement quantifiables, tels que les économies relatives aux coûts de fonctionnement découlant de la conservation d'énergie alors que d'autres sont difficilement quantifiables, tel que les économies liées à la réduction de l'absentéisme. Cependant, il est important d'en tenir compte en raison de leurs énormes influences et potentiels sur les coûts de fonctionnement (Deane, 2008; Lucuik, 2005).

Le nouveau cadre décisionnel conceptuel : l'analyse du cycle de vie (ACV)

Par définition, la conception des PBE oblige la réduction de l'utilisation des ressources et l'analyse de leurs incidences sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment ainsi que la réduction des déchets de construction et de démolition (Glavinich, 2008; Kibert, 2008;

UNEP, 2003). L'analyse du cycle de vie⁴ permet de quantifier les impacts des PBE sur l'environnement pour permettre au concepteur de prendre des décisions éclairées au cours de la conception. Les bâtiments ont des répercussions environnementales tout au long de leurs cycles de vie, depuis la conception jusqu'à la démolition, et particulièrement lors de l'exploitation et de la rénovation (CCE, 2008; Flynn et Traver, 2011; Hong, Qiang et Guo, 2013; UNEP, 2003). Chacune des étapes du cycle de vie du bâtiment est analysée selon plusieurs paramètres qui ne sont pas pris en compte aussi sérieusement lors du processus de livraison traditionnel: la consommation d'énergie, l'utilisation des ressources, la production de gaz à effet de serre, la génération de pollution, les impacts opérationnels et les effets de l'élimination (Hong, Qiang et Guo, 2013; Kibert, 2008; Webster, 2005).

Cependant, l'ACV est encore loin de couvrir de manière adéquate plusieurs questions de santé telles que l'exposition des occupants du bâtiment aux matériaux et aux substances persistantes, bioaccumulables et toxiques qui demeurent dans l'environnement après la construction. L'ACV possède une limite physique à évaluer avec précision les impacts environnementaux surtout pour ce qui a trait à la fabrication, à l'assemblage in situ et ex situ, à l'entretien et au remplacement de matériaux, de déchets et de systèmes (Hong, Qiang et Guo, 2013; Kibert, 2007; Lent et Walsh, 2008). En effet, la combinaison de différents aspects du domaine de l'ACV en un seul système d'éco-notation intégral est très difficile car il n'existe pas d'indicateurs fiables pour distinguer l'importance relative des divers indicateurs existants (Augenbroe et Pearce, 1998; Huang, 2013). Selon Nelms et al. (2005), cette situation peut être attribuée à l'absence de données complètes et de méthodes disponibles pour évaluer les impacts sur le milieu bâti et le cycle de vie environnemental. L'utilisation de l'ACV doit donc être effectuée avec précaution puisqu'il demeure de grandes incertitudes et de nombreuses lacunes qui peuvent altérer les résultats, soit positivement soit négativement, et mener l'utilisateur loin d'une bonne compréhension de tous les impacts environnementaux (Lent et Walsh, 2008). Toutefois, les premiers signes du changement de paradigme indiquent un mouvement vers l'utilisation efficace des ressources naturelles (Mago, 2007).

⁴ La définition est disponible à l'ANNEXE I

2.3.4 Clôture et mise en route des projets écologiques

Malgré qu'il existe des divergences au sujet du nombre de phases d'un projet de construction, il est largement convenu que la phase de mise en route d'un PBE est beaucoup plus complexe que tout autre projet. Traditionnellement, la mise en route des bâtiments s'applique aux systèmes mécaniques, électriques et de sécurité. La vision holistique du processus de livraison de PBE tend à élargir l'application de la mise en route à d'autres systèmes intégrés du bâtiment, comme l'enveloppe. L'automatisation des systèmes nécessite une intégration de tout le bâtiment sous un même système de contrôle; ainsi, les opérations du bâtiment sont optimisées globalement (Glavinich, 2008). Selon Kibert (2008), la mise en service est devenue une composante essentielle du processus de livraison des bâtiments écologiques. D'ailleurs, le niveau de complexité de la mise en route est bien souvent étroitement lié au niveau de certification du système d'évaluation visé pour le projet. De plus, la mise en route requiert de la main-d'œuvre, du temps et des ressources, mais aussi une supervision importante. L'équipe de projet doit donc bien transmettre l'étendue de la mise en route à réaliser aux différents intervenants afin qu'ils comprennent l'importance de cette phase du processus de livraison des PBE (Glavinich, 2008).

Contrairement à la pratique courante, la mise en route ne devrait jamais être effectuée par l'entrepreneur spécialisé qui a installé le système. Le client, l'équipe de projet ou l'entrepreneur spécialisé devrait nommer une tierce partie responsable de la mise en route (Glavinich, 2008). L'agent de mise en service sélectionné doit être impliqué dès les premières phases du projet et fournir une expertise tout au long du projet afin de s'assurer qu'aucune décision conceptuelle ou méthode de construction ne contrevienne à la mise en route des différents systèmes (Kibert, 2008). Des extensions de garantie sont à prévoir lorsque les exigences de certains systèmes d'évaluation de tierce partie prescrivent une mise en route avant la fin de la construction du projet (Glavinich, 2008).

2.3.5 Conclusion

L'approche holistique, la définition claire des objectifs globaux, l'utilisation des nouveaux cadres décisionnels et l'accent sur la mise en service du projet sont tous des attributs offrant une meilleure compréhension du projet dans son ensemble. Les intervenants se dotent ainsi des capacités de prise de décision qui peuvent augmenter positivement la performance globale du projet, l'échéancier du projet et encourager l'innovation (Klotz et al., 2009). Le souci de la transparence du processus fait partie du vaste changement de paradigme présentement en cours dans l'industrie de la construction qui ouvre la porte à une nouvelle ère de coopération et de reconnaissance de la contribution des différents intervenants communautaires, environnementaux, de la construction et les prêteurs.

Néanmoins, les procédures sont encore à définir et les bases de données restent à construire pour obtenir des données fiables à tous les niveaux rencontrés dans le cycle de vie des bâtiments et pour assurer l'utilisation de nouveaux outils d'aide à la décision par les professionnels. La transparence du processus n'est donc pas suffisante pour caractériser le processus de livraison d'un PBE. L'intégration accrue et la participation sont reconnues comme des qualités précieuses qui seront détaillées à la section suivante. Les membres de l'équipe de projet doivent posséder de nouvelles compétences et de nouvelles structures organisationnelles pour atteindre les objectifs fixés lors de PBE (Augenbroe et Pearce, 1998; Riley, Pexton et Drilling, 2003).

2.4 La structure organisationnelle de base du processus de livraison de projets de bâtiment écologique

Il y a un besoin croissant de participation proactive de toute la communauté de la construction dans la nouvelle génération d'efforts de durabilité, sans quoi, un écart se creusera entre les intervenants de la conception et ceux de la construction, puis entre les intervenants actifs et la nouvelle génération (Mirsky et Songer, 2009; Rekola, Makelainen et Hakkinen, 2012). En effet, les études publiées à ce jour concluent que les solutions d'ingénierie de demain exigeront non seulement la transparence du processus de livraison,

mais surtout l'implication de tous les intervenants du projet dès les premières phases du projet et l'accroissement de l'engagement écologique du client (Chan, Scott et Chan, 2004; Enache-Pommer et Horman, 2009; Kibert, 2008; Mago, 2007; Qi et al., 2010; Russell et al., 2007; Sobin, Molenaar et Gransberg, 2010). Le besoin d'une solide structure organisationnelle pour la mise en œuvre des PBE au sein de l'industrie de la construction au Québec demeure entier. Le nombre croissant de consultants en gestion de PBE qui commercialisent leurs services en est la preuve vivante (Landman, 1999).

Pour saisir cette opportunité historique, le processus de livraison traditionnelle doit être écarté et les entrepreneurs doivent être introduits dans le projet depuis le tout début, avant que la conception, les spécifications et la stratégie d'approvisionnement soient établies (Fisher et Tatum, 1997). Le processus de livraison, par sa structure organisationnelle, doit donc permettre une étroite synergie entre les intervenants pour resserrer l'écart et être suffisamment flexible pour soutenir l'utilisation de stratégies alternatives intégrées axées sur l'atteinte des objectifs globaux (Acharya et al., 2006; Kibert, 2008; Mago, 2007; Pulaski et al., 2003). Pulaski et al. (2006) présentent un plaidoyer convaincant quant à l'urgence de mettre en œuvre des pratiques de gestion de projet pour renforcer l'intégration entre les disciplines de conception, de construction et de la gestion des connaissances. Il est incontournable, lors de projets de PBE, de redéfinir les rôles et responsabilités des intervenants, particulièrement ceux de l'entrepreneur (Mago, 2007; Syal, Mago et Moody, 2007). Le processus de livraison de PBE se distingue également par l'accentuation de la communication, de la coordination ainsi que par l'accroissement de la documentation.

Le présent sous-chapitre présente une revue de la structure organisationnelle d'un PBE.

2.4.1 L'implication hâtive des intervenants

Selon Glavinich (2008), ce qui différencie les processus de livraison est le moment où les intervenants sont impliqués dans le projet et la démarche par laquelle ils le sont. En effet, la courbe de la capacité d'influencer les coûts (Figure 2.3) présentée par la *Construction*

Industry Institute indique clairement que la capacité d'influencer et de réduire les coûts du projet avec un effort minimal est beaucoup plus importante lors des premières phases du projet, soit lors de la planification et de la conception schématique. L'analyse de Pulaski et al. (2003), révèle d'ailleurs que l'implication hâtive des intervenants du projet et les relations synergiques en début de projet offrent l'opportunité de produire des projets supérieurs en fonction de durabilité et de procédés de construction (Hong, Qiang et Guo, 2013; Kibert, 2008; Pulaski, Horman et Riley, 2006; Pulaski et al., 2003; Swarup, Korkmaz et Riley, 2011). À l'inverse, au fur et à mesure que le processus de livraison progresse un effort substantiel est requis pour une réduction limitée du coût global étant donné qu'à un stade avancé du projet les décisions majeures déjà prises sont difficilement modifiables (Charette, 2006; Russell, Gugel et Radtke, 1994).

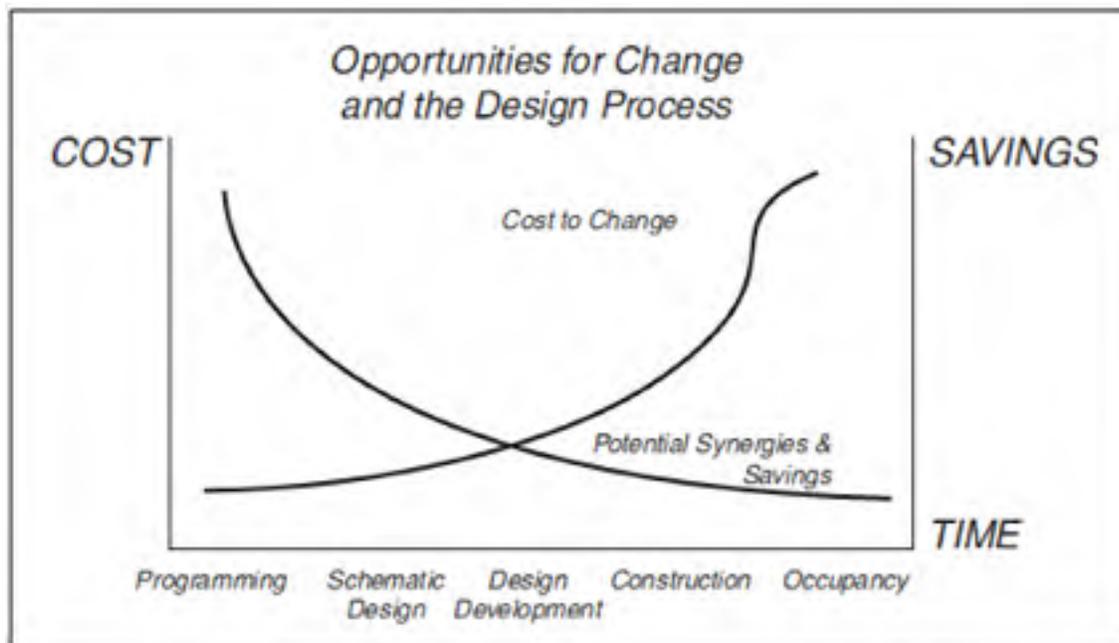


Figure 2.3 Courbe de la capacité d'influencer les coûts
Tirée de Kibert (2008, p.86)

L'augmentation exponentielle de la complexité des procédés de construction et des documents contractuels des PBE entraînant des surcoûts, des litiges importants et des réclamations fréquentes ont encouragé les équipes de projet à intégrer les intervenants tôt dans le processus de livraison (Acharya et al., 2006; Lam et al., 2009; McIsaac et Morey,

1998). Les auteurs de la littérature scientifique sont catégoriques à ce sujet : le succès d'un PBE et l'atteinte des objectifs globaux y sont intimement liés. Ils ne peuvent être rendus possibles, que par une coopération étroite et une confiance mutuelle entre tous les participants dès les premières étapes du projet (Glavinich, 2008; Jergeas et Der Put, 2001; Syphers et al., 2003). Cette démarche collaborative responsabilise et accroît l'engagement des intervenants dans la poursuite des objectifs globaux du projet. Les intervenants sont ainsi plus engagés et solidaires que lorsqu'ils prennent part au processus de livraison traditionnelle (Lucuik, 2005; Rekola, Makelainen et Hakkinen, 2012; Robichaud et Anantatmula, 2011).

L'impact de l'implication hâtive pour les professionnels

L'implication hâtive d'un bassin élargi d'intervenants durant la période de conception implique un changement important dans le mode de pensée traditionnel des professionnels, soit l'abandon de leurs intérêts individuels pour la responsabilité sociétale et l'obligation de partager des connaissances (Bal, Bryde et Fearon, 2011; Mathur, Price et Austin, 2008; Rekola, Makelainen et Hakkinen, 2012). Il s'agit d'une volte-face pour les professionnels qui, auparavant, était les seuls responsables de la conception. Klotz et al. (2009) soulignent que les PBE exigent l'implication hâtive des intervenants, mais exigent aussi que les professionnels reconnaissent l'importance de leur contribution. Or, certaines stratégies contractuelles peuvent permettre de réduire l'opposition des professionnels. Par exemple, le versement de redevances fondées sur le rendement peut être utilisé comme un incitatif efficace et éthique à la coopération entre les intervenants. Le propriétaire bénéficie alors d'une réduction du coût global et d'un bâtiment mieux intégré et plus performant alors que les concepteurs bénéficient de rémunérations supplémentaires (Bal, Bryde et Fearon, 2011; Kibert, 2008; Trusty, 2008; Lutzkendorf, Fan et Lorenz, 2011).

L'implication hâtive des clients

De récentes études, dont celle de Enache-Pommer et Horman (2009), ont démontré que l'engagement du client / propriétaire est l'un des facteurs les plus importants dans le succès

d'un PBE. Son introduction hâtive et son engagement envers l'environnement influencent considérablement l'atteinte des objectifs du projet et la réalisation du PBE (Beheiry, Chong et Haas, 2006; Enache-Pommer et Horman, 2009; Korkmaz, Riley et Horman, 2010; Lapinski, Horman et Riley, 2006). En effet, le client détermine les priorités du projet et bien souvent le niveau de durabilité ou de certification par une tierce partie. Il établit donc indirectement le niveau d'implication et d'engagement des autres intervenants pour l'ensemble du projet. D'ailleurs, un projet visant une certification plus élevée exige nécessairement une implication et un engagement supérieur de tous les intervenants. À cet égard, l'implication accrue du propriétaire permet d'éviter que le projet devienne celui des concepteurs (Glavinich, 2008). Cependant, les clients / propriétaires perçoivent traditionnellement tout ce qui ralentit le processus de livraison comme un coût prohibitif (Deane, 2008; Robichaud et Anantatmula, 2011).

2.4.2 L'implication hâtive des entrepreneurs

À défaut d'avoir un processus défini pour la mise en œuvre des PBE, les importants propriétaires de bâtiments écologiques et les organismes gouvernementaux des États-Unis et du Canada s'orientent déjà vers l'utilisation du processus de livraison permettant l'implication des entrepreneurs tôt dans le projet (Kibert, 2008; Mago, 2007; Riley, Pexton et Drilling, 2003). Les études menées par plusieurs auteurs scientifiques et l'histoire elle-même ont démontré que le moment d'intégration de l'entrepreneur est un facteur clé du succès des PBE, particulièrement en ce qui concerne l'atteinte des objectifs de durabilité, de coût, de performance et de qualité du projet (Fisher et Tatum, 1997; Lingguang, Mohamed et AbouRizk, 2009; Mirsky et Songer, 2009; Pulaski, Horman et Riley, 2006; Riley, Pexton et Drilling, 2003; Rosner, Thal Jr et West, 2009; Sobin, Molenaar et Gransberg, 2010). C'est d'ailleurs en raison du manque de connaissances et d'expérience en matière de construction des intervenants impliqués en amont du projet que le processus de livraison traditionnel ne répond pas aux besoins des PBE et engendre des délais et des coûts supplémentaires (Charette, 2006; Fisher et Tatum, 1997; Swarup, Korkmaz et Riley, 2011). À l'inverse du processus de livraison traditionnel où l'entrepreneur et ses sous-traitants sont sélectionnés

selon le prix, lors de PBE l'entrepreneur et ses sous-traitants sont choisis selon une combinaison du prix et des qualifications (Glavinich, 2008).

Par leur implication hâtive, l'entrepreneur, les sous-entrepreneurs et les fournisseurs apportent une expertise technique accrue et continue de la construction qui augmente l'efficacité de la conception, réduit les coûts initiaux, les coûts d'exploitation, les travaux à reprendre, l'inefficacité, les litiges et l'échéancier global du projet. Leur participation à la conception améliore également la qualité globale du projet, la précision des analyses financières, les opérations sur le site, la gestion de la qualité de l'air intérieur, les relations entre les intervenants et le coût global. Dans la pratique, l'entrepreneur peut, entre autres, apporter une contribution importante lors de la revue de constructibilité, de la sélection des matériaux, de l'estimation des coûts et de l'ingénierie de la valeur. Par exemple, l'entrepreneur peut fournir son expertise sur tous les éléments de conception qui ont une influence sur la disponibilité de la main-d'œuvre qualifiée, la sécurité des travailleurs, la manutention des matériaux et les équipements ainsi que sur l'entreposage (Hinze, Godfrey et Sullivan, 2013; Mirsky et Songer, 2009). Les études scientifiques de M. Micheal Horman, sur les ajustements du flux de main d'œuvre et d'équipement par l'entrepreneur en cours de conception peuvent améliorer les délais de livraison du projet jusqu'à quarante-cinq pour cent (45%) et réduire les coûts de projet de sept pour cent (7%). À l'inverse, la transmission tardive de ces informations, comme dans le processus de livraison traditionnel, peut entraîner une révision de la planification inefficace et même la reprise de certains travaux ce qui implique généralement beaucoup d'argent, d'heures de travail, et de temps (Thomas et al., 2003). Le propriétaire et les concepteurs peuvent mieux rationaliser les décisions de conception et ultimement améliorer les performances globales du projet. Par exemple, Pulaski et al, (2003), cite l'exemple où l'implication des entrepreneurs en mécanique, dès les premières phases du projet, a conduit à l'installation d'un système mécanique simplifié, à une réduction de la taille de l'équipement, à la révision à la baisse du nombre de conduits et à la possibilité d'admettre plus de lumière naturelle dans les espaces intérieurs. L'implication hâtive des entrepreneurs permet également de planifier l'utilisation des méthodes et des stratégies de construction qui minimisent les impacts environnementaux en vue d'une

certification par une tierce partie et d'aviser les concepteurs de tout écart lié à l'exécution ou à la réalisation des travaux, préalablement (Deane, 2008; Glavinich, 2008; Mago, 2007; Qi et al., 2010).

La résistance au changement de culture reste le principal obstacle à l'implication de l'entrepreneur tôt dans le projet. Une grande partie de la résistance est due à un manque de compréhension du concept et des avantages de l'implication de l'entrepreneur ainsi qu'au manque de volonté des propriétaires à engager des fonds et des ressources en début de projet. En raison des pratiques contractuelles qui repoussent leur implication après la conception, les entrepreneurs sont souvent considérés comme un simple service de construction incapable de contribuer à l'effort de conception, plutôt qu'une valeur ajoutée (Anon, 1991; Glavinich, 2008; Jergeas et Der Put, 2001; Lingguang, Mohamed et AbouRizk, 2009; Mago, 2007; Mathur, Price et Austin, 2008; Mirsky et Songer, 2009; Nima, Abdul-Kadir et Jaafar, 1999; Pulaski et al., 2003; Russell, Gugel et Radtke, 1994). Par conséquent, le manque de confiance mutuel oblige le personnel de la construction à gagner son droit de participer à la planification et la conception. (Anon, 1991). Une meilleure compréhension des bénéfices de l'implication hâtive de l'entrepreneur, motivera les intervenants à entreprendre des actions vers la pratique courante de l'implication hâtive de l'entrepreneur (Lingguang, Mohamed et AbouRizk, 2009). À cet égard, Qi et al. (2010) fournissent un résumé complet des motifs et des bénéfices de l'implication hâtive de l'entrepreneur pour l'atteinte d'objectifs globaux et de performance d'un projet de construction.

La fourniture d'analyse financière

Selon Anon (1991), la responsabilité des risques devrait être confiée et gérée par l'intervenant le mieux en mesure de contrôler chacun des risques. C'est donc à l'entrepreneur que devrait revenir la responsabilité financière des PBE, et ce, au même titre qu'il revient à l'architecte et aux ingénieurs de contrôler la pertinence de la conception. Dans ces conditions, la plus-value de l'entrepreneur au niveau de l'analyse financière est incontestable. Toutefois, pour profiter du plein potentiel des connaissances de l'entrepreneur, il doit être

intégré au processus de livraison dès la sélection préliminaire des systèmes, soit durant la phase de faisabilité (Mago, 2007; Riley, Pexton et Drilling, 2003). D'ailleurs, l'expérience croissante d'un des plus grands entrepreneurs généraux au monde, Turner Construction, démontre que les frais initiaux pour la conception et la construction de PBE peuvent être réduits à des coûts comparables au projet dit traditionnel si l'entrepreneur est impliqué dès les premières étapes du projet (CCE, 2008; Deane, 2008; Lucuik, 2005; Robichaud et Anantatmula, 2011; US Green Building Council, 2003; Xenergy et SERA-Architect, 2000).

La sélection et l'approvisionnement des matériaux écologiques

L'intégration de l'entrepreneur permet également l'utilisation plus précise des cadres décisionnels qui guident les concepteurs lors de leurs prises de décisions (Riley, Pexton et Drilling, 2003). Bien souvent, il advient que l'entrepreneur participe conjointement à la sélection et, par la suite, à l'approvisionnement des matériaux écologiques. Il doit alors s'assurer que les produits soient aussi performants que ceux de l'ensemble du projet (Glavinich, 2008). Le projet profite ainsi des connaissances des entrepreneurs, mais également de celles des fournisseurs avec qui la démarche est beaucoup plus facile et complète lorsque l'entrepreneur est impliqué.

La gestion des déchets/pertes de construction et de la qualité de l'air

Les stratégies de gestion des matériaux et de la qualité de l'air sont très similaires aux stratégies de constructibilité. Ces stratégies sont basées sur la maximisation de l'utilisation de matériaux et de constructions temporaires de dimensions standards, préfabriquées ou assemblées hors site, sur l'établissement de stratégies de réduction des pertes, des matériaux d'emballage et du transport ainsi que sur la réduction de la mauvaise planification, des environnements de travail inappropriés, des pertes de productivité et des menaces pour la santé et la sécurité des travailleurs (Glavinich, 2008; Hinze, Godfrey et Sullivan, 2013). Lorsqu'impliqué tôt dans le projet, l'entrepreneur peut collaborer étroitement à l'identification des matériaux à récupérer ou à recycler et il peut mettre sur pied un plan de

conservation des matériaux qui deviendra partie intégrante de la conception du bâtiment. Certains entrepreneurs sont maintenant des spécialistes dans ce domaine et leur implication tôt dans le projet peut permettre de recycler jusqu'à quatre-vingt-dix-huit pour cent (98%) des déchets de construction (Riley, Pexton et Drilling, 2003).

Dans bien des cas, la réduction des déchets et la gestion de la qualité de l'air planifiée tôt dans le processus de livraison fournit non seulement un avantage écologique et économique pour le client, mais également une opportunité pour l'entrepreneur d'augmenter ses profits. L'éducation des travailleurs concernant ces nouvelles approches est l'une des clés du succès des PBE, surtout lorsque le projet vise une certification précise (Glavinich, 2008; Yuan, 2013).

Les systèmes d'évaluation de performance des PBE – Le rôle de l'entrepreneur

Plusieurs recherches ont démontré que la rencontre des objectifs de la certification Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) est étroitement liée à l'implication de l'entrepreneur durant chacune des phases du projet, particulièrement les premières phases du projet (Mago, 2007). En effet, chacune des catégories d'évaluation du système d'évaluation LEED présente des opportunités pour impliquer une plus grande expertise et expérience technique de la part de l'entrepreneur (Swarup, Korkmaz et Riley, 2011). Selon Mago (2007), l'entrepreneur peut directement contribuer à l'atteinte de dix-huit (18) crédits de la certification LEED du USGBC ce qui constitue environ vingt-six pour cent (26%) du total des crédits disponibles. L'entrepreneur doit donc régulièrement tenir des réunions de coordination et d'avancement avec le propriétaire et l'équipe de conception, ainsi qu'avec les différents corps de métiers lors de la période de conception et de construction, afin de surveiller les progrès et la conformité des objectifs à atteindre. Ces pratiques simples et apparemment évidentes peuvent faire la différence entre la rencontre ou non des exigences d'un système d'évaluation (Deane, 2008). Ainsi, l'entrepreneur devient l'intervenant central dans la réalisation de ces crédits, engendrant un plus grand engagement de l'équipe de

construction, plus précisément les sous-entrepreneurs, parmi les membres du projet (Mago, 2007).

2.4.3 L'augmentation de la collaboration et de la synergie entre les intervenants

L'augmentation de la collaboration entre les intervenants des différentes disciplines nécessaire en raison des interdépendances complexes des systèmes de construction d'un PBE, notamment dans les domaines de mécanique et de modélisation énergétique, est un facteur qui a contribué à l'augmentation de l'engagement des intervenants et à l'élargissement de leur rôle (Riley et al., 2005; Sobin, Molenaar et Gransberg, 2010). Plusieurs des lignes directrices publiées jusqu'à présent mettent l'accent sur la collaboration lors du processus de livraison d'un PBE, plutôt que sur les caractéristiques physiques et l'édifice (Kibert, 2008). De même, la réduction du coût global et la rencontre des objectifs de durabilité des PBE exigent un niveau de communication nettement plus soutenu que celui des projets traditionnels, par l'ensemble des intervenants (Kibert, 2008; Riley, Pexton et Drilling, 2003). À ce sujet, Robichaud et Anantatmula (2011) et Lam et al. (2009) soulignent le manque de communication dans le processus de livraison traditionnel et la difficulté de concilier les outils, les protocoles et les normes de suivi d'information propres à chacun des intervenants. C'est d'ailleurs en raison du réseau de communication allégé que les PBE de petite envergure sont généralement plus intégrés que les projets de plus grande taille. En effet, les exigences de construction contradictoires entre les disciplines sont beaucoup plus faciles à satisfaire à petite échelle (Kibert, 2007).

La majorité des différences entre le processus de livraison traditionnel et celui d'un PBE sous-tendent le renforcement des liens de la communication, de collaboration et de documentation entre les intervenants d'un PBE au moment de la conception et de la construction. Le renforcement de la synergie entre les intervenants permet d'augmenter le niveau de performance global du projet, soit de raccourcir l'échéancier global du projet, de réduire la production de déchets lors de la construction, d'augmenter la vitesse de construction et la qualité de la documentation et d'améliorer le succès global du projet

(Acharya et al., 2006; Konchar et Sanvido, 1998; Lam et al., 2009; Lucuik, 2005; Yuan, 2013). Lors de projets traditionnels, l'habilité de l'entrepreneur à gérer les sous-entrepreneurs détermine souvent le succès d'un projet. Dans le cas de PBE, c'est l'habilité de l'entrepreneur à communiquer les objectifs globaux du projet et à gérer ses sous-entrepreneurs qui guide les performances des sous-traitants et permet d'intégrer leurs commentaires et leurs propositions au projet. L'entrepreneur doit donc être en mesure de communiquer efficacement les exigences à ses sous-entrepreneurs, mais également être en mesure de les éduquer, de les sensibiliser à leurs rôles et responsabilités dans l'atteinte des objectifs globaux du projet (Glavinich, 2008; Mago, 2007).

2.4.3.1 La gestion des connaissances par les approches de Co-ingénierie

Contrairement aux nombreux actifs qui déprécient avec le temps, la connaissance et l'expérience des intervenants augmentent de projet en projet. La gestion de la connaissance est une nouvelle orientation de l'industrie de la construction qui n'est pas encore tout à fait maîtrisée (Bal, Bryde et Fearon, 2011). C'est d'ailleurs l'une des raisons pour lesquels les PBE ne représentent qu'une part modeste du marché du bâtiment actuellement. Puisqu'une grande partie de la connaissance ne réside que dans l'esprit des individus, l'intention derrière les décisions n'est souvent pas documentée, les données de projet sont archivées et ne sont pas réutilisées par la suite. Les nouvelles approches favorisant la gestion de la connaissance impliquent un changement dans les rôles et les responsabilités des intervenants (Pulaski, Horman et Riley, 2006; Huang, 2013; Shelbourn et al., 2006). La gestion de la connaissance est encore plus essentielle au succès d'un PBE qu'au succès d'un projet dit traditionnel en raison de ses caractéristiques uniques; de la nature changeante des équipes interdisciplinaires; de sa forte dépendance à l'égard des connaissances et des expériences précédentes/heuristiques; de son caractère ponctuel; des échéanciers serrés; des budgets limités et de la très haute complexité technique impliqué (Bal, Bryde et Fearon, 2011; Fisher et Tatum, 1997; Kibert, 2008; Shelbourn et al., 2006; Swarup, Korkmaz et Riley, 2011).

Les PBE offrent alors une opportunité de mettre en place un processus de livraison qui augmentera significativement l'utilisation des connaissances de tous les intervenants et les performances du projet (Bal, Bryde et Fearon, 2011; Swarup, Korkmaz et Riley, 2011). Par sa nature, la construction écologique a permis jusqu'à présent l'accroissement de dialogue sur la nécessité de comprendre les nouveaux enjeux, le besoin d'approfondir les interactions entre les équipes de projet, les procédés de prise de décision et le besoin général de repenser les processus utilisés (Kibert, 2007; Pulaski, Horman et Riley, 2006; Robichaud et Anantatmula, 2011). Face à ces nouveaux défis, les professionnels ont émis plusieurs lignes directrices (« guidelines »), au cours des dernières années, pour permettre de guider les intervenants lors de la conception et la construction de bâtiments écologiques et afin de mettre à profit l'ensemble des connaissances, de l'expertise et des techniques des intervenants. Pour plusieurs auteurs scientifiques, la réussite de PBE dépend en grande partie de la bonne combinaison de compétence et de volonté des intervenants (Acharya et al., 2006; Huang, 2013). D'ailleurs, selon Augenbroe et Perace (1998), la conception passe maintenant d'un rôle traditionnel « *d'acheteur* » de produit à une relation de co-ingénierie avec les entrepreneurs et les fabricants.

La littérature traite de plusieurs approches de co-ingénierie, telles que la constructibilité, la conception intégrée, la « *Conception globale du bâtiment* » (Traduction de : Whole building design), la conception « *lean* » et l'ingénierie de la valeur qui peuvent être utilisées simultanément pour mettre à profit les connaissances de tous les intervenants dès les premières phase du projet (Bal, Bryde et Fearon, 2011; Swarup, Korkmaz et Riley, 2011; Zhong et Chen, 2011). Lucuik (2005), souligne d'ailleurs que la majorité des lacunes au niveau des connaissances se situe dans le secteur des prêts et de la conception des PBE. Ces approches de co-ingénierie induisent des résultats tangibles par l'amélioration des aspects intangibles tels que les relations de travail, la communication et les relations conflictuelles entre les intervenants, le niveau de risque, la satisfaction et la fidélisation des clients et la réduction des imprévus (Augenbroe et Pearce, 1998; Wong et al., 2007). D'ailleurs, les relations de co-ingénierie sont beaucoup plus répandues dans d'autres domaines d'activité où l'innovation progresse à la vitesse grand V (Augenbroe et Pearce, 1998). Les prochaines

pages présenteront quelques approches de co-ingénierie utilisées dans le processus de livraison d'un PBE.

Le processus de conception intégrée

La majorité des auteurs scientifiques considèrent le processus de conception intégrée (PCI) comme le premier mécanisme d'optimisation des systèmes d'un bâtiment et de la rencontre des objectifs écologiques dans un PBE (Lingguang, Mohamed et AbouRizk, 2009; Lucuik, 2005; Pulaski, Horman et Riley, 2006). Le PCI est une approche tenant compte de l'ensemble des systèmes du bâtiment, selon laquelle l'équipe multidisciplinaire de professionnels est mise en place par le gestionnaire de projet dès les premières étapes de la planification du projet pour contribuer jusqu'à l'occupation du bâtiment. Par opposition à l'effet de silo, l'approche du PCI conditionne la collaboration et l'implication accrue des membres d'une équipe multidisciplinaire d'intervenants, la mise en place d'une vision holistique et l'exploitation de l'ensemble des connaissances des intervenants. Bien souvent, dans le cadre de PBE, cette pratique conduit à la recherche de systèmes et de matériaux alternatifs écologiques ainsi qu'à l'optimisation de l'utilisation de ressources renouvelables durant l'ensemble du cycle de vie du projet (Augenbroe et Pearce, 1998; Korkmaz, Riley et Horman, 2010; Pulaski, Horman et Riley, 2006; Pulaski et al., 2003). En soi, le PCI ne contient aucun élément entièrement nouveau. Il intègre des approches bien éprouvées qui donnent une ligne directrice à l'équipe de conception pour ainsi éviter les efforts inutiles, particulièrement lorsque les projets visent la certification d'une tierce partie (Lucuik, 2005; Pulaski, Horman et Riley, 2006). La Figure 2.4 illustre l'effort de collaboration du processus de livraison traditionnel qui prend place beaucoup plus tard, soit au début de la conception schématique, contrairement au processus de conception intégrée mis en place dès le début du projet (Kibert, 2008).

La courte histoire de la construction écologique a amplement démontré que le processus de conception intégrée (PCI) produit des bâtiments de loin supérieurs aux bâtiments traditionnels, et ce, dans les limites acceptables de coûts et de temps (Augenbroe et Pearce,

1998; Deane, 2008; Kibert, 2007; Robichaud et Anantatmula, 2011). Robichaud et Anantatmula (2011) ont d'ailleurs démontré que les avantages du PCI sont essentiels pour qu'un PBE soit rentable. Bien que cette approche nécessite un investissement initial additionnel, le surcoût initial est rapidement récupéré par une diminution de la coordination lors des travaux, du nombre de changements de conception ou de construction et des travaux à reprendre sur le site, ainsi que par la simplification des systèmes, par une augmentation de l'exactitude des documents de construction et par l'efficacité des opérations de construction (Konchar et Sanvido, 1998; Nima, Abdul-Kadir et Jaafar, 1999; Reed et Gordon, 2000; Robichaud et Anantatmula, 2011). Le surcoût est également récupéré par les économies substantielles enregistrées durant la phase d'utilisation du bâtiment en raison des réductions de consommation d'énergie rendues possibles grâce à la conception intégrée des systèmes, plus spécialement le système CVCA (Pulaski, Horman et Riley, 2006).

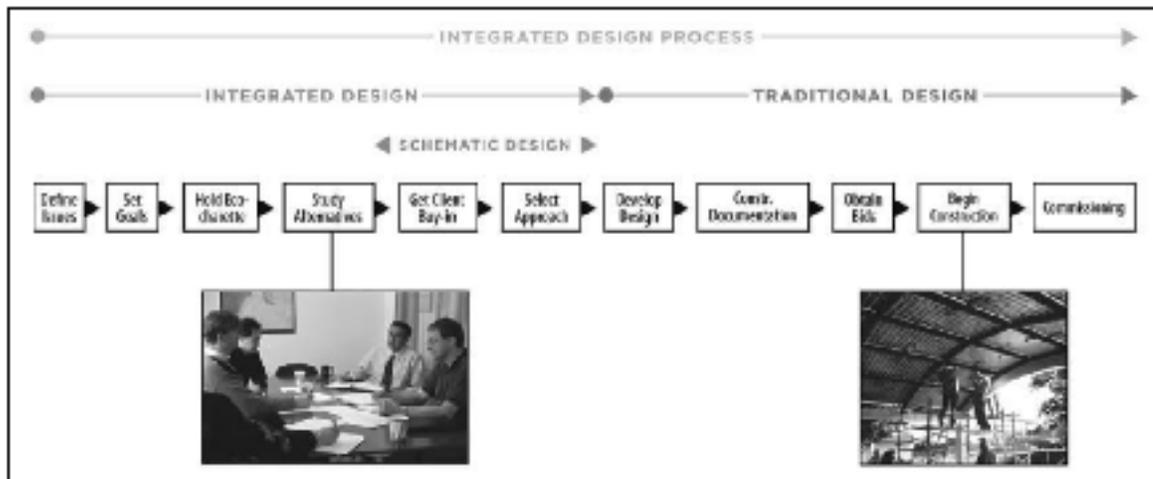


Figure 2.4 Période de collaboration du processus de conception intégrée vs processus de livraison traditionnel
Tirée de Kibert (2008, p.86)

L'approche de constructibilité

Sachant que la main-d'œuvre et les matériaux représentent les deux facteurs les plus importants qui influencent le coût de construction, l'échéancier et la qualité, l'approche de

constructibilité⁵ a gagné l'acceptation des intervenants de la construction dans les dernières années et le concept de constructibilité est de plus en plus utilisé lors de la conception de projets de construction. Dans le processus de livraison traditionnel, la conception traite les objectifs écologiques et la constructibilité séparément. Pourtant, ce sont deux approches clés du succès d'un PBE qui, par définition, se rejoignent sur le plan de l'utilisation efficace des ressources et la réduction de la consommation d'énergie, de l'eau et des déchets durant tout le cycle de vie du projet (Glavinich, 2008; Gugel et Russell, 1994; Jergeas et Der Put, 2001; O'Connor, Rusch et Schulz, 1987b; Pulaski, Horman et Riley, 2006; Pulaski et al., 2003; Wong et al., 2007). D'ailleurs, les auteurs de la littérature scientifique rapportent de nombreuses études de cas et de recherches, dont celle du projet de rénovation de l'aile 28 du Pentagon par Pulaski et al. (2003), qui révèle que l'utilisation de la constructibilité jumelée à des relations synergiques accrues apporte des gains importants au niveau des coûts du projet, de l'échéancier, de la sécurité des travailleurs, de la réduction des déchets de construction, de la rentabilité et de l'utilisation des ressources. Ces gains peuvent se chiffrer de six à dix pour cent (6 à 10 %) des coûts de construction (Anon, 1991; Fisher et Tatum, 1997; Jergeas et Der Put, 2001; Lingguang, Mohamed et AbouRizk, 2009; Nima, Abdul-Kadir et Jaafar, 1999; Russell, Gugel et Radtke, 1994; Wong et al., 2007).

L'approche de la constructibilité peut se transposer dans la pratique selon une variété de façons, telles que les listes de contrôle, la revue de la constructibilité, la revue de la conception, la standardisation, la normalisation, la modulation et la préfabrication (Lingguang, Mohamed et AbouRizk, 2009; Nima, Abdul-Kadir et Jaafar, 1999). La revue de la constructibilité réalisée tôt dans le projet permet d'introduire une valeur ajoutée en identifiant des façons d'améliorer la performance et la qualité du projet pour un minimum d'effort (Jergeas et Der Put, 2001; Mirsky et Songer, 2009). Les auteurs de la littérature scientifique sont d'ailleurs unanimes sur ce point : les avantages de la constructibilité peuvent uniquement être atteints si les connaissances et l'expérience de l'entrepreneur sont intégrées dans chaque phase du processus de livraison de projet et s'étendent sur toute la durée du projet (Anon, 1991; Jergeas et Der Put, 2001).

⁵ Voir l'ANNEXE I pour la définition détaillée

Toutefois, la mise en œuvre de la constructibilité, comme les autres approches de co-ingénierie, est entravée par des obstacles liés au changement de paradigme dont la compréhension partielle des exigences de construction des concepteurs, la résistance des professionnels qui perçoivent les efforts de constructibilité comme une intrusion, les pratiques contractuelles opposées, la pénurie de personnel qualifié, la complaisance avec le statu quo, la réticence à investir de l'argent et des efforts supplémentaires lors des premières étapes du projet, les limites des contrats à prix forfaitaire en situation de compétitivité, le manque de respect mutuel entre les concepteurs et les constructeurs et la perception qu'il n'y a pas d'avantages éprouvés (Anon, 1991; Fisher et Tatum, 1997; Jergeas et Der Put, 2001; O'Connor et Miller, 1994). D'ailleurs, la Construction Industry Institute (CII) task force a identifié les dix-huit (18) obstacles significatifs à l'approche de constructibilité dont quatorze (14) se caractérisent comme des obstacles reliés à la sensibilisation des intervenants (O'Connor et Miller, 1994).

La tenue de charrettes

Les approches de co-ingénierie ajoutent un éventail élargi d'intervenants⁶ qui ne sont traditionnellement pas inclus lors de projets de construction (Acharya et al., 2006; CCE, 2008; Deane, 2008). Robichaud et Anantatmula (2011) soulignent à cet égard que la mise en œuvre de charrettes durant la période de conception est la façon la plus efficace d'améliorer la communication et l'échange d'idées parmi l'éventail élargi d'intervenants d'un PBE. La tenue périodique de charrettes permet également de garder les intervenants informés des modifications au projet tout au long du processus de livraison. L'utilisation des outils de communication tels que les bulletins d'information électroniques, le Web, la tenue régulière de réunions avec tous les intervenants ainsi que la tenue périodique de charrettes permet du même coup de prévenir des problèmes futurs du projet (Robichaud et Anantatmula, 2011). En intégrant les représentants de la communauté locale et des autorités gouvernementales concernées par le projet dès la période de conception, l'opposition locale est réduite, le

⁶ Voir l'ANNEXE I pour la définition détaillée

processus d'approbation est accéléré, et les préoccupations de la collectivité ainsi que les objectifs du client peuvent être abordés dans un processus global (Kibert, 2008). Par ailleurs, la tenue de charrettes permet également de faciliter les démarches légales, particulièrement en ce qui concerne les demandes de permis aux différents paliers du gouvernement local du projet. Par ricochet, lorsque les intervenants du gouvernement sont impliqués dans la charrette, la conception du projet initiale est plus susceptible de se conformer aux règlements de développement local et de tirer avantage des incitatifs disponibles pour le bâtiment écologique (Robichaud et Anantatmula, 2011).

Étant donné qu'il s'agit de coûts initiaux supplémentaires pour le client, il est de la responsabilité de l'équipe de projet de démontrer que ces investissements pourront être récupérés rapidement. En effet, bien que la certification des tierces parties, dont LEED, ne requiert pas la tenue de charrettes, elle est l'un des facteurs de succès les plus importants du processus de livraison des PBE et de l'atteinte du niveau de certification visé (Kibert, 2008).

2.4.3.2 La gestion accrue de la documentation et approche d'amélioration continue

Pour s'assurer que toutes les exigences soient satisfaites surtout lors de projets devant être certifiés par une tierce partie, les PBE requièrent une documentation accrue et une collecte de données rigoureuse (Kibert, 2008). Les technologies de l'information offrent une solution intéressante à cette problématique de diffusion des connaissances de la construction et des leçons apprises de projets antérieures. Les bases de données offrent aux professionnels des outils d'aide à la décision facilement accessibles et bâtis sur les connaissances recueillies à travers le temps (Mago, 2007; Zhou, Xu et Yao, 2013). Shelbourn et al. (2006) abordent le sujet en proposant la création de C-Sand qui permet la collecte, la mise à jour et la gestion de la connaissance et des méthodes écologiques. Pour exploiter le potentiel des outils, les intervenants du projet doivent être engagés dans un processus constant d'apprentissage où ils transmettent et reçoivent des connaissances (Acharya et al., 2006; Kibert, 2007; 2008; Russell, Gugel et Radtke, 1994). Toutefois, encore aujourd'hui, plusieurs des pratiques acceptées comme étant des bonnes pratiques proviennent d'appréciation contextuelle,

situationnelle ou de pratiques locales qui se sont développées à travers les frontières organisationnelles, professionnelles et générationnelles (Shelbourn et al., 2006; Wei, 2010). Il en découle une tendance à intégrer les mêmes erreurs que par le passé et des systèmes d'une complexité inutile. De plus, la complexité intrinsèque, l'incertitude et la dynamique interdisciplinaire croissante des projets de construction, en particulier des PBE, créent des difficultés, même pour les gestionnaires de projet les mieux aguerris (Acharya et al., 2006).

Par exemple, en 2006, le US Green Building Council (USGBC) a rapporté que 775 millions de pieds carrés d'espace commercial ont été enregistrés en vertu du système d'évaluation LEED. Au même titre, dans l'industrie du PBE le savoir-faire ne cesse d'augmenter, mais cette connaissance n'est pas enregistrée, est transmise oralement et se déforme à chaque transmission. De même, en raison de l'urgence environnementale, les chercheurs ne peuvent pas attendre que la taille de l'échantillon augmente assez pour pouvoir mettre en place une étude de qualité à grande échelle. De plus, lorsqu'ils ne sont pas enregistrés au fur et à mesure, les petits détails de projets sont soit perdus soit modifiés avec le passage du temps (Korkmaz, Horman et Riley, 2009). Les informations enregistrées pourront alors être réutilisées pour éduquer les générations actuelles et futures d'intervenants (McIsaac et Morey, 1998). Toutefois, pour tirer avantage de ces pratiques, une structure organisationnelle permettant de mettre en place des repères doit être mise en place pour aider les propriétaires et les entrepreneurs de mesurer leurs performances et d'améliorer leur pratiques (Lingguang, Mohamed et AbouRizk, 2009).

Selon Ficher et Tatum (1997), les connaissances tirées des projets devraient être collectées non seulement durant la phase de construction, mais aussi après celle-ci, et ce, afin de les rendre disponibles lors des phases de planification et de conception des prochains projets. Il serait donc bénéfique qu'un processus plus formel soit mis en place. À cet égard, quelques organismes⁷ se vouent à l'enregistrement de données écologiques, particulièrement en matière de matériaux et produits, d'économies d'énergie, de recyclage et de déchets de

⁷ Par exemple : Green Building Products et Matériaux ressources directory, Green Building Resource Guide et le Rainforest Action Network. (Augenbroe et Pearce, 1998)

construction (Augenbroe et Pearce, 1998). L'implication hâtive de l'entrepreneur peut d'ailleurs faciliter l'apport essentiel de leçons apprises à l'équipe de projet pour atteindre des objectifs écologiques, particulièrement lors de la poursuite d'exigences d'un système d'évaluation d'une tierce partie. Dès le début du projet l'entrepreneur pourrait planifier et coordonner les stratégies et la documentation à soumettre aux tierces parties dont il est responsable, soit les plans d'action pour la protection du site, la réduction des déchets de construction et le contrôle de la qualité de l'air intérieur. Le rôle actif de collecte et de coordination de la documentation de l'entrepreneur depuis ses sous-entrepreneurs est impératif pour le succès de tout PBE (Mago, 2007).

2.4.4 Conclusion

Le processus de livraison de PBE prend forme petit à petit, mais n'a pas atteint sa maturité. Les PBE à venir vont permettre de définir le processus de livraison des PBE sous divers aspects et pour chacune des phases d'un projet (Augenbroe et Pearce, 1998). Cependant, la résistance au changement demeure le principal obstacle au processus de livraison de PBE. Une grande partie du problème de la résistance vient du fait que les intervenants comprennent encore mal le concept du processus de livraison des PBE et les avantages de l'implication de l'entrepreneur ainsi que du fait que les propriétaires manquent la volonté d'engager des fonds et des ressources en début de projet.

Dans ce contexte de globalisation du processus de livraison d'un PBE et l'accroissement des communications entre les différents intervenants, les compétences techniques ne sont plus suffisantes pour mettre en œuvre un PBE avec succès et pour assurer l'avenir des professionnels. Le développement des compétences et des aptitudes dans les domaines du leadership, de la communication, de la diversité et du travail d'équipe font maintenant partie du coffre à outils de tout intervenant qui souhaite mener au succès un PBE.

CHAPITRE 3

MÉTHODOLOGIE

Pour atteindre les objectifs fixés au sous-chapitre 1.3, la présente recherche utilise une étude qualitative publiée sur le web et diffusée auprès des intervenants de l'industrie de la construction au Québec qui ont déjà réalisé des PBE. Les données de conception de l'étude qualitative ont été inspirées des caractéristiques du processus de livraison recueillies dans la revue de littérature :

- le changement de paradigme;
- les attributs essentiels du processus de livraison d'un PBE;
- la structure organisationnelle de base du processus de livraison d'un PBE.

Les données recueillies permettront de mesurer le degré d'importance du changement de paradigme et de chacun des fondements du processus de livraison de PBE identifié dans la littérature scientifique. Les recherches sur le processus de livraison des PBE pourront fournir aux intervenants des indications pour la mise en œuvre plus efficace de PBE et pour l'augmentation de la performance globale des bâtiments écologiques (Swarup, Korkmaz et Riley, 2011). Cependant, ces efforts sont entravés par des limites telles que le nombre de participants, la petite taille de la population, restreinte par la jeunesse du marché au Québec, et la collecte et l'analyse des données (Korkmaz, Riley et Horman, 2011; Korkmaz, Horman et Riley, 2009) .

La méthodologie présentée dans le chapitre suivant fournit une méthodologie de recherche afin de valider si dans leur pratique les intervenants de l'industrie de la construction au Québec ayant réalisé des PBE, appliquent les lignes directrices et les conclusions des études scientifiques publiées en ce qui concerne le processus de livraison associé au nouveau paradigme issu des PBE.

Dans les chapitres suivants, les résultats obtenus lors de l'étude qualitative sont présentés, analysés et comparés aux données recueillies dans la littérature scientifique. L'encadré de la Figure 3.1 illustre la portion de la démarche de la présente recherche, issue de la Figure 1.1 concernée par les prochains chapitres, soit l'étude qualitative, la présentation, l'interprétation et la discussion des résultats.

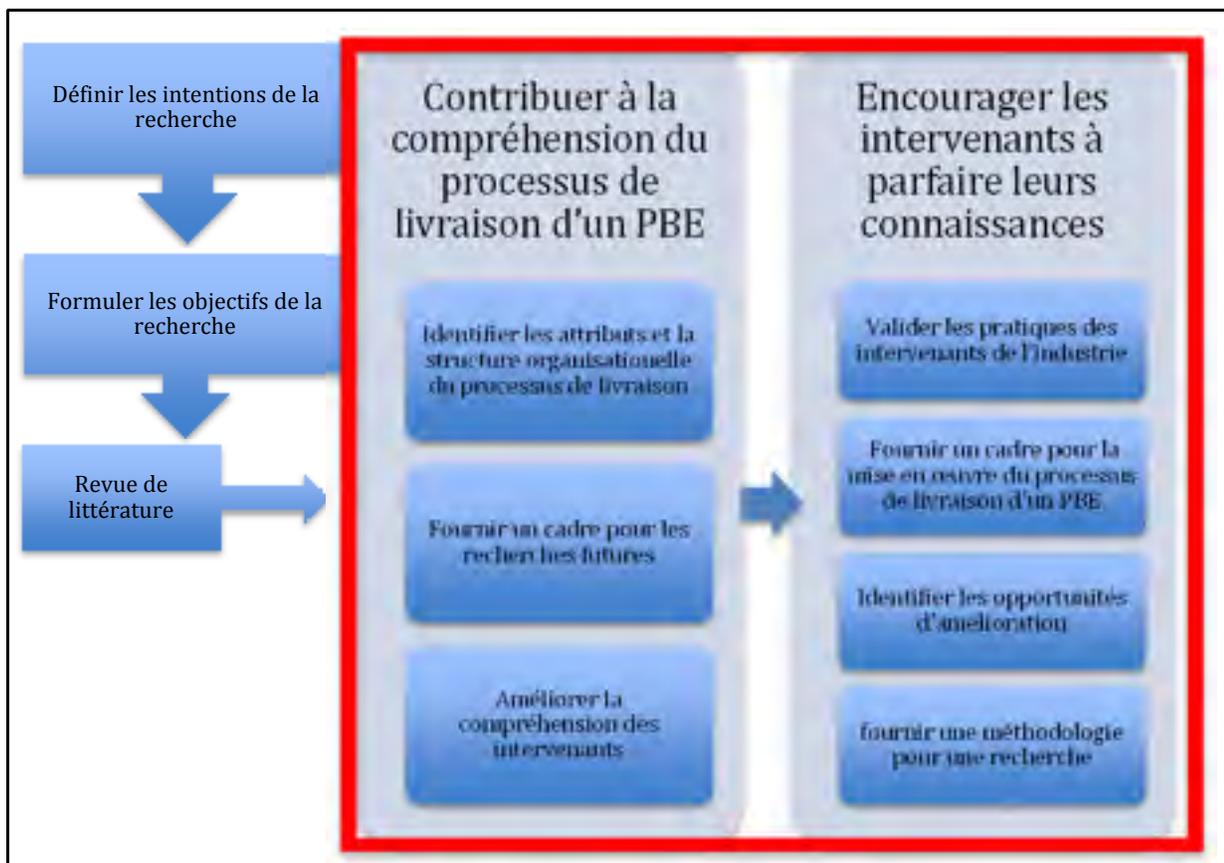


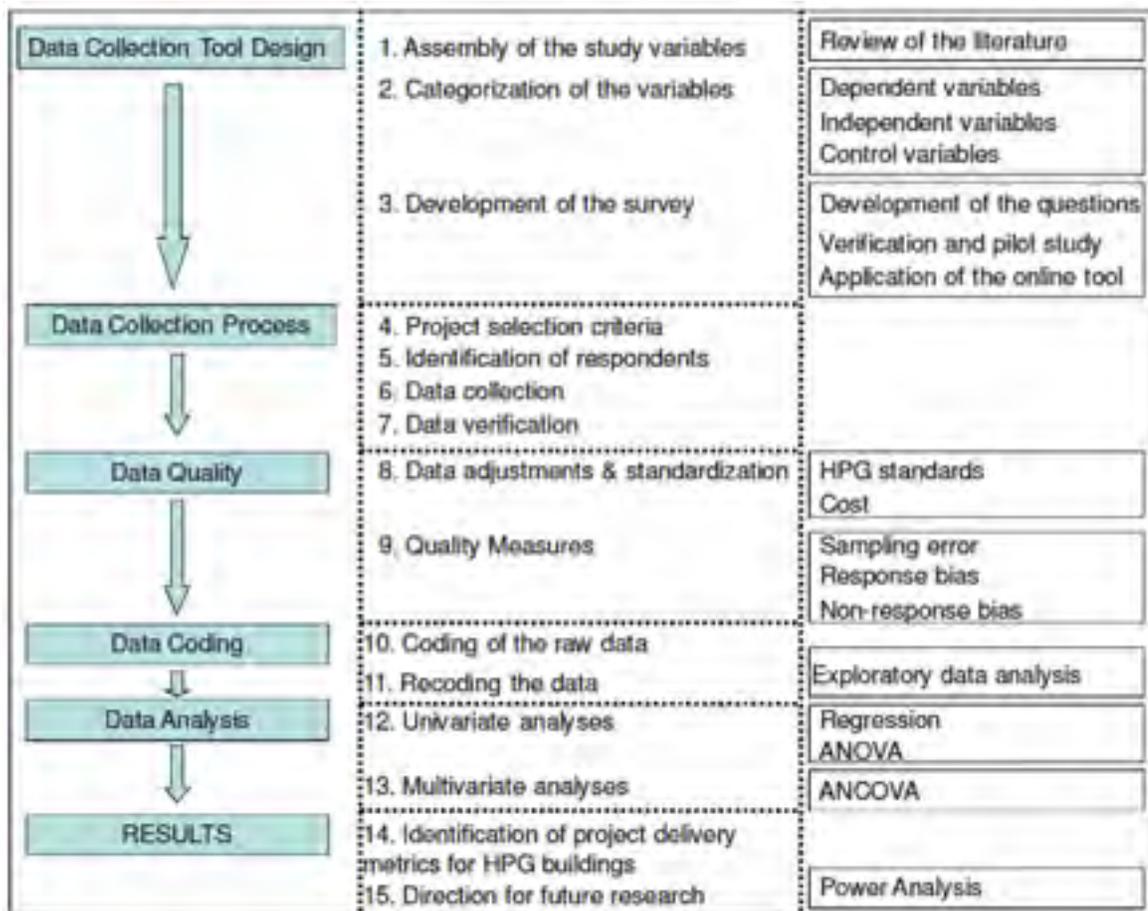
Figure 3.1 Démarche de la recherche concernée par l'étude qualitative

3.1 Les données de conception

Lors de la revue de littérature, les variables les plus importantes pour chacune des caractéristiques du processus de livraison d'un PBE ont été identifiées. Il s'agit des variables dépendantes. C'est sur la base de ces variables dépendantes que l'étude qualitative a été développée. Le Tableau 3.1 illustre le processus méthodologique utilisé par Korkmaz et al. (2010) pour développer une matrice associative entre les processus de livraison et la

performance des projets de bâtiment écologique. Le même procédé a été utilisé dans le cadre de la présente recherche.

Tableau 3.1 Processus méthodologique utilisé par Korkmaz et al. (2010)
Tiré de Korkmaz, Riley et Horman (2010, p.878)



Toutefois, à l'instar de la méthode contrefactuelle, qui considère que les variables sont toutes constantes, à l'exception de celle sous étude, la présente étude a établi des variables indépendantes pour l'obtention de ses résultats (Korkmaz, Riley et Horman, 2010; Swarup, Korkmaz et Riley, 2011). Les variables indépendantes sont les paramètres considérés invariables dans le processus de livraison d'un PBE, généralement fixés d'entrée de jeu lors d'un PBE et avant la conception du projet, soit le budget, la situation géographique, le niveau de certification, les ressources disponibles, etc.

Dans le cadre de la présente étude, pour chacune des variables dépendantes issues des caractéristiques du processus de livraison d'un PBE, le degré d'importance accordé par les intervenants de l'industrie de la construction sera déterminé selon les résultats recueillis, il s'agit de l'analyse de premier niveau. Les résultats permettront de prendre connaissance de l'envergure du changement de paradigme dans l'industrie de la construction au Québec et ainsi d'atteindre le premier objectif fixé au sous-chapitre 1.3.

Dans un deuxième temps, le degré d'importance accordé à l'atteinte des critères de succès d'un PBE sera établi par les intervenants de la construction en reprenant les variables dépendantes les plus importantes selon la revue de littérature, c'est l'analyse de deuxième niveau. Les critères de succès (variables dépendantes de deuxième niveau) issus du changement de paradigme relevés dans la littérature scientifique sont :

- réduire les changements en cours de réalisation ;
- augmenter la qualité du produit fini ;
- encourager l'innovation ;
- atteindre les objectifs globaux du projet ;
- respecter le budget initial.

Le Tableau 3.2 de la page 69 présente le résumé des variables indépendantes et dépendantes relevées dans la littérature scientifique pour l'étude qualitative. Les résultats obtenus à partir de ces variables pourront servir à identifier les opportunités d'amélioration à court et à moyen terme pour les intervenants œuvrant dans le domaine et à fournir un cadre pour la mise en œuvre d'un processus de livraison spécifique au PBE (Swarup, Korkmaz et Riley, 2011). Ce sont les objectifs deux et trois fixés au sous-chapitre 1.3. Le sous-chapitre 3.1.1 fournit un exemple de données de conception pour les attributs du processus de livraison.

Il est à noter que les questions liées au changement de paradigme issu de l'émergence des PBE et aux insuffisances du PLT étaient facultatives puisque plusieurs études scientifiques ont déjà démontré que le changement de paradigme est en cours et que le processus de livraison traditionnel est inapproprié pour le succès d'un PBE. Il a été considéré que le

changement de paradigme était également en cours dans l'industrie de la construction du Québec. De même, lors de l'interprétation des résultats et des discussions de cette recherche, les insuffisances du processus de livraison traditionnel seront considérées démontrées par la science, et ce, en raison des nombreuses études convergentes à ce sujet. Toutefois, il est pertinent pour la présente recherche de recueillir les résultats des intervenants de l'industrie de la construction au Québec par rapport à ces deux sujets afin de valider si les intervenants de l'industrie de la construction au Québec ayant réalisé des PBE ont également pris conscience de ce qui est accepté de facto dans la littérature scientifique et s'ils suivent les lignes directrices et les conclusions des études scientifiques associées au processus de livraison lié au changement de paradigme issu des PBE.

Finalement, la démarche présentée dans cette étude et les données de conception, soit les données recueillies lors de la revue de littérature, pourront être réutilisées pour diverses études en lien avec les PBE et spécifiquement pour caractériser les pratiques des intervenants de l'industrie de la construction au Québec qui ont réalisé des PBE.

3.1.1 Exemple de données de conception

Suite à l'analyse de la littérature scientifique traitant des attributs essentiels du processus de livraison d'un PBE, il a été reconnu que les variables dépendantes pour cette caractéristique du processus de livraison d'un PBE se divisaient en deux catégories : les outils contribuant à l'émergence du processus de livraison d'un PBE et les autres attributs du processus de livraison d'un PBE. Les variables dépendantes liées aux attributs essentiels du processus de livraison d'un PBE ont été identifiées par une nomenclature précise permettant de les identifier et former des premières lettres de la caractéristique du processus de livraison sous étude suivi d'une série de nombres, par exemple APL001 (001).

Les outils contribuant à l'émergence du processus de livraison d'un PBE identifiés dans la revue de littérature sont le développement et l'utilisation de:

- nouveaux cadres décisionnels plus précis et plus accessibles (ex.: analyse du coût global et analyse du cycle de vie) (APL001 (1));
- bases de données fiables pour rendre l'utilisation de nouveaux cadres décisionnels accessible (APL001 (2));
- un processus de livraison spécifique au projet de bâtiment écologique (ex.: conception intégrée, etc.) (APL001 (3)).

Les autres attributs du processus de livraison d'un PBE nécessaires pour la réussite d'un PBE et identifiés dans la revue de littérature sont les suivants:

- l'implantation d'une vision holistique des systèmes du bâtiment auprès des intervenants dès les premières étapes du projet (APL002 (1));
- la diffusion des objectifs du client aux intervenants dès les premières étapes du projet (APL002 (2))*;
- l'utilisation d'un processus de livraison alternatif adapté au projet de bâtiment écologique (APL002 (3));
- le début de la mise en route des systèmes du bâtiment dès l'étape de conception (APL002 (4))*;
- la mise en route de tous les équipements comme un tout (APL002 (5))*.

Suite à l'analyse de premier niveau, les variables dépendantes de premier niveau identifiées par un *, soit APL002 (2), APL002 (4), APL002 (5), seront analysées comme des variables indépendantes lors de l'analyse de deuxième niveau. Elles porteront respectivement les acronymes APL004, APL005 et APL006 lors de l'analyse de deuxième niveau. Le degré d'importance supplémentaire (en comparaison avec un projet de bâtiment traditionnel) de ces variables indépendantes, pour la réussite d'un projet de bâtiment écologique, sera étudié par rapport aux critères de succès d'un PBE. Les critères de succès sont alors les variables dépendantes de deuxième niveau. La Figure 3.2 présente la schématisation des données de conception des attributs du processus de livraison d'un PBE.

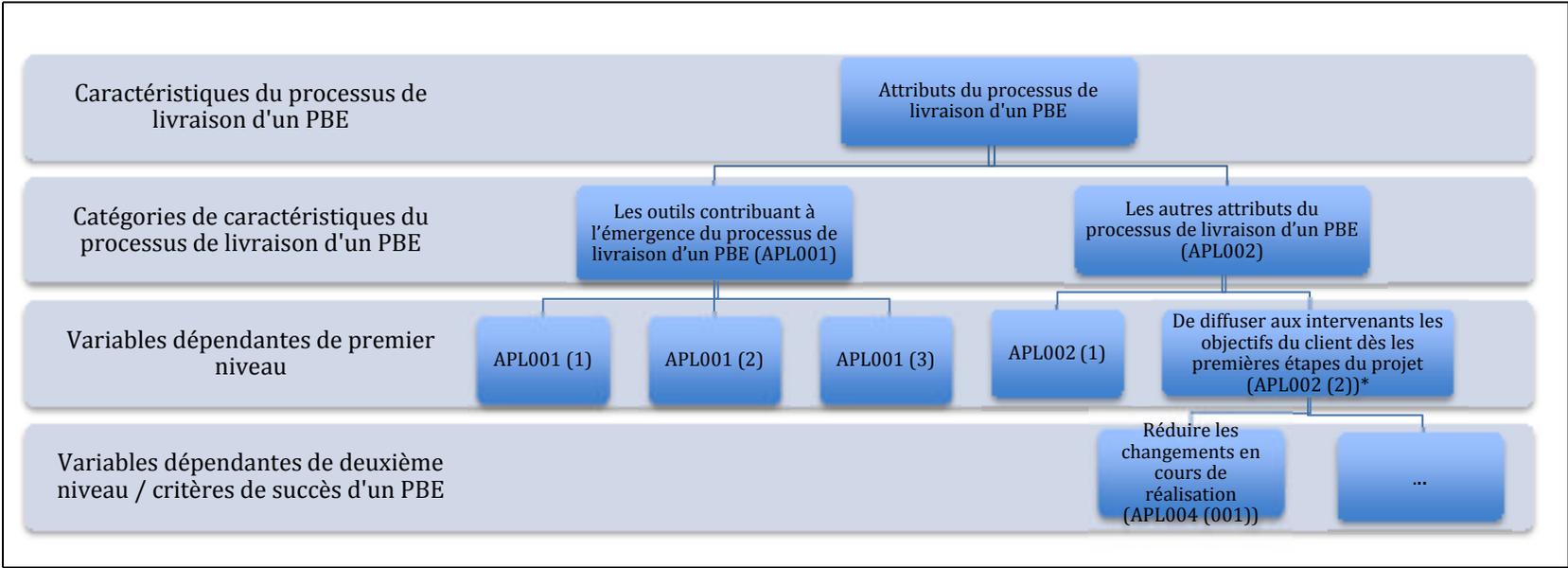


Figure 3.2 Schématisation des données de conception des attributs du processus de livraison d'un PBE

Tableau 3.2 Résumé des données de conception de l'étude qualitative

Les attributs essentiels du processus de livraison d'un PBE (APL)	
Variables dépendantes de premier niveau (APL001)	De nouveaux cadres décisionnels plus précis et plus accessibles (ex.: analyse du coût global et analyse du cycle de vie) (APL001 (1))
	Des bases de données fiables pour rendre l'utilisation de nouveaux cadres décisionnels accessible (APL001 (2))
	Un processus de livraison spécifique au projet de bâtiment écologique (ex.: conception intégrée, etc.) (APL001 (3))
Variables dépendantes de premier niveau (APL002)	D'implanter une vision holistique des systèmes du bâtiment auprès des intervenants dès les premières étapes du projet (APL002 (1))
	De diffuser les objectifs du client aux intervenants dès les premières étapes du projet (APL002 (2))*
	D'utiliser un processus de livraison alternatif adapté au projet de bâtiment écologique (APL002 (3))
	De débiter la mise en route des systèmes du bâtiment dès l'étape de conception (APL002 (4))*
	Que tous les équipements soient mis en route comme un tout (APL002 (5))*
Variables indépendantes de deuxième niveau (APL004 à 006)	De diffuser les objectifs du client aux intervenants dès les premières étapes du projet (APL004)
	De débiter la mise en service des systèmes du bâtiment dès l'étape de conception (APL005)
	Que tous les équipements soient mis en service comme un tout (APL006)
La structure organisationnelle du processus de livraison d'un PBE (SOP)	
Variables dépendantes de premier niveau (SOP001)	Que la collaboration et la synergie entre les différents intervenants soient accrues (SOP001(1))*
	Que tous les intervenants soient intégrés dès les premières étapes du projet (SOP001(2))*
	Que chaque intervenant comprenne davantage le travail des autres membres du projet (SOP001(3))
	Que le processus de conception intégrée soit utilisé (SOP001(4))
	Que l'équipe du projet possède une expérience accrue (SOP001(5))
	Que les intervenants de l'industrie perçoivent l'entrepreneur comme un membre de l'équipe de conception plutôt qu'un simple service de construction (SOP001(6))
Variables indépendantes de deuxième niv. (SOP002, SOP003)	Que tous les intervenants soient intégrés dès les premières étapes du projet (SOP002)
	Que la collaboration et la synergie entre les différents intervenants soient accrues (SOP003)
Gestion des connaissances dans le processus de livraison d'un PBE (GCPL)	
Variables dépendantes de premier niveau (GCPL001)	Que les intervenants mettent en commun leurs connaissances et leurs expériences de projet (GCPL001(1))
	D'effectuer une cueillette, une gestion des connaissances et un échange d'information (GCPL001(2))*
	Que l'équipe du projet prenne en compte les secteurs d'activité extrinsèques à la construction (GCPL001(3))
	Que les concepteurs possèdent et/ou améliorent leurs connaissances et leurs expériences de la construction (GCPL001(4))

Tableau 3.3 Résumé des données de conception de l'étude qualitative (suite)

Gestion des connaissances dans le processus de livraison d'un PBE (GCPL) (Suite)	
Variables dépendantes de premier niveau (GCPL001) (suite)	Que les décisions et les données soient documentées à chacune des étapes du projet dans le but d'être réutilisées lors de prochains projets (GCPL001(5))
	D'intégrer le principe de constructibilité dès les premières étapes du projet (GCPL001(6))
	De mettre en pratique les procédés Lean (GCPL001(7))
Variables indépendantes de deuxième niveau (GCPL002 et 003)	La mise en place de nouveaux procédés d'échange d'information et de documentation entre les intervenants pour: (GCPL002)
	La tenue de charrettes pour: (GCPL003)
Le changement de paradigme issu de l'émergence d'un PBE (CDP)	
Variables dépendantes de premier niveau (CDP001)	L'utilisation de nouveaux critères de succès ajoutés aux critères de succès traditionnels (qualité, coût et temps) pour qualifier le succès d'un projet de construction (CDP001 (SQ001))
	La prise de conscience de l'impact négatif des bâtiments traditionnels sur l'environnement (CDP001 (SQ002))
	La nature conservatrice de l'industrie de la construction (opposition au changement) (CDP001 (SQ003))
	La perception des professionnels que les approches écologiques sont en conflit avec les valeurs traditionnelles (opposition au changement)(CDP001 (SQ004))
Variables indépendantes de deuxième niveau (CDP002)	La réduction des polluants atmosphériques, la consommation de l'eau, des ressources naturelles et des déchets, etc. (CDP002 (SQ001))
	Le manque de matériaux véritablement écologiques et de fournisseurs de produits écologiques à proximité des sites (CDP002 (SQ002))
	Les gains de productivité et la réduction des coûts salariaux, la valeur des propriétés, les incitatifs gouvernementaux, l'amélioration de l'image, etc. (CDP002 (SQ003))
	La division des budgets d'immobilisations et d'exploitation, le manque d'uniformité des politiques gouvernementales, le statu quo économique face à l'incertitude, etc. (CDP002 (SQ004))
	[L'amélioration des résultats scolaires, des résultats des patients dans les hôpitaux, l'augmentation de l'embauche locale et la promotion du transport en commun, etc. (CDP002 (SQ005))
	Le manque de sensibilisation, de formation et d'éducation des intervenants de la construction, le manque de main-d'œuvre spécialisée, etc. (CDP002 (SQ006))
Les insuffisances du processus de livraison traditionnel (PLT)	
Variables dépendantes de premier niveau (PLT001)	La contribution successive des intervenants (La linéarité du processus de livraison traditionnel) (PLT001 (SQ001))
	Les objectifs spécifiques des intervenants (La fragmentation du processus de livraison traditionnel) (PLT001 (SQ002))
	[Le manque de collaboration (La manque d'intégration du processus de livraison traditionnel) (PLT001 (SQ003))

* Les variables dépendantes de premier niveau marqué d'un * ont été utilisées comme variables indépendantes pour réaliser l'analyse de deuxième niveau

3.2 Collecte des données

Pour bien examiner l'impact des variables dépendantes recueillies dans la revue de littérature, une étude qualitative de quinze questions basées sur l'échelle de Likert a été diffusée aux intervenants de l'industrie de la construction au Québec ayant réalisé des PBE (*Voir* : ANNEXE V, p. 233). L'échelle de Likert contient en général cinq à sept choix de réponses qui permettent de nuancer le degré d'accord ou de désaccord d'un répondant vis-à-vis une affirmation : pas du tout d'accord, pas d'accord, ni en désaccord ni d'accord, d'accord, tout à fait d'accord. Dans le cas de la présente étude, c'est le degré d'importance qui a été analysé. L'échelle a donc été adaptée aux besoins de la recherche et peut se lire comme suit : grande importance, moyenne importance, peu d'importance, aucune importance, non-applicable. Les résultats de l'étude qualitative ont permis de déterminer le degré d'importance que les intervenants de l'industrie de la construction Québec ayant déjà réalisé un PBE, accordent aux variables dépendantes et ensuite de le comparer à l'importance que les auteurs de la littérature scientifique leur accordent.

Pour obtenir un échantillon représentatif de l'industrie, des intervenants de différentes disciplines ont été sondés, soit des clients, des professionnels, des entrepreneurs généraux, des entrepreneurs spécialisés, des fournisseurs et d'autres types d'intervenants dont les consultants. Puisque les participants devaient déjà avoir réalisé des PBE, le pavillon Lassonde de l'école polytechnique de Montréal, la TOHU de l'École nationale de cirque et du Cirque du Soleil et le magasin Mountain Equipment Co-op de Montréal ont servi à titre de départ pour la recherche d'intervenants. Parmi ces projets, deux ont obtenu la certification Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) du Conseil du bâtiment durable du Canada (CaGBC) ou du U.S Green building Council (USGBC). La certification LEED n'étant pas un pré requis au titre de PBE, il était important de s'assurer de sélectionner des projets écologiques certifiés et non certifiés afin d'obtenir l'échantillon le plus représentatif possible. La liste des projets enregistrés pour une certification LEED disponible et mise à jour régulièrement sur le site web du CaGBC est également un précieux outil de référence. Cette liste a d'ailleurs permis de retracer les intervenants. L'industrie de la construction du

Québec n'étant pas composée seulement de projets LEED, d'autres intervenants ont été ciblés via le portail web Voirvert.ca (www.voirvert.ca). Lorsque les intervenants potentiels avaient été identifiés, ils ont été contactés par téléphone pour confirmer leur intention de participer à l'étude qualitative. S'ils acceptaient de participer, un courriel contenant un hyperlien renvoyant à plate-forme web sur laquelle était hébergé le questionnaire de l'étude qualitative leur était envoyé.

3.2.1 Outils de collecte des données

Korkmaz et al. (2009) recommandent l'utilisation du web pour la collecte de données et c'est l'approche qui a été préconisée dans la présente recherche. Cette stratégie a permis la distribution du questionnaire de l'étude qualitative, la réception des réponses et l'enregistrement des données dans un format convivial, rapide et accessible à tous. D'autre part, le format web réduit les efforts demandés aux répondants (pas nécessaire de poster ou de numériser les questionnaires complétés) et encourage ainsi la participation des répondants. Toutefois, bien qu'une grande quantité de participants peuvent avoir reçu le questionnaire, il est à prévoir que la majorité d'entre eux devront être contacté de nouveau ou ne répondront pas au questionnaire de l'étude qualitative immédiatement (Korkmaz, Horman et Riley, 2009; Korkmaz et al., 2010; Korkmaz, Riley et Horman, 2010).

Pour faciliter la compilation des données du questionnaire de l'étude qualitative mise en ligne, la plate-forme web LimeSurvey⁸ a été utilisée. LimeSurvey est un logiciel à sources ouvertes (open-source) utilisée partout dans le monde par les entreprises, les universités et les particuliers. Le logiciel a été téléchargé du web et installé sur un serveur SQL (Structured Query Language). À ce moment, le questionnaire de l'étude qualitative a été inscrit sur la plate-forme et finalement publié aux participants. Pour des raisons de sécurité et pour encourager la participation, les réponses ont été transmises anonymement. Le logiciel limite l'entrée de données à une seule participation par répondant, les doublons sont ainsi évités. En temps réel, les résultats peuvent être visualisés jusqu'à l'obtention d'un nombre suffisant

⁸ Le logiciel peut être téléchargé au lien suivant : <http://www.limesurvey.org>

pour l'analyse. LimeSurvey permet alors d'afficher plusieurs statistiques de l'échantillon de la population sondé et d'exporter en format Excel les résultats aux fins de présentation.

3.2.2 Les limites et la qualité des données

L'étude qualitative est d'abord limitée par un échantillon et une population relativement restreinte de PBE, et ce, en raison du marché relativement jeune des PBE au Québec. Il s'agit d'ailleurs du plus gros obstacle rencontré dans la présente étude. Cet obstacle majeur sera analysé plus en détail au sous-chapitre 3.2.3.

Bien que la diversité des répondants fût l'une des caractéristiques à laquelle une attention particulière a été portée, elle est aussi un facteur limitatif pour la qualité des données. Plusieurs autres facteurs ont pu limiter la qualité des données, soit la proportion de chacun des types d'intervenants, la certification et la localisation des projets réalisés par les intervenants sondés, les membres de l'équipe rencontrée lors de PBE, le niveau de qualification de la main-d'œuvre et des répondants, les matériaux disponibles au cours du et à l'endroit du PBE. Les conditions météorologiques et les liens contractuels sont également des facteurs pouvant influencer indirectement la qualité et la précision des données des échantillons (Korkmaz, Horman et Riley, 2009; Korkmaz, Riley et Horman, 2010; Russell, Gugel et Radtke, 1994). Le contexte particulier de l'industrie de la construction au Québec est également un facteur limitatif en raison des conditions climatiques, les associations patronales, les syndicats, etc. Une grande quantité de paramètres n'a donc pas été pris en compte dans la présente recherche, et ce, pour des raisons évidentes d'échelle.

Bien que tous les intervenants aient réalisé des PBE, cette précaution n'est pas une garantie qu'ils aient déjà participé à un processus de livraison spécifique au PBE ou mettant en œuvre les attributs et la structure organisationnelle couverte dans les chapitres précédents. Les PBE au Québec sont d'ailleurs majoritairement réalisés sous le PLT. Il est fort probable que les intervenants sondés n'aient pas vécu les avantages et les inconvénients des variables dépendantes du processus de livraison d'un PBE.

La collecte des données peut donc être moins significative en raison de toutes ces limitations. Néanmoins, la démarche, les données et les résultats de cette étude qualitative fournissent une orientation importante pour la poursuite du développement d'un processus de livraison pour les PBE au Québec et ailleurs au Canada ainsi que pour la création d'outils d'aide à la décision pour les membres de l'équipe de PBE.

3.2.3 Le faible taux de participation et la révision des intervenants visés pour l'étude qualitative

La publication de l'étude qualitative auprès des intervenants des trois études de cas initialement sélectionnées a permis de recueillir des réponses de seulement sept questionnaires complets. Devant cette faible participation, il a été décidé de publier l'étude qualitative à un plus large éventail d'intervenants de l'industrie de la construction ayant réalisé des PBE. Comme mentionné plus tôt, ces nouveaux intervenants ont d'abord été identifiés par les biais de la liste des projets enregistrés pour une certification LEED disponible sur le site web du CaGBC et ensuite par le biais du site de Voir vert (www.voirvert.ca), le portail web des activités de la construction écologique au Québec de la société Groupe Constructo. Cette fois-ci plus de cent quarante (140) intervenants ont été contactés, seulement cinquante (50) ont accepté l'invitation et trente-quatre (34) ont terminé le questionnaire.

Selon Korkmaz et al. (2009), pour obtenir des résultats significatifs et représentatifs qui ne sont pas influés par des données subjectifs isolés et par la qualité de la conception de l'étude, la taille de l'échantillon doit se chiffrer dans les milliers et être réalisé sur plusieurs années. Par conséquent, pour des raisons évidentes de temps et de ressources la présente recherche n'a pas pu réaliser une telle enquête. Lors de la cueillette de données sur de petits échantillons, le facteur humain est toujours à considérer. Cependant, avec des échantillons de plus grande taille, le facteur humain est généralement estompé par la majorité. La Figure 3.3, ci-dessous, montre la relation, entre la taille de l'échantillon et la puissance des statistiques obtenues.

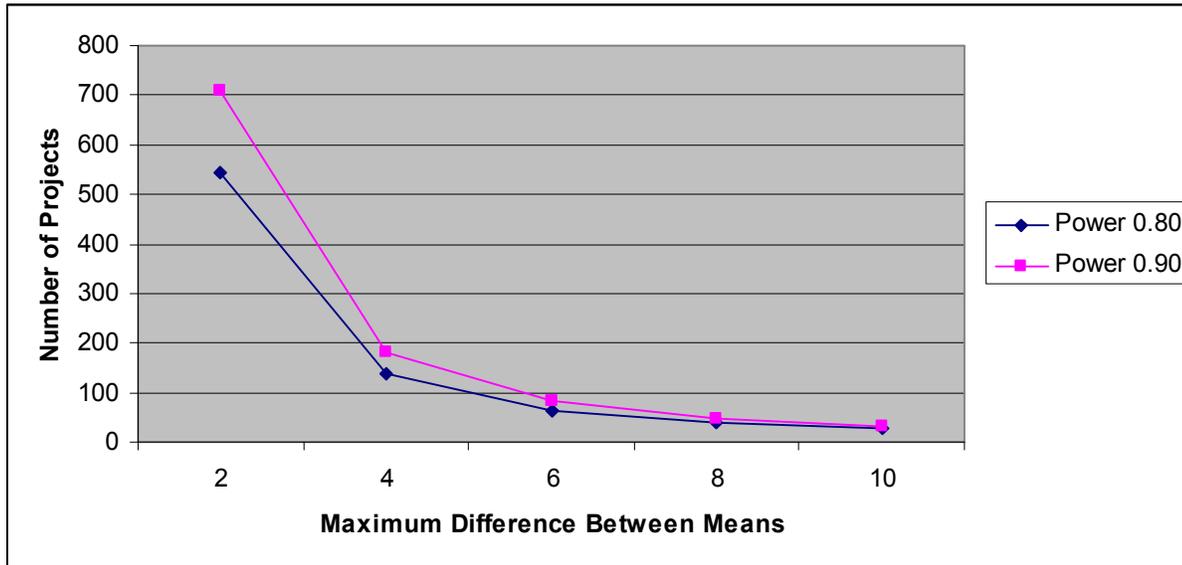


Figure 3.3 Relation entre la taille de l'échantillon et la puissance des statistiques
Tirée de Korkmaz, Horman et Riley (2009, p.563)

Plusieurs causes peuvent expliquer le manque de participation des intervenants des trois études de cas. D'abord, les études de cas impliquent des PBE qui ont été réalisés entre 2003 et 2005, soit il y a bientôt dix ans. Certains des intervenants avaient changé d'employeurs ou étaient à la retraite lors de l'étude. Au surplus, en raison de l'âge de ces PBE et de la rapidité à laquelle l'industrie évolue, les données pour ces projets auraient pu être inactuelles et erronées par rapport aux connaissances d'aujourd'hui.

Selon le logiciel Lime Survey, il semble également que certains participants aient débuté le questionnaire, mais ne l'aient pas complété. Puisque l'étude qualitative est sur une base volontaire, deux hypothèses sont possibles, soit le questionnaire était trop long, soit le moment de l'année avait été mal choisi. Le questionnaire était composé de 17 questions dont 15 obligatoires. Chacune des questions obligatoires nécessitait entre 3 et 6 réponses. Il est possible que la quantité de réponses demandée était trop grande pour un premier contact avec les participants. Pour que les participants consacrent davantage de temps au questionnaire, un lien de confiance et une reconnaissance de la plus-value du temps consacré à cette étude qualitative doivent être établis avec les participants. Pour pallier en partie à cette problématique, il a été prévu que LimeSurvey permette de sauvegarder en ligne la session

des participants lorsque le questionnaire n'était pas terminé. Cependant, une approche progressive, soit petit à petit, aurait pu permettre d'établir un lien de confiance et d'obtenir un meilleur taux de participation

Le questionnaire a été publié à l'automne 2011 jusqu'à printemps 2012 soit au moment du début des conditions d'hiver pour les projets en cours de réalisation, de la fin de la période de conception et au début de la période d'appel d'offres des projets pour l'année 2012. Il s'agit généralement d'une période très occupée pour les professionnels et très stressante pour les entrepreneurs et fournisseurs à la recherche de nouveaux projets. De plus, peu d'intervenants sont enclins à divulguer ouvertement les informations liées au coût, aux approches utilisées et aux changements en cours de projet, d'où l'importance du lien de confiance (Beheiry, Chong et Haas, 2006). Il est fort à parier que ces limitations ont contribué au faible taux de participation.

Le faible taux de participation a également engendré une autre problématique. Il avait été pressenti, pour l'analyse des données, que la méthode contrefactuelle soit utilisée. En effet, selon Klotz et Horman (2010), du fait qu'il n'y a aucun projet qui soit mis en œuvre exactement de la même façon, la méthode contrefactuelle offre une méthode pratique pour étudier le processus de livraison des PBE. Cette méthode offre l'avantage d'appliquer des hypothèses sur les variables étudiées tout en maintenant les autres variables non constantes (Klotz et Horman, 2010). Cependant, cette méthode aurait exigé une grande quantité de PBE ayant des variables dépendantes similaires, ce qui n'est pas le cas au Québec. De plus, les bases de données sur les informations nécessaires à l'utilisation de la méthode contrefactuelle sont très limitées voire non disponibles : le processus de livraison utilisé, les rôles et les responsabilités des intervenants du projet, les méthodes de travail utilisées, le coût prévu et réel, les changements en cours de réalisation, le niveau de la durabilité prévu et réel, etc.

3.3 Validation des données

La participation de tous les types d'intervenants ciblés initialement ainsi que la diffusion de l'étude qualitative à un grand échantillon a permis d'éviter la collecte de données basée sur une ou des opinions subjectives d'un groupe minoritaire d'intervenants. Ceci n'assure pas une représentativité de la l'industrie de la construction au Québec. Toutefois, tous les répondants possèdent l'expérience professionnelle du processus de livraison d'un PBE ainsi, les résultats de l'étude peuvent être considérés comme des données fiables et utiles.

Pour assurer la validation des données recueillies, une plus grande quantité de répondants est toujours souhaitable. Une centaine de répondants auraient pu permettre d'obtenir des données beaucoup plus représentatives que quelques dizaines. Par souci de transparence, LimeSurvey permet que le questionnaire soit complété qu'une seule fois par utilisateur. De plus, pour la présente étude, seuls les résultats des répondants ayant terminé le questionnaire ont été retenus pour la présentation des résultats. Les données ont également été validées lors de la phase d'analyse statistique pour détecter toutes les données aberrantes qui ont pu résulter d'une interprétation erronée ou d'erreur lors de la collecte de données (Korkmaz, Riley et Horman, 2010).

3.4 Analyse des données

Pour l'analyse qualitative, les auteurs de la littérature scientifique recommandent l'utilisation de l'analyse de covariance et de la régression pour permettre de tirer des relations ou des tendances ainsi que l'utilisation de coefficient de corrélation pour tester la solidité d'une relation. En second lieu, la correction de Bonferroni peut être utilisée pour calculer le niveau de significativité lorsque plusieurs hypothèses statistiques sont testées sur une même donnée. Par la suite, l'analyse de covariance peut être employé lorsque l'étude porte sur les types de données mixtes, tel que le type d'intervenant ou pour les variables indépendantes. L'analyse de covariance combine la méthode de régression avec l'analyse de variance pour évaluer l'effet des covariables des variables indépendantes sur la variable dépendante et permet la

comparaison des traitements (Beheiry, Chong et Haas, 2006; Enache-Pommer et Horman, 2009; Korkmaz, Horman et Riley, 2009). Selon Korkmaz et al. (2010), l'analyse de variance entre les variables dépendantes, telles que les attributs du processus de livraison et les performances des PBE, doivent être en dessous de 0,05 pour être significatif et plus de 0,05 pour être potentiellement significatif. Korkmaz et al. (2010), présentent en détail le processus à utiliser lors de l'analyse multivariable.

Lorsqu'il est question d'analyser l'impact d'un évènement ou d'une situation à grande échelle, Klotz et Horman (2010) recommandent l'analyse contrefactuelle. Afin d'obtenir des conclusions révélatrices lors de cette démarche, la comparaison d'un scénario réel à un scénario contrefactuel doit être rigoureusement mise au point. L'objectif est de déterminer l'effet dans le temps d'une variable indépendante, l'antécédent, sur une variable dépendante, le conséquent. Puisque cette méthode repose sur la validité des relations entre les variables et demande une quantité énorme de données et de bases de données, la participation à l'étude de tous les intervenants de chaque projet sous étude est essentielle dans le processus de collecte de données subjective et de l'analyse des données par les chercheurs (Korkmaz, Riley et Horman, 2010).

Pour la présente recherche, la moyenne sera utilisée pour l'analyse statistique en raison du faible nombre de données de l'échantillon. Le but du présent exercice n'est pas de conduire à des conclusions précises depuis un échantillon de grande taille, mais de générer des liens d'importance théorique. Il est important de noter que les PBE qui ont été utilisés pour la sélection des participants ne doivent pas être considérés comme des échantillons individuels d'une population, mais plutôt comme des groupes d'individus d'un échantillon. C'est d'ailleurs pour éviter ce type d'erreur que la collecte des données s'est effectuée anonymement. L'analyse du profil des résultats par la comparaison croisée a été employée pour chaque variable dépendante investiguée. Cette technique utilise la comparaison des réponses de chaque type d'intervenant pour générer les liens d'importance théorique. Par exemple, les réponses des entrepreneurs ont été comparées entre eux et ensuite mises en contraste ou en rapprochement avec les réponses données par chacun des autres intervenants.

3.4.1 Limite de l'analyse des données et des résultats

En raison du faible nombre de données dans cette recherche, il serait vain d'analyser les relations exactes entre les variables ou même des tendances. Le degré de signification des relations des variables indépendantes et dépendantes pour un échantillon de petite taille, comme celui de la présente étude, est faible. Toutefois, l'impact du degré de signification est moins important dans le cadre de la présente recherche pour lesquelles les objectifs sont plutôt de fournir un cadre et une méthodologie.

Il faut également considérer que les professionnels composent plus de la moitié des répondants, donc leurs influences sur les résultats sont beaucoup plus importantes. Par conséquent, les résultats globaux s'accordent très souvent avec l'opinion des professionnels malgré que les résultats individuels des autres intervenants soient différents. L'analyse simple des résultats globaux pourrait dans certains cas, ne pas donner le portrait réel de la situation dans l'industrie de la construction au Québec. C'est d'ailleurs pour cette raison que l'analyse par comparaison croisée, selon le type d'intervenant, est très importante.

Pour la présente étude, les données ont été catégorisées seulement au niveau des types d'intervenants. Elles sont donc tout de même d'importance, et ce, malgré qu'elles proviennent d'intervenants ayant réalisé un projet complexe de grande envergure ou un petit projet plus simple, à Montréal ou en région, en 2005 ou en 2011, etc. Les tendances observées sont alors beaucoup plus générales et beaucoup moins spécifiques. Lorsque la quantité de données le permet, Qi et al. (2010) et Klotz et al. (2009) recommandent le filtrage des données et la régression de Poisson pour palier au débalancement des données et réaliser des combinaisons de variables dépendantes.

3.5 Présentation des prochains chapitres

Dans les trois chapitres suivants, les résultats obtenus lors de l'étude qualitative auprès des différents intervenants de l'industrie de la construction au Québec sont présentés. Dans chacun d'eux, les résultats sont présentés et interprétés de manière générale et ensuite de

manière spécifique par comparaison croisée selon le type de répondant, soit les professionnels, les entrepreneurs / fournisseurs, les donneurs d'ouvrage / clients soit les autres types de répondants. Par la suite, une discussion des résultats est présentée pour chacun des sujets abordés lors de l'interprétation des résultats du questionnaire de l'étude qualitative. L'ensemble des résultats du questionnaire de l'étude qualitative peut être consulté à l'ANNEXE VI.

Les résultats sont présentés par composantes du processus de livraison, comme libellé au CHAPITRE 2. Ensuite, chaque chapitre présentera d'abord les résultats liés aux variables de premier niveau et ensuite l'interprétation et la discussion des résultats. La présentation et l'interprétation des résultats des variables de deuxième niveau et leurs discussions suivront par la suite.

Comme déjà mentionné dans le chapitre précédant les résultats aux questions portant sur les insuffisances du processus de livraison traditionnel ne seront pas présentés puisqu'ils sont considérés suffisamment reconnus pour être du niveau de la connaissance du grand public. Toutefois, les résultats peuvent être consultés à l'ANNEXE VII.

Dans les chapitres suivants, les résultats de l'étude qualitative en lien avec le changement de paradigme et les attributs et les structures organisationnelles du processus de livraison d'un PBE seront présentés. D'abord, la présentation des résultats et l'interprétation des résultats liés au degré d'importance des caractéristiques du changement de paradigme, et ensuite ceux liés au degré d'importance des éléments moteurs du changement de paradigme. Ces chapitres permettront de mettre en perspective les pratiques des intervenants de l'industrie de la construction au Québec. Il permettront également de valider le niveau de compréhension et de mise en œuvre des intervenants de l'industrie de la construction au Québec qui ont réalisé des PBE par rapport aux lignes directrices et aux conclusions des études scientifiques publiées à ce jour; d'identifier les opportunités d'amélioration à court et à moyen terme pour les professionnels œuvrant dans le domaine; et de fournir un cadre pour la mise en œuvre d'un processus de livraison spécifique au PBE.

CHAPITRE 4

LE CHANGEMENT DE PARADIGME

Le CHAPITRE 4 présente les résultats obtenus par l'analyse des données de l'étude qualitative effectuée auprès des différents intervenants de l'industrie de la construction au Québec en lien avec le degré d'importance du changement de paradigme. Il est composé de sous-chapitres comprenant la présentation et l'interprétation des résultats ainsi que de la discussion des résultats pour chacune des variables dépendantes et indépendantes étudiées dans l'étude qualitative. Les résultats détaillés pour chacun des types d'intervenants peuvent être consultés à l'ANNEXE VI.

4.1 Le degré d'importance des caractéristiques du changement de paradigme

Le sous-chapitre suivant présente les résultats du degré d'importance des caractéristiques du changement de paradigme (CDP001). Les résultats seront d'abord présentés de manière générale et spécifique. Ils sont ensuite interprétés selon les notions de base et la situation actuelle du PBE dans l'industrie de la construction. Une discussion des résultats par rapport à la revue de littérature clôturera le sous-chapitre.

Le Tableau 4.1 présente les résultats du degré d'importance des variables dépendantes lié au changement de paradigme relevé dans la revue de littérature. On y observe que soixante-cinq pour cent (65%) et soixante-huit pour cent (68%) des répondants sont respectivement d'avis que les variables dépendantes CDP001 (SQ001) et CDP001 (SQ003) exercent un rôle de grande importance dans le changement de paradigme. Les résultats révèlent également que les répondants ne s'accordent pas sur le degré d'importance des variables dépendantes CDP001 (SQ002) et CDP001 (SQ004), puisqu'elles affichent des résultats partagés presque à parts égales entre la grande et la moyenne importance.

Tableau 4.1 Degré d'importance des variables dépendantes lié au changement de paradigme (CDP001)

Résultats de l'étude qualitative - Changement de paradigme de l'industrie de la construction						
Basé sur vos expériences de travail, veuillez sélectionner le degré d'importance qu'exerce chacun des éléments suivants dans le changement de paradigme émergeant du processus de livraison de bâtiment écologique. (CDP001)						
Variables dépendantes	Degré d'importance					
	Grande importance	Moyenne importance	Peu d'importance	Aucune importance	Non-Applicable	Sans réponse
L'utilisation de nouveaux critères de succès ajoutés aux critères de succès traditionnels (qualité, coût et temps) pour qualifier le succès d'un projet de construction (CDP001 (SQ001))	65%	26%	3%	0%	3%	3%
La prise de conscience de l'impact négatif des bâtiments traditionnels sur l'environnement (CDP001 (SQ002))	47%	41%	3%	0%	9%	0%
La nature conservatrice de l'industrie de la construction (opposition au changement) (CDP001 (SQ003))	68%	23%	0%	0%	9%	0%
La perception des professionnels que les approches écologiques sont en conflit avec les valeurs traditionnelles (opposition au changement) (CDP001 (SQ004))	32%	29%	21%	9%	9%	0%

Les résultats moins convainquant des répondants pour la variable CDP001 (SQ002) peuvent être expliqués en partie par le sentiment moins urgent au Québec de prendre action face aux problématiques liées à l'environnement, comparé aux pays de l'Europe ou aux grandes villes américaines. Les intervenants de la construction au Québec sont donc moins sensibilisés et conscientisés à l'importance du défi environnemental. De plus, sachant que le processus de livraison traditionnel est encore largement utilisé aujourd'hui, il est possible que les intervenants n'aient pas constaté que les professionnels perçoivent les approches écologiques comme une source de conflit avec leurs valeurs traditionnelles CDP001 (SQ004).

Les données recueillies indiquent que les répondants sont d'avis que l'utilisation de nouveaux critères de succès ajoutés aux critères de succès traditionnels pour qualifier le succès d'un projet de construction (CDP001 (SQ001)) et la nature conservatrice de l'industrie de la construction (opposition au changement) (CDP001 (SQ003)) sont d'une grande importance pour le changement de paradigme, mais ils sont plutôt partagés sur le degré d'importance de

la prise de conscience de l'impact négatif des bâtiments traditionnels sur l'environnement (CDP001 (SQ002)) et de la perception des professionnels que les approches écologiques sont en conflit avec les valeurs traditionnelles (CDP001 (SQ004)). Pourtant le PBE, est fondamentalement issu de la prise de conscience de l'impact négatif des bâtiments traditionnels sur l'environnement (CDP001 (SQ002)). Les processus de livraison alternatifs utilisés pour les PBE en réponse aux insuffisances du processus de livraison traditionnel sont opposés aux valeurs traditionnelles des professionnels.

Les donneurs d'ouvrage / clients peu convaincus de l'importance des variables CDP001 (SQ003) et CDP001 (SQ004)

Les résultats selon le type d'intervenant présentés au Tableau-A VI-1 de l'ANNEXE VI montrent qu'une très grande majorité (86%) des donneurs d'ouvrage / clients croient que les variables dépendantes CDP001 (SQ001) et CDP001 (SQ002) sont d'une grande importance alors qu'ils sont d'avis que les variables CDP001 (SQ003) et CDP001 (SQ004) sont respectivement de moyenne et de peu d'importance. Ces résultats sont probablement dû au fait que les donneurs d'ouvrage / clients sont traditionnellement les moins impliqués dans le processus de livraison. Ils ne perçoivent donc pas autant l'importance des deux variables dépendantes CDP001 (SQ003) et CDP001 (SQ004), relative aux mœurs des intervenants de l'industrie de la construction puisqu'ils ne sont pas intimement liés à ces valeurs. Les valeurs sont d'ailleurs beaucoup plus significatives chez les professionnels qui sont directement visés par la variable dépendante CDP001 (SQ004).

Les professionnels, les intervenants les moins convaincus de l'importance des variables dépendantes

Les résultats selon le type d'intervenant présentés au Tableau-A VI-1 de l'ANNEXE VI montrent que plus de cinquante pour cent (50%) des professionnels sont d'avis que le degré d'importance de la prise de conscience de l'impact négatif des bâtiments traditionnels sur l'environnement (CDP001 (SQ002)) et de la perception des professionnels que les approches écologiques sont en conflit avec les valeurs traditionnelles (opposition au changement) (CDP001 (SQ004)) est d'une importance moyenne. Ces résultats révèlent des opinions

opposées entre les intervenants puisque les donneurs d'ouvrage et les entrepreneurs favorisent majoritairement la grande importance.

Les résultats révèlent aussi des opinions opposées au sein des professionnels. Alors que la majorité partage la grande et la moyenne importance, entre quinze pour cent (15%) et trente pour cent (30%) des professionnels sont d'avis que les variables dépendantes CDP001 (SQ002), CDP001 (SQ003) et CDP001 (SQ004) ne s'appliquent pas ou ne sont d'aucune importance pour le changement de paradigme. Il est possible que les professionnels s'indignent devant la variable dépendante CDP001 (SQ004) puisqu'elle a enregistré la plus haute quote-part en faveur des deux degrés d'importance les moins élevés sur l'échelle de Likert. Cette variable dépendante concerne spécifiquement les professionnels, ce qui pourrait d'ailleurs expliquer les résultats obtenus.

L'analyse des résultats porte à croire qu'une part des professionnels n'a pas encore pris conscience de l'ampleur du changement de paradigme qui s'opère actuellement dans l'industrie de la construction ou qu'elle n'est pas prête à mettre en œuvre le changement de paradigme. Les résultats du degré d'importance de la perception des professionnels à l'effet que les approches écologiques sont en conflit avec les valeurs traditionnelles (CDP001 (SQ004)) sont partagés, mais opposés. Ils confirment ainsi que le changement de paradigme n'est pas tout à fait complété chez les professionnels et laissent même entrevoir un manque de connaissance de leur part.

Par contre, il est plausible de croire que si les professionnels avait été en aussi grand nombre que les autres intervenants, les proportions auraient été moins opposées, soit moins élevées pour la moyenne importance et plus élevées pour la grande importance au niveau du degré d'importance des variables CDP001 (SQ002) et CDP001 (SQ004).

4.1.1 Discussion des résultats

Les résultats des intervenants à l'opposé de la littérature scientifique

Les résultats de l'étude qualitative sont en complète contradiction avec le rapport canadien de Lucuik (2005) qui souligne que c'est parmi les concepteurs de bâtiments et les spécialistes du bâtiment, donc les professionnels, que l'on observe le plus d'intérêt et de changement dans la mise en œuvre de PBE. Les résultats recueillis lors de l'étude auprès des intervenants de l'industrie démontrent plutôt que ce sont les entrepreneurs / fournisseurs et les autres types d'intervenants qui semblent les plus convaincus de l'importance des variables dépendantes du changement de paradigme. Ce sont également les intervenants pour qui les rôles et responsabilités ont été les plus réformés par le changement de paradigme. Ces intervenants doivent également composer avec les conséquences et les complications résultant de la linéarité du processus de livraison traditionnel (PLT) et les objectifs opposés des intervenants sous le PLT. C'est également les entrepreneurs / fournisseurs qui subissent les gaspillages de ressources et qui doivent procéder aux actions correctives coûteuses durant la phase de construction en réaction au manque d'intégration de la phase de conception (Fisher et Tatum, 1997; Vanegas et Pearce, 2000). C'est d'ailleurs l'une des explications pour lesquelles les entrepreneurs / fournisseurs accordent autant d'importance au changement de paradigme. À cet égard, Nima et al. (2001) et Qi et al. (2010), construisent un argumentaire conviant sur les bénéfices de la prise de conscience du changement de paradigme par l'entrepreneur.

L'opposition au changement de paradigme confirmé

Les résultats obtenus par les professionnels ont souvent été à l'écart de la moyenne de leurs autres intervenants et du même coup à l'écart des hypothèses soutenues par la littérature scientifique. Il est fort probable, comme le soulignent plusieurs auteurs scientifiques, que les professionnels perçoivent l'effort de collaboration nécessaire lors de la conception comme une intrusion ou une perte de culture de la profession qui jadis avait toujours été exclusive. Les résultats des professionnels démontrent également, comme plusieurs des auteurs

scientifiques le rapportent, que les intervenants de l'industrie de la construction sont de natures conservatrices et portées à privilégier le statu quo. Ce mode de pensée imprègne chaque aspect des activités des professionnels. Il est selon Blismas et al. (2004) l'une des causes principales des insuffisances du processus de livraison traditionnel. Ce mode de pensée chez les professionnels encourage le maintien d'un système fragmenté et l'implication éphémère des intervenants au détriment de la promotion d'un processus de livraison intégré, ce qui retarde le saut culturel vers un changement significatif. D'ailleurs, seulement trente pour cent (30%) des professionnels croient que la prise de conscience de l'impact négatif des bâtiments traditionnels sur l'environnement (CDP001 (SQ002)) est d'une grande importance alors que la littérature scientifique conclut qu'il s'agit du fondement même du changement de paradigme.

Les donneurs d'ouvrage / clients et les entrepreneurs sur la voie du changement de paradigme

Toutefois, la majorité des donneurs d'ouvrage / clients, qui détiennent les cordons de la bourse et de facto le pouvoir de décision et d'influence, semblent être en voie de s'adapter au changement de paradigme. Leur position privilégiée dans le processus de livraison d'un PBE leur permet d'utiliser leur influence pour accélérer la redéfinition des rôles et des responsabilités des intervenants. De même, les résultats obtenus de la part des entrepreneurs / fournisseurs se sont approchés des hypothèses tirées de la littérature scientifique selon laquelle chacune des variables dépendantes est un élément clé du changement de paradigme. Il est possible que cette volonté de changement soit le résultat du préjugé défavorable, qui dure depuis plusieurs décennies, à l'effet que les entrepreneurs sont grandement responsables des insuffisances du processus de livraison traditionnel alors que dans les faits, ils héritent souvent des problèmes liés au manque de coordination et de connaissance des précédents (Fisher et Tatum, 1997; Vanegas et Pearce, 2000).

4.2 Le degré d'importance des éléments moteurs et des obstacles du changement de paradigme

Le sous-chapitre suivant présente les résultats du degré d'importance des moteurs et des obstacles du changement de paradigme (CDP002). Les résultats seront d'abord présentés de manière générale et spécifique. Ils sont ensuite interprétés selon les notions de base et la situation actuelle du PBE dans l'industrie de la construction. Une discussion des résultats par rapport à la revue de littérature clôturera le sous-chapitre.

Tableau 4.2 Degré d'importance des éléments moteurs et des obstacles du changement de paradigme (CDP002)

Résultats de l'étude qualitative - Changement de paradigme de l'industrie de la construction						
Basé sur vos expériences de travail, veuillez sélectionner le degré d'importance qu'exerce chacun des éléments suivants dans le changement de paradigme émergent du processus de livraison de bâtiment écologique. (CDP002)						
Variables dépendantes	Degré d'importance					
	Grande importance	Moyenne importance	Peu d'importance	Aucune importance	Non-Applicable	Sans réponse
La réduction des polluants atmosphériques, la consommation de l'eau, des ressources naturelles et des déchets, etc. (CDP002 (SQ001))	91%	9%	0%	0%	0%	0%
Le manque de matériaux véritablement écologiques et de fournisseurs de produits écologiques à proximité des sites (CDP002 (SQ002))	47%	35%	18%	0%	0%	0%
Les gains de productivité et la réduction des coûts salariaux, la valeur des propriétés, les incitatifs gouvernementaux, l'amélioration de l'image, etc. (CDP002 (SQ003))	50%	29%	12%	0%	9%	0%
La division des budgets d'immobilisations et d'exploitation, le manque d'uniformité des politiques gouvernementales, le statu quo économique face à l'incertitude, etc. (CDP002 (SQ004))	59%	32%	0%	0%	3%	6%
L'amélioration des résultats scolaires, des résultats des patients dans les hôpitaux, l'augmentation de l'embauche locale et la promotion du transport en commun, etc. (CDP002 (SQ005))	29%	47%	12%	0%	9%	3%
Le manque de sensibilisation, de formation et d'éducation des intervenants de la construction, le manque de main-d'œuvre spécialisée, etc. (CDP002 (SQ006))	56%	41%	0%	0%	3%	0%

Le Tableau 4.2 montre que plus de quatre-vingt-dix pour cent (91%) des intervenants interrogés lors de l'étude qualitative croient que la réduction des polluants atmosphériques, la consommation de l'eau, des ressources naturelles et des déchets (CDP002 (SQ001)) sont d'une grande importance dans la mise en œuvre du changement de paradigme. Le neuf pour cent (9%) restant est composé uniquement de professionnels. Sachant que trente-quatre répondants ont complété l'étude qualitative, neuf pour cent (9%) représente environ trois intervenants. Il est donc possible de conclure que les intervenants de l'industrie de la construction croient que la variable dépendante CDP002 (SQ001) est d'une grande importance pour la mise en œuvre du changement de paradigme.

D'autre part, selon les résultats obtenus, moins de la moitié (47%) des intervenants, dont cinquante-cinq pour cent (55%) des professionnels et cent pour cent (100%) des entrepreneurs / fournisseurs, soutiennent que le manque de matériaux véritablement écologiques et de fournisseurs de produits écologiques à proximité des sites (CDP002 (SQ002)) est d'une grande importance. D'un autre côté, le Tableau-A VI-2 de l'ANNEXE VI démontre que quatre-vingt-six pour cent (86%) des donneurs d'ouvrage / clients et quarante-cinq pour cent (45%) des professionnels considèrent que le degré d'importance de cette variable dépendante est de moyenne ou de peu d'importance. Pourtant, les plus engagés et plus informés de la disponibilité des matériaux sont bien souvent les entrepreneurs / fournisseurs qui jugent que le manque de matériaux véritablement écologiques et de fournisseurs de produits écologiques à proximité des sites (CDP002 (SQ002)) est d'une grande importance. Il est donc possible de croire que ce ne sont pas tous les intervenants qui sont au courant de la disponibilité réelle des matériaux ou que les entrepreneurs / fournisseurs ne considèrent pas d'une grande importance les délais supplémentaires souvent exigés pour l'approvisionnement de matériaux écologiques par rapport aux matériaux traditionnels.

Les professionnels les moins convaincus de l'importance des éléments moteurs et des obstacles économiques du changement paradigme

Le Tableau-A VI-2 montre que tous les intervenants, à l'exception des professionnels, accordent une grande importance aux variables dépendantes CDP002 (SQ003) et CDP002

(SQ004) en lien avec les éléments moteurs et les obstacles économiques du changement de paradigme. En effet, les donneurs d'ouvrage / clients, les entrepreneurs / fournisseurs et les autres types d'intervenants s'accordent unanimement à l'effet que ces deux variables sont d'une grande importance. À l'opposé de la majorité des autres intervenants, seulement quinze pour cent (15%) et trente pour cent (30%) des professionnels partagent respectivement cet avis pour les variables dépendantes CDP002 (SQ003) et CDP002 (SQ004). De même, vingt pour cent (20%) des professionnels sont d'avis que le degré d'importance des gains de productivité et de la réduction des coûts salariaux, de la valeur des propriétés, des incitatifs gouvernementaux, de l'amélioration de l'image, etc. (CDP002 (SQ003)) est de peu d'importance. Il y a donc des opinions différentes et presque opposées entre les professionnels et l'ensemble des autres intervenants pour ce qui est des variables dépendantes CDP002 (SQ003) et CDP002 (SQ004), particulièrement en ce qui concerne la CDP002 (SQ003). Les résultats montrent que l'aspect économique est beaucoup moins important pour les professionnels que pour les autres intervenants.

Les éléments moteurs et les obstacles sociaux moins importants que les éléments moteurs et les obstacles économiques

D'ordre général, les variables dépendantes CDP002 (SQ005) et CDP002 (SQ006) ont obtenu les résultats les moins élevés pour le degré d'importance de la grande importance par rapport aux autres variables analysées. Ces variables concernaient les éléments moteurs et des obstacles sociaux du changement de paradigme. Les intervenants sondés accordent donc moins d'importance à l'aspect social du changement de paradigme qu'aux aspects environnementaux ou économiques. Les résultats majoritaires ont été concentrés au degré d'importance de niveau moyen, mais des différences marquées sont enregistrées pour ces variables. Par exemple, les donneurs d'ouvrage / clients, dans une proportion de quatre-vingt-six pour cent (86%)⁹ et les entrepreneurs / fournisseurs dans une proportion de cent pour cent (100%) croient que le degré d'importance de la variable dépendante CDP002 (SQ005) est de grande importance pour la mise en œuvre du changement de paradigme. Des résultats

⁹ L'autre quatorze pour cent (14%) de donneurs d'ouvrage / clients n'ont pas répondu à cette question puisqu'elle était facultative. Il est possible de croire que cent pour cent (100%) d'entre eux sont d'avis que la variable dépendante CDP002 (SQ005) est de grande importance.

diamétralement opposés ont été enregistrés pour cette variable alors que vingt pour cent (20%) et quinze pour cent (15%) des professionnels considèrent que la variable dépendante CDP002 (SQ005) est respectivement peu importante et non applicable à la mise en œuvre du changement de paradigme. La variable dépendante CDP002 (SQ006) a également enregistré des résultats à l'écart de la majorité des intervenants alors que cent pour cent (100%) des donneurs d'ouvrage / clients et trente-cinq pour cent (35%) des professionnels ont favorisé la moyenne importance plutôt que la grande importance.

Selon les résultats obtenus pour les variables CDP002 (SQ005) et CDP002 (SQ006), les donneurs d'ouvrage / clients et les professionnels accordent généralement moins d'importance aux éléments moteurs et aux obstacles sociaux du changement de paradigme que les entrepreneurs / fournisseurs et l'autre type d'intervenant. Il est possible de croire qu'étant donné que les professionnels sont traditionnellement les moins exposés au facteur social de la construction, il est plus difficile de les conscientiser à l'importance de cet aspect du changement de paradigme. Puisque les donneurs d'ouvrage / clients sont traditionnellement les plus impliqués dans les facteurs sociaux des projets, on aurait pu s'attendre à ce que les résultats atteignent le degré d'importance le plus élevé, ce qui n'a pas été le cas.

Les professionnels les moins convaincus du changement de paradigme parmi tous les intervenants

Les résultats Tableau-A VI-2 démontrent que ce sont les professionnels qui sont les moins convaincus du changement de paradigme, spécialement lorsqu'il est question de l'importance qu'exercent les éléments moteurs et les obstacles économiques. Pourtant, lors du processus de livraison traditionnel, le processus le plus utilisé au Québec, c'est généralement le professionnel qui contrôle le budget du projet. Les professionnels devraient donc considérer l'aspect économique du changement de paradigme avec une grande importance.

Les résultats les moins élevés pour les professionnels ont été enregistrés pour les variables dépendantes CDP002 (SQ003), et CDP002 (SQ005), soit respectivement les éléments moteurs économiques et sociaux, et les résultats les plus élevés ont été enregistrés pour la

variable dépendante CDP002 (SQ001) en lien avec les éléments moteurs environnementaux. Les professionnels jugent donc que les éléments moteurs environnementaux sont plus importants pour le changement de paradigme. Par contre, les résultats des aspects économiques et sociaux du changement de paradigme laissent croire que beaucoup de travail reste à faire au niveau de la formation des professionnels.

Il faut également considérer que les professionnels composent plus de la moitié des répondants, par conséquent leur influence sur les résultats est beaucoup plus importante. Par conséquent, les résultats globaux Tableau 5.2 s'accordent très souvent avec l'opinion des professionnels malgré que les résultats individuels des autres intervenants soient différents. Dans certains cas, l'analyse simple des résultats globaux pourrait ne pas refléter le portrait réel de la situation dans l'industrie de la construction au Québec. C'est d'ailleurs pour cette raison que l'analyse par comparaison croisée selon le type d'intervenant est très importante.

4.2.1 Discussion des résultats

Les éléments moteurs et les obstacles environnementaux du changement de paradigme

Selon les résultats de la variable CDP002 (SQ001), les intervenants sondés, à l'image de la revue de littérature, semblent avoir pris conscience de l'importance grandissante de l'environnement dans l'industrie de la construction et de l'effet des bâtiments et leurs constructions sur le milieu bâti; l'élément moteur embryonnaire du changement de paradigme selon Landman (1999). De même, les résultats obtenus pour la variable CDP002 (SQ002) semblent corroborer les conclusions de ce même auteur à l'effet que les entrepreneurs / fournisseurs sont en avance par rapport aux professionnels en ce qui a trait à la compréhension de la durabilité intrinsèque des cycles de vie des matériaux. Les résultats indiquent que le tiers des professionnels croient que le manque de matériaux véritablement écologiques et le manque de fournisseurs sont des obstacles exerçant peu d'importance sur le succès d'un PBE. Landman (1999) souligne par contre que seulement cinq à dix pour cent (5-10%) des professionnels du bâtiment intègrent systématiquement des éléments durables dans

leurs projets de construction. Les auteurs l'ont démontré dans le passé : les technologies pour résoudre les défis environnementaux existent, il suffit de mettre en œuvre de meilleures pratiques de conception et de construction. Il semble qu'il y ait un manque de volonté de mettre en œuvre des actions concrètes, comme Landman (1999) l'indique dans son étude des barrières de la mise en œuvre de la construction écologique.

Notons également qu'en raison de l'utilisation répandue et de la linéarité du processus de livraison traditionnel lors de PBE, l'effort de coopération fondamental entre les intervenants est très limité, voire inexistant. Par conséquent, les professionnels ont beaucoup moins d'échange d'information avec les entrepreneurs / fournisseurs, qui sont les mieux informés des difficultés d'approvisionnement (Bhattacharjee, Ghosh et Jones, 2013; Robichaud et Anantatmula, 2011). Les professionnels sont particulièrement concernés par cette problématique puisque beaucoup de recherche et développement est à prévoir en partenariat avec les fournisseurs dans un avenir rapproché (Kibert, 2008; UNEP, 2003).

Les éléments moteurs et les obstacles économiques du changement de paradigme

Du côté de l'aspect économique, l'ensemble des intervenants semble être sensibilisé autant aux éléments moteurs qu'aux obstacles de cet aspect du changement de paradigme comme le démontrent les résultats du degré d'importance des variables CDP002 (SQ003) et CDP002 (SQ004). Par contre, l'étude ne confirme pas si les intervenants accordent une grande importance à ces deux variables parce qu'ils perçoivent le changement de paradigme comme un obstacle financier, tel que la littérature scientifique le rapporte, ou comme une opportunité d'en tirer de nouveaux avantages pour eux-mêmes et les membres de l'équipe de projet (Deane, 2008; Qi et al., 2010; Vanegas et Pearce, 2000). Les professionnels se distinguent du lot avec un degré d'importance majoritaire de cinquante pour cent (50%) en faveur de la moyenne importance et vingt pour cent (20%) en faveur du peu d'importance. Les professionnels sont assurément les intervenants les plus touchés par les nouvelles considérations économiques et les nouvelles innovations des PBE qui mèneront à des modifications dans les pratiques de l'industrie de la construction, et à l'instauration de

partenariats entre les administrations publiques, les associations professionnelles et l'entreprises privées (Landman, 1999; Robichaud et Anantatmula, 2011; UNEP, 2003). Ils sont également les plus réfractaires au changement de paradigme selon les résultats des variables CDP001.

À la défense des professionnels, ils sont rarement les bénéficiaires des avantages économiques. Ils gèrent bien souvent le budget d'immobilisations des donneurs d'ouvrage / clients qui est majoré d'un investissement initial supplémentaire pour la vocation écologique du projet, mais ne perçoivent pas les économies des frais d'exploitation (Kats et al., 2003). Selon la littérature scientifique, la séparation des budgets d'immobilisations et d'exploitation au détriment de l'analyse du coût du cycle de vie (ACC) ou du coût global est d'ailleurs l'un des plus gros obstacles au PBE. Les résultats de la variable dépendante CDP002 (SQ004) laissent croire que les intervenants de l'industrie de la construction du Québec vivent ce phénomène. Les donneurs d'ouvrage / clients et les entrepreneurs / fournisseurs, qui sont parfois des donneurs d'ouvrage, ont reconnu de façon unanime qu'il s'agissait d'une variable dépendante de grande importance. Selon l'UNEP (2003), la mise en œuvre des PBE rend le passage à de nouvelles méthodes d'analyse de coûts, dont l'analyse du coût du cycle de vie (ACC) (coût global), inévitable. Les résultats des variables dépendantes APL001 (1) et APL001 (2) du chapitre suivant, liés à l'analyse du coût du cycle de vie (coût global) et aux nouveaux cadres décisionnels, semblent démontrer une volonté de changement à l'égard des obstacles économiques des PBE.

Les éléments moteurs et les obstacles sociaux du changement de paradigme

Malgré qu'il soit reconnu dans la littérature scientifique que les éléments moteurs et les obstacles économiques du changement de paradigme sont intimement liés aux éléments moteurs et aux obstacles sociaux, les résultats enregistrés pour les variables dépendantes CDP002 (SQ005) et CDP002 (SQ006) indiquent toutefois le contraire. La majorité des intervenants sont d'avis que les éléments moteurs et les obstacles économiques sont de plus grande importance que les éléments moteurs et les obstacles sociaux. Par contre, selon

Cywinski (2001), la mise en œuvre PBE ne peut plus porter que sur des questions purement technologiques et économiques, elle doit également inclure les besoins culturels actuels. Une compétence jamais encore exploitée chez les intervenants de l'industrie de la construction. Les professionnels de la construction sont néanmoins devant la plus grande occasion jamais offerte à l'humanité d'augmenter la qualité de vie des citoyens et la vitalité des systèmes sociaux, économiques et environnementaux (CCE, 2008). Il semble plutôt utopique d'observer que les résultats de la variable dépendante CDP002 (SQ005), liés aux éléments moteurs sociaux du changement, indiquent que les professionnels accordent majoritairement une moyenne importance et que vingt pour cent (20%) et quinze pour cent (15%) d'entre eux considèrent respectivement qu'ils ont peu d'importance et qu'ils sont non-applicables. Ces résultats confirment les conclusions issues de la littérature scientifique qui soulignent que ce sont les locataires commerciaux, les bailleurs de fonds et les développeurs, soient les donneurs d'ouvrage / clients, qui sont les plus confrontés et sensibilisés aux éléments moteurs et des obstacles sociaux des PBE (Deane, 2008). Par contre, selon Lucuik (2005), plusieurs des intervenants de l'industrie de la construction possèdent une compréhension incomplète et inexacte de ce qu'est réellement un PBE, et ce, en raison de la jeunesse de l'industrie, du manque de sensibilisation et de formation des professionnels. D'ailleurs, Landman (1999) observe que les obstacles au changement de paradigme les plus répandus sont de caractère éducatif ou économique et que de nombreux obstacles sont une combinaison des deux catégories. Les résultats et l'analyse des prochaines variables dépendantes confirmeront que ces observations sont encore applicables à l'industrie de la construction du Québec aujourd'hui.

La littérature scientifique rapporte à cet égard que les compétences et les technologies actuelles que possèdent les professionnels et les entrepreneurs permettent de surmonter les obstacles sociaux, environnementaux et économiques et qu'elles permettent de répondre aux nouveaux besoins des donneurs d'ouvrage / clients; il suffit d'une volonté collective pour pouvoir les mettre en œuvre (Enache-Pommer et Horman, 2009; Lucuik, 2005; Pulaski, Horman et Riley, 2006; US Green Building Council, 2003). Le manque de volonté favorise alors le statu quo commercial et compromet la vitalité à long terme de l'industrie écologique.

À cet égard, Landman (1999) et Bhattacharjee et als (2013) recommandent des mesures incitatives, des sessions de formation, des références et des guides, des logiciels et des outils d'analyse organisés à l'échelle nationale mise à la disposition des intervenants de l'industrie de la construction afin de stimuler davantage le marché du PBE auprès des acteurs les plus influents de l'industrie de la construction.

CHAPITRE 5

LES ATTRIBUTS ESSENTIELS DU PROCESSUS DE LIVRAISON D'UN PROJET DE BÂTIMENT ÉCOLOGIQUE

Le CHAPITRE 5 présente les résultats obtenus par l'analyse des données, liés aux attributs essentiels du processus de livraison d'un PBE recueillis au cours de l'étude qualitative effectuée auprès des différents intervenants de l'industrie de la construction au Québec. Il est composé de sous-chapitres comprenant la présentation et l'interprétation des résultats ainsi que de la discussion des résultats pour chacune des variables dépendantes et indépendantes étudiées dans l'étude qualitative. Les résultats détaillés pour chacun des types d'intervenants peuvent être consultés à l'ANNEXE VI.

5.1 Le degré d'importance des outils contribuant à l'émergence du processus de livraison d'un PBE

Le sous-chapitre suivant présente les résultats du degré d'importance des outils contribuant à l'émergence du processus de livraison d'un PBE comme pratique courante (APL001). Le sous-chapitre présente les résultats d'abord de manière générale et spécifique. Les résultats sont ensuite interprétés selon les notions de base et la situation actuelle du PBE dans l'industrie de la construction. Une discussion des résultats par rapport à la revue de littérature clôturera le sous-chapitre.

Les résultats de l'étude qualitative présentés au Tableau 5.1 montrent que près de quatre-vingt-onze (91%) des répondants accordent une grande ou une moyenne importance à l'utilisation de nouveaux cadres décisionnels plus précis et plus accessibles pour que les PBE deviennent pratique courante dans l'industrie de la construction au Québec (APL001(1)) et aux bases de données fiables pour rendre l'utilisation de nouveaux cadres décisionnels accessible (APL001 (2)). Le Tableau-A VI-3 de l'ANNEXE VI présente les résultats selon le type d'intervenant qui permettent de soutenir l'analyse détaillée des résultats ci-dessous.

Le Tableau-A VI-3 démontre que les résultats des donneurs d'ouvrage / clients et des entrepreneurs pour la variable dépendante APL001(1) sont identiques à ceux de la variable APL001(2). Ces résultats laissent croire que ces deux variables sont considérées intimement liés par les donneurs d'ouvrage / clients et les entrepreneurs / fournisseurs, au point d'être identiques. Les professionnels et les entrepreneurs / fournisseurs semblent catégoriques sur l'importance des variables APL001 (1) et APL002 (2), particulièrement dans le cas de la seconde variable. Toutefois, près d'un professionnel sur six croit que de nouveaux cadres décisionnels plus précis et plus accessibles sont peu importants pour que les PBE deviennent pratique courante dans l'industrie de la construction au Québec (APL001(1)).

Tableau 5.1 Degré d'importance des outils contribuant à l'émergence du processus de livraison d'un PBE comme pratique courante (APL001)

Résultats de l'étude qualitative - Attributs du processus de livraison d'un PBE						
Pour que les projets de bâtiment écologique deviennent pratique courante pour l'industrie de la construction au Québec, à quel degré est-il important de développer et d'utiliser : (APL001)						
Outils du processus de livraison d'un PBE	Degré d'importance					
	Grande importance	Moyenne importance	Peu d'importance	Aucune importance	Non-Applicable	Sans réponse
De nouveaux cadres décisionnels plus précis et plus accessibles (ex.: analyse du coût global et analyse du cycle de vie) (APL001 (1))	79%	12%	9%	0%	0%	0%
Des bases de données fiables pour rendre l'utilisation de nouveaux cadres décisionnels accessible (APL001 (2))	68%	23%	9%	0%	0%	0%
Un processus de livraison spécifique au projet de bâtiment écologique (ex.: conception intégrée, etc.) (APL001 (3))	62%	38%	0%	0%	0%	0%

Pour ce qui est de la variable dépendante APL002 (3), tous les intervenants sondés, à l'exception des professionnels, ont répondu unanimement que le développement et l'utilisation d'un processus de livraison spécifique au projet de bâtiment écologique (ex.: conception intégrée, etc.) (APL001 (3)) sont d'une grande importance formant ainsi soixante-deux pour cent (62%) des voix. Selon le Tableau-A VI-3 près de la moitié des professionnels

sont de l'avis de leurs collègues alors que l'autre moitié est plutôt en faveur de la moyenne importance.

Les résultats unanimes des entrepreneurs / fournisseurs et des autres types d'intervenants pour chacune des variables dépendantes soulèvent des interrogations. Une étude qualitative plus approfondie pourrait permettre de confirmer la qualité de ces résultats et comprendre les intrants qui ont mené à ces résultats unanimes. L'une des pistes de solutions possibles est sans aucun doute le nombre de résultats obtenus pour ces deux types d'intervenants puisqu'ils sont les intervenants ayant le moins participé.

Sachant que tous les intervenants sondés ont déjà réalisé des PBE et qu'ils sont généralement plus sensibles aux besoins de l'industrie pour que les PBE deviennent pratique courante, les résultats du présent sous-chapitre laissent croire que le travail de sensibilisation et de formation doit être poursuivi intensivement même auprès des intervenants qui ont déjà réalisé des PBE.

5.1.1 Discussion des résultats

L'importance de développer et d'utiliser de nouveaux cadres décisionnels plus précis et plus accessibles

De manière générale, les résultats obtenus confirment les attributs du processus de livraison relevé dans la littérature scientifique au sous-chapitre 2.3, soit que le développement et l'utilisation de nouveaux cadres décisionnels plus précis et plus accessibles (APL001(1)), et le développement et l'utilisation de bases de données fiables pour rendre l'utilisation de nouveaux cadres décisionnels accessible (APL001 (2)) sont d'une grande importance pour que les PBE deviennent pratique courante dans l'industrie de la construction au Québec. L'utilisation du processus de livraison traditionnel (PLT), bien qu'il soit le plus répandu au Québec, ne permet pas d'intégrer les cadres décisionnels en raison de sa linéarité. L'une des raisons de l'incompatibilité du PLT est qu'il cible seulement le coût d'investissement plutôt que l'analyse du coût de construction et du coût de fonctionnement ce qui réduit

substantiellement la pertinence d'utiliser du cadre décisionnel (Charette, 2006; Lucuik, 2005; Nelms, Russell et Lence, 2005). Notons également la nécessité de mettre en place des cadres décisionnels tôt dans le projet, le manque de synergie entre les intervenants et l'absence de base de données. Tous ces sujets seront abordés en détail plus loin dans ce chapitre.

De plus, lorsque l'on observe en détail les résultats, on remarque certaines particularités. Par exemple, l'utilisation de nouveaux cadres décisionnels plus précis et plus accessibles (APL001(1)) vise généralement à aider les professionnels à répondre le plus justement possible aux besoins du donneur d'ouvrage / client. Il aurait donc été prévisible que ce soit les donneurs d'ouvrage / clients et les professionnels qui considèrent la variable dépendante APL001(1) d'une grande importance. Par contre, les résultats démontrent que la majorité des donneurs d'ouvrage / clients accordent une moyenne importance à cet outil alors que quinze pour cent (15%) des professionnels lui accordent peu d'importance. Ces résultats semblent confirmer les données relevées dans la littérature scientifique à l'effet que peu d'intervenants comprennent la portée réelle des nouveaux cadres décisionnels, ce qui engendre la fourniture de données approximatives par les donneurs d'ouvrage / clients pour l'utilisation des nouveaux cadres décisionnels par les professionnels (Charette, 2006; Lucuik, 2005; Nelms, Russell et Lence, 2005). Ces résultats démontrent également l'attachement des intervenants aux modes de pensée du PLT où ils acceptent que leur implication soit éphémère et se concentrent uniquement sur les résultats isolés du projet en cours et peu sur la rencontre des objectifs globaux à venir. D'ailleurs, lors du PLT aucun suivi post construction n'est effectué. La plupart des entrepreneurs et sous-entrepreneurs essaient donc de débiter et de terminer le projet le plus rapidement possible (Blismas et al., 2004; Glavinich, 2008; Robichaud et Anantatmula, 2011).

Le développement de ces outils d'aide à la décision exige également de la recherche, la mise en place de bases données et d'incitatifs au changement. Il est alors nécessaire d'apporter un changement dans les habitudes des intervenants de la construction, spécialement parmi les professionnels, pour que les données et les connaissances tirées de projets antérieurs soient rendues disponibles lors des phases de planification et de conception (Fisher et Tatum, 1997).

Les résultats démontrent que les professionnels ne semblent pas tous prêts à modifier leurs habitudes de travail. En effet, les professionnels, dans des proportions de quinze pour cent (15%) accordent peu d'importance au développement de nouveaux cadres décisionnels plus précis et plus accessibles (APL001 (1)) et à l'implantation de bases de données fiables pour rendre l'utilisation de nouveaux cadres décisionnels accessible (APL001 (2)). Les technologies de gestion des connaissances et de la documentation abordées au sous-chapitre 2.4.3 offrent un élément de solution à la diffusion des données de la construction et à l'amélioration des outils d'aide à la décision. Pour le moment, soulignons que le développement de meilleurs cadres décisionnels et de meilleures bases de données commandera un effort de sensibilisation et de formation pour rendre la prise de décision plus fiable et plus efficace (Bhattacharjee, Ghosh et Jones, 2013; Mago, 2007).

L'importance de développer et d'utiliser un processus de livraison spécifique au projet de bâtiment écologique (APL001 (3))

À l'opposé, les intervenants de l'industrie de la construction se disent prêts au développement et à l'utilisation d'un processus de livraison spécifique au PBE (APL001 (3)), à l'exception des professionnels qui semblent avoir des avis partagés au sujet de cette variable dépendante. Tel que relevé dans la littérature scientifique et confirmé dans le chapitre suivant, les professionnels semblent être réticents au changement (Deane, 2008; Kibert, 2008; Kua et Lee, 2002; McIsaac et Morey, 1998; Riley, Pexton et Drilling, 2003; Robichaud et Anantamula, 2011). Sans actions concrètes et partenariat du gouvernement, des services publics, des entreprises de services énergétiques et des industries privées qui appuieront la mise en place d'un processus de livraison spécifique d'un PBE, les intervenants qui souhaitent persister dans leurs vieilles habitudes pourront citer l'absence d'une argumentation convaincante en faveur de changement (Kraft et Chinowsky, 2003; Landman, 1999; Lucuik, 2005; Ofori, 1998; Robichaud et Anantamula, 2011). Les prochains sous-chapitres traiteront également de la réticence des professionnels à d'autres égards.

Cette perplexité doit être prise au sérieux puisqu'elle peut freiner l'amélioration continue et le développement de nouveaux cadres décisionnels, de nouvelles bases de données et de

nouveaux processus de livraison alternatifs, mais également l'implantation du PBE et son processus de livraison comme pratique courante. Pour soutenir la transformation de l'industrie de la construction, les professionnels doivent s'apprêter à envisager et à promouvoir des approches écologiques qui ne sont pas nécessairement compatibles avec leurs valeurs et leur culture traditionnelle (Deane, 2008; Qi et al., 2010; Vanegas et Pearce, 2000). L'heure est au changement; plusieurs nouvelles considérations qui n'avaient jamais été possibles sont maintenant prises en compte lors de PBE. Les intervenants de l'industrie de la construction semblent prêts à prendre un nouveau virage, comme souligné dans le CHAPITRE 2 et comme le démontre l'ensemble des résultats des variables APL001 (1) à APL001 (3).

5.2 Le degré d'importance supplémentaire des attributs d'un processus de livraison d'un PBE

Le sous-chapitre suivant présente les résultats du degré d'importance supplémentaire des attributs du processus de livraison d'un PBE (APL002). Le sous-chapitre présente les résultats d'abord de manière générale et spécifique. Les résultats sont ensuite interprétés selon les notions de base et la situation actuelle du PBE dans l'industrie de la construction suivis par une discussion des résultats par rapport à la revue de littérature qui clôturera le sous-chapitre.

Par rapport au projet traditionnel (non écologique), les répondants conviennent, dans une proportion d'au moins de soixante-deux pour cent (62%), que chacun des attributs suivants, présentés au Tableau 5.2, ont une grande importance supplémentaire pour la réussite d'un PBE :

- implanter une vision holistique dès les premières phases du projet (APL002 (1));
- diffuser les objectifs du client dès les premières étapes du projet (APL002 (2));
- débiter la mise en route du projet dès l'étape de conception (APL002 (4)).

Tableau 5.2 Degré d'importance supplémentaire des attributs du processus de livraison d'un PBE (APL002)

Résultats de l'étude qualitative - Attributs essentiels du processus de livraison d'un PBE						
Par rapport à un projet de bâtiment traditionnel (non écologique), à quel degré est-il plus important, pour la réussite d'un projet de bâtiment écologique :						
Attribut du processus de livraison d'un PBE	Degré d'importance supplémentaire					
	Grande importance Suppl.	Moyenne importance Suppl.	Peu d'importance Suppl.	Aucune importance Suppl.	Non-Applicable	Sans réponse
D'implanter une vision holistique des systèmes du bâtiment auprès des intervenants dès les premières étapes du projet (APL002 (1))	62%	38%	0%	0%	0%	0%
De diffuser aux intervenants les objectifs du client dès les premières étapes du projet (APL002 (2))	68%	23%	9%	0%	0%	0%
D'utiliser un processus de livraison alternatif adapté au projet de bâtiment écologique (APL002 (3))	15%	67%	9%	0%	9%	0%
De débiter la mise en service des systèmes du bâtiment dès l'étape de conception (APL002 (4))	62%	20%	9%	0%	9%	0%
Que tous les équipements soient mis en service comme un tout (APL002 (5))	50%	32%	9%	0%	9%	0%

De même, la majorité (67%) des intervenants questionnés croient que l'utilisation d'un processus de livraison alternatif adapté au PBE (APL002(3)) est d'une importance moyenne pour la réussite d'un PBE. Cependant, les résultats du chapitre précédant démontrent dans une proportion de soixante-deux pour cent (62%) que les intervenants sont d'avis que le développement et l'utilisation d'un processus de livraison spécifique au PBE est d'une grande importance pour que les PBE deviennent pratique courante dans l'industrie de la construction au Québec (APL001(3)). Par comparaison des résultats des variables APL002(3) et APL001(3), il est possible de comprendre que pour les intervenants sondés l'utilisation d'un processus de livraison spécifique au PBE est davantage important pour que les PBE deviennent pratique courante (APL001(3)) qu'il l'est pour la réussite d'un PBE (APL002(3)). Les intervenants seraient donc en confiance avec le processus de livraison présentement utilisé, soit le processus de livraison traditionnel. D'un autre côté, il est également possible que les intervenants soient plutôt méfiants face à l'inconnu que représente le changement de processus de livraison.

D'autre part, la moitié des répondants croient que la mise en service des équipements comme un tout (APL002 (5)) est d'une grande importance pour la réussite d'un PBE alors que le tiers croient que cette variable dépendante est de moyenne importance. Les plus-values de ces pratiques sont rarement visibles pour les intervenants impliqués dans la réalisation; ce sont bien souvent les professionnels qui formulent ces exigences et les occupants qui profitent des bénéfices de ces approches. Il est donc tout à fait normal que les entrepreneurs / fournisseurs accordent moins d'importance supplémentaire à cette variable.

L'analyse détaillée des résultats des répondants démontre certaines disparités et tendances chez les intervenants sondés. Le Tableau-A VI-4 de l'ANNEXE VI présente les résultats selon le type d'intervenant qui permettent de soutenir les analyses ci-dessous.

Par exemple, trente pour cent (30%) des professionnels, soit près de dix-huit pour cent (18%) des répondants, croient que les attributs du processus de livraison d'un PBE (APL002(3)) à (APL002(5)) sont peu importants ou non-applicables. L'analyse des résultats a démontré que les professionnels ont accordé peu d'importance supplémentaire aux attributs de l'implantation du processus de livraison d'un PBE (APL001(1)¹⁰ et APL001(2)¹¹) et qu'ils ont également accordé peu d'importance supplémentaire aux attributs du processus de livraison d'un PBE (APL002 (2)) à (APL002 (5)). Deux raisons peuvent expliquer cette situation. D'abord, les professionnels ne perçoivent pas l'importance d'avoir un processus de livraison alternatif adapté au PBE et de mettre en œuvre des actions concrètes dès les premières étapes du projet. Une autre hypothèse possible est qu'ils opèrent déjà des modifications aux processus de livraison traditionnels lors de PBE, l'importance d'un processus de livraison adapté au PBE est donc une modification moins marquante à leurs habitudes. Bien que la littérature mentionne les deux possibilités, selon la présente étude, la première des alternatives apparaît comme la plus près de la réalité de l'industrie de la construction au Québec. Les résultats en lien avec la gestion des connaissances et la

¹⁰ (APL001 (1)) De nouveaux cadres décisionnels plus précis et plus accessibles (ex.: analyse du coût global et analyse du cycle de vie)

¹¹ (APL001 (2)) Des bases de données fiables pour rendre l'utilisation de nouveaux cadres décisionnels accessible

documentation présentée dans le prochain chapitre pourront confirmer que la seconde alternative doit être écartée.

Notons également que quatre des cinq variables dépendantes, soit d'APL002 (2) à APL002 (5), n'ont enregistré que neuf pour cent (9%) des votes en faveur du degré d'importance supplémentaire de niveau peu élevé. Ces votes proviennent exclusivement de quinze pour cent (15%) professionnels. Encore une fois ce sont les professionnels qui se démarquent de leurs confrères. De plus, quinze pour cent (15%) supplémentaire de professionnels croient que les attributs du processus de livraison d'un PBE suivant ne sont pas applicables ;

- utiliser un processus de livraison alternatif adapté au projet de bâtiment écologique (APL002 (3));
- débiter la mise en route du projet dès l'étape de conception (APL002 (4));
- mettre en service les équipements comme un tout (APL002 (5)).

Nous pouvons considérer que ces votes identiques et consécutifs proviennent des mêmes professionnels. Ces résultats ne sont pas pour autant erronés, une étude de plus grande envergure pourrait confirmer l'intention de intervenants. Pour le présent exercice, nous considérerons les résultats recueillis exactes et ils seront pris en compte dans la discussion des résultats.

Planter une vision holistique dès les premières phases du projet (APL002 (1))

Les résultats présentés au Tableau-A VI-4 de l'ANNEXE VI démontrent que l'implantation d'une vision holistique dès les premières phases du projet (APL002 (1)) est d'une importance particulièrement élevée pour les donneurs d'ouvrage / clients et les autres types d'intervenants. Les réponses unanimes de ces deux types d'intervenants pour lesquels il est naturel de rechercher la globalisation du projet démontrent l'importance de cet attribut. En contrepartie, les professionnels, généralement des spécialistes, ont une opinion partagée, quasi à parts égales, entre la grande et la moyenne importance de cet attribut. Il en est de

même pour les entrepreneurs / fournisseurs, également des spécialistes, dans une phase bien précise du processus de livraison, la réalisation.

Diffuser aux intervenants les objectifs du client dès les premières étapes du projet (APL002(2))

Les intervenants, à l'exception des professionnels, ont majoritairement répondu que la diffusion des objectifs du client aux intervenants dès les premières étapes du projet (APL002(2)) était de moyenne importance. Toutefois, il est tout à fait normal que les professionnels aient répondu massivement en faveur d'une grande importance supplémentaire pour cet attribut puisque ce sont traditionnellement eux vers qui le client transmet la responsabilité d'atteindre les objectifs du projet. Par contre, il est évident à la lumière des résultats du Tableau-A VI-4 qu'il y a divergence d'opinion entre les professionnels et les trois autres types intervenants. La transparence du processus de livraison d'un PBE ne semble donc pas être un attribut de la plus haute importance pour les intervenants de l'industrie de la construction du Québec. Ce résultat semble être à l'image du processus de livraison traditionnel; seulement une part des donneurs d'ouvrage / clients et la majorité des professionnels semblent indiquer que la variable APL002(2) est d'une grande importance.

Utiliser un processus de livraison alternatif adapté au projet de bâtiment écologique (APL002 (3))

Considérant les réponses enregistrées pour les variables APL001(3), APL002 (1), APL002 (2) et celles de la série CPD001, il n'est pas surprenant que les résultats de la variable dépendante APL002 (3) soient en faveur du degré d'importance supplémentaire de niveau moyen. Les intervenants de la construction du Québec sondés ne semblent pas ressentir le besoin d'utiliser un processus de livraison alternatif adapté pour leur PBE. Le seul intervenant dont la majorité des voix ont été enregistrée en faveur de la grande importance supplémentaire est l'autre type d'intervenants. Sachant que ce type d'intervenant est généralement composé de consultants ou de champions LEED, et que les processus alternatifs favorisent l'intervention de ce type d'intervenant, il n'est pas étonnant qu'ils

soient d'avis que l'utilisation d'un processus de livraison alternatif adapté au projet de bâtiment écologique soit d'une grande importance pour la réussite d'un PBE. L'utilisation d'un processus de livraison alternatif adapté au projet de bâtiment écologique (APL002 (3)) est donc un attribut parmi les moins importants pour la réussite d'un PBE selon les intervenants sondés. Il s'agit d'ailleurs de résultats parmi les plus faibles enregistrés dans cette étude qualitative. Ce qui laisse croire qu'il y a un désintérêt marqué de la part des intervenants de l'industrie de la construction pour l'utilisation d'un processus de livraison alternatif adapté au PBE.

Débuter de la mise en service des systèmes du bâtiment dès les étapes de conception (APL002 (4)) et mettre en service tous les équipements comme un tout (APL002 (5))

Bien qu'en théorie les variables dépendantes APL002(4) et APL002(5) soient très différentes, l'objectif concret de ces variables demeure le même : mettre en route le bâtiment dans les conditions optimales pour l'occupant. Ces deux variables seront donc analysées simultanément. D'ailleurs, les résultats des deux variables sont similaires, seuls les entrepreneurs / fournisseurs ont remis des résultats différents pour ces deux variables. Pour la variable dépendante APL002(4) la majorité des entrepreneurs / fournisseurs s'est avérée en faveur de la grande importance alors que pour la variable dépendante APL002(5), ils ont jugé qu'elle était de moyenne importance. La vision des intervenants sur l'importance de ces deux variables est partagée. Par contre, le point saillant de ces deux variables est le résultat partagé parmi les professionnels alors que plus de trente pour cent (30%) jugent qu'elles sont de peu d'importance supplémentaire ou non applicables. Ce qui est en complète opposition avec les autres intervenants et avec la majorité des professionnels. Par contre, il est connu qu'un plus grand nombre d'architectes que d'ingénieurs ont été contactés. Il est donc évident que pour l'architecte, l'importance de la mise en service est beaucoup moins élevée que pour l'ingénieur en mécanique, par exemple. Une étude plus détaillée pourrait confirmer l'opinion de chacun de ces deux professionnels.

Les professionnels moins convaincus de l'importance des attributs du processus de livraison d'un PBE

La vision des intervenants par rapport à l'importance des variables dépendantes APL002 est partagée. Les résultats des professionnels montrent que plus de trente pour cent (30%) d'entre eux jugent que les variables dépendantes sont de peu d'importance supplémentaire ou non applicables. Ce qui est en complète opposition avec les autres intervenants et avec la majorité des professionnels. Il s'agit toutefois d'une proportion non négligeable des intervenants de l'industrie de la construction au Québec. L'échantillon de professionnels de l'étude qualitative ne permet pas de déterminer et de qualifier avec exactitude les fonctions et les responsabilités de chacun des intervenants sondés. Une étude plus détaillée pourrait confirmer l'opinion de chacun de ces deux professionnels.

5.2.1 Discussion des résultats

Alors que la littérature identifie la vision holistique des projets de construction comme la prochaine étape de l'industrie de la construction vers la pratique courante du PBE, les résultats obtenus révèlent que près de la moitié des professionnels et cent pour cent (100%) des entrepreneurs / fournisseurs accordent peu d'importance supplémentaire à cette pratique dans leurs PBE. Ces deux intervenants étant les plus actifs pour la concrétisation de tout projet de construction, il paraît clair et évident, tel que rapporte Mago (2007), qu'une vaste opération de sensibilisation des intervenants de l'industrie de la construction au Québec ainsi qu'une importante refonte des valeurs transmises aux ingénieurs de demain est nécessaire pour s'assurer que le changement de paradigme est mis en œuvre et qu'un processus de livraison spécifique au PBE devienne pratique courante dans l'industrie.

Sachant que les répondants à la présente étude qualitative ont déjà réalisé des PBE, il est facile de tirer la conclusion suivante : Les professionnels ayant participé à la présente étude qualitative sont davantage sensibilisé au phénomène du processus de livraison d'un PBE que le sont l'ensemble des intervenants de l'industrie de la construction puisqu'ils ont déjà réalisé

des PBE. Par conséquent, l'exercice de sensibilisation et de formation est d'autant plus énorme que la présente recherche pourrait laisser entrevoir.

Implanter une vision holistique dès les premières phases du projet (APL002 (1))

Les résultats de la variable APL002 (1) confirment les déclarations de Reed (2007) à l'effet que, dans la pratique, l'approche holistique est méprisée par les intervenants de la construction. Pourtant, il est maintenant connu que le bon fonctionnement du processus de livraison d'un PBE et la satisfaction de l'occupant reposent sur la vision holistique de la performance du bâtiment. Cette approche exige une prise de conscience par les membres de l'équipe du projet sur la portée des travaux de chacun des systèmes du bâtiment dans la globalité du projet (Robichaud et Anantatmula, 2011; Syal, Mago et Moody, 2007). Cette approche devrait d'ailleurs permettre l'intégration plus intuitive des considérations élargies, telles que les exigences sociales des communautés locales. Cependant, cette approche holistique est opposée à la gestion de projet traditionnelle qui accepte et encourage la spécialisation et l'implication éphémère des professionnels et des entrepreneurs (Kraft et Chinowsky, 2003; O'Connor, Rusch et Schulz, 1987). Comme mentionné plus tôt, les résultats partagés semblent d'ailleurs laisser entrevoir une forme d'attachement à la spécialisation et à la fragmentation du processus de livraison traditionnel. La centralisation des activités des intervenants semble donc la voie évidente pour le passage à un nouveau standard dans l'industrie de la construction au Québec. Un niveau déjà atteint par plusieurs leaders mondiaux du PBE.

Diffuser les objectifs du client aux intervenants dès les premières étapes du projet (APL002(2))

La diffusion des objectifs du client aux intervenants dès les premières étapes du projet est en complète opposition avec les valeurs traditionnelles de l'industrie de la construction et les résultats de la variable APL002 (2) inspirent une résistance de la part des intervenants. Faute de preuve, les intervenants qui souhaitent persister dans leurs vieilles habitudes pourront citer l'absence d'une argumentation convaincante en faveur de changement (Kraft et Chinowsky,

2003; Ofori, 1998). Le processus de livraison d'un PBE semble être victime de la jeunesse du PBE au Québec. Toutefois, les plus gros donneurs d'ouvrage, tels que le Département américain de la Défense et la Marine américaine, semblent avoir compris que la diffusion des objectifs du client aux intervenants dès les premières étapes du projet ainsi que dans les documents d'appel d'offres procure un avantage incontestable; une réduction du coût global du projet, et ce, peu importe le type de processus de livraison. Sachant que la transparence du processus de livraison d'un PBE est impératif pour couronner de succès un PBE, il incombe au professionnel en tant que chef d'orchestre de l'atteinte des objectifs du client d'exprimer la direction dans la mise en œuvre de cet attribut du processus de livraison d'un PBE (Glavinich, 2008; Lam et al., 2009; Mago, 2007; Mathur, Price et Austin, 2008; Syphers et al., 2003; Zhou, Xu et Yao, 2013). Le sous-chapitre 5.3 traitera en détail cette variable dépendante.

Enache-Pommer et al. (2009) présentent une étude exhaustive sur les éléments clés de la livraison des hôpitaux écologiques qui rapporte que l'intégration et la diffusion des objectifs globaux tôt dans le projet est le troisième plus important attribut du processus de livraison des hôpitaux écologiques. Il serait donc malveillant de la part des autorités de ne pas mettre en place les outils pour assurer la transparence des processus de livraison utilisés lors de PBE.

Utiliser un processus de livraison alternatif adapté au projet de bâtiment écologique (APL002 (3))

Les résultats de la variable dépendante APL002 (3) ont démontré que pour les intervenants sondés l'utilisation d'un processus de livraison spécifique au PBE est plus importante pour l'implantation des PBE comme pratique courante qu'elle l'est pour la réussite d'un PBE. La littérature souligne à l'opposé des résultats l'importance fondamentale du respect d'un processus de livraison spécifique au PBE et l'introduction des nouveaux attributs pour le succès des PBE. La complexité des procédés de conception et de construction ne permet plus l'utilisation efficace du processus de livraison traditionnel (PLT) (Acharya et al., 2006). De plus en plus de processus alternatifs sont utilisés afin de combler les insuffisances du PLT et

d'éviter les conflits entre les intervenants, les surcoûts, les nombreux ordres de changement, les travaux à reprendre et les poursuites judiciaires qui retardent la mise en œuvre étendue de PBE (Kibert, 2008; Mago, 2007). Cependant, comme déjà mentionné par plusieurs auteurs scientifiques, la nature des intervenants de la construction a tendance à être réfractaire au changement et portée vers le statu quo. Les intervenants sondés semblent croire que la mise en œuvre d'un processus de livraison spécifique au PBE est la bonne action à poser. Par contre, les résultats de la variable APL001(3) indiquent que la transposition du changement de processus de livraison dans leurs projets et dans leur quotidien n'est pas acceptable. Tel que le souligne Ofori (1998), les processus alternatifs devront être définis et prouver leur plus value avant d'être acceptés à grande échelle.

De plus sachant, qu'il n'y a pas de consensus entre les intervenants sur la manière de faire et sur les définitions des éléments d'un PBE ainsi que sur leur portée, il est tout à fait normal que les intervenants soient réticents à accepter de modifier les méthodes de travail établies depuis plusieurs années (Cywinski, 2001; Zachariah, Kennedy et Pressnail, 2002).

Débuter de la mise en service des systèmes du bâtiment dès les étapes de conception (APL002 (4)) et mettre en service tous les équipements comme un tout (APL002 (5))

La littérature scientifique stipule qu'en raison de l'automatisation des systèmes, la mise en service est une composante de plus en plus essentielle du processus de livraison d'un PBE et qu'elle est étroitement liée au niveau de certification du système d'évaluation visé pour le projet (Glavinich, 2008; Kibert, 2008). Les résultats confirment cette hypothèse puisque les résultats des participants à l'étude accordent une grande importance au début de la mise en service des systèmes du bâtiment dès les étapes de conception lors de PBE (APL002(4)). Cet attribut est de plus en plus utilisé et obligatoire dans les projets d'it traditionnels et il est d'autant plus important lors de PBE en raison de la nature des bâtiments qui sont souvent des bâtiments de haute performance qui exigent une synergie accrue entre chacune des composantes du PBE (Acharya et al., 2006; Kibert, 2008; Mago, 2007; Pulaski et al., 2003).

La mise en service s'accorde d'ailleurs avec la vision consommatrice occidentale où la durabilité du milieu bâti est beaucoup plus temporaire qu'outre mer et où les processus de livraison en place rendent l'intervention des parties prenantes éphémère. À cet égard, la littérature rapporte que les intervenants occidentaux priorisent généralement la performance et le résultat immédiat au détriment des considérations de durabilité et de synergie des systèmes (Blismas et al., 2004). Le degré d'importance supplémentaire des attributs du processus de livraison d'un PBE rapporté par les entrepreneurs / fournisseurs, traditionnellement seulement impliqués dans la phase de réalisation du projet, confirme cette analyse. Leurs résultats sont unanimement en faveur de la moyenne importance pour les variables APL002(1) à APL002(5).

De plus, la mise en service accrue requiert un agent de mise en service qui s'impliquera dès la période de conception. Paradoxalement, cet investissement initial supplémentaire de temps et d'argent durant la période de conception et de construction sera perçu comme un coût prohibitif, particulièrement par les donneurs d'ouvrage / clients (Deane, 2008; Kats et al., 2003; Robichaud et Anantatmula, 2011). Ce raisonnement est principalement issu de la fragmentation des budgets d'investissement et d'exploitation qui ne permet pas de justifier l'investissement initial supplémentaire (Korkmaz et al., 2010; Korkmaz, Riley et Horman, 2010; Zachariah, Kennedy et Pressnail, 2002).

Les intervenants de l'industrie de la construction européenne et asiatique accordent une période de planification et de conception beaucoup plus étendue et détaillée s'échelonnant sur plusieurs années aux projets de construction. La période de réalisation des travaux est ainsi beaucoup plus courte. Il en résulte une mise en route et une synergie des systèmes du bâtiment beaucoup plus optimisée et ordonnancée : un bâtiment plus performant.

5.3 Le degré d'importance supplémentaire de la diffusion des objectifs du client dès les premières étapes du projet selon les critères de succès d'un projet de construction

Les résultats et l'analyse de la première variable de deuxième niveau seront présentés dans la présente section. Le sous-chapitre présente les résultats d'abord de manière générale et spécifique. Les résultats sont ensuite interprétés selon les notions de base et la situation actuelle du PBE dans l'industrie de la construction et une discussion des résultats par rapport à la revue de littérature clôturera le sous-chapitre. La variable dépendante jusqu'ici libellée APL002(2), soit la diffusion des objectifs du client aux intervenants dès les premières étapes du projet, est maintenant une variable indépendante nommée APL003 pour laquelle les critères de succès d'un PBE suivants relevés dans la littérature scientifique, les variables dépendantes, seront analysés :

- réduire les changements en cours de réalisation (APL004 (002));
- augmenter la qualité du produit fini (APL004 (003));
- encourager l'innovation (APL004 (004));
- atteindre les objectifs globaux du projet (APL004 (005));
- respecter le budget initial (APL004 (006)).

Les résultats de l'étude qualitative présentés au Tableau 5.3 montrent que dans une proportion de quatre-vingt-cinq pour cent (85%) à cent pour cent (100%), les intervenants sondés accordent une moyenne ou grande importance à la diffusion des objectifs globaux à tous les intervenants dès les premières étapes du projet (APL004) pour la rencontre de cinq des six critères de succès d'un PBE. Seule la réduction de l'échéancier du projet (APL004(001)) a obtenu des résultats moins élevés et à la fois partagés entre les degrés d'importance supplémentaires. Les résultats indiquent donc que selon les critères de succès du changement de paradigme, la variable dépendante APL004 est majoritairement d'une grande importance pour les intervenants de l'industrie de la construction du Québec quant à la réussite d'un PBE selon les critères de succès.

L'analyse détaillée des résultats des répondants démontre certaines disparités et tendances chez les intervenants sondés. Le Tableau-A VI-5 de l'ANNEXE VI présente les résultats, selon le type d'intervenant, qui permettent de soutenir les analyses ci-dessous.

Tableau 5.3 Degré d'importance supplémentaire des attributs du processus de livraison pour la rencontre des critères de succès d'un projet de construction d'un bâtiment (APL004)

Résultats de l'étude qualitative - Attributs du processus de livraison d'un PBE						
Par rapport à un projet de bâtiment traditionnel (non écologique), à quel degré est-il plus important, pour la réussite d'un projet de bâtiment écologique ... à la diffusion des objectifs du client à tous les intervenants dès les premières étapes du projet (APL004)						
Variables dépendantes / Critères de succès d'un PBE	Degré d'importance supplémentaire					
	Grande importance Suppl.	Moyenne importance Suppl.	Peu d'importance Suppl.	Aucune importance Suppl.	Non-Applicable	Sans réponse
Réduire l'échéancier du projet (APL004 (001))	32%	27%	32%	0%	9%	0%
Réduire les changements en cours de réalisation (APL004 (002))	50%	41%	0%	0%	9%	0%
Augmenter la qualité du produit fini (APL004 (003))	85%	0%	0%	9%	6%	0%
Encourager l'innovation (APL004 (004))	62%	29%	0%	9%	0%	0%
Rencontre des objectifs globaux du projet (APL006 (005))	88%	12%	0%	0%	0%	0%
Respect du budget initial (APL004 (006))	71%	29%	0%	0%	0%	0%

Le choc idéologique causé par le changement de paradigme

Bien que les résultats de la variable dépendante APL004 (001) semblent être partagés de manière plutôt homogène, aucun intervenant ne semble être du même avis pour cette variable. Par exemple, les professionnels ont présenté des résultats semblables pour trois des degrés d'importance supplémentaires étudiés, soit de grande, de moyenne et de peu d'importance supplémentaire. Les donneurs d'ouvrage / clients, quant à eux, accordent peu d'importance supplémentaire à l'impact de la diffusion des objectifs du client dès les premières étapes du projet pour réduire l'échéancier du projet (APL004(001)). À l'opposé, les entrepreneurs croient que le degré d'importance supplémentaire de cet attribut est d'une grande importance pour réduire l'échéancier du projet.

Ces résultats suggèrent un choc idéologique parmi les intervenants. Sachant que le processus de livraison traditionnel demeure dominant au Québec, les intervenants sondés n'ont probablement pas tous réalisé des PBE selon des processus de livraison alternatifs. Il est réaliste de croire que le référentiel des répondants à cette question s'appuie sur le processus de livraison traditionnel dans lequel l'implication des intervenants est éphémère et sporadique. Par conséquent, il est logique que les donneurs d'ouvrage / clients et les professionnels ne perçoivent pas le gain à l'échéancier engendré par la variable dépendante APL004 puisque la période de conception est souvent allongée et leur implication accrue, par rapport au processus de livraison traditionnel. C'est lors de la période de réalisation et sur l'ensemble du projet que les gains sont les plus significatifs. Les résultats des entrepreneurs / fournisseurs par rapport à la variable APL004(1) entérine cette analyse.

L'analyse des résultats des variables dépendantes (APL004 (002)) et (APL004 (006)) selon le type d'intervenant laisse également croire qu'un choc idéologique est en cours chez les intervenants sondés. Cette fois-ci, ce sont les résultats des donneurs d'ouvrage / clients qui semblent démontrer que le changement de paradigme est en cours. En effet, un seul vote distingue la faveur des donneurs d'ouvrage / clients de la grande et de la moyenne importance supplémentaire pour ces deux variables. Une étude qualitative de plus grande envergure pourrait permettre de qualifier plus en détail la perception des donneurs d'ouvrage et des intervenants de l'industrie de la construction à ce sujet.

Les professionnels se distinguent des autres intervenants

Les résultats par type d'intervenants indiquent que les professionnels ont des résultats particulièrement différents des autres intervenants au niveau de la distribution des résultats. Leurs résultats sont partagés entre la grande et la moyenne importance supplémentaire, au même titre que les autres intervenants. Par contre, quinze pour cent (15%) des professionnels sont d'avis que les variables APL004(003) et APL004(004) ne sont d'aucune importance supplémentaire et que les variables APL004(001) et APL004(002) ne sont pas applicables.

Les résultats sont plus que révélateurs pour la variable dépendante APL004 (003), alors que vingt-cinq pour cent (25%) des professionnels (quinze pour cent (15%) aucune importance supplémentaire et dix pour cent (10%) non applicables) croient que la diffusion des objectifs du client dès les premières étapes du projet est d'aucune importance supplémentaire ou n'est pas applicable pour augmenter la qualité du produit fini (APL004(003)). Ce sont d'ailleurs les seuls intervenants à avoir voté en faveur de ces deux degrés d'importance supplémentaire; tous les autres intervenants sont unanimes à l'effet que la variable dépendante APL004(003) est d'une grande importance supplémentaire. Dans les faits, les professionnels semblent les moins convaincus de l'importance supplémentaire de la variable indépendante APL004 pour rencontrer chacun des critères de succès.

5.3.1 Discussion des résultats

Les résultats de l'étude qualitative conforme à la littérature scientifique

Tel que rapporté dans la littérature scientifique, les résultats obtenus lors de l'étude qualitative attribuent une grande importance supplémentaire à la diffusion des objectifs globaux du client lors d'un PBE pour augmenter la qualité du produit fini (APL004 (003)), pour encourager l'innovation (APL004 (004)), pour atteindre les objectifs globaux du projet (APL004 (005)) et pour respecter le budget initial (APL004 (006)). Jusqu'à un certain point, il est logique, voire prévisible, d'obtenir ces résultats puisque les processus alternatifs exploitant la diffusion des objectifs globaux du client sont une réponse de l'industrie de la construction aux lacunes des processus de livraison présentement en place. Il y a manifestement un désir intrinsèque dans l'industrie de la construction au Québec d'améliorer ces processus.

Les résultats de l'étude qualitative en opposition à la littérature scientifique

Les résultats obtenus en ce qui concerne le degré d'importance supplémentaire de la diffusion des objectifs globaux du client lors d'un PBE pour réduire l'échéancier du projet

(APL004 (001)) et pour réduire les changements en cours de réalisation (APL004 (002)) sont en opposition avec la revue de littérature. Robichaud et Anantatmula (2011) soulignent à maintes reprises l'importance supplémentaire de l'implication du client afin d'éviter la reprise de certains travaux ou étapes de conception et ainsi réduire l'échéancier du projet. Les deux variables sont donc intimement liées. Les études publiées dans la littérature scientifique révèlent que la variable APL004 exige généralement une période de conception plus longue, mais qu'en fin du projet, l'échéancier global s'en voit bonifier ou tout au plus demeurera le même. D'ailleurs, Enache-Pommer et Horman (2009) ont démontré que la précocité des objectifs est l'un des trois attributs les plus importants pour atteindre le niveau de durabilité recherché dans le processus de livraison des projets d'hôpitaux écologiques. Toutefois, étant donné que les PBE au Québec demeurent majoritairement réalisés selon le processus de livraison traditionnel, les intervenants pourront citer l'absence d'une argumentation convaincante en faveur de changement (Kraft et Chinowsky, 2003; Ofori, 1998). Ainsi, une part des répondants peut être associée aux intervenants qui désirent conserver la pratique historique du processus de livraison traditionnel alors qu'une autre part peut être associée à une nouvelle génération d'intervenants tournés vers les processus de livraison alternatifs. Pour encourager la transition vers un processus de livraison mieux adapté au PBE, plusieurs auteurs de la littérature scientifique proposent l'approche préconisée par les plus gros donneurs d'ouvrage, soit l'octroi des contrats de conception basé sur la performance globale plutôt que sur les critères de coût, de temps et de qualité seulement. La fourniture de ce genre d'incitatif financier aux professionnels peut faciliter l'intégration des caractéristiques écologiques et l'utilisation de nouveaux intervenants lors de la conception (Kibert, 2008; Lam et al., 2009; Riley, Pexton et Drilling, 2003).

De même, les résultats enregistrés lors de l'étude qualitative pour la variable APL004 (002) en lien avec le degré d'importance supplémentaire de la diffusion des objectifs du client dès les premières tapes du projet pour réduire les changements en cours de réalisation, sont partagé parmi les intervenants, et ce malgré que la littérature scientifique ainsi que l'histoire de la construction démontrent son importance supplémentaire. La transparence du processus de livraison et sa précocité sont des sujets clé du PBE et reconnu pour réduire les

modifications importantes de conception ou les ordres de changement en cours de réalisation (Enache-Pommer et Horman, 2009; Robichaud et Anantatmula, 2011). Il est possible que la perception des participants à l'étude soit biaisée par les défis et innovations technologiques qu'apporte la nouveauté des PBE. Selon les auteurs scientifiques, l'innovation ne provient pas strictement de solutions de haute technologie. Elle provient bien souvent de la mise en application des bonnes pratiques de collaboration qui permet une synergie accrue des systèmes du bâtiment et une meilleure performance globale (Pulaski et al., 2003). Le degré d'importance supplémentaire de la variable dépendante APL004 (004) présente des résultats qui corroborent également la littérature scientifique à cet égard.

L'opposition au changement des professionnels

Les résultats contrastants des professionnels avec l'ensemble des intervenants et peu élevés sur l'échelle de Likert appuient l'opposition des professionnels au changement rapportée par McIsaac et Morey (1998). Cette réticence survient particulièrement lorsqu'il est question d'introduction d'éléments sociaux et environnementaux, et de l'implication de l'entrepreneur au processus de conception. Le changement de rôles et de responsabilités des professionnels dans les processus de livraison alternatif est accueilli par un sentiment de perte de culture. D'ailleurs, Reed (2007) qualifie le passage d'un système fragmenté à un processus de livraison intégré tel que décrit à la variable APL004 comme un saut culturel significatif. Les discussions des résultats du CHAPITRE 5 traitent plus en détail de l'opposition au changement et de la perte d'identité des professionnels.

La jeunesse de l'industrie de la construction au Québec

Selon la littérature scientifique et l'étude qualitative, pour éviter tout conflit ou changement en cours de réalisation et assurer le respect l'échéancier du projet, il est impératif que les motifs sous-jacents aux performances escomptées soient bien définis et surtout entièrement compris par chacun des intervenants (Acharya et al., 2006; Enache-Pommer et Horman, 2009; Lam et al., 2009; Lucuik, 2005; McIsaac et Morey, 1998; Robichaud et Anantatmula,

2011). Glanivich (2008) et Mago (2007), soulignent que c'est l'habilité de l'entrepreneur à communiquer les objectifs globaux du projet à ses sous-traitants, à les éduquer et à les sensibiliser à leurs rôles et responsabilités dans l'atteinte des objectifs globaux du projet qui guide les performances globales du PBE. La jeunesse du marché des PBE au Québec et le manque d'intervenants et de main d'œuvre pourraient expliquer les résultats liés à la question APL004 (002) et APL004 (001). Les résultats des variables dépendantes SQ001 et SQ002 du Tableau 5.4 ci-dessous confirment cette hypothèse alors que les répondants et leurs entreprises ont réalisé entre deux et cinq PBE dans des proportions respectives de 44% et 62%. Il est donc fort probable que les résultats reflètent des expériences laborieuses des répondants qui n'avaient pas l'expérience requise ou qui ont rencontré des intervenants qui n'avaient pas les connaissances et compétences nécessaires pour réaliser un PBE. Comme le mentionne Lingguang et al. (2009), sachant que le processus de livraison traditionnel élimine pratiquement toute possibilité d'intégrer les connaissances de construction de l'entrepreneur lors des étapes de conception, il n'est pas surprenant que les résultats corroborent l'importance supplémentaire de la diffusion des objectifs du client dès les premières étapes du projet (APL004) relevée dans la littérature scientifique.

Tableau 5.4 Nombre de projets de bâtiment écologique réalisés selon les entreprises et le type d'intervenants sondés

Résultats de l'étude qualitative – Structure organisationnelle du processus de livraison d'un PBE					
Quel est le nombre de projets de bâtiment écologique sur lequel :					
Années d'expérience	Nombre de projets de bâtiment écologique réalisés				
	1	2 à 5	5 à 10	Plus de 10	Sans réponse
L'entreprise des intervenants sondés a participé (SQ002)	0%	62%	9%	29%	0%
Les intervenants sondés ont participé (SQ002)	0%	44%	18%	32%	6%

5.4 Le degré d'importance supplémentaire de débiter la mise en route du projet dès l'étape de conception selon les critères de succès d'un projet de construction

Le sous-chapitre suivant présente les résultats du degré d'importance supplémentaire de débiter la mise en route du projet dès l'étape de conception (APL005). Le sous-chapitre présente les résultats d'abord de manière générale et spécifique. Les résultats sont ensuite interprétés selon les notions de base et la situation actuelle du PBE dans l'industrie de la construction. Une discussion des résultats par rapport à la revue de littérature clôturera le sous-chapitre.

Tableau 5.5 Degré d'importance supplémentaire de débiter la mise en route du projet dès les étapes de conception pour la rencontre des critères de succès d'un PBE (APL005)

Résultats de l'étude qualitative - Attributs du processus de livraison d'un PBE						
Par rapport à un projet de bâtiment traditionnel (non écologique), à quel degré est-il plus important, pour la réussite d'un projet de bâtiment écologique ... de débiter la mise en route du projet dès l'étape de conception (APL005)						
Variables dépendantes / Critères de succès d'un PBE	Degré d'importance supplémentaire					
	Grande importance Suppl.	Moyenne importance Suppl.	Peu d'importance Suppl.	Aucune importance Suppl.	Non-Applicable	Sans réponse
Réduire l'échéancier du projet (APL005 (001))	18%	50%	23%	0%	9%	0%
Réduire les changements en cours de réalisation (APL005 (002))	50%	41%	0%	0%	9%	0%
Augmenter la qualité du produit fini (APL005 (003))	82%	0%	0%	9%	9%	0%
Encourager l'innovation (APL005 (004))	62%	29%	0%	9%	0%	0%
Rencontrer les objectifs globaux du projet (APL005 (005))	71%	29%	0%	0%	0%	0%
Respect du budget initial (APL005 (006))	71%	29%	0%	0%	0%	0%

Selon les répondants à l'étude qualitative, lors de PBE, le degré d'importance supplémentaire de débiter la mise en route du projet dès l'étape de la conception pour réduire l'échéancier du projet (APL005(001)) est d'une moyenne importance supplémentaire: vingt-trois pour cent (23%) et cinquante pour cent (50%) des répondants croient que le degré d'importance supplémentaire est respectivement de moyenne et de grande importance supplémentaire.

Notons aussi que neuf pour cent (9%) des répondants croient que le degré d'importance supplémentaire de débiter la mise en route du projet dès l'étape de la conception pour réduire l'échéancier du projet (APL005(001)), réduire les changements en cours de réalisation (APL005(002)) et augmenter la qualité du produit fini (APL005 (003)) est non applicable.

D'autre part, entre quatre-vingt-deux pour cent (82%) et cent pour cent (100%) des intervenants ont répondu que débiter la mise en route du projet dès l'étape de la conception est de moyenne ou de grande importance supplémentaire pour atteindre les critères de succès liés aux variables dépendantes APL005 (002) à APL005 (006). Les résultats démontrent que les intervenants comprennent les bénéfices de débiter la mise en service dès la phase de conception. La qualité du produit fini est souvent synonyme de l'expérience globale de l'utilisateur du bâtiment et renvoie ainsi à la bonne mise en service des systèmes. Par contre, les résultats présentés au Tableau 5.5, indiquent qu'entre neuf pour cent (9%) et dix-huit pour cent (18%) des répondants n'accordent aucune importance et/ou une importance supplémentaire non applicable aux variables APL005 (001) à APL005 (004). Une part des répondants ne semble donc pas du même avis que leurs confrères sur l'importance supplémentaire de la variable indépendante APL004.

L'analyse détaillée des résultats des répondants pourra permettre d'éclaircir certaines des disparités et tendances observées chez les intervenants sondés. Le Tableau-A VI-6 de l'ANNEXE VI présente les résultats selon le type d'intervenant, qui permettent de soutenir les analyses ci-dessous.

La majorité des intervenants juge que le degré d'importance supplémentaire est au moins de moyenne importance supplémentaire

Les résultats globaux du Tableau 5.5 montrent que plus de quatre-vingt-onze pour cent (91%) des répondants jugent que les variables dépendantes APL005 (002) à APL005 (006) sont au moins de moyenne importance supplémentaire. Lorsque l'on observe les résultats par type d'intervenant au Tableau-A VI-6 tous, à l'exception des professionnels, sont d'avis que le

degré d'importance supplémentaire de la variable APL005 est au moins de moyenne importance et la plupart du temps, cent pour cent (100%) des intervenants croient que le degré d'importance supplémentaire est de grande importance.

Les professionnels sont les intervenants ayant les opinions les plus partagées. Étant donné qu'ils sont les intervenants les plus nombreux, leur influence sur les résultats globaux est plus importante. Dans le cas de la variable indépendante APL005, il semble que les résultats des professionnels aient influencé davantage les résultats globaux puisqu'ils marient aux résultats de l'ensemble des autres intervenants.

Les professionnels moins convaincus que les autres intervenants

Encore une fois, les résultats des professionnels se distinguent de ceux de leurs confrères par des résultats partagés dans au moins quatre variables dépendantes pour lesquelles une faible proportion des professionnels, à l'opposé de la majorité, ont enregistré des résultats en faveur d'un degré d'importance d'aucune importance supplémentaire ou non applicable. En effet, quinze pour cent (15%) des professionnels jugent que débiter la mise en route du projet dès les étapes de conception est non applicable pour les variables dépendantes APL005 (001) à APL005 (003) et d'aucune importance supplémentaire pour augmenter la qualité du produit fini (APL005 (003)) et encourager l'innovation (APL005 (004)). Au final, trente pour cent (30%) des professionnels jugent que la variable indépendante n'est d'aucune importance supplémentaire ou est non applicable pour augmenter la qualité du produit fini (APL005 (003)). Bien que la majorité des professionnels aient enregistré des résultats en faveur du degré d'importance de moyenne ou de grande importance supplémentaire, il s'agit des seuls intervenants ayant enregistré des résultats dans les degrés d'importance de peu ou d'aucune importance supplémentaire ou non applicables pour cette variable indépendante.

De plus, l'écart des résultats causé par le changement de paradigme est perceptible non seulement entre les intervenants mais également entre les professionnels. Par exemple, trente-cinq pour cent (35%) des professionnels jugent que la variable indépendante exerce un

degré d'importance de peu d'importance supplémentaire ou non applicable sur la variable dépendante (APL005(001)) alors que soixante-cinq pour cent (65%) croient plutôt que le degré d'importance est de moyenne ou de grande importance supplémentaire.

L'opinion partagée des donneurs d'ouvrage / clients

Les résultats par type d'intervenant semblent aussi montrer que le changement de paradigme est en cours chez des donneurs d'ouvrage / clients. Ces derniers sont presque ex aequo, à un vote près, entre la moyenne importance supplémentaire (57%) et le peu d'importance supplémentaire (47%) pour les variables dépendantes APL005 (002), APL005 (005) et APL005 (006). Les mêmes proportions ont été enregistrées pour la variable dépendante APL005 (001), par contre, la majorité s'est avérée en faveur de peu d'importance supplémentaire plutôt que de moyenne importance supplémentaire. Il semble donc y avoir une divergence d'opinions non seulement entre les différents intervenants et parmi les professionnels, mais également au sein de mêmes intervenants.

Les résultats identiques pour les variables APL005 (005) et APL005 (006)

Les résultats des variables dépendantes APL005 (005) et APL005 (006) sont identiques et ceux de la variable dépendante APL005 (002) très semblables à un intervenant près. Tel que mentionné plutôt, les résultats des donneurs d'ouvrage sont presque à parité entre la grande et la moyenne importance supplémentaire alors que les autres intervenants sont majoritairement en faveur de la grande importance supplémentaire ; les entrepreneurs / fournisseurs et les autres types d'intervenants sont même unanimes. Les intervenants accordent donc majoritairement une grande importance supplémentaire à débiter la mise en route du projet dès les étapes de conception pour rencontrer les objectifs globaux du projet (APL005 (005)) et le respect du budget initial (APL005 (006)). Cependant, ces deux critères de succès sont tributaires de l'implication des donneurs d'ouvrage / clients qui, selon l'étude qualitative, semblent être les moins convaincus de leur importance supplémentaire. Bien que ces résultats vont à l'encontre du rôle légitime que devrait assumer le donneur d'ouvrage / client, ils

confirment l'insuffisance du processus de livraison traditionnel en ce qui concerne l'implication de donneur d'ouvrage / client. Bien souvent dans le processus de livraison traditionnel, le donneur d'ouvrage / client est peu impliqué dans la mise en service; il ne fait qu'en bénéficier, que les équipements fonctionnent comme il l'avait anticipé ou non.

5.4.1 Discussion des résultats

La mise en service un élément essentiel à la vision holistique

Bien qu'il soit connu que la phase de mise en service d'un PBE est beaucoup plus complexe que dans tout autre projet, les résultats obtenus lors de l'étude qualitative indiquent que les donneurs d'ouvrage / clients ainsi qu'une part des professionnels ne semblent pas en reconnaître l'importance supplémentaire. Selon Glavinich (2008), la mise en service est intimement liée à la vision holistique que doivent adopter les intervenants pour le succès d'un PBE. Les résultats unanimes (Tableau 5.2) à la variable dépendante APL002 (1) liée à l'importance d'implanter une vision holistique démontrent la volonté des donneurs d'ouvrage / clients d'intégrer le bâtiment comme un tout. À l'opposé, les résultats montrent que les professionnels ne sont pas convaincus de l'importance supplémentaire de débiter la mise en route du projet dès l'étape de conception (APL005). Pourtant, ce sont les professionnels qui ont les plus grandes responsabilités puisqu'ils sont les chefs d'orchestre des travaux de mise en service réalisés par les entrepreneurs, les fournisseurs et l'agent de mise en service.

Tel que le rapporte Glavinich (2008), la complexité de la mise en service est tributaire du niveau de certification du projet et de la nature du projet. Étant donné que les projets québécois certifiés or ou platine se font plutôt rares et que les répondants à l'étude ont en moyenne à leur actif entre deux et cinq PBE (Tableau 5.4), il est fort probable que peu d'entre eux aient rencontré des PBE où la mise en service avait été réalisée à un niveau très relevé. La jeunesse du marché du PBE au Québec et l'expérience restreinte de ses intervenants peut donc expliquer une partie des divergences des résultats, principalement chez les professionnels et les donneurs d'ouvrage / clients. Pourtant, en raison des conditions

climatiques qui prévalent au Québec, les professionnels, les donneurs d'ouvrage / clients devraient faire un point d'honneur de rehausser la qualité de la mise en service.

La mise en service aux gages du client

Il n'est pas surprenant d'obtenir des résultats identiques pour les questions APL005 (005) et (006) puisque le respect du budget est très souvent un des objectifs globaux de tout projet de construction. Par contre, tel que rapporté dans la revue de littérature, l'investissement initial (coût initial) demeure encore distinct des frais d'exploitation à l'heure actuelle. C'est d'ailleurs ce qui peut expliquer les résultats partagés des donneurs d'ouvrage / client qui n'associent pas les bénéfices d'une bonne mise en service au coût initial du projet. De plus, la mise en route requiert de la main-d'œuvre, du temps et des ressources, des dépenses souvent jugées superflues par les donneurs d'ouvrage / client (Deane, 2008; Kats et al., 2003; Robichaud et Anantatmula, 2011). Pourtant, l'investissement initial lié à la construction, particulièrement à la sélection des équipements durant la période de conception, et à la mise en service des systèmes est intimement lié, voire grandement responsable pour la consommation énergétique, les performances globales du bâtiment et la qualité du produit fini (Korkmaz et al., 2010; Zachariah, Kennedy et Pressnail, 2002). Sachant que la consommation énergétique est responsable d'une part importante des dépenses d'exploitation et du bilan environnemental, il est tout à fait judicieux d'augmenter la sensibilisation des intervenants de l'industrie de la construction au Québec. Plusieurs scientifiques s'accordent pour dire que le changement de paradigme et l'instauration d'un processus de livraison alternatif, dont l'accroissement de l'importance supplémentaire de la mise en service, font partie inhérente du remède aux problèmes environnementaux.

Malgré tout, selon les résultats de l'étude qualitative et tel que l'affirme de Kibert (2008), la mise en service est devenue une composante essentielle du processus de livraison des PBE. Il ne reste qu'à mettre en place le processus alternatif qui pourrait mettre à profit les efforts de collaboration des intervenants pour faire accroître la qualité de mise en service et les bénéfices en cours d'exploitation.

5.5 Le degré d'importance supplémentaire de mettre en service les équipements comme un tout selon les critères de succès d'un projet de construction

Le sous-chapitre suivant présente les résultats du degré d'importance supplémentaire de la mise en service les équipements comme un tout (APL006). Le sous-chapitre présente les résultats d'abord de manière générale et spécifique. Les résultats sont ensuite interprétés selon les notions de base et la situation actuelle du PBE dans l'industrie de la construction. Une discussion des résultats par rapport à la revue de littérature clôturera le sous-chapitre.

Selon cinquante-huit pour cent (58%) de l'ensemble des intervenants interrogés le degré d'importance supplémentaire de la mise en service des équipements comme un tout est de peu d'importance pour réduire l'échéancier du projet (APL006 (001)). Également, il s'agit de la seule question de l'étude à laquelle aucun répondant (0%) n'a voté pour une grande importance supplémentaire.

Tableau 5.6 Le degré d'importance supplémentaire de mettre en service les équipements comme un tout selon les critères de succès d'un PBE (APL006)

Résultats de l'étude qualitative - Attributs du processus de livraison d'un PBE						
Par rapport à un projet de bâtiment traditionnel (non écologique), à quel degré est-il plus important, pour la réussite d'un projet de bâtiment écologique ... mettre en service les équipements comme un tout (APL006)						
Variables dépendantes / Critères de succès d'un PBE	Degré d'importance supplémentaire					
	Grande importance Suppl.	Moyenne importance Suppl.	Peu d'importance Suppl.	Aucune importance Suppl.	Non-Applicable	Sans réponse
Réduire l'échéancier du projet (APL006 (001))	0%	41%	59%	0%	0%	0%
Réduire les changements en cours de réalisation (APL006 (002))	29%	33%	29%	0%	9%	0%
Augmenter la qualité du produit fini (APL006 (003))	62%	9%	20%	0%	9%	0%
Encourager l'innovation (APL006 (004))	50%	21%	29%	0%	0%	0%
Rencontrer les objectifs globaux du projet (APL006 (005))	44%	35%	21%	0%	0%	0%
Respect du budget initial (APL006 (006))	32%	30%	38%	0%	0%	0%

Dans des proportions très partagées, la majorité des répondants sont d'avis que les variables APL006 (001), APL006(002) et APL006(006) sont de moyenne ou de peu d'importance supplémentaire. De même, près de la moitié des répondants croient que les variables APL006 (003), APL006 (004) et APL006(005) sont de grande importance supplémentaire. Aussi, notons que neuf pour cent (9%) des répondants ont jugés que la mise en service des équipements comme un tout n'est pas applicable à la réduction des changements en cours de réalisation (APL006 (002)) et à l'augmentation de la qualité du produit fini (APL006 (003)). Toutefois, soixante-deux pour cent (62%), sont plutôt d'avis que la variable indépendante APL006 est d'une grande importance supplémentaire pour augmenter de la qualité du produit fini (APL006 (003)) alors qu'un intervenant sur cinq (20%) croit que la variable dépendante APL006 (003) et APL006 (005) est peu importante.

Les résultats de la variable APL006 sont dans l'ensemble beaucoup plus partagés sur l'échelle de Likert et beaucoup moins élevés que les autres variables indépendantes sous étude. Les résultats des intervenants sont bien répartis entre les degrés d'importance de grande, moyenne et de peu d'importance supplémentaire, ce qui laisse croire que les intervenants n'ont pas tous les mêmes priorités lorsqu'il est question de mettre en service les systèmes comme un tout.

L'analyse détaillée des résultats des répondants démontre certaines disparités et tendances chez les intervenants sondés. Le Tableau-A VI-7 de l'ANNEXE VI présente les résultats selon le type d'intervenant qui permettent de soutenir les analyses ci-dessous.

L'influence du nombre de participants de type professionnels

Malgré que les résultats des variables APL006 (001) à APL006 (006) montrent généralement des résultats partagés et de faibles majorités, l'analyse selon le type d'intervenant montre que pour deux des six variables dépendantes étudiées (APL006 (001) et APL006 (006)), les résultats disparates obtenus par les professionnels ont influencé les résultats globaux. En raison du nombre plus important de répondants de type professionnels, les résultats obtenus

ne sont pas représentatifs de la majorité des intervenants questionnés. Dans le cas des autres variables dépendantes, la majorité l'a emporté sur les répondants de type professionnels. Pour cinq des six variables dépendantes étudiées, les professionnels sont les seuls en faveur du degré d'importance supplémentaire peu élevé ou non applicable. Il y a nettement une part des professionnels qui ne semblent pas se rallier à leurs confrères de l'industrie de la construction. Klotz et Grant (2009) publient d'ailleurs une recherche sur l'évaluation de la compréhension des élèves par rapport au concept de développement durable et confirment que les étudiants sont mieux préparés à comprendre et à contribuer aux dimensions environnementales et économiques de la durabilité que leurs prédécesseurs. Toutefois, il est possible que cette particularité soit causée par l'effet de la petite taille de l'échantillon qui augmente les probabilités de résultats hors de la moyenne; l'augmentation de la taille de l'échantillon pourrait accroître l'exactitude des résultats.

Les variables indépendantes APL005 et APL006 perçues similairement par les intervenants

Bien que les résultats présentés au Tableau 5.5 du sous-chapitre précédant pour la variable indépendante APL005 et au Tableau 5.6 pour la variable indépendante APL006 soient différents, l'analyse selon le type d'intervenant révèle des similitudes. D'abord, les professionnels, contrairement aux autres intervenants, ont enregistré pour toutes les variables dépendantes APL006 des résultats dans chacun des trois degrés d'importance supplémentaire suivants, la grande, la moyenne et le peu d'importance supplémentaire. Ils ont également été les seuls à avoir enregistré des valeurs pour le degré d'importance supplémentaire non applicable. Pour ce qui est des autres intervenants, plusieurs résultats recueillis sont identiques pour les variables APL005 et APL006. Les entrepreneurs ont d'ailleurs enregistré les résultats plus élevés pour ces deux variables alors que les donneurs d'ouvrage / client et les autres types d'intervenants ont fourni des résultats identiques pour respectivement trois et quatre des six variables dépendantes étudiées aux variables APL005 et APL006.

En contrepartie, les résultats globaux des variables APL005 sont nettement en faveur de la grande importance supplémentaire alors que les résultats de la variable APL006 sont partagés

entre la grande et la moyenne importance supplémentaire en raison des résultats partagés enregistrés auprès des professionnels.

Les professionnels moins convaincus que les autres intervenants

Pour cinq des six variables dépendantes étudiées, les proportions majoritaires des professionnels, variant de trente-cinq (35%) à quatre-vingt-cinq pour cent (85%), ont été enregistrées en faveur du degré d'importance supplémentaire peu élevé. De plus, pour deux de ces cinq variables dépendantes, soit de réduire les changements en cours de réalisation (APL006 (002)) et d'augmenter la qualité du produit fini (APL006 (003)), les professionnels sont les seuls à avoir jugé que ces critères de succès n'étaient pas applicables. Les résultats démontrent que les professionnels croient que la mise en service des équipements comme un tout (APL006) a peu d'importance supplémentaire lors de PBE par rapport au projet de bâtiment traditionnel. À l'opposé, les autres intervenants sont partagés entre la moyenne et la grande importance supplémentaire.

5.5.1 Discussion des résultats

La variable APL006 confirme que la vision holistique n'est pas mise en œuvre par les intervenants de l'industrie de la construction au Québec

Les variables dépendantes de la série APL006 se veulent au-delà de la confirmation de la prise de conscience des intervenants, une confirmation que les intervenants mettent en œuvre le principe holistique fondateur du processus de livraison d'un PBE étudié dans les sous-chapitres 5.1 et 5.2. Les résultats démontrent que le principe de vision holistique n'est pas encore pratique courante. Pour rendre cette approche coutume, les intervenants de la construction doivent prendre conscience de la portée des travaux de chacun des systèmes du bâtiment et s'assurer de bien comprendre les objectifs globaux du projet (Robichaud et Anantatmula, 2011; Syal, Mago et Moody, 2007). Par contre, les résultats démontrent que le degré d'importance supplémentaire de la vision holistique lors d'un PBE est partagé entre la

grande et la moyenne importance pour les intervenants de l'industrie de la construction du Québec sondés, du moins lorsqu'il est question de la mise en service.

Les résultats globaux et spécifiques selon le type d'intervenant pour les variables dépendantes de la série APL006 sont en deçà de ceux recueillis pour la variable dépendante APL002(1) sur l'importance supplémentaire d'implanter une vision holistique des systèmes du bâtiment auprès des intervenants dès les premières étapes du projet. Cette observation consolide les déclarations de Reed (2007) à l'effet que, l'approche holistique est connue et peut être mise en œuvre, mais elle est méprisée par les intervenants de la construction dans la pratique. Plus spécifiquement, les résultats de la variable dépendante APL002(1) présentés au Tableau-A VI-4 de l'ANNEXE VI démontrent que l'implantation d'une vision holistique dès les premières phases du projet (APL002 (1)) est d'une importance supplémentaire particulièrement élevée pour les donneurs d'ouvrage / client et les autres types d'intervenants. Les réponses unanimes de ces deux types d'intervenants démontrent d'ailleurs l'importance accordée à cet attribut. En contrepartie, les professionnels, généralement des spécialistes, ont une opinion partagée, quasi à parts égales, entre la grande et la moyenne importance supplémentaire pour cet attribut. Il en est de même pour les entrepreneurs / fournisseurs qui sont également des spécialistes.

La sensibilisation et la prise en charge par les autorités

Sachant que plusieurs auteurs de la littérature scientifique soulignent l'importance supplémentaire de mettre en œuvre une vision holistique pour le succès d'un PBE, il apparaît naturel et nécessaire que les intervenants de l'industrie de la construction du Québec soient davantage sensibilisés à l'importance supplémentaire et aux bénéfices que peut leur apporter l'approche holistique (Robichaud et Anantatmula, 2011; Syal, Mago et Moody, 2007). Toutefois, à la lumière des résultats et de l'analyse, la mise en œuvre de la vision holistique exige une vaste opération de sensibilisation et de formation, et une prise en charge des autorités puisque malgré la prise de conscience des intervenants aucune action concrète n'est déployée. Sachant que les professionnels ont été les plus nombreux et qu'ils sont fort probablement un échantillon plus représentatif de la population et qu'ils ont déjà réalisé des

PBE, l'exercice de sensibilisation et de formation est d'autant plus énorme que l'étude qualitative pourrait laisser entrevoir. La transparence du processus de livraison pourrait contribuer à renforcer la redéfinition des responsabilités et des relations pour rendre le processus de mise en service le plus efficace possible (Klotz et al., 2009).

Les résultats laissent entrevoir quelques-unes des insuffisances du processus de livraison traditionnel. Par exemple, Blismas et al. (2004) rapportent qu'en raison de la fragmentation du processus de livraison traditionnel, il est fréquent que les objectifs globaux d'un projet ne soient pas clairement communiqués à tous les intervenants. Ce qui pourrait expliquer les résultats obtenus par les professionnels aux variables dépendantes de la série APL006. De même, sachant que Fisher et Tatum (1997) rapportent que la mise en route des systèmes d'un PBE est beaucoup plus complexe et que le canal de communication du processus de livraison traditionnel est inefficace, il n'est pas surprenant que les entrepreneurs / fournisseurs, qui sont traditionnellement tributaires de l'effort de communication des intervenants précédant, sont d'avis que la mise en route du projet dès l'étape de conception (APL005) et la mise en service comme un tout (APL006) est d'une grande importance supplémentaire. Les solutions proposées par les approches de co-ingénierie peuvent être des solutions intéressantes afin d'accroître la communication entre les intervenants. Cette variable sera d'ailleurs analysée dans le sous-chapitre 6.3.

CHAPITRE 6

LA STRUCTURE ORGANISATIONNELLE DU PROCESSUS DE LIVRAISON D'UN PROJET DE BÂTIMENT ÉCOLOGIQUE

Le CHAPITRE 6 présente les résultats liés à la structure organisationnelle du processus de livraison d'un PBE obtenus par l'analyse des données recueillies au cours de l'étude qualitative effectuée auprès des différents intervenants de l'industrie de la construction au Québec. Il est composé de sous-chapitres comprenant la présentation et l'interprétation des résultats ainsi que de la discussion des résultats pour chacune des variables dépendantes et indépendantes étudiées dans l'étude qualitative. Les résultats détaillés pour chacun des types d'intervenants peuvent être consultés à l'ANNEXE VI.

6.1 Le degré d'importance supplémentaire des caractéristiques de la structure organisationnelle du processus de livraison d'un PBE

Le sous-chapitre suivant présente les résultats du degré d'importance supplémentaire des caractéristiques de la structure organisationnelle du processus de livraison d'un projet de bâtiment écologique (SOP001). Le sous-chapitre présente les résultats d'abord de manière générale et spécifique. Les résultats sont ensuite interprétés selon les notions de base et la situation actuelle du PBE dans l'industrie de la construction. Une discussion des résultats par rapport à la revue de littérature clôturera le sous-chapitre.

Selon quatre-vingt-deux pour cent (82%) des répondants à l'étude qualitative, une grande importance supplémentaire doit être accordée à la collaboration et la synergie accrues entre les différents intervenants (SOP001 (1)) lors de PBE, alors que dix-huit pour cent (18%) des répondants accordent peu d'importance supplémentaire à cet élément de la structure organisationnelle du processus de livraison d'un PBE. De même, soixante-dix-neuf pour cent (79%) accordent une grande importance supplémentaire à l'intégration de tous les intervenants dès les premières étapes d'un PBE (SOP001 (2)) et quatre-vingt-onze pour cent

(91%) des répondants estiment qu'il est d'une grande importance supplémentaire que chaque intervenant comprenne davantage le travail des autres membres du projet (SOP001 (3)).

Tableau 6.1 Degré d'importance supplémentaire des caractéristiques de la structure organisationnelle du processus de livraison d'un projet de bâtiment écologique (SOP001)

Résultats de l'étude qualitative – Structure organisationnelle du processus de livraison d'un PBE						
Par rapport à un projet de bâtiment traditionnel (non écologique), à quel degré est-il plus important, lors de projet de bâtiment écologique :						
Variables dépendantes	Degré d'importance supplémentaire					
	Grande importance Suppl.	Moyenne importance Suppl.	Peu d'importance Suppl.	Aucune importance Suppl.	Non-Applicable	Sans réponse
Que la collaboration et la synergie entre les différents intervenants soient accrues (SOP001(1))	82%	0%	18%	0%	0%	0%
Que tous les intervenants soient intégrés dès les premières étapes du projet (SOP001(2))	79%	12%	9%	0%	0%	0%
Que chaque intervenant comprenne davantage le travail des autres membres du projet (SOP001(3))	91%	0%	9%	0%	0%	0%
Que le processus de conception intégrée soit utilisé (SOP001(4))	64%	18%	18%	0%	0%	0%
Que l'équipe du projet possède une expérience accrue (SOP001(5))	53%	47%	0%	0%	0%	0%
Que les intervenants de l'industrie perçoivent l'entrepreneur comme un membre de l'équipe de conception plutôt qu'un simple service de construction (SOP001(6))	62%	29%	9%	0%	0%	0%

Dans des proportions plus partagées, mais toujours majoritaires, soixante-quatre (64%) des intervenants sont d'avis qu'il est d'une grande importance supplémentaire d'utiliser le processus de conception intégrée (SOP001 (4)). Dans une faible majorité, soit cinquante-trois pour cent (53%), les intervenants sondés considèrent qu'il est d'une grande importance supplémentaire que l'équipe de projet possède une expérience accrue (SOP001 (5)) alors que quarante-sept pour cent (47%) d'entre eux croient que cette variable est de moyenne importance supplémentaire. Finalement, soixante-deux pour cent (62%) des répondants jugent qu'il est d'une grande importance supplémentaire que les intervenants de l'industrie

perçoivent l'entrepreneur comme un membre de l'équipe de conception plutôt qu'un simple service de construction (SOP001 (6)).

Les résultats pour chacune des caractéristiques de la structure organisationnelle du processus de livraison d'un projet de bâtiment écologique selon le type d'intervenant sont présentés au Tableau-A VI-8 de l'ANNEXE VI et dans les pages suivantes.

Que la collaboration et la synergie entre les différents intervenants soient accrues (SOP001(1))

Une forte majorité de chacun des types d'intervenants, soit entre soixante-dix pour cent (70%) et cent pour cent (100%), s'accorde qu'il est d'une grande importance supplémentaire que la collaboration et la synergie entre les différents intervenants soient accrues (SOP001(1)). À l'opposé, les résultats présentent que trente pour cent (30%) des professionnels, soit dix-huit (18%) de tous les répondants, croient que le degré d'importance supplémentaire de cette variable indépendante est de peu d'importance lors de PBE par rapport au projet de bâtiment traditionnel.

Que tous les intervenants soient intégrés dès les premières étapes du projet (SOP001(2))

Selon les résultats de l'étude qualitative, les donneurs d'ouvrage et les autres types d'intervenants sont unanimes (100%) à penser qu'il est d'une grande importance supplémentaire que tous les intervenants soient intégrés dès les premières étapes du projet (SOP001(2)). De même, cent pour cent (100%) des entrepreneurs évaluent que le degré d'importance supplémentaire de la variable dépendante SOP001(2) est plutôt de moyenne importance. Les résultats des professionnels indiquent que quatre-vingts pour cent (85%) d'entre eux jugent qu'il est d'une grande importance supplémentaire que tous les intervenants soient intégrés dès les premières étapes du projet (SOP001(2)) alors que quinze pour cent (15%) d'eux sont d'avis qu'il y a peu d'importance supplémentaire.

Que chaque intervenant comprenne davantage le travail des autres membres du projet (SOP001(3))

Les résultats du degré d'importance de la variable (SOP001(3)) sont, à quelques répondants près, les mêmes que pour la variable dépendante SOP001(1) et SOP001(2). Ainsi, les intervenants estiment que la variable dépendante SOP001(3) est d'une importance supplémentaire importante dans le cadre d'un PBE. Seuls les entrepreneurs ont enregistré des résultats différents en favorisant la grande importance supplémentaire plutôt que la moyenne importance supplémentaire. Les entrepreneurs accordent donc plus d'importance supplémentaire à la compréhension du travail des autres membres du projet (SOP001(3)), qu'à la collaboration et la synergie accrues entre les différents intervenants (SOP001(1)) et qu'à l'intégration de tous les intervenants dès les premières étapes du projet (SOP001(2)).

Que le processus de conception intégrée soit utilisée (SOP001(4))

Outre les professionnels, les résultats des intervenants sont unanimes à l'effet qu'il est d'une grande importance supplémentaire lors de PBE que le processus de conception intégrée soit utilisé (SOP001(4)). À l'opposé, les professionnels sont plutôt partagés sur cette variable. Ils jugent qu'elle est d'une grande importance supplémentaire dans une proportion de quarante pour cent (40%), alors que pour soixante pour cent (60%) des professionnels la variable SOP001(4) est de moyenne et de peu d'importance supplémentaire dans des proportions respectivement de trente pour cent (30%) et trente pour cent (30%).

Que l'équipe du projet possède une expérience accrue (SOP001(5))

Selon les résultats obtenus, les entrepreneurs et les donneurs d'ouvrage sont unanimes; ils considèrent qu'il est d'une grande importance supplémentaire lors de PBE que les membres de l'équipe de projet possèdent une expérience accrue (SOP001(5)). Les professionnels se rallient aux précédents intervenants dans une proportion de trente-cinq pour cent (35%) alors que la majorité d'entre eux, soit soixante-cinq pour cent (65%) croit plutôt que la variable

dépendante SOP001(5) est d'une moyenne importance supplémentaire, et ce, comme cent pour cent (100%) des autres types d'intervenants.

Que les intervenants de l'industrie perçoivent l'entrepreneur comme un membre de l'équipe de conception plutôt qu'un simple service de construction (SOP001(6))

Les résultats de l'étude qualitative démontrent que tous les répondants, à l'exception des professionnels, estiment de façon unanime que lors de PBE il est d'une grande importance supplémentaire par rapport au projet de bâtiment traditionnel que les intervenants perçoivent l'entrepreneur comme un membre de l'équipe de conception plutôt qu'un simple service de construction (SOP001(6)). Les professionnels affichent des résultats différents de leurs confrères, alors que cinquante pour cent (50%) d'entre eux sont en faveur de la moyenne importance supplémentaire et quinze pour cent (15%) en faveur du degré d'importance supplémentaire peu élevé. Par conséquent, soixante-cinq pour cent (65%) des répondants professionnels jugent que le degré d'importance supplémentaire de la relation SOP001(6) est d'un degré d'importance inférieur, par rapport aux autres intervenants.

L'analyse détaillée des résultats des répondants démontre certaines disparités et tendances chez les intervenants sondés. Le Tableau-A VI-8 de l'ANNEXE VI présente les résultats selon le type d'intervenant, qui permettent de soutenir les analyses ci-dessous.

Les variables dépendantes SOP001 ont toutes des résultats très similaires et sont toutes d'une grande importance supplémentaire

Lorsque l'on s'arrête à analyser le Tableau 6.1 seulement, il pourrait être facile de croire que les résultats diffèrent entre eux. Par contre, la présentation des résultats selon le type d'intervenant pour chaque variable dépendante présentée au Tableau-A VI-8 révèle que les résultats des intervenants sont presque tous identiques à l'exception de ceux des professionnels et de la variable dépendante SOP001(5). La forte majorité des résultats permet de croire que les intervenants de l'industrie de la construction au Québec accordent une grande importance supplémentaire aux variables dépendantes de la structure organisationnelle du processus de livraison lors de PBE par comparaison au projet

traditionnel. Les résultats établissent que les intervenants sondés accordent plus d'importance supplémentaire à la structure organisationnelle du processus de livraison d'un PBE (SOP001) pour le succès d'un PBE que les attributs du processus de livraison d'un PBE (APL001 et APL002). Ainsi, les résultats démontrent que les intervenants de l'industrie de la construction au Québec ont saisi l'importance supplémentaire de la transparence du processus de livraison.

Le processus de conception intégrée (SOP001(4)) moins important ... chez les professionnels

Les résultats présentés depuis le début de l'étude démontrent que les professionnels sont plus réfractaires au changement que n'importe quel autre intervenant de l'industrie de la construction au Québec lorsqu'il est question d'intervenir dans leurs champs d'activités, de remodeler leurs responsabilités ou d'inclure de nouvelles approches. La variable dépendante SOP001(4) traitant du processus de conception intégrée (PCI) ne fait pas exception à cette règle. Les professionnels ont enregistré des résultats partagés sur l'importance supplémentaire qu'exerce le processus de conception intégrée (PCI) lors d'un PBE. Les résultats des professionnels varient à moins de deux votes d'écart du peu d'importance supplémentaire à la grande importance supplémentaire. À la défense des professionnels, peu de PBE au Québec mettent en œuvre le PCI, c'est pourquoi il est possible que plusieurs des répondants de type professionnel n'aient pas expérimenté tous les avantages du PCI.

L'expérience accrue de l'équipe de projet (SOP001(5)) est d'une grande importance supplémentaire

Pour les professionnels comme pour *l'autre type d'intervenant*, l'expérience de l'équipe de projet (SOP001(5)) ne semble pas être une variable dépendante importante pour la réussite d'un PBE. L'analyse détaillée des résultats montre qu'il s'agit de la seule variable dépendante pour laquelle *l'autre type d'intervenant* est d'avis qu'elle est de moyenne importance supplémentaire et pour laquelle les professionnels n'ont pas voté un degré d'importance supplémentaire en deçà de la moyenne importance. Cette observation est significative puisqu'elle laisse croire que les intervenants sont d'avis que cette variable

dépendante n'est pas d'une grande importance supplémentaire, mais qu'il y a un minimum d'expérience supplémentaire à atteindre pour couronner de succès un PBE.

Une fois de plus, les professionnels se distinguent des autres intervenants

Étant donné que les PBE sont encore une jeune industrie au Québec et que les professionnels semblent depuis le début de cette étude les moins convaincus de l'importance supplémentaire des variables dépendantes étudiées, il est possible de croire que les professionnels s'attachent à leurs vieilles habitudes. Cette analyse pourrait ainsi permettre d'expliquer les résultats partagés des plusieurs variables, particulièrement celles sur l'importance supplémentaire des nouvelles structures organisationnelles du processus de livraison d'un PBE. Le changement de paradigme semble être plus long et plus difficile à mettre en place chez les professionnels. Ce sont d'ailleurs les seuls intervenants à avoir obtenu des résultats dans le degré d'importance supplémentaire peu élevé pour les variables dépendantes SOP001(1) à SOP001(5).

6.1.1 Discussion des résultats

La transparence du processus de livraison d'un PBE

Les résultats au plus haut degré d'importance supplémentaire sur l'échelle de Likert pour les variables dépendantes SOP001, particulièrement SOP001(1), SOP001(2) et SOP001(3), confirment les affirmations des auteurs scientifiques à l'effet que pour le succès d'un PBE, la transparence du processus de livraison est essentielle. Les résultats démontrent également que les répondants sont du même avis que Glavinich (2008) qui rapporte que les opportunités de réduire le coût global du projet et d'augmenter les performances globales du projet sont beaucoup plus importantes lors des premières phases du projet. Par contre, cette nouvelle approche est à l'encontre des pratiques traditionnelles de l'industrie de la construction. D'ailleurs, les résultats laissent croire, tel que prévu par Fisher et Tatum (1997), que les intervenants délaissent de plus en plus le processus de livraison traditionnelle pour introduire

une structure plus transparente. D'ailleurs les grands donneurs d'ouvrage / clients favorisent plus que jamais les processus de livraison alternatifs basés sur la transparence et il semble que cette approche soit maintenant bien implantée dans l'industrie de la construction au Québec, sauf chez les professionnels. Il est possible que ces résultats aient été obtenus parce que les participants à l'étude qualitative ont tous déjà réalisé des PBE et été sensibilisés à l'importance supplémentaire de la transparence du processus de livraison, alors que traditionnellement tout ce qui ralentit le processus de livraison est perçu comme un coût prohibitif (Deane, 2008; Robichaud et Anantatmula, 2011).

L'implication hâtive des intervenants

L'implication hâtive des intervenants implique la redéfinition des rôles et responsabilités et dans certains cas l'ajout de nouveaux membres à l'équipe de projet. Au même titre que la transparence du processus de livraison, l'implication hâtive est un changement important dans le mode de pensée des professionnels, soit l'abandon de leurs intérêts individuels, le changement de responsabilité et l'obligation de partager des connaissances (Mathur, Price et Austin, 2008). En retour, les auteurs scientifiques soulignent que les entrepreneurs et les fournisseurs apportent au projet une expertise technique accrue et continue de construction qui rehausse la qualité globale du projet, la précision des analyses financières, les opérations sur le site, la gestion de la qualité de l'air intérieur, les relations entre les intervenants et le coût global. Par contre, les résultats semblent démontrer que les entrepreneurs / fournisseurs accordent moins d'importance supplémentaire à cette variable dépendante (SOP001(2)) que les professionnels. Pourtant, les entrepreneurs / fournisseurs sont les intervenants les plus directement touchés par ces modifications de responsabilité. Ils sont alors impliqués dans une phase du projet dans laquelle ils n'ont pas l'habitude de se retrouver, à l'exception des projets clé en main. Historiquement, l'entrepreneur est perçu comme un exécutant. Son implication au niveau de la conception est à l'encontre de la pensée traditionnelle et les résultats des entrepreneurs / fournisseurs semblent montrer que la majorité des professionnels jugent que ce changement de mentalité est d'une moyenne importance ou de peu d'importance supplémentaire pour le succès d'un PBE. À l'opposé, les autres intervenants croient

unanimement que ce changement de perception est d'une grande importance supplémentaire (SOP001(2)). Il semble y avoir une certaine confusion entre les entrepreneurs / fournisseurs et les autres intervenants. Ces sujets seront d'autre part repris et analysés en détail dans le prochain sous-chapitre.

L'opposition au changement et la peur de la perte d'identité des professionnels

L'analyse des variables dépendantes SOP001(2), SOP001(4) et SOP001(6) démontre que chacune d'entre elles spécifie davantage le niveau d'implication des intervenants, particulièrement celui de l'entrepreneur / fournisseur. Par exemple, la variable dépendante SOP001(2) précise l'implication de plusieurs intervenants lors de la période de conception, la variable SOP001(4) raffine l'implication des intervenants puisque par définition le PCI soutient l'implication élargie de nouveaux intervenants, dont l'entrepreneur, et la variable SOP001(6) spécifie directement l'implication des entrepreneurs / fournisseurs. De même, le degré d'importance supplémentaire accordé par les professionnels aux variables SOP001(2), SOP001(4) et SOP001(6) diminue aussi systématiquement à chacune des variables et forme ainsi une gradation descendante du degré d'importance supplémentaire. Cette observation semble correspondre à la perception de perte d'identité des professionnels lorsqu'ils doivent faire face à l'implication de différents intervenants en période de conception, comme relevée dans la littérature scientifique. Aussi, les résultats portent à croire que la majorité des professionnels ne perçoivent pas l'entrepreneur comme un membre de l'équipe de conception. Dans bien des cas, l'implication de l'entrepreneur au sein de l'équipe de conception se limite à la revue de constructibilité ou à un besoin spécifique lié aux activités de construction pour laquelle l'expertise de l'entrepreneur est requise.

Tel que décrit par plusieurs auteurs scientifiques, la démarche linéaire du processus de livraison semble bien ancrée chez les intervenants de l'industrie. De ce point de vue, la structure organisationnelle d'un PBE n'apporte aucun avantage tangible aux professionnels qui visent généralement la rencontre d'objectifs isolés bien souvent opposés aux objectifs globaux du projet. La structure organisationnelle d'un PBE vise plutôt à élargir l'approche de

conception et à inclure les objectifs de tous les intervenants, un concept opposé à la pensée traditionnelle des intervenants de la construction. Selon Mago (2007), l'implication des intervenants en cours de projet laisse place à beaucoup d'interprétation de la part des intervenants qui ne sont pas impliqués depuis les premières phases du projet. Pour Acharaya et al. (2006), cette situation entraîne une coopération limitée entre les intervenants d'un projet. Par lien de causalité, la performance globale du PBE se voit alors réduite.

Les résultats des professionnels par rapport aux questions PLT001 (SQ001) et PLT001 (SQ003) présentés à l'ANNEXE VI laissent également entendre cette tendance réfractaire chez les professionnels. Par exemple, cinquante pour cent (50%) d'entre eux sont d'avis que la contribution successive des intervenants (La linéarité du processus de livraison traditionnel) (PLT001 (SQ001)) est d'une grande importance supplémentaire dans les insuffisances du processus de livraison traditionnel (PLT) alors que quatre-vingt-cinq pour cent (85%) croient que le manque de collaboration (Le manque d'intégration du processus de livraison traditionnel) (PLT001 (SQ003)) est de moyenne ou de grande importance supplémentaire. Traditionnellement, l'implication des intervenants est éphémère et se concentre sur les résultats propres à l'intervenant d'un projet. Toutefois, dans le cadre de PBE, les intervenants sont amenés dans des positions décisionnelles inhabituelles où il est indispensable de prendre en considération les critères de succès d'autrui (Deane, 2008; Kibert, 2008; Kua et Lee, 2002; McIsaac et Morey, 1998; Riley, Pexton et Drilling, 2003). Tel que souligné par plusieurs auteurs de la littérature scientifique, il va de soi qu'on doit démontrer la pertinence du changement de paradigme et de la mise en place d'un processus de livraison spécifique au PBE avant qu'ils soient acceptés de façon répandue.

Toutefois, certaines nuances doivent être apportées ou pourront être étudiées dans le futur. Par exemple, pour la majorité des variables dépendantes SOP001, les entrepreneurs / fournisseurs, les donneurs d'ouvrage / clients et les autres types d'intervenants ont attribué des degrés d'importance supplémentaire plus élevés que les professionnels. Plusieurs raisons peuvent expliquer cette situation. D'abord, l'effet du changement de paradigme chez les entrepreneurs / fournisseurs et les donneurs d'ouvrage / clients qui, dans le cadre de leurs

nouvelles responsabilités, doivent accorder beaucoup plus d'importance supplémentaire aux variables dépendantes que lors du PLT. Les considérations conceptuelles, telles que la mise en service et l'orientation du bâtiment, n'étaient pas une préoccupation par le passé, et ce, en plus des nouvelles considérations économiques environnementales et sociales (Glavinich, 2008; Mirsky et Songer, 2009). Les résultats des professionnels peuvent s'avérer plus critique puisqu'ils ont déjà l'habitude de mettre en oeuvre quelques-unes des variables dépendantes de la structure organisationnelle d'un PBE comme la coordination accrue avec les autres professionnels et le client.

Le manque de connaissance et d'expériences des intervenants

Les auteurs de la littérature scientifique soulignent abondamment le manque de connaissance et d'expérience de construction chez les intervenants en amont du processus de livraison traditionnel. C'est l'une des causes majeurs pour lesquelles le processus de livraison traditionnel ne répond pas aux besoins des PBE et engendre des délais et des coûts supplémentaires lors de PBE (Charette, 2006; Fisher et Tatum, 1997). Pourtant, comme mentionné dans le CHAPITRE 2, les intervenants de l'industrie de la construction possèdent les connaissances pour mener avec succès un PBE. Selon Landman (1999), c'est le manque d'intérêt et le manque de formation des intervenants qui constituent les deux barrières primaires à l'expérience nécessaire à la pratique plus répandue des PBE. À cet égard, McIsaac et Morey (1998) soulignent que l'essentiel de la formation des ingénieurs est au niveau des mathématiques et des sciences physiques, la formation des sciences biologiques et sociales n'est pas dispensée, ce qui tendance à spécialiser les professionnels. Mallick et al. (2002) proposent d'ailleurs que les notions environnementales et sociales du développement durable et du changement de paradigme soient inculquées dans l'esprit des futurs ingénieurs et de tous les étudiants, au même titre que les mathématiques et les cours de langue. Ainsi, les bases du changement de paradigme seront prises en considération dans chaque étape du processus décisionnel lors de la planification, la construction et l'exploitation des PBE (Mallick, Mathisen et FitzPatrick, 2002).

Les répondants à l'étude qualitative sont partagés quasi à parts égales entre le degré d'importance supplémentaire de grande et de moyenne importance pour la variable (SOP001(5)) en lien avec le niveau accru d'expérience que l'équipe de projet doit posséder pour mener au succès d'un PBE (Swarup, Korkmaz et Riley, 2011). Toutefois, la structure organisationnelle du processus de livraison traditionnel, encore largement répandu au Québec, ne permet pas de mettre à profit les connaissances et l'expérience disponibles sur le territoire québécois. La linéarité du processus de livraison traditionnel n'est pas une observation récente puisque, déjà en 1987, O'Connor et al. (1987) identifiaient l'utilisation efficace des connaissances et de l'expérience de tous les intervenants comme le mécanisme manquant au processus de livraison pour atteindre les objectifs globaux des projets de construction. Le manque de connaissance jumelé à l'implication successive des intervenants entraîne la conception isolée des projets et une compréhension partielle des concepteurs (Deane, 2008; Lam et al., 2009; Lingguang, Mohamed et AbouRizk, 2009; Nelms, Russell et Lence, 2005; Pearce, 2006; Pulaski, Horman et Riley, 2006; Shelbourn et al., 2006). C'est souvent ce que les entrepreneurs / fournisseurs reprochent aux professionnels. Il y donc un gaspillage de ressources pour l'entrepreneur lors de la réalisation et pour l'occupant lors de l'exploitation. Dans bien des cas, ce gaspillage peut être évité par l'implication accrue, durant la phase de conception, d'intervenants possédant les compétences et les connaissances pour rationaliser la conception et améliorer les performances globales du projet (Enache-Pommer et Horman, 2008; Pulaski, Horman et Riley, 2006).

De nombreux auteurs de la littérature scientifique proposent l'intégration hâtive des intervenants, avant tout l'entrepreneur, dès les premières phases du projet. Riley et al. (2003) soulignent qu'il s'agit de l'approche préconisée par les plus gros donneurs d'ouvrage américains. Le sous-chapitre 6.2 précise le degré d'importance supplémentaire perçu par les répondants lorsque l'expérience est mise à profit par l'implication hâtive de tous les intervenants dès les premières phases du projet (Swarup, Korkmaz et Riley, 2011).

Les résultats distinctifs des professionnels

Les professionnels ont obtenu des résultats distincts par rapport à l'ensemble des intervenants pour ce qui est du degré d'importance supplémentaire des variables dépendantes SOP001(5) et SOP001(6) pour la réussite d'un PBE, soit respectivement le degré d'importance que l'équipe du projet possède une expérience accrue (SOP001(5)) et que les intervenants de l'industrie perçoivent l'entrepreneur comme un membre de l'équipe de conception plutôt qu'un simple service de construction (SOP001(6)). La littérature traite d'ailleurs beaucoup des activités des entrepreneurs lors de PBE puisque c'est généralement cet intervenant qui subit les plus grands changements de rôle et de responsabilité. Par contre, l'ensemble des résultats semble démontrer que ce groupe d'intervenants s'est adapté au changement de paradigme. À l'inverse, l'interprétation des résultats et la littérature démontrent que les professionnels sont plus conservateurs et réticents au changement, particulièrement aux attributs et à la structure organisationnelle du processus de livraison d'un PBE. Une chose est certaine, ce n'est pas en raison du manque de PBE réalisés que les professionnels se distinguent puisque quarante-cinq pour cent (45%) des professionnels interrogés ont réalisé plus de dix PBE (Tableau 6.2). Les entrepreneurs / fournisseurs ont, quant à eux, majoritairement réalisé entre 2 et 5 PBE. Le Tableau 6.3 montre aussi que les employeurs des professionnels ont beaucoup plus de PBE à leur actif que les entrepreneurs. Par conséquent, il est possible de croire que les professionnels bénéficient de plus de support et de ressources lors de leur projet. L'expérience des professionnels et de leur entreprise par rapport aux autres intervenants s'offre donc comme piste d'explication pour les résultats distincts enregistrés lors de l'étude qualitative.

Tableau 6.2 Nombre de projets de bâtiment écologique réalisés selon le type d'intervenants

Résultats de l'étude qualitative - Qualification des répondants					
Quel est le nombre de projets de bâtiment écologique auxquels votre entreprise a participé (SQ001) :					
Années d'expérience	Nombre de projets de bâtiment écologique réalisés				
	1	2 à 5	5 à 10	Plus de 10	Sans réponse
Tous les répondants	0%	62%	9%	29%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	0%	100%	0%	0%	0%
Professionnels	0%	40%	15%	45%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	0%	75%	0%	25%	0%
Autres types d'intervenants	0%	100%	0%	0%	0%

Tableau 6.3 Nombre de projets de bâtiment écologique réalisés par l'employeur selon le type d'intervenants

Résultats de l'étude qualitative - Qualification des répondants					
Quel est le nombre de projets de bâtiment écologique auxquels vous avez participé (SQ002) :					
Années d'expérience	Nombre de projets de bâtiment écologique réalisés				
	1	2 à 5	5 à 10	Plus de 10	Sans réponse
Tous les répondants	0%	44%	18%	32%	6%
Donneurs d'ouvrage / clients	0%	100%	0%	0%	0%
Professionnels	0%	20%	25%	45%	10%
Entrepreneurs / Fournisseurs	0%	75%	25%	0%	0%
Autres types d'intervenant	0%	33%	0%	67%	0%

6.2 Le degré d'importance supplémentaire que tous les intervenants soient intégrés dès les premières étapes du projet

Le sous-chapitre suivant présente les résultats du degré d'importance supplémentaire que tous les intervenants soient intégrés dès les premières étapes du projet pour la rencontre des critères de succès d'un PBE (SOP002). Le sous-chapitre présente les résultats d'abord de manière générale et spécifique. Les résultats sont ensuite interprétés selon les notions de base et la situation actuelle du PBE dans l'industrie de la construction. Une discussion des résultats par rapport à la revue de littérature clôturera le sous-chapitre.

Les résultats obtenus pour la variable indépendante SOP002, soit le degré d'importance supplémentaire d'intégrer tous les intervenants dès les premières étapes du projet, sont présentés au Tableau 6.4 et montrent que la majorité des répondants jugent que les variables

dépendantes analysées sont d'une grande importance supplémentaire pour la réussite d'une PBE.

Plus précisément, soixante-cinq pour cent (65 %) et quatre-vingt-deux pour cent (82 %) des répondants croient que la variable SOP002 est d'une grande importance supplémentaire pour réduire l'échéancier du projet (SOP002(001)) et pour réduire les changements en cours de réalisation (SOP002(002)) respectivement. Également, vingt et un pour cent (21 %) des participants estiment que lors de PBE, l'intégration des intervenants dès les premières étapes du projet a peu d'importance supplémentaire pour augmenter la qualité du produit fini (SOP002(003)) et encourager l'innovation (SOP002(004)). En contrepartie, cinquante-trois pour cent (53 %) croient plutôt que la variable indépendante SOP002 est d'une grande importance supplémentaire pour les variables SOP002(003) et SOP002(004). La rencontre des objectifs globaux du projet (SOP002(005)) et le respect du budget initial (SOP002(006)) sont quant à eux considérés de grande importance supplémentaire pour la réussite d'une PBE dans des proportions respectives de soixante-treize pour cent (73 %) et soixante onze pour cent (71 %) des répondants à l'étude qualitative.

L'analyse détaillée des résultats des répondants démontre certaines disparités et tendances chez les intervenants sondés. Le Tableau-A VI-9 de l'ANNEXE VI présente les résultats selon le type d'intervenant qui permettent de soutenir les analyses ci-dessous.

Tableau 6.4 Le degré d'importance supplémentaire que tous les intervenants soient intégrés dès les premières étapes du projet pour la rencontre des critères de succès d'un PBE (SOP002)

Résultats de l'étude qualitative - Structure organisationnelle du processus de livraison d'un PBE						
Par rapport à un projet de bâtiment traditionnel (non écologique), à quel degré est-il plus important, pour la réussite d'un projet de bâtiment écologique ... Que tous les intervenants soient intégrés dès les premières étapes du projet (SOP002)						
Variables dépendantes / Critères de succès d'un PBE	Degré d'importance supplémentaire					
	Grande importance Suppl.	Moyenne importance Suppl.	Peu d'importance Suppl.	Aucune importance Suppl.	Non-Applicable	Sans réponse
Réduire l'échéancier du projet (SOP002 (001))	65 %	32 %	3 %	0 %	0 %	0 %
Réduire les changements en cours de réalisation (SOP002 (002))	82 %	9 %	9 %	0 %	0 %	0 %
Augmenter la qualité du produit fini (SOP002 (003))	53 %	26 %	21 %	0 %	0 %	0 %
Encourager l'innovation (SOP002 (004))	53 %	26 %	21 %	0 %	0 %	0 %
Rencontre des objectifs globaux du projet (SOP002 (005))	73 %	18 %	9 %	0 %	0 %	0 %
Respect du budget initial (SOP002 (005))	71 %	20 %	9 %	0 %	0 %	0 %

L'implication des intervenants dès les premières étapes du projet est d'une grande importance supplémentaire

Les résultats de l'étude qualitative montrent que les donneurs d'ouvrage et les autres types d'intervenants sont d'avis que l'intégration des intervenants dès les premières étapes du projet (SOP002) est d'une grande importance supplémentaire pour chacune des variables indépendantes étudiées. Les entrepreneurs / fournisseurs sont également de cet avis pour chacune des variables dépendantes SOP002 à l'exception de la variable SOP002(001) concernant la réduction de l'échéancier du projet pour laquelle ils jugent qu'elle est de moyenne importance supplémentaire. Par contre, du point de vue de l'entrepreneur réalisant un projet sous le PLT, il est vrai que son implication dès le début du projet ne réduit pas l'échéancier de son projet puisque traditionnellement son implication se limite à la période de réalisation. L'échéancier global du projet, de la conception à l'exploitation, peut être favorablement touché par ces modifications au processus de livraison. L'implication de tous les intervenants dès les premières étapes du projet (SOP002) peut donc être considéré

unanimement en faveur d'une grande importance supplémentaire pour les donneurs d'ouvrage, les entrepreneurs / fournisseurs et les autres types d'intervenants.

La position des professionnels au sujet des variables dépendantes de la série SOP002 n'est pas aussi claire que pour les autres intervenants. À chacune des six variables dépendantes étudiées, les professionnels ont enregistré des résultats dans les trois degrés d'importance supplémentaire le plus élevés sur l'échelle de Likert : la grande, la moyenne et le peu d'importance supplémentaire. Le Tableau 6.5 présente les résultats des professionnels pour chacune des variables dépendantes de la série SOP002. Il est inévitable que ces résultats influencent les résultats de l'ensemble des répondants, d'autant plus que les professionnels forment la plus considérable part des répondants.

Tableau 6.5 Le degré d'importance supplémentaire que tous les intervenants soient intégrés dès les premières étapes du projet pour la rencontre des critères de succès d'un PBE selon les professionnels (SOP002)

Résultats de l'étude qualitative - Structure organisationnelle du processus de livraison d'un PBE						
Par rapport à un projet de bâtiment traditionnel (non écologique), à quel degré est-il plus important, pour la réussite d'un projet de bâtiment écologique ... Que tous les intervenants soient intégrés dès les premières étapes du projet (SOP002)						
Variables dépendantes	Degré d'importance supplémentaire / Professionnels					
	Grande importance Suppl.	Moyenne importance Suppl.	Peu d'importance Suppl.	Aucune importance Suppl.	Non-Applicable	Sans réponse
Réduire l'échéancier du projet (SOP002 (001))	60 %	35 %	5 %	0 %	0 %	0 %
Réduire les changements en cours de réalisation (SOP002 (002))	70 %	15 %	15 %	0 %	0 %	0 %
Augmenter la qualité du produit fini (SOP002 (003))	20 %	45 %	35 %	0 %	0 %	0 %
Encourager l'innovation (SOP002 (004))	20 %	45 %	35 %	0 %	0 %	0 %
Rencontre des objectifs globaux du projet (SOP002 (005))	55 %	30 %	15 %	0 %	0 %	0 %
Respect du budget initial (SOP002 (005))	70 %	35 %	15 %	0 %	0 %	0 %

Les résultats similaires pour les variables dépendantes SOP002(003) et SOP002(004) ainsi que pour SOP002(005) et SOP002(006)

La qualité du produit fini SOP002(003) et la promotion de l'innovation SOP002(004) semblent avoir été perçues de la même manière par tous les répondants. Bien que l'accroissement de la qualité du produit fini demande généralement l'utilisation de technologies dernier cri, l'innovation n'est pas toujours synonyme de haute technologie. Toutefois, il est vrai que les bâtiments de haute performance sont bien souvent des bâtiments écologiques. Par contre, l'inverse n'est pas toujours vrai. Par exemple, l'utilisation de l'orientation du soleil et l'identification d'un site privilégié, tel que l'exigent les maisons passives demande plutôt un niveau de réflexion et d'analyse accru par rapport aux besoins et aux habitudes des occupants plutôt que des systèmes de haute technologie. Les variables dépendantes SOP002 (005) et SOP002 (006) devraient donc toujours être considérées davantage dans une PBE. Cependant, ce sont pour les critères de succès SOP002(003) et SOP002(004) que les professionnels ont enregistré les résultats les moins élevés pour la variable indépendante SOP002. Pourtant, traditionnellement et par définition, les rôles et responsabilités des professionnels les placent à l'avant poste lorsqu'il est question de la qualité du produit fini (SOP002(003)) et d'encourager l'innovation SOP002(004). Ces résultats semblent laisser entendre que les professionnels, du moins soixante-dix pour cent (70 %), estiment que l'intégration de tous les intervenants dès les premières étapes du projet n'est pas nécessaire pour augmenter la qualité du produit fini (SOP002(003)) et encourager l'innovation SOP002(004). Les résultats semblent donc indiquer que les professionnels jugent qu'ils n'ont pas besoin de tous les intervenants pour satisfaire ces deux critères de succès d'un PBE.

Dans le cas des variables dépendantes SOP002 (005) et SOP002 (006), respectivement pour la rencontre des objectifs globaux du projet et le respect du budget initial, ils ont également obtenu des résultats similaires variant seulement de deux pour cent (2%), soit un écart d'un vote par les professionnels. Il va de soi que le respect du budget initial est aussi un objectif global. Il est parfois même le premier sur la liste des objectifs globaux à rencontrer. C'est probablement la raison pour laquelle les résultats sont identiques. Cependant, au-delà du

respect du budget initial, les objectifs globaux englobent un large éventail de prescription, communément en provenance du client, mais également en provenance des nouveaux intervenants, tel que les communautés locales. Cette dimension sociale est d'ailleurs entièrement nouvelle pour tous les intervenants. Les résultats et l'interprétation dans le sous-chapitre 5.3 couvrent déjà ce sujet.

Les professionnels réfractaires à l'intégration des intervenants

Alors que l'ensemble des intervenants semble s'accorder unanimement à l'effet que l'intégration des intervenants dès les premières étapes du projet (SOP002) est d'une grande importance supplémentaire pour la rencontre des critères de succès d'un PBE, les professionnels semblent évoquer des opinions différentes. Les résultats des variables SOP002 (003) et (SOP002 (004)) ont déjà mis en relief l'esprit réfractaire des professionnels. À cette analyse, ajoutons les résultats de la variable SOP003 variant entre quinze pour cent (15 %) et trente-cinq pour cent (35 %) en faveur du degré d'importance supplémentaire peu élevé. L'analyse des résultats des professionnels laisse croire que le changement de mentalité est en train de s'opérer, mais qu'il n'a pas encore atteint la majorité des intervenants. Une part des professionnels semble convaincue, une autre part semble avoir été sensibilisée, mais non convaincu et un dernier tiers semble s'en tenir aux convictions traditionnelles. De même, les résultats des professionnels à la variable dépendante SOP001 (sous-chapitre 6.1) rapportaient aussi cette tendance, alors que trente pour cent (30 %) et quinze (15 %) des professionnels estiment respectivement que la collaboration et la synergie entre les différents intervenants soient accrues (SOP001(1)) et que l'intégration des intervenants dès les premières étapes du projet (SOP001(2)) a peu d'importance supplémentaire lors de PBE. Ainsi, par observation, il est même possible d'identifier une forme de réserve, une limite psychologique solidement ancrée dans les mœurs des professionnels puisque le degré d'importance supplémentaire moyen des six critères de succès de la variable SOP002 se situe entre la moyenne importance et le peu d'importance.

D'autre part, il faut garder en tête que les professionnels qui participent à l'étude qualitative ont tous déjà réalisé des PBE. De plus, les professionnels sont les intervenants qui ont enregistré le plus grand nombre de répondants, il est donc naturel d'observer plus de divergence dans les résultats pour eux que pour les autres intervenants. À ce sujet, il est surprenant d'observer que l'échantillon des trois autres intervenants s'accorde unanimement. Il est fort à parier qu'un plus gros échantillon n'obtiendrait pas des résultats aussi convaincants.

6.2.1 Discussion des résultats

Les résultats des variables SOP002 en concordance avec la littérature scientifique

Les auteurs scientifiques présentent l'intégration des intervenants dès les premières phases du projet comme un élément essentiel à la structure organisationnelle du processus livraison d'un PBE et les résultats fortement majoritaires aux questions de l'étude qualitative liée à la variable indépendante SOP002 leur donnent raison. Il n'est pas surprenant d'obtenir ces résultats puisque l'intégration des intervenants dès les premières phases du projet vise à combler les lacunes importantes des processus de livraison traditionnels qui sont demeurées les mêmes depuis plusieurs décennies. À l'inverse, la nature, la complexité et l'interdépendance des systèmes de livraison des projets, ont grandement évolué à travers les années. Par la seule implication, les entrepreneurs / fournisseurs apportent une expertise technique accrue et continue de construction qui justifie l'importance supplémentaire de l'intégration des intervenants dès les premières phases (SOP002) et qui bonifie la rencontre des critères de succès d'un PBE. L'implication de l'entrepreneur rationalise les décisions de conception et apporte un support technique au propriétaire et au concepteur. Les études scientifiques publiées à ce jour concluent que les solutions d'ingénierie de demain exigeront la transparence du processus de livraison, l'implication de tous les intervenants du projet dès les premières phases du projet et l'accroissement de l'engagement écologique du client (Chan, Scott et Chan, 2004; Enache-Pommer et Horman, 2009; Kibert, 2008; Mago, 2007; Qi et al., 2010; Russell et al., 2007; Sobin, Molenaar et Gransberg, 2010).

Cette nouvelle pratique comble le fossé entre la conception et la réalisation, un autre résultat de la mise en œuvre de l'approche holistique. Il en résulte l'utilisation des méthodes et des stratégies de construction qui minimisent les impacts environnementaux et la possibilité de déceler tout écart lié à l'exécution ou à la réalisation des travaux dès les étapes de conception (Deane, 2008; Glavinich, 2008; Mago, 2007; Qi et al., 2010). La performance globale des projets, leur conception et leur réalisation, est donc rehaussée à un niveau supérieur.

Le moment de l'implication de l'entrepreneur un facteur clé

Les analyses précédentes ont démontré l'importance supplémentaire de l'implication de l'entrepreneur; la variable SOP002 confirme l'importance du moment de l'implication, soit dès la première phase du projet. L'histoire et les études menées par plusieurs auteurs scientifiques ont démontré que le moment d'intégration de l'entrepreneur est un facteur clé du succès de PBE. Selon la Figure 2.3 du sous-chapitre 2.4, la période qui offre les meilleures opportunités de produire des projets supérieurs en termes de durabilité et de procédés de construction, se situe toujours dans les premières étapes du projet (Kibert, 2008; Pulaski, Horman et Riley, 2006; Pulaski et al., 2003). La littérature est sans équivoque, les connaissances et l'expérience de l'entrepreneur sont essentielles pour la rencontre des critères de succès d'un PBE. Toutefois, les résultats obtenus à la variable dépendante SOP001(005) que l'équipe du projet possède une expérience accrue laissent croire que les professionnels ne partagent pas cet avis. Ces soupçons se confirment à la variable SOP001(006) alors que les professionnels accordent une moyenne importance supplémentaire ou moins, dans une proportion de soixante-cinq pour cent (65%), à la perception de l'entrepreneur comme un membre de l'équipe de conception plutôt qu'un simple service de construction. Les résultats sont ainsi complètement en opposition avec la littérature scientifique.

Les changements de responsabilités perçues comme une ingérence par les professionnels

L'implication de tous les intervenants dès les premières phases du projet est une approche connue mais peu utilisée dans le domaine de la construction au Québec. Elle est perçue comme une intrusion dans la chasse gardée des professionnels. L'analyse détaillée de cette observation a déjà fait l'objet de la discussion dans le sous-chapitre 6.1.1, elle ne sera donc pas reprise. Par contre, contrairement à l'ensemble des participants, les résultats de la variable SOP002 indiquent que les professionnels semblent être moins convaincus de l'importance supplémentaire de cette variable et les plus hostiles à l'intégration des intervenants dès les premières phases. Cette disparité avec leurs confrères peut être causé par l'important changement de mode de pensée présentement en cours dans l'industrie de la construction. Ce changement de paradigme implique, selon Mathur et al. (2008), l'abandon des intérêts individuels pour la responsabilité sociétale et l'obligation de partager des connaissances. Tel que mentionné dans la revue de littérature, pour rendre ce nouveau mode de pensée plus acceptable pour les professionnels, des incitatifs efficaces et éthiques à la coopération entre les intervenants peuvent être utilisés (Kibert, 2008; Trusty, 2008). Sans quoi les professionnels pourront persister dans leurs voies traditionnelles et citer l'absence d'une argumentation convaincante en faveur de changement (Kraft et Chinowsky, 2003; Ofori, 1998). Toutefois, les résultats de la variable dépendante CPD002 (SQ002) du Tableau 4.2, concernant les incitatifs financiers, confirment que seulement cinquante pour cent (50%) des intervenants sondés, dont quinze pour cent (15%) des professionnels, accordent une grande importance supplémentaire à cette variable. Les intervenants ne semblent pas encore prêts de mettre en place de telles mesures.

6.3 Le degré d'importance supplémentaire de l'accentuation de la collaboration et la synergie entre les intervenants

Le sous-chapitre suivant présente les résultats du degré d'importance supplémentaire de la collaboration et la synergie accrues entre les différents intervenants selon les critères de succès d'un PBE (SOP003). Le sous-chapitre présente les résultats d'abord de manière

générale et spécifique. Les résultats sont ensuite interprétés selon les notions de base et la situation actuelle du PBE dans l'industrie de la construction et finalement une discussion des résultats par rapport à la revue de littérature clôturera le sous-chapitre.

Tableau 6.6 Le degré d'importance supplémentaire de la collaboration et la synergie accrues entre les différents intervenants selon les critères de succès d'un PBE (SOP003)

Résultats de l'étude qualitative - Structure organisationnelle du processus de livraison d'un PBE						
Par rapport à un projet de bâtiment traditionnel (non écologique), à quel degré est-il plus important, pour la réussite d'un projet de bâtiment écologique ... Que la collaboration et la synergie entre les différents intervenants soient accrues (SOP003)						
Variables dépendantes / Critères de succès d'un PBE	Degré d'importance supplémentaire					
	Grande importance Suppl.	Moyenne importance Suppl.	Peu d'importance Suppl.	Aucune importance Suppl.	Non-Applicable	Sans réponse
Réduire l'échéancier du projet (SOP003 (001))	47%	38%	15%	0%	0%	0%
Réduire les changements en cours de réalisation (SOP003 (002))	79%	12%	9%	0%	0%	0%
Augmenter la qualité du produit fini (SOP003 (003))	82%	18%	0%	0%	0%	0%
Encourager l'innovation (SOP003 (004))	62%	38%	0%	0%	0%	0%
Rencontre des objectifs globaux du projet (SOP003 (005))	74%	26%	0%	0%	0%	0%
Respect du budget initial (SOP003 (006))	74%	26%	0%	0%	0%	0%

Les résultats du Tableau 6.6, à l'exception de la variable dépendante SOP003(001) qui a enregistré une majorité plus faible et une distribution plus partagée que les autres variables, démontrent qu'au moins soixante-deux pour cent (62%) des intervenants considèrent que l'accentuation de la collaboration et de la synergie entre les différents intervenants est d'une grande importance supplémentaire lors de PBE. Il demeure toutefois, près du tiers des répondants qui accordent une importance supplémentaire moyenne aux variables SOP003 pour la rencontre des critères de succès d'un PBE. Comparativement, aux autres variables étudiées précédemment, il s'agit de l'une des variables ayant enregistré les plus faibles proportions en faveur du degré d'importance supplémentaire peu élevé. Les résultats d'ensemble sont donc particulièrement élevés. L'accroissement de la collaboration et de la synergie entre les différents intervenants (SOP003) est donc d'une grande importance

supplémentaire pour la majorité et au minimum d'une moyenne importance supplémentaire pour près de la totalité des intervenants de l'industrie du Québec sondés.

Si l'on compare les résultats du Tableau 6.6 et du Tableau 6.7, il est possible de remarquer que pour les répondants il est plus important que la collaboration et la synergie entre les différents intervenants soient accrues (SOP003) que d'utiliser de nouveaux procédés d'échange d'information et de documentation entre les intervenants (GPL002) (*Voir* : ANNEXE VI, Tableau-A VI-14). Les résultats portent à croire que les intervenants sondés souhaitent un changement de collaboration, mais que le manque de volonté dans la mise en œuvre d'actions concrètes et même le manque de compréhension des procédés d'échange d'information limitent la pertinence d'une collaboration accrue. La meilleure des justifications pour appuyer cette analyse est sans aucun doute la multiplication des lignes directrices émises par les divers organismes afin de guider les intervenants de l'industrie dans ce nouveau marché.

Tableau 6.7 Le degré d'importance de la mise en place de nouveaux procédés d'échange d'information et de documentation entre les intervenants (GCPL002)

Résultats de l'étude qualitative - Gestion des connaissances dans le processus de livraison d'un PBE						
Basé sur vos expériences de travail, lors de projet de bâtiment écologique quelle importance accordez-vous, à la mise en place de nouveaux procédés d'échange d'information et de documentation entre les intervenants pour:(GCPL002)						
Variables dépendantes	Degré d'importance					
	Grande importance	Moyenne importance	Peu d'importance	Aucune importance	Non-Applicable	Sans réponse
Réduire l'échéancier du projet (GCPL002 (001))	50%	24%	26%	0%	0%	0%
Réduire les changements en cours de réalisation (GCPL002 (002))	62%	20%	18%	0%	0%	0%
Augmenter la qualité du produit fini (GCPL002 (003))	62%	20%	18%	0%	0%	0%
Encourager l'innovation (GCPL002 (004))	59%	32%	9%	0%	0%	0%
Rencontre des objectifs globaux du projet (GCPL002 (005))	56%	35%	9%	0%	0%	0%
Respect du budget initial (GCPL002 (006))	74%	0%	26%	0%	0%	0%

Les professionnels peu convaincus de l'importance de la variable SOP003

Les résultats des professionnels présentés au Tableau-A VI-10 de l'ANNEXE VI, sont partagés pour chacune des variables dépendantes de la série SOP003 et laissent percevoir que les professionnels ont des opinions divisées sur le degré d'importance de la variable SOP003 pour la performance globale du projet. Les résultats les plus révélateurs ont été rencontrés pour les variables SOP003(004), SOP003(005) et SOP003(006) pour lesquelles près de la moitié des professionnels ont choisi le degré d'importance de moyenne importance. Ces variables ont un élément en commun, elles sont liées à un résultat post conception et à la vision holistique du processus de livraison d'un PBE: la variable dépendante *Encourager l'innovation* (SOP003(004)) doit être évaluée sur l'ensemble des performances du bâtiment plutôt que sur un système isolé et ses bénéfices sont constatés lors de l'exploitation. La rencontre des objectifs globaux (SOP003(005)) quant à elle, nécessite une vision plus élargie des besoins et de l'influence du PBE, et le respect du budget initial (SOP003(006)) doit être évalué sur l'ensemble du cycle de vie pour être représentatif. Ainsi, par observation, la même réserve et limite psychologique observée pour la variable SOP002 est observable, à un degré moins élevé, à travers les résultats de la variable SOP003.

L'augmentation de la collaboration et de la synergie entre les différents intervenants (SOP003)) entraîne nécessairement une augmentation de la gestion des connaissances disponibles lors de la conception et oblige l'utilisation d'outils pour rationaliser ces connaissances. D'ailleurs, les résultats des professionnels en lien avec les variables de la gestion de la connaissance, présentés au Tableau-A VI-12, au Tableau-A VI-14 et au Tableau-A VI-1 de l'ANNEXE VI, sont majoritairement en faveur de la moyenne importance ou moins, et ce alors que la moyenne des autres intervenants est plutôt de grande importance. Ces résultats sont très similaires aux résultats pour la variable SOP003 et ils appuient l'analyse selon laquelle les professionnels ont des réserves sur l'importance de la collaboration et de la synergie entre les différents intervenants pour la rencontre des critères de succès d'un PBE.

Les donneurs d'ouvrage mieux disposés à entreprendre les efforts que les entrepreneurs / fournisseurs

Les résultats des donneurs d'ouvrage pour le degré d'importance de la collaboration et la synergie accrues entre les différents intervenants (SOP003) semblent indiquer qu'ils sont convaincus de l'importance de la collaboration. De même, les résultats de la mise en place de nouveaux procédés d'échange d'information et de documentation entre les intervenants (GCPL002) indiquent qu'ils sont prêts à entreprendre les efforts de collaboration (*Voir* : ANNEXE VI, Tableau-A VI-14). Dans les deux cas, la moyenne des résultats enregistrés est de grande importance.

Par contre, les résultats des entrepreneurs / fournisseurs à la variable SOP003 laissent croire qu'ils sont convaincus de l'importance de la collaboration accrue pour la rencontre des critères de succès d'un PBE, mais que les nouveaux procédés d'échange d'information et de documentation (GDPL002) ne sont pas la solution qui permettra d'élever la collaboration et la synergie entre les intervenants à un niveau supérieur. Puisque les entrepreneurs / fournisseurs ne sont traditionnellement pas exposés aux procédés d'échange d'information, il est très probable que les résultats obtenus à la variable GCPL002 démontrent plutôt un inconfort face à l'inconnu ou simplement un manque de connaissance de procédés d'échange d'information. De plus, les entrepreneurs sont généralement peu impliqués, voire aucunement impliqués dans le processus de conception. Il s'agit d'un des motifs qui pourrait expliquer que les variables dépendantes SOP003(001), soit la réduction de l'échéancier global du projet ait enregistré de résultats en faveur de la moyenne importance. Toutefois, il s'agit de l'intervenant le mieux positionné pour juger de l'importance de la variable SOP003 pour la réduction des changements en cours de réalisation (SOP003(002)). Au même titre que les professionnels peuvent être réfractaires à l'intégration des intervenants dès les premières phases du projet (SOP002), les entrepreneurs / fournisseurs peuvent être réfractaires lorsque la collaboration et la synergie entre les intervenants sont accrues et qu'il n'est pas impliqué dès le commencement. Cette approche laisse alors moins de liberté aux entrepreneurs / fournisseurs dans la maîtrise de leurs travaux. Il en résulte, le retour aux insuffisances du processus de livraison traditionnelle et les efforts de collaboration sont alors amenuisés et

même vains. Le niveau d'implication de chacun des intervenants est alors un facteur très important.

Les résultats similaires pour les variables dépendantes SOP003 (003), SOP003 (005) et SOP003 (006)

La rencontre des objectifs globaux du projet (SOP003 (005)) et le respect du budget initial (SOP003 (006)) sont des critères de succès intimement liés puisque le premier inclut souvent le second. D'ailleurs, c'est sans aucun doute la raison pour laquelle les résultats sont identiques : dans la pratique, les intervenants ne font pas de distinction entre ces deux critères de succès. En effet, lors de l'exercice comparatif des attributs de la structure organisationnelle, les donneurs d'ouvrage / clients, les entrepreneurs / fournisseurs et les autres types d'intervenants sont unanimes à l'effet que l'accentuation de la collaboration et de la synergie entre les différents intervenants est de grande importance supplémentaire pour encourager l'innovation (SOP003(003), rencontrer les objectifs globaux du projet (SOP003 (005)) et respecter du budget initial (SOP003 (006)). Toutefois, les professionnels demeurent partagés, pratiquement à parts égales, entre les grandes et la moyenne importance pour ces trois variables dépendantes.

6.3.1 Discussion des résultats

La collaboration et la synergie à la base de la structure organisationnelle

La littérature souligne l'importance de mettre en place une structure efficace de communication et d'échange d'information pour la réussite de PBE. Conformément à la littérature scientifique, les résultats de la variable SOP003 démontrent que les répondants croient que l'accroissement de la collaboration et la synergie entre les différents intervenants permet de rencontrer les critères de succès et la réussite d'un PBE. Les écarts avec la littérature scientifique se situent plutôt au niveau de la mise en œuvre de la structure organisationnelle.

Les intervenants sondés semblent peu convaincus que la collaboration et la synergie sont d'une grande importance pour réduire l'échéancier global du projet (SOP003(001)) alors que les études scientifiques défendent vigoureusement que l'échéancier global du projet peut soit être comme planifié, soit être réduit, mais définitivement pas plus long. Ce contraste confirme le paradoxe avancé dans la littérature scientifique à l'effet que les intervenants perçoivent la collaboration et la synergie comme une perte de temps et un coût prohibitif, et ce, malgré les gains appréciables de performance possible (Deane, 2008; Robichaud et Anantatmula, 2011). Cette pratique est bien documentée à l'effet qu'elle permet aussi d'éviter les reprises des travaux, les changements en cours de construction et indirectement de réduire l'échéancier global du projet. Ces résultats renforcent les faits rapportés dans le sous-chapitre 2.2.2 du chapitre 2, à l'effet que le changement de mentalité et l'utilisation d'un nouveau paradigme ne sont pas encore ancrés dans les mœurs des intervenants de l'industrie.

De même, près de la moitié des professionnels jugent qu'une collaboration et une synergie accrues entre les différents intervenants est d'une moyenne importance supplémentaire pour la rencontre des objectifs globaux du projet (SOP003 (005)). À l'opposé, les auteurs de la littérature scientifique affirment sans équivoque que le succès d'un PBE et l'atteinte des objectifs globaux sont intimement liés et qu'ils ne peuvent être rendus possibles, que par une coopération étroite et une confiance mutuelle entre tous les participants dès les premières étapes du projet (Glavinich, 2008; Jergeas et Der Put, 2001; Syphers et al., 2003).

Le Tableau-A VI-10 de l'ANNEXE VI montre également la divergence d'opinion entre les intervenants sondés, notamment les entrepreneurs / fournisseurs et les donneurs d'ouvrage, et la littérature scientifique, au niveau de l'importance des procédés d'échange d'information (GCPL002) souvent nommés approches de co-ingénierie, par lesquelles la collaboration et la synergie entre les intervenants s'accroît (*Voir* : ANNEXE VI, Tableau-A VI-14). Par exemple, plusieurs auteurs scientifiques considèrent le processus de conception intégrée (PCI), comme la première approche de co-ingénierie. Par définition, le PCI induit la mise en place d'une vision holistique et la mise à profit du potentiel des connaissances disponible

chez les intervenants. Curieusement, les intervenants reconnaissent l'importance du PCI puisque les résultats de la variable SOP001(004) et APL002 (1)¹² sont en faveur de la grande importance. Par contre, les données recueillies pour ces deux variables aux Tableau-A VI-4 et Tableau-A VI-8 de l'ANNEXE VI démontrent que ces mêmes intervenants accordent une moyenne importance à la cueillette, la gestion des connaissances et l'échange d'information (GCPL001(2)), à la mise en commun des connaissances et de l'expérience de projet (GCPL001(1)) et à l'utilisation d'un processus de livraison alternatif adapté au projet de bâtiment écologique (APL002 (3)) (*Voir* : ANNEXE VI, Tableau-A VI-12 et du sous-chapitre 5.2, Tableau 5.2). Il y a vraisemblablement une divergence d'opinion chez les intervenants entre l'importance de la structure organisationnelle et l'importance des actions mises en place. D'ailleurs, le tiers des professionnels jugent que la mise en place de nouveaux procédés d'échange d'information et de documentation entre les intervenants (GCPL002) ont peu importance supplémentaire pour l'augmentation du produit fini (GCPL002 003) (*Voir* : ANNEXE VI, Tableau-A VI-14).

La littérature scientifique soutient également que les approches de co-ingénierie entraînent une diminution du nombre de changements de conception ou de construction et des travaux à reprendre sur le site, et ainsi augmentent l'efficacité des opérations de construction (Acharya et al., 2006; Konchar et Sanvido, 1998; Lam et al., 2009; Lucuik, 2005). Par contre, les intervenants les mieux positionnés pour analyser cet impact, les entrepreneurs / fournisseurs, jugent unanimement que la variable GCPL002 (002) est d'une moyenne importance pour réduire les changements en cours de réalisation (*Voir* : ANNEXE VI, Tableau-A VI-14). Selon Glavinich (2008) et Mago (2007), c'est l'habilité de l'entrepreneur à communiquer les objectifs globaux du projet et à guider ses sous-entrepreneurs qui dictera les performances globales du projet. Sans une structure organisationnelle qui permet l'usage des nouveaux procédés d'échange d'information et une bonne gestion des connaissances en place, le succès du projet reposera sur l'habilité de l'entrepreneur à gérer les sous-entrepreneurs au même titre que le PLT.

¹² SOP001(004) : *Que le processus de conception intégrée soit utilisé* et APL002 (1) : *D'implanter une vision holistique des systèmes du bâtiment auprès des intervenants dès les premières étapes du projet*

Pourtant plusieurs approches de co-ingénierie sont présentement utilisées comme la revue de constructibilité et les auteurs scientifiques soulignent que la majorité d'entre elles ne contiennent aucun élément entièrement nouveau (Jergeas et Der Put, 2001; Lucuik, 2005; Mirsky et Songer, 2009; Pulaski, Horman et Riley, 2006). D'ailleurs, les approches de co-ingénierie sont amplement utilisées dans d'autres domaines d'activité où l'innovation progresse à grande vitesse (Augenbroe et Pearce, 1998; Wong et al., 2007). Par contre, les processus de livraison existants ne permettent pas de mettre en place les caractéristiques de la structure organisationnelle et les bonnes pratiques de gestion nécessaires pour un PBE (les variables SOP001) et pour rencontrer les critères de succès d'un PBE. C'est pourquoi la littérature scientifique suggère d'améliorer la structure organisationnelle des processus de livraison existants et propose des processus de livraison alternatifs qui conviennent mieux à la réalité actuelle des PBE (Shelbourn et al., 2006; Wei, 2010). D'ailleurs, les résultats distincts et partagés pour la variable SOP003 parmi les professionnels peuvent s'expliquer par le fait qu'ils mettent déjà en œuvre certaines des bonnes pratiques du processus de livraison d'un PBE mentionnée par les auteurs scientifiques. Ces bonnes pratiques de collaboration sont souvent perçues, selon les observations des auteurs scientifiques, comme des innovations technologiques alors que dans les faits ce sont plutôt des bonnes pratiques au niveau de la structure organisationnelle du processus de livraison (Shelbourn et al., 2006; Wei, 2010). En effet, les intervenants ne possèdent pas les connaissances nécessaires pour mettre en œuvre efficacement les connaissances et l'expérience de tous les membres de l'équipe de projet (Anon, 1991; Jergeas et Der Put, 2001). La mise en place d'une structure organisationnelle plus structurée peut conditionner les intervenants aux bonnes pratiques, ce qui au final permettra l'insertion d'innovations technologiques au bâtiment. En sommes, les résultats enregistrés pour la variable dépendante SOP003(004) entérinent l'analyse des auteurs scientifiques.

Mettre à profit les connaissances de l'entrepreneur

Les solutions de co-ingénierie proposées par les auteurs scientifiques pour pallier au manque de connaissance et d'expérience des équipes de conception en amont du processus de

livraison impliquent unanimement l'entrepreneur dès les premières phases de conception (Swarup, Korkmaz et Riley, 2011). Au-delà du moment auquel il est impliqué, qui fut discuté à la section précédente, plusieurs auteurs, tel que Pulaski et al. (2003), ont démontrés la plus-value de l'intégration de l'entrepreneur durant la phase de conception. La structure organisationnelle doit offrir un cadre organisationnel à l'entrepreneur, mais être suffisamment flexible pour mettre à profit l'expérience et les connaissances techniques pour la rencontre des critères de succès d'un PBE. Toutefois, les résultats pour les variables SOP003 démontrent une forme d'inconfort chez les entrepreneurs / fournisseurs pour cette nouvelle approche (*Voir* : ANNEXE VI, Tableau-A VI-10 et Tableau-A VI-14). La sensibilisation et la formation de ces deux intervenants peuvent en faire des acteurs essentiels à la conception. En raison des connaissances que les entrepreneurs / fournisseurs possèdent, qui sont généralement les lacunes reprochées à l'équipe de conception traditionnelle, leur contribution permet de mieux rationaliser les décisions de conception et d'assurer le suivi des objectifs globaux entre la conception et la réalisation. Il en résulte une période de réalisation dont les ressources ont été optimisées et un bâtiment dont les performances globales sont accentuées.

Le manque volonté, de compréhension et le besoin de sensibilisation des intervenants

Bien que la réticence des professionnels à l'égard de l'implication de nouveaux intervenants dans la phase de conception a déjà fait l'objet d'une discussion dans le sous-chapitre précédent, notons qu'elle fait également partie des obstacles à l'accroissement de la collaboration et la synergie entre les intervenants. Selon plusieurs auteurs scientifiques, une grande partie du problème de la résistance au changement de paradigme est due à un manque de compréhension chez les des intervenants, des concepts de base de la structure organisationnelle spécifique au PBE et des approches de co-ingénierie, ainsi qu'au manque de volonté des propriétaires à engager des fonds et des ressources en début de projet, et des professionnels à s'impliquer dans des approches de co-ingénierie. La comparaison et l'analyse des résultats des variables SOP003 et GCPL002 ainsi que la variable APL002 ratifient cette position (*Voir* : ANNEXE VI, Tableau-A VI-4 et Tableau-A VI-14). Landman

(1999) rapporte dans son étude que les principales causes du désintérêt des clients pour les PBE sont le manque de sensibilisation concernant la réelle définition d'un PBE et les préoccupations économiques. De même, la Construction Industry Institute (CII) task force a identifié les 18 obstacles significatifs à l'approche de constructibilité, une approche de co-ingénierie, dont 14 se caractérisent comme des obstacles reliés à la sensibilisation des intervenants (O'Connor et Miller, 1994). Pourtant, pour Acharya et al (2006), la réussite d'un PBE dépend en grande partie de la bonne combinaison entre la compétence et la volonté des intervenants. Cette méfiance oblige l'entrepreneur impliqué durant la phase de conception à gagner son droit de participer à une phase du projet où il n'intervient pas traditionnellement (Anon, 1991).

Les approches de co-ingénierie ajoutent un large éventail d'intervenants qui ne sont pas inclus lors de projets de construction traditionnellement. En intégrant les représentants de la communauté locale et les autorités gouvernementales dès la période de conception, l'opposition locale est réduite, le processus d'approbation est accéléré et les préoccupations de la collectivité et les objectifs du client peuvent être abordés en amont du processus de livraison (Kibert, 2008). Cependant, les résultats de la variable GPL001(3) indiquent que huit pour cent (8%) des répondants sont d'avis qu'il n'est pas applicable que l'équipe du projet prenne en compte les secteurs d'activités extrinsèques à la construction (GCPL001(3)) (*Voir* : ANNEXE VI, Tableau-A VI-12et Tableau-A VI-14). Ce résultat indique, encore une fois, la mauvaise compréhension des intervenants de l'industrie de la construction au Québec de l'importance supplémentaire des aspects sociaux du changement de paradigme et de l'approche holistique du processus de livraison d'un PBE.

Pour stimuler les intervenants réfractaires de l'industrie de la construction, des efforts de sensibilisation doivent être mis de l'avant et soutenus par les autorités gouvernementales sur plusieurs années, et ce, à grande échelle. Parallèlement, la formation massive pourra créer une expertise et une demande accrue pour les PBE, ce qui stimulerait l'innovation et la baisse des coûts initiaux (Augenbroe et Pearce, 1998; Bhattacharjee, Ghosh et Jones, 2013; Landman, 1999; Lutzkendorf et Lorenz, 2007). De même, *Mallick et al.* (2002) suggèrent

que la formation des futurs ingénieurs introduise déjà la pratique de nouveaux cadres décisionnels environnementaux à chacune des étapes du processus de livraison d'un projet de construction pour ainsi permettre d'alléger l'effort à venir pour la mise en œuvre de PBE. L'effort à l'échelle de l'industrie est d'autant plus important sachant que les intervenants sondés ont déjà réalisé au moins un PBE.

Gestion accrue de la documentation et des leçons apprises dans une perspective d'amélioration continue

Les répondants à l'étude qualitative indiquent que plus de la moitié d'entre eux, soit cinquante-six pour cent (56%), semblent reconnaître la grande importance supplémentaire qu'accordent les auteurs scientifiques à la mise en place de nouveaux procédés d'échange d'information et de documentation entre les intervenants pour la rencontre des objectifs globaux du projet (GCPL002 (005)) (*Voir* : ANNEXE VI, Tableau-A VI-14). Les études scientifiques démontrent que la mise en place de procédés de prise de décision, de documentation, et d'échange d'information permet de mieux comprendre les enjeux, les besoins et les objectifs d'un projet (Kibert, 2007; Pulaski, Horman et Riley, 2006; Robichaud et Anantatmula, 2011). Toutefois, pour exploiter le potentiel de ces outils, les intervenants du projet doivent être engagés dans un processus constant d'apprentissage où ils transmettent et reçoivent des connaissances (Acharya et al., 2006; Kibert, 2007; 2008; Russell, Gugel et Radtke, 1994).

La littérature rapporte que les lacunes des intervenants liées à la documentation des décisions dans le but de les réutiliser lors de prochains projets, s'observent principalement chez les entrepreneurs et les donneurs d'ouvrage et beaucoup moins chez les professionnels. Les résultats de la variable dépendante GCPL001(5) présentés au Tableau-A VI-12 de l'ANNEXE VI, corroborent ces affirmations et indiquent que les intervenants sont conscients de leurs besoins, mais que leurs tendances conservatrices les portent vers le statu quo. Il en découle une tendance à intégrer les mêmes erreurs que par le passé et des systèmes d'une complexité inutile (Acharya et al., 2006).

L'implication hâtive de l'entrepreneur a été recommandée par les auteurs scientifiques pour remédier à cette situation. Ainsi l'entrepreneur assume la responsabilité de la collecte et de coordination de la documentation de ses sous-traitants / fournisseurs jusqu'aux tierces parties chargées de la certification du PBE. Les résultats de l'ensemble des intervenants pour la variable dépendante SOP002(005) confirment l'importance de l'entrepreneur dans cette démarche, alors que les résultats des entrepreneurs / fournisseurs pour la variable dépendante GCPL002 démontrent l'inconfort de ce dernier dans l'utilisation de nouveaux procédés d'échange d'information (approche de co-ingénierie) et de documentation entre les intervenants (*Voir* : ANNEXE VI, Tableau-A VI-14). En raison de leurs implications étendues à travers de l'industrie de la construction, Nelms et al. (2005) suggèrent d'accentuer les efforts de recherche, de formation et de sensibilisation des intervenants, et le développement d'outils de documentation, l'implication accrue des assureurs et des différents paliers de gouvernement.

Inévitablement, pour faire place à la nouvelle ère dans l'industrie de la construction, les initiatives et incitatifs stratégiques pour faire face au nouveau défi de présenter le changement de paradigme et la pratique courante de PBE devront provenir de partenariats entre les autorités gouvernementales, les associations professionnelles, les assureurs et le secteur privé.

CONCLUSION

Le projet de bâtiment écologique et son processus de livraison ne sont pas encore clairement définis, et ce malgré qu'il existe d'abondantes recherches, lignes directrices et études de cas traitant de la construction écologique. Il existe un besoin de définir les attributs et la structure organisationnelle du processus de livraison d'un projet de bâtiment écologique influencés par le changement de paradigme et les insuffisances du processus de livraison traditionnel. Au Québec, il demeure très peu de recherche, voire aucune, qui traite de la mise en œuvre du processus de livraison émergeant du nouveau paradigme qui prend place dans l'industrie de la construction actuellement. La présente recherche est le premier ouvrage issu du Québec effectuant un survol de la littérature scientifique destiné à la gestion de projet de bâtiment écologique.

Pour répondre à ce besoin, la présente étude présente, dans un premier temps, une revue de littérature scientifique scindée en quatre grands sous-chapitres, soit les insuffisances du processus de livraison traditionnel, le changement de paradigme, les attributs essentiels et la structure organisationnelle du processus de livraison d'un projet de bâtiment écologique. La revue de la littérature scientifique a ainsi permis :

1. D'améliorer la compréhension des intervenants de l'industrie de la construction du Québec par rapport aux insuffisances du processus de livraison traditionnel et aux éléments fondamentaux du changement de paradigme;
2. D'améliorer la compréhension des intervenants de l'industrie de la construction au Québec en ce qui a trait aux attributs et à la structure organisationnelle du processus de livraison nécessaire au succès d'un PBE;
3. De fournir un cadre pour les recherches futures concernant l'analyse des relations et des pratiques des intervenants de l'industrie de la construction du Québec lors de PBE.

Dans un deuxième temps, la présente étude propose une étude qualitative ciblée auprès des intervenants de la construction du Québec ayant réalisé des PBE au cours des dernières

années. Les résultats de cette étude ont été mis en relation avec la littérature scientifique et ils ont permis de :

1. Valider le niveau de compréhension et de mise en œuvre des intervenants de l'industrie de la construction au Québec qui ont réalisé des PBE par rapport aux lignes directrices et aux conclusions des études scientifiques publiées à ce jour dans la revue de littérature;
2. Fournir un cadre pour la mise en œuvre d'un processus de livraison spécifique au PBE;
3. D'identifier les opportunités d'amélioration à court et moyen terme pour les professionnels œuvrant dans le domaine;
4. fournir une méthodologie de recherche pour de valider si dans leurs pratiques les intervenants de l'industrie de la construction au Québec appliquent les lignes directrices et les conclusions des études scientifiques publiées en ce qui concerne le processus de livraison associé au nouveau paradigme issu des PBE.

L'étude a démontré que le changement de paradigme est en cours auprès d'une part des intervenants de l'industrie de la construction du Québec. Par contre, certains des résultats sont en contradiction avec la littérature scientifique. Les données recueillies indiquent que ce sont les professionnels qui semblent les plus réfractaires au changement de paradigme. Sachant que dans la pratique, la majorité des projets de bâtiment écologique demeurent réalisés sous le processus de livraison traditionnel, on peut comprendre que dans la pratique peu des fondements du changement de paradigme sont mis en œuvre ce qui explique les contradictions rencontrées. Les résultats et l'analyse ont également démontré qu'encore aujourd'hui les obstacles au changement de paradigme les plus répandus sont à caractère éducatif, soit attribuable à la jeunesse du marché et la recherche. Il demeure donc un grand besoin de formation et de sensibilisation.

Aussi, les résultats confirment que les intervenants de l'industrie de la construction du Québec accordent une grande importance aux attributs essentiels du processus de livraison étudiés conformément à la littérature scientifique. Les intervenants semblent ouverts et prêts

à mettre en œuvre ces nouveaux attributs. Cependant, si l'on compare les résultats obtenus lors de l'étude qualitative avec ceux de la littérature scientifique, la mise en route des systèmes et la vision holistique des intervenants ne sont pas mises en œuvre à leur juste valeur. De plus, les résultats dissemblables des professionnels par rapport aux intervenants indiquent qu'ils sont les plus réfractaires à la mise en œuvre des attributs essentiels du processus de livraison d'un PBE et portés vers le statu quo.

Dans l'ensemble, les résultats corroborent les affirmations des auteurs scientifiques sur l'importance de la structure organisationnelle du processus de livraison. Toutefois, dans bien des cas, les professionnels ont des opinions divergentes des autres intervenants de l'industrie et les résultats confirment le manque de connaissance et de compréhension chez les intervenants rapporté par la littérature scientifique. Les entrepreneurs / fournisseurs semblent les plus inconfortables avec la nouvelle structure d'organisation et les responsabilités liées à la gestion de la connaissance et la gestion documentaire proposée dans la littérature scientifique.

Pour chacun des fondements étudiés, il faut également considérer que le marché est encore jeune et que les résultats obtenus dans cette étude reflètent cette nouveauté de l'industrie de la construction. Par contre, avec le temps et l'émergence des PBE, les intervenants seront de plus en plus au fait des attributs du processus de livraison d'un PBE et les accepteront à titre de référentiel. Toutefois, pour accélérer cette transition et ne pas manquer l'opportunité sans précédent qui s'offre aux intervenants - de remodeler l'industrie de la construction au Québec-, une opération massive de sensibilisation, d'éducation et de formation des intervenants devrait être organisée par les autorités compétentes, à grande échelle et de manière soutenue, pour assurer la mise en œuvre et la pérennité du processus de livraison d'un PBE. Ainsi, les intervenants de l'industrie de la construction du Québec pourront profiter des bénéfices des attributs essentiels et la structure organisationnelle du processus de livraison, dès maintenant.

Toutefois, il faut également considérer deux éléments dans l'analyse des résultats obtenus dans la présente étude. L'échantillon est relativement restreint et concentré dans la grande région de Montréal; les résultats ne s'appliquent alors qu'à cette région. Il faut également noter la diversité circonscrite de chaque type d'intervenant, qui pour la majorité ont été des professionnels. Le poids de leurs résultats était alors plus important sur les résultats globaux que celui de l'autre intervenant. Un échantillon de plus grande taille, ce qui n'était pas possible dans la présente étude, aurait permis d'estomper l'effet de masse des professionnels. Une étude où l'échantillon est plus grand pourrait permettre de fournir des explications supplémentaires à plusieurs des résultats obtenus et de justifier les motifs, plus précisément les écarts obtenus par rapport à la revue de littérature. Malgré l'absence de ces confirmations, les résultats permettent d'atteindre les objectifs fixés pour la présente étude. Aussi, bien que les données appliquées pour l'analyse soient obtenues à partir du contexte québécois, les résultats de cette recherche fournissent des références utiles pour guider les intervenants dans la mise en place d'un processus de livraison d'un projet de bâtiment écologique.

Finalement, les résultats et analyses présentés répondent aux objectifs fixés pour cette recherche et sont appuyés par les résultats obtenus lors d'une étude qualitative auprès des intervenants de la construction du Québec ayant réalisé des PBE dans les dernières années. Les intervenants québécois ont maintenant une étude pour orienter la mise en œuvre du processus de livraison d'un PBE émergent du nouveau paradigme.

ANNEXE I

LES AUTRES DÉFINITIONS DE BASE ESSENTIELLES

L'analyse du coût global (coût global) :

L'analyse du coût global (ACG) (LCCA, life cycle cost analysis) est définie comme une méthode d'analyse économique qui calcule, au cours d'une période d'étude, tous les coûts pertinents d'un bâtiment, d'un système, ou d'une composante; ces coûts sont exprimés en valeurs actuelles (VA), qui sont des dollars d'aujourd'hui ou des dollars d'une année de référence (Charette, 2006, p.IV).

Cela permet d'effectuer la quantification valable des coûts et des avantages et la comparaison de diverses possibilités basées sur la même mesure économique ou sur le même dollar de référence (Lucuik, 2005, p.26).

L'analyse du cycle de vie :

L'analyse du cycle de vie (ACV) est une méthode permettant de déterminer l'impact sur l'environnement et les ressources d'un matériau, d'un produit, ou même d'un bâtiment entier au cours de sa vie. Toute l'énergie, l'eau et les ressources des matériaux, ainsi que toutes les émissions dans l'air, l'eau et les terres, sont totalisées sur le cycle de vie de l'entité. [...] L'évaluation tient également compte des ressources nécessaires pour le transport des composants de l'extraction jusqu'à l'élimination (Kibert, 2008, p.36).

Les changements climatiques :

Tel que défini par la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), le changement climatique se compose de fluctuations à long terme de la température, de précipitations, de vent et tous les autres aspects du climat de la Terre. La Convention des Nations Unies sur les changements climatiques décrit le phénomène comme un changement de climat attribué directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère

mondiale et qui est, en plus de la variabilité naturelle du climat, observable au cours de périodes comparables (Kibert, 2008, p.38).

La charrette :

Le National Charrette Institute, « [...] définit une charrette comme « [...] un processus de planification concertée qui exploite les talents et les énergies de toutes les parties intéressées à créer et à soutenir un plan de croissance intelligente constructible (Kibert, 2008, p.89).

La conception écologique :

[...] la conception écologique ou conception verte, est une pratique qui intègre les considérations environnementales dans les produits et les procédures de génie des procédés et considère le cycle vie du produit. (Cette définition de la conception écologique est de Keoleian et Menerey (1994) (Kibert, 2008, p.51).

La conception régénératrice – Régénération :

Il s'agit d'un processus de conception qui engage et met l'accent sur l'évolution de l'ensemble du système dont nous faisons partie. [...]Par engagement, tous les intervenants clés et les processus en place - les êtres humains, d'autres systèmes biologiques, des systèmes de la terre, et la conscience qui les relie – le processus de conception renforce les capacités des personnes et les participants « plus humains » à s'engager dans une relation continue et de bonne santé grâce à la coévolution. [...] tous les aspects du système font partie intégrante du processus de la vie dans ce lieu (Reed, 2007, p.675).

La constructibilité :

Le CII définit la constructibilité comme l'utilisation optimale des connaissances de la construction et de l'expérience en matière de planification, d'ingénierie, d'approvisionnement et les opérations de terrain pour atteindre les objectifs d'ensemble du projet. [...] Le principe de

base de la constructibilité est l'implication du personnel de construction dans les diverses étapes du projet afin de s'assurer que les facteurs de construction sont pris en considération lors de la conception (Fisher et Tatum, 1997; Gugel et Russell, 1994; Jergeas et Der Put, 2001; Lingguang, Mohamed et AbouRizk, 2009; O'Connor et Miller, 1994; O'Connor, Rusch et Schulz, 1987; Russell, Gugel et Radtke, 1994; Trigunarsyah, 2004; Wong et al., 2007).

La constructibilité doit être perçue comme une discipline égale au génie civil, à la mécanique et à l'électrique, de sorte que chacune des phases d'un projet inclut les éléments de la constructibilité. [...] Outre les objectifs du projet, les facteurs de conception incluent la simplicité, la flexibilité, le séquençage, les substitutions, les compétences de la main d'œuvre, les disponibilités, la standardisation, le développement des spécifications, l'efficacité de la construction, et l'effet de conditions météorologiques défavorables (Anon, 1991, p.72).

La construction écologique :

La construction est une sous-catégorie de l'écologie industrielle qui s'applique spécifiquement à l'environnement de la construction (Kibert, 2008, p.31).

Le coût de fonctionnement ou frais d'exploitation :

Les coûts de fonctionnement directs comprennent toutes les dépenses encourues pour faire fonctionner un bâtiment et en assurer l'entretien pendant toute sa vie. Les coûts évidents sont ceux associés au chauffage et au refroidissement, aux travaux de peinture, à la réparation et au remplacement de la toiture et aux autres activités d'entretien courantes. Toutefois, cette catégorie de coûts comprend aussi des coûts moins évidents comme les taxes foncières, les assurances et les coûts de réaménagement de l'espace [...] (Lucuik, 2005, p.24).

Les déchets de construction :

Ce sont toutes les portions des intrants qui ne sont pas incorporées à l'ouvrage. C'est donc plus que seulement le matériel. C'est aussi, une mauvaise planification, un environnement de travail et

les accidents qui mènent à un gaspillage de productivité et d'heures de travail (Glavinich, 2008, p.163).

Le développement durable :

Le développement durable est un processus de changement dans lequel la direction des investissements, l'orientation de la technologie, l'allocation des ressources, et le développement et le fonctionnement des institutions répond aux besoins présents et aux aspirations sans compromettre la capacité des systèmes naturels à absorber les effets des activités humaines, et sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leurs propres besoins et aspirations (McIsaac et Morey 1998, p.110).

L'énergie intrinsèque :

L'énergie intrinsèque réfère à l'énergie totale consommée dans l'acquisition et la transformation des matières premières, y compris la fabrication, le transport et l'installation finale. [...]Les produits à énergie intrinsèque plus élevée ont généralement des incidences sur l'environnement dû aux émissions de gaz à effet de serre associés à la consommation d'énergie (Kibert, 2008, p.37).

L'industrie de la construction :

La CICA définit l'industrie de la construction comme les entrepreneurs et la construction du secteur comme toutes les activités/professions reliées à la construction, y compris les architectes, les ingénieurs, les producteurs de matériaux et les gestionnaires d'installations (UNEP, 2003, p.7).

L'ingénierie de la valeur :

[L'ingénierie de la valeur] est un processus où le propriétaire/client engage un consultant pour une revue formelle de la conception avec l'objectif de maximiser de ce que l'on appelle la valeur

du projet et du même coup de réduire les coûts afin d'atteindre les objectifs budgétaires du bâtiment (Kibert, 2008, p.92).

Les intervenants / équipe de projet :

Ce sont tous les acteurs impliqués dans le projet, y compris le promoteur, l'architecte, l'ingénieur, le directeur des travaux, et l'entrepreneur général au minimum (Lucuik, 2005; UNEP, 2003).

Les intervenants élargis / intervenants externes:

Ce sont tous les intervenants en plus des organismes environnementaux et locaux, les autorités municipales et gouvernementales, les membres de la communauté et la population immédiate influencer par le projet de construction (Acharya et al., 2006, p.1149).

Notons également, les utilisateurs, les opérateurs du bâtiment et le personnel d'entretien, les collectivités locales et les organismes de réglementation, les quartiers environnants, les propriétaires des entreprises à proximité, les dirigeants de la communauté, les agences environnementales, etc (Robichaud et Anantatmula, 2011, p.55).

LEED /Leadership in Energy and Environmental Design :

Il s'agit d'un outil d'évaluation développé par le U.S Green building Council (USGBC) et repris au Canada par le Conseil du bâtiment durable du Canada (CaGBC) pour] évaluer le rendement de la construction et la conception d'un point de vue du développement durable. Plus précisément, le système met l'accent sur l'utilisation de matériaux durables, recyclés ou réutilisés, la réduction de la consommation d'énergie, les ressources de la terre et la coopération avec les autres objectifs des infrastructures durables (Sobin, Molenaar et Gransberg, 2010, 1366).

Le milieu bâti :

Le programme environnemental pour les Nations-Unies définit le « milieu bâti durable » comme ce qui englobe les structures et les infrastructures construites, les processus utilisés pour les construire et les nombreux intervenants qui y sont impliqués (UNEP, 2003, p.5).

Le processus de conception intégrée :

C'est un processus collaboratif qui se concentre sur la conception, la construction, le fonctionnement et l'occupation d'un bâtiment au cours de son cycle de vie complet. Le PCI est conçu pour permettre au client et aux autres intervenants d'élaborer, de réaliser et de définir clairement et les objectifs fonctionnels, environnementaux et économiques. Le PCI nécessite une équipe multidisciplinaire de conception qui inclut ou acquiert les compétences nécessaires pour résoudre tous les problèmes de conception découlant de ces objectifs. Le PCI convient à tous les systèmes stratégiques de construction, travaillant en augmentant le niveau de spécificité, pour réaliser des solutions intégrées plus optimales (Kibert, 2008, p.86).

La conception intégrée repose sur la prémisse selon laquelle un bâtiment est constitué de systèmes interconnectés ou interdépendants, agissant les uns sur les autres.[...] Par exemple, le type de fenêtre retenue influera sur la puissance de chauffage requise. Avec l'approche intégrée, l'étude du bâtiment devient un processus itératif : l'apport de toutes les disciplines du bâtiment et la communication entre elles sont encouragés dès les premières étapes de la conception (Lucuik, 2005, p.8).

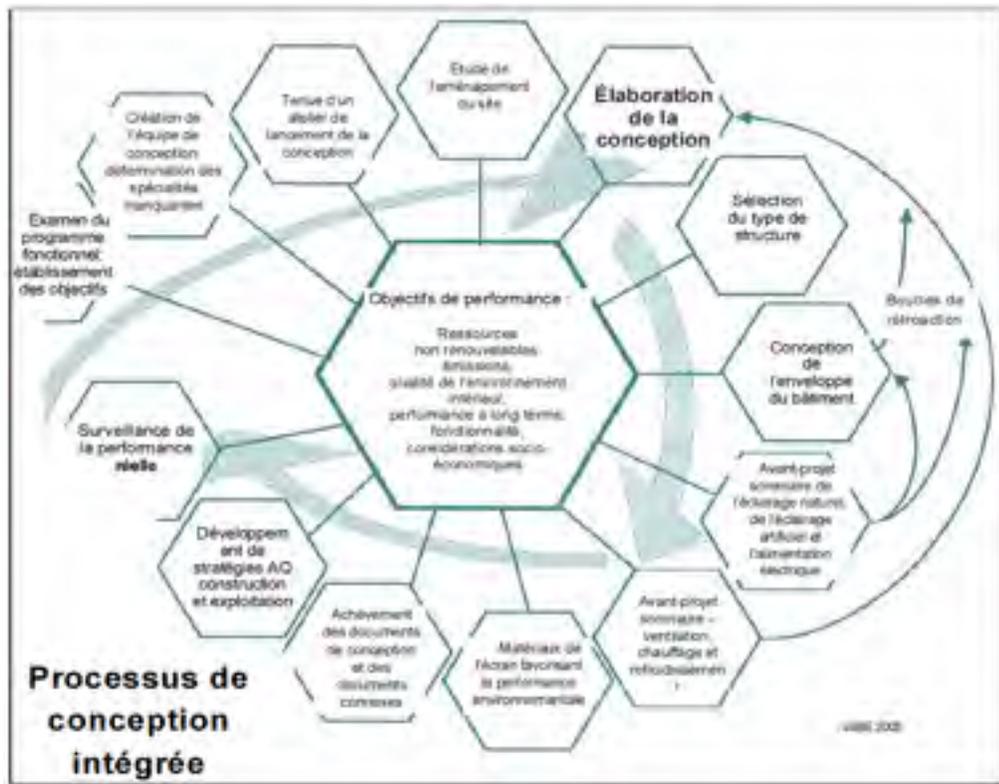


Figure-A I-1 Schéma du processus de conception intégrée
Tirée de Lucuik (2005, p.59)

Le processus de livraison traditionnel (PLT) :

[Le PLT] est considéré comme la méthode traditionnelle dans le secteur de la construction moderne. Dans [le PLT], le propriétaire acquiert une équipe de conception qui conçoit le projet dans son intégralité avant l'appel d'offres par des entrepreneurs potentiels. Cette méthode est plus efficace pour les projets où « le professionnel de la conception ne nécessite pas la connaissance détaillée des moyens et méthodes de construction » (Sobin, Molenaar et Gransberg, 2010, p.1367).

[Le processus de livraison traditionnel] c'est celui utilisé par la grande majorité des firmes de conception générale, et il réduit habituellement à des niveaux conventionnels le degré de performance réalisable (Lucuik, 2005, p.56).

Les professionnels :

Ce sont les architectes, les ingénieurs, les techniciens et les spécialistes dans les domaines de la conception, tel que les experts en modélisation énergétique (Lucuik, 2005).

Le taux de roulement :

Le taux de roulement est défini comme étant la fréquence à laquelle les occupants d'un bâtiment déménagent, soit à l'intérieur du bâtiment, soit en quittant ce dernier, y compris les personnes qui déménagent sans quitter une entreprise, et celles qui démissionnent et sont remplacées (Lucuik, 2005, p.25).

ANNEXE II

L'HISTOIRE DE LA PRATIQUE DE PROJET DE BÂTIMENT ÉCOLOGIQUE

La présente annexe présente un court résumé de l'histoire de la pratique de bâtiment écologique pour permettre de situer le lecteur dans la progression de la pratique de PBE.

Selon Lucuik (2005), le mouvement du bâtiment écologique a vu le jour en 1962 avec la publication de *Silent Spring* de Rachel Carson. Ce livre décrivait la vulnérabilité de la nature à l'intervention humaine et la nécessité de conserver et de protéger l'environnement. Le mouvement pour les bâtiments écologiques a pris forme lors de la crise énergétique des années 70 et il a progressé conjointement avec le mouvement environnemental mondial. Au cours des années 90, la tendance a amorcé une croissance exponentielle qui dure encore aujourd'hui (Lucuik, 2005; Mago, 2007). À cette époque, les gouvernements ont connu un regain d'intérêt pour l'énergie et la conservation des ressources ainsi que pour les problèmes environnementaux mondiaux plus complexes tels que l'appauvrissement de la couche d'ozone, le changement climatique et la destruction des principales pêcheries. La publication du Rapport Bruntland en 1987, la Conférence des Nations Unies pour le développement durable en 1992 connue sous le nom de la Conférence de Rio13 ainsi que la réunion conjointe de l'Union Internationale des Architectes (UIA) et de l'American Institute of Architects (AIA) - le Congrès mondial des Architectes- en 1993, ont fortement participé à la conscientisation des intervenants de l'industrie de la construction, plus particulièrement les professionnels, et surtout à l'augmentation de l'engouement pour le bâtiment écologique (Kibert, 2008; Mago, 2007). Selon Kibert (2008), les bâtiments écologiques ont atteint le marché de la construction rapidement pour trois raisons principales :

- « Les techniques de construction durable apportent une réponse éthique et pratique aux questions de l'impact environnemental et de la consommation des ressources;
- Les bâtiments écologiques créent presque toujours un avantage économique lorsque l'analyse est basée sur l'analyse du coût global (LCC);

¹³ Le rôle de ces conférences dans l'histoire de la construction écologique est présenté à l'ANNEXE III

- La conception durable reconnaît l'effet potentiel de l'immeuble, y compris son fonctionnement, sur la santé de ses occupants. » (Kibert, 2008, p.5).

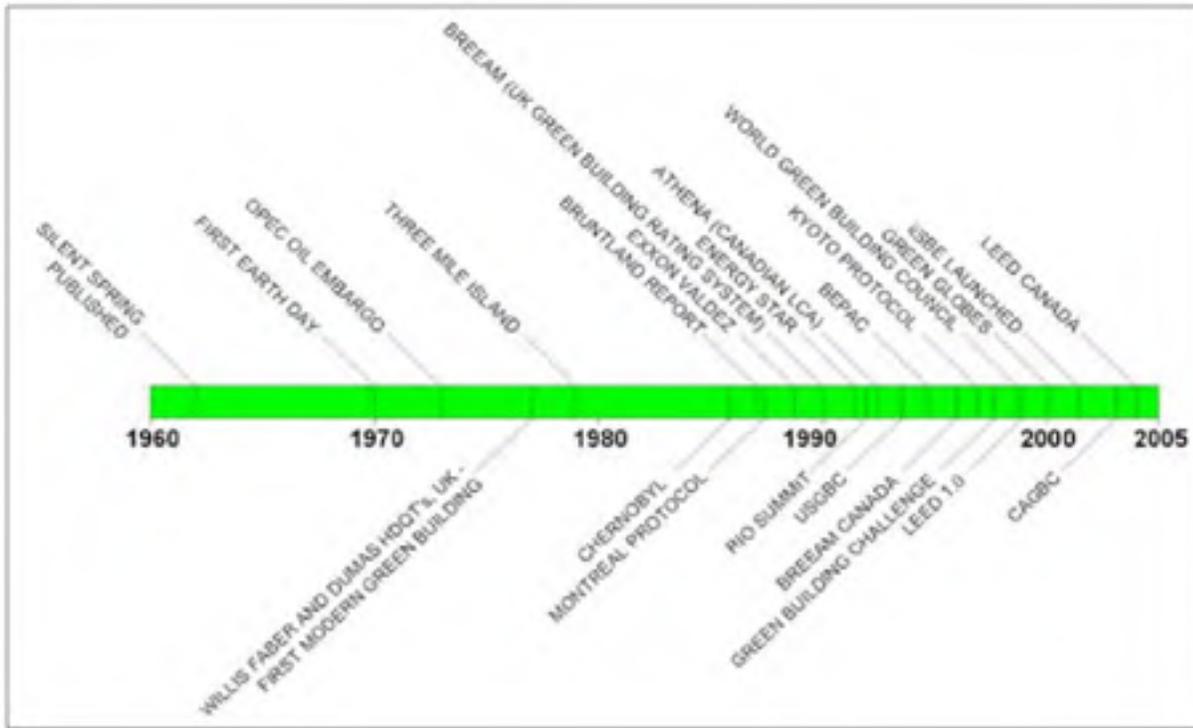


Figure-A II-I - Chronologie du mouvement du bâtiment écologique
Tirée de Lucuik (2005, p.11)

La figure ci-dessus résume les événements clés des projets de bâtiment écologique au Canada. Durant les années 1990, le concept de bâtiment écologique était difficile à définir et la pratique était encore plus obscure. Aujourd'hui, les progrès de la technologie combinée à la sensibilisation croissante de l'industrie, aux incitations financières intéressantes et aux avantages ont rapidement transformé le paysage de la construction écologique (U.S. Green Building Council, 2003). Les systèmes d'évaluation des bâtiments écologiques ont contribué énormément au développement de la définition du bâtiment écologique. Le système d'évaluation britannique des bâtiments écologiques, BREEAM, fut le premier à être mis sur pied, en 1992 (Kibert, 2008). Son homologue américain de l'USGBC, le système d'évaluation LEED, fut développé durant quatre ans et a abouti à une version test en 1998, connue sous le nom LEED version 1.0. Ce fut un énorme succès, et le Federal Energy

Management Program a parrainé plusieurs projets pilotes pour tester ce nouveau système (Kibert, 2008).

Le premier projet de construction écologique médiatisé aux États-Unis, l'écologisation de la Maison Blanche, a été lancée en 1993 et comprenait la rénovation du « *Old Executive Office Building* », une structure de 600 000 pieds carrés (55 700 mètres carrés) en face de la Maison-Blanche. La participation d'une vaste gamme d'architectes, d'ingénieurs, de responsables gouvernementaux et d'écologistes a attiré l'attention nationale sur ce projet et a abouti à des économies d'énergie dramatique (environ 300 000 dollars par année), à la réduction des émissions de (845 tonnes de carbone par année), et à des réductions significatives des coûts associés aux déchets solides ou dans l'eau (Kibert, 2008; Yeheyis et al., 2013).

ANNEXE III

LE DÉVELOPPEMENT DURABLE ET LE BÂTIMENT ÉCOLOGIQUE

La présente annexe présente un court résumé de l'histoire du développement durable pour permettre de situer le lecteur dans la pratique de PBE par rapport à la progression du concept de développement durable.

Le bâtiment écologique est souvent associé au développement durable; c'est en raison de la contribution considérable du bâtiment traditionnel et sa construction à la consommation et à la détérioration des ressources naturelles (Mago, 2007). Les préoccupations environnementales ne datent pas d'hier. Ofori (1998) rapporte les propos de Miller¹⁴ qui cite Platon, au deuxième siècle avant Jésus-Christ, déplorant l'érosion causée par la déforestation de l'Attique. Plus près de l'époque actuelle, en 1981, Lester Brown, écologiste américain à la tête de l'Institut Worldwatch, publiait « Building a Sustainable Society », où il définit la société durable, soit « [...] celle qui est apte à satisfaire ses besoins sans pour autant diminuer les chances des générations futures. » (Kibert, 2008, p.14) C'est en 1987, lors de la Commission sur l'environnement et le développement de l'ONU (ou Commission Brundtland) nommé « *Our Common Future* », basé sur la définition de Brown, que le développement durable fut défini pour la première fois, comme: « [...] le progrès répondant aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leurs propres besoins » (Définition classique du développement durable) (Landman, 1999, p.24). Cette définition a donné le ton pour le sommet de la terre en 1992, où la Déclaration de Rio publiée sous le titre « *Tâches pour le XXIe siècle* », a permis d'ouvrir de nouvelles perspectives en donnant au monde la notion directrice du développement durable en intégrant la dimension environnementale, sociale et économique aux considérations intergénérationnelles (Kunszt, 2003). Ces nouvelles considérations s'étendent aux organismes non vivants, comme le milieu bâti, affectant la qualité de vie des générations futures. Depuis, les générations d'aujourd'hui sont de plus en plus conscientes que leurs

¹⁴ Miller, Marian A. L. (1981). 1995. *The Third World in Global Environmental Politics*. Boulder, CO: Lynne Rienner.

choix auront une incidence directe sur la qualité de l'environnement et la quantité de ressources pour les futurs occupants de la Terre (Kibert, 2008).

Selon Sage (1998, p.1) le développement durable est un « terme généralement associé à l'augmentation de la préservation du capital naturel composé des ressources environnementales et naturelles de par la réalisation techno-économique ». Pour Zachariah *et al.* (2002), le développement durable est un état lequel le monde doit constamment s'efforcer d'atteindre. Par conséquent, la durabilité dans le contexte du milieu bâti est avant tout un exercice d'efficacité (Reed, 2007).

L'évolution du mouvement de développement durable dans le monde entier pendant près de deux décennies a provoqué des changements importants dans le système de livraison des bâtiments sur une période de temps relativement courte. Le développement durable est en train de devenir un paradigme de guidage pour créer un nouveau type d'environnement de construction : celui qui répond aux besoins de l'homme dans le présent sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leurs propres besoins (Vanegas et Pearce, 2000). La construction écologique, un sous-ensemble du développement durable, traite du rôle de l'environnement bâti en contribuant à l'objectif global du développement durable où la durabilité est appliquée dans la pratique (Kibert, 2008; Landman, 1999; Lucuik, 2005). Tant la définition du bâtiment écologique que celle du développement durable sous-tendent que l'environnement et la qualité de vie de l'homme sont aussi importants que la performance économique et suggèrent que les systèmes humains, naturels et économiques sont interdépendants (Kibert, 2008).

ANNEXE IV

INFORMATIONS SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES ÉLÉMENTS MOTEURS ET LES OBSTACLES DU CHANGEMENT DE PARADIGME

La présente annexe présente avec plus de détail les éléments moteurs et les obstacles du changement de paradigme issu de l'émergence des projets de bâtiment écologique qui ont été résumés dans le sous-chapitre 2.2.3.

Les éléments moteurs environnementaux du changement de paradigme

Tant au niveau mondial qu'au Canada, les activités de l'industrie de la construction sont l'une des principales contributrices de l'épuisement des ressources naturelles (Augenbroe et Pearce, 1998). Parmi les effets environnementaux directs de la construction et de l'exploitation des bâtiments soulignons les émissions de gaz à effet de serre et les autres polluants atmosphériques attribuables à la consommation d'énergie et d'eau, les rejets d'eaux usées, le ruissellement pluvial, les polluants liés aux matériaux de construction, les déchets solides et la qualité de l'air intérieur (CCE, 2008).

L'avenir de la construction est touché de manière sans précédent par une seule mais très importante question : les changements climatiques (Kibert, 2007; Lowe, 2007). Dans les faits, les bâtiments contribuent grandement aux changements climatiques. Au Canada, les bâtiments seulement sont à l'origine de :

- « 33 % de la consommation d'énergie;
- 50 % de la consommation de ressources naturelles;
- 12 % de la consommation d'eau à des fins non industrielles;
- 25 % des déchets mis en décharge;
- 10 % de la production de particules en suspension dans l'air;
- 35 % des émissions de GES » (CCE, 2008; Lucuik, 2005; Yeheyis et al., 2013).

Au cours de la dernière décennie, les intervenants de l'industrie de la construction sont devenus de plus en plus conscients de la quantité d'énergie consommée par les bâtiments

commerciaux et industriels, et de l'impact du milieu bâti sur l'environnement. Le bâtiment écologique se veut la réponse de l'industrie de la construction à cette nouvelle prise de conscience. Il exige l'examen de nombreuses questions environnementales, dont l'utilisation des terres, l'influence du site, l'environnement intérieur, la consommation d'énergie et d'eau, l'impact du cycle de vie des matériaux de construction et la disposition des déchets solides (Landman, 1999; Yuan, 2013).

Réduction de la consommation énergétique et pollution de l'air

L'émission des gaz à effet de serre, particulièrement ceux générés par la consommation d'énergie, est la plus importante menace liée aux changements climatiques de l'industrie de la construction et des bâtiments (Riley, Pexton et Drilling, 2003). Au bas mot, la consommation d'électricité emploie un tiers de tous les carburants et produit un tiers de la pollution de dioxyde de carbone (Augenbroe et Pearce, 1998). L'application de techniques éco-énergétiques aux bâtiments peut ainsi entraîner d'énormes réductions de la demande de combustibles fossiles et du même coup des émissions de gaz à effet de serre (GES). Les principaux moyens de lutter contre les GES sont intimement liés aux pratiques de conception de PBE, soit la réduction de la quantité d'énergie utilisée pour l'éclairage, le chauffage, la climatisation et l'exploitation des bâtiments, ainsi que le fonctionnement des appareils qu'ils contiennent et le remplacement d'énergie à base de carbone (CCE, 2008; Landman, 1999).

En 2003, Riley et al (2003) rapportaient le résultat d'une étude qui évaluait la réduction de la consommation énergétique due aux caractéristiques écologiques des PBE de Skanska, l'un des plus grands constructeurs au monde, à plus de trente pour cent (30%). Un an plus tard, une étude américaine auprès de 99 bâtiments écologiques confirmait ces statistiques (Riley, Pexton et Drilling, 2003; Robichaud et Anantatmula, 2011). En 2008, la CCE concluait que les bâtiments écologiques plus évolués permettent une réduction de la consommation énergétique de trente à soixante-dix pour cent (30% à 70%) par rapport aux bâtiments traditionnels (CCE, 2008). Devant l'augmentation continue des coûts de l'énergie, l'efficacité énergétique devient de plus en plus significative pour les exploitants de bâtiment

et de plus en plus importants pour les différents décideurs (Zachariah, Kennedy et Pressnail, 2002).

Pour atteindre ces récentes performances, de nouvelles considérations doivent être prises en compte afin de minimiser la demande d'énergie pour le chauffage, la climatisation et l'éclairage (Shaviv, 1999). Selon le U.S Green Building Council (2003) et Lucuik (2005), les économies de coûts d'énergie notées dans les PBE sont en outre le résultat d'une planification intégrée efficace, d'un site soigneusement sélectionné, de l'emploi d'énergie renouvelable et de matériaux réfléchissants, de l'utilisation limitée de combustibles fossiles et d'un apport important de ventilation et lumière naturelles permettant la réduction des équipements.

Selon le Congressional Office of Technology Assessment, le commerce dispose des technologies d'énergie rentables pouvant réduire la consommation globale d'énergie aux États-Unis par près d'un tiers. De plus, dans certains pays, les énergies renouvelables offrent une concurrence favorable à l'énergie électrique classique (Augenbroe et Pearce, 1998). Devant ces évidences, les autorités gouvernementales mettent en place de plus en plus de mesures afin de réduire la consommation énergétique des bâtiments. Aux États-Unis par exemple, un programme national, nommé « Building for 21st Century », a été fondé dans le but de créer une nouvelle génération de bâtiments de haute qualité, abordables et durables, tout en permettant d'économiser vingt pour cent (20 %) d'énergie dans les bâtiments actuels, et cinquante pour cent (50 %) dans les bâtiments neufs (Augenbroe et Pearce, 1998).

Au surplus, à l'heure actuelle, il n'existe aucun substitut technologique pour absorber l'épuisement rapide de l'approvisionnement mondial en pétrole nécessaire à la production ou à la réutilisation des matériaux. Les frais d'exploitation des bâtiments alimentés au mazout et au gaz naturel devraient augmenter au cours des prochaines années, de même que le coût du transport (Kibert, 2008). Pour Kibert (2007) le défi le plus difficile de la construction durable est donc le développement d'une stratégie globale par rapport aux matériaux qui est conséquente avec la création d'un milieu durable.

Réduction de la consommation d'eau

Bien que la gestion des eaux puisse engendrer des coûts considérables, elle demeure un enjeu environnemental et économique important pour les gestionnaires d'infrastructures (CCE, 2008). En effet, la disponibilité de l'eau potable est un facteur limitatif pour le développement, la qualité de vie et la construction dans de nombreuses régions du monde. Le réchauffement climatique produisant les altérations climatiques et les conditions météorologiques atypiques menace de limiter davantage la disponibilité de cette ressource précieuse (Kibert, 2007). À l'échelle mondiale, le bâtiment représente un sixième de l'utilisation de l'eau douce du monde (Augenbroe et Pearce, 1998). De plus, l'utilisation négligente de l'eau peut agir comme un mécanisme de transport pour d'autres contaminants comme les engrais utilisés en aménagement paysager. Les PBE peuvent donc réduire l'utilisation de l'eau et ses effets nuisibles sur les écologies locales (Lucuik, 2005).

L'impact des bâtiments et de la construction sur les ressources en eau n'est pas toujours quantifiable. La pollution de l'eau s'étend des rejets d'eaux douces lors de l'extraction et la transformation des matières premières, à l'envasement des cours d'eau suite à la déforestation, au déversement lors de la construction et à la génération d'eaux usées et de ruissèlement de surface au cours de l'utilisation du bâtiment (UNEP, 2003). Selon Landman (1999), les stratégies de conservation de l'énergie et de l'eau sont de loin les plus répandues et les plus avancées des mesures écologiques intégrées au bâtiment. L'installation d'appareils et d'accessoires à faible débit et l'évolution des pratiques et des comportements d'irrigation, comme les systèmes de collection des eaux de pluie peuvent, à eux seuls, réduire la consommation d'eau de trente pour cent (30%). Ces stratégies permettent également d'économiser une quantité d'énergie et divers autres coûts dont les coûts de traitement des eaux. En fait, une fois que l'eau est contaminée, il est extrêmement difficile, voire impossible, de réparer les dégâts. Il est donc pratique courante de plusieurs services publics d'eau d'offrir des rabais ou des mesures incitatives lors de l'installation d'appareils et d'accessoires à débit réduit ou de systèmes de collection des eaux de pluie (Augenbroe et Pearce, 1998).

Soulignons également qu'en plus des émissions de polluants immédiats de l'air et de l'eau, les PBE permettent de contrer les effets nuisibles de la poussière et du bruit durant la construction et de réduire les concentrations de polluants des composantes des bâtiments (UNEP, 2003). D'ailleurs, depuis sa création, LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) s'avère être le défenseur des systèmes de récupération d'eaux usées, de l'aménagement paysager efficace, des matériaux perméables hors des aménagements paysagers et de la réduction des surfaces d'irrigation (Zachariah, Kennedy et Pressnail, 2002).

Réduction de l'utilisation des ressources naturelles et réduction des déchets

Une énorme proportion de tout matériel extrait aujourd'hui est intégrée dans le milieu bâti et se retrouvera inévitablement dans les sites d'enfouissement si aucune action n'est imposée par les autorités (Kibert, 2007). Au Canada, entre dix-sept et vingt et un pour cent (17 % à 21 %) de la masse totale de déchets mis en décharge annuellement provient de l'industrie de la construction (CCE, 2008). De nombreux matériaux de construction peuvent être recyclés dont le verre, l'aluminium, les tapis, l'acier, la brique et le plâtre. Toutefois, la mise en décharge demeure la pratique la plus fréquente de l'industrie de la construction. C'est plutôt la rareté des ressources comme le bois de construction qui oblige l'industrie à chercher des alternatives aux matériaux traditionnels (Augenbroe et Pearce, 1998).

Ces matériaux alternatifs permettent par exemple, l'utilisation de débris qui autrement pourraient être mis en décharge. Ils permettent également la réduction des matières premières utilisées, des répercussions environnementales connexes, dont l'utilisation massive d'énergie et d'eau et des frais de mise en décharge des matériaux autant pour le secteur privé et pour les gouvernements locaux, et ce, tout en maximisant l'efficacité des ressources. La réduction des déchets de construction et la création de matériaux réutilisables et recyclables représentent donc des stratégies clés dans la lutte contre les répercussions environnementales (Augenbroe et Pearce, 1998; CCE, 2008; Yuan, 2013). De plus, dans bien des cas, ces nouveaux produits sont structurellement supérieurs aux matériaux qu'ils remplacent et

possèdent la capacité d'être réutilisés ou détruits facilement après la vie utile du bâtiment dans lequel ils sont incorporés (Kunszt, 2003; Vanegas et Pearce, 2000). Cette opinion n'est pas partagée par tous, toutefois, comme sera démontré lors de la discussion des obstacles environnementaux plus loin.

Les déchets de construction peuvent également être réduits par la conception optimale du bâtiment, en permettant la réutilisation des matériaux existants et l'utilisation de matériaux aux dimensions standardisées (Augenbroe et Pearce, 1998). Il est aussi possible de réduire au minimum l'utilisation des matériaux de finition. Par exemple, lors de nombreux PBE, l'utilisation de matériaux de structure apparente est privilégiée, plutôt que de les recouvrir à l'aide un revêtement mural (Lucuik, 2005). En fait, avec l'apport d'un processus de livraison approprié et de politiques incitatives, les bâtiments pourraient être conçus en fonction du démontage, de la réutilisation et du recyclage, et même être équipés de systèmes qui produiront une énergie renouvelable pouvant alimenter le réseau électrique (CCE, 2008).

Maximisation de l'utilisation des terres

L'utilisation écologique des terres est basée sur le principe que la terre est une ressource recyclable précieuse et limitée. Dans ce contexte, cette ressource doit être rétablie à un usage aussi productif que possible et son exploitation doit être minimisée. Cependant, dans la société nord-américaine orientée vers la consommation, on constate que la population achète ce dont elle n'a pas besoin avec l'argent qu'elle n'a pas. Ce mode de vie se reflète également dans l'utilisation des terres et des espaces verts par la société. En effet, les zones urbaines ont connu une croissance faramineuse et non durable reposant sur des décisions économiques, depuis 40 ans (Augenbroe et Pearce, 1998). De même, si les tendances actuelles ne changent pas, l'expansion du milieu bâti détruira les habitats naturels sur plus de soixante-dix pour cent (70 %) des terres émergées de la Terre d'ici 2032 (UNEP, 2003). En effet, le développement des banlieues contribue à de nombreux problèmes complexes partagés par les grandes villes dont, les encombrements de circulation, la pollution atmosphérique, la consommation

d'énergie inefficace, la dépendance au pétrole étranger, la perte d'espaces ouverts, la répartition inéquitable des ressources économiques, etc. (Augenbroe et Pearce, 1998).

De plus, cette tendance à l'étalement urbain participe à la dégradation des centres-villes entraînant d'abondants travaux de revitalisation des infrastructures. Par exemple, selon le Greater Toronto Area (GTA), 90 milliards de dollars seront nécessaires afin de maintenir le développement actuel des infrastructures dans la région de Toronto dans les prochains 25 ans. Par contre, lorsque les coûts externes tels que ceux associés aux émissions du transport, aux soins de santé publique et au maintien de l'ordre sont ajoutés aux frais d'exploitation et de maintenance de ces infrastructures, une économie de près de 1 milliard de dollars peut être réalisée en matérialisant des modèles urbains plus efficaces (Zachariah, Kennedy et Pressnail, 2002). Le choix du site et l'utilisation des terres sont donc des éléments de conception essentiels des PBE.

En milieu urbain, les PBE offrent également des avantages intrinsèques à l'ouvrage comme les gains d'efficacité créés par l'optimisation des infrastructures du transport en commun (Deane, 2008). La conception de PBE offre l'opportunité de traiter des questions de durabilité influençant l'ensemble de la communauté d'une manière logique et à grande échelle (Augenbroe et Pearce, 1998; Chasey et Agrawal, 2013). Toutefois, les considérations liées à l'utilisation des terres sont les mesures écologiques les moins adoptées dans l'industrie de la construction (Landman, 1999).

Conclusion

À travers le temps, il a été démontré que de meilleures pratiques de conception et de construction peuvent résoudre les défis environnementaux. À cet égard, de nombreux gouvernements fédéraux et locaux ont entrepris d'élaborer des mesures incitatives visant à réduire les répercussions environnementales des bâtiments (CCE, 2008). Cependant, selon Kibert (2008), l'évolution vers les bâtiments écologiques a tardé et est maintenant incontournable. En 2007, selon le United Nations Environment Programme (UNEP),

l'industrie de la construction avait déjà les meilleures opportunités de son histoire de réduire l'impact sur l'environnement (Robichaud et Anantamula, 2011). De même en 2006, Shelbourn (2006), identifiait la gestion des déchets et de l'énergie et le recyclage des matériaux comme les domaines offrant le plus de potentiel d'amélioration pour un minimum d'effort et d'impact sur les pratiques l'industrie.

L'industrie de la construction présente un besoin urgent de développer de façon synergique des technologies et des approches viables tant au niveau écologique qu'économique (Augenbroe et Pearce, 1998; Landman, 1999). L'analyse basée sur le cycle de vie des matériaux prendra donc de plus en plus d'importance dans la conception des PBE (UNEP, 2003).

Les obstacles environnementaux du changement de paradigme

Puisque l'un des principaux objectifs des PBE est de réduire les effets du milieu bâti sur l'environnement, les obstacles environnementaux au changement de paradigme causé par les PBE sont peu nombreux. Toutefois, malgré les connaissances d'aujourd'hui, les défis technologiques, sociaux et économiques demeurent entiers.

Le manque de matériaux véritablement écologiques

Malgré les efforts des intervenants de l'industrie de la construction de réduire l'impact environnemental de la construction, la démolition et l'exploitation des bâtiments et de leurs composantes resteront dommageables pour l'environnement pendant longtemps (Lucuik, 2005). Les matériaux dits écologiques sont évalués selon leur capacité de réduire leur influence néfaste sur l'environnement par rapport à leurs équivalents (Glavinich, 2008). En fait, les matériaux de construction en boucles fermées facilement démontables sont inexistantes. D'un point de vue thermodynamique, tous les matériaux comportent des répercussions environnementales intrinsèques au cours de leur cycle de vie, soit par leur production et/ou leur utilisation (Kibert, 2008; Lucuik, 2005). La transformation de la plupart

des matières premières consommées dans la construction exige une demande énergétique typiquement élevée. C'est particulièrement le cas de la production de ciment qui génère une importante source d'émissions de GES, soit entre cinq et sept pour cent (5 et 7 %) de la contribution mondiale de dioxyde de carbone (UNEP, 2003). Par contre, les matériaux très pollués dont les matériaux à faible technologie et composés de substances inertes, offrent les meilleurs potentiels de réutilisation. Cependant, la grande majorité des matériaux réutilisés sont employés sous une forme à faible valeur ajoutée (Kibert, 2008).

De plus, le choix de matériaux alternatifs conduit très souvent au choix de produits qui n'étaient pas prévus initialement et qui peuvent influencer, voire dicter le choix de matériaux connexes, comme des isolants, par exemple. L'équivalence fonctionnelle n'est pas aussi facile à réaliser sans une vision globale du projet (Trusty, 2008). Les méthodes normalisées pour mesurer la performance environnementale des technologies alternatives n'ont pas encore vu le jour (Augenbroe et Pearce, 1998). La portée de la performance et de l'utilisation de nouveaux matériaux sont encore mal définies. Ces connaissances limitées pourraient être un obstacle important empêchant l'industrie de la construction d'appliquer des stratégies de construction réellement écologiques (Lam et al., 2009). Pour l'instant, les systèmes d'évaluation ne tiennent pas compte des facteurs tels que la main d'œuvre manufacturière, les équipements de production, l'influence politique et les incitatifs puisqu'ils sont difficilement quantifiables (Glavinich, 2008).

Le manque de fournisseurs de produits écologiques à proximité

Selon l'étude menée par Landman (1999), soixante-huit pour cent (68 %) des répondants estiment que le manque de fournisseurs de produits et matériaux durables dans leur région est un obstacle à la mise en œuvre systématique de PBE. Cependant, les architectes et les entrepreneurs n'identifient pas cette situation comme un obstacle. Ce sont plutôt les clients et les promoteurs qui perçoivent un manque de fournisseurs. Landman (1999) cite, dans cette même étude, Pline Fisk¹⁵ à l'effet que les fabricants sont bien en avance par rapport aux

¹⁵ Co-fondateur Centre pour la maximisation du potentiel des systèmes du bâtiment (CMPBS)

architectes en ce qui a trait à la compréhension de l'efficacité intrinsèque du cycle de vie et des considérations environnementales. Les intervenants qui sont quotidiennement en relation avec ces fabricants développent nécessairement une expertise que les autres intervenants ne possèdent pas. Lam et al (2009) et Pearce et Vanegas (2002) soulignent, eux aussi, l'immaturation du marché occasionnée par le manque de fiabilité de la chaîne d'approvisionnement attribuable à l'absence de relations solides entre les fournisseurs et les concepteurs, et mettent en relief l'importance de l'information des fournisseurs dans le processus de conception.

De plus, l'industrie de la construction vit présentement une situation où les matériaux de construction écologiques coûtent souvent beaucoup plus cher que les matériaux conventionnels en raison du principe de l'offre et de la demande (Kibert, 2008). Il arrive même fréquemment qu'un manufacturier doit retirer un produit écologique du marché en raison de sa faible vente (Landman, 1999).

Également, les matériaux écologiques sont souvent hors standard ou hors norme, ce qui représente un risque accru de défaillance. Par conséquent, ces matériaux créent un certain sentiment d'incertitude et de risque chez les concepteurs. Ces risques peuvent être réduits par l'utilisation de processus de conception appropriés au PBE et par l'embauche de concepteurs qualifiés (Lucuik, 2005). La recherche au niveau des nouveaux produits doit alors être accentuée afin de valider les performances des matériaux à long terme, de développer de nouveaux produits plus performants et de favoriser la sensibilisation des intervenants à la disponibilité des nouveaux produits.

Les impacts environnementaux inévitables des bâtiments sur l'environnement

Au même titre que les matériaux qui le composent, un bâtiment consomme inévitablement des ressources naturelles et entraîne la pollution de l'environnement par son fonctionnement, par la production et le transport des matériaux qui lui sont associés (Lucuik, 2005). De plus, les bâtiments et les infrastructures sont des produits industriels particuliers en raison de leurs

longues durées de vie. Les bâtiments construits aujourd'hui peuvent facilement atteindre une durée de vie de 80 ans (UNEP, 2003).

En effet, les impacts environnementaux des bâtiments existants sont énormes mais difficiles à mesurer objectivement pour un projet donné. La tendance en matière d'évaluation de durabilité est à l'évaluation du cycle de vie pour chaque matériau et peu de tentatives ont été faites pour évaluer les impacts sur l'environnement ou la durabilité à l'échelle des bâtiments (Augenbroe et Pearce, 1998). Les estimations de ce type ne tiennent pas compte de l'utilisation de l'énergie et de la quantité d'énergie associée à la fabrication et au déplacement des matériaux de construction (Lucuik, 2005). Par contre, considérant les deux évaluations, l'estimation des impacts environnementaux des bâtiments prend des proportions gigantesques. Par exemple, la consommation d'énergie directement ou indirectement liée aux bâtiments passe de trente-trois à cinquante-quatre pour cent (33 % à 54 %) lorsque tous les paramètres sont pris en compte (Vanegas et Pearce, 2000).

Le bâtiment aura toujours un impact environnemental, mais ces effets doivent être réduits autant que possible dès la conception. Selon Landman (1999), avec un peu plus de réflexion et de vouloir, il est possible de créer des bâtiments qui ont un impact minime sur l'environnement qui les entoure, dès maintenant. En effet, selon Augenbroe et Pearce (1998), l'utilisation de bâtiments « jetables » comme les centres commerciaux, est un problème purement américain. Les bâtiments doivent désormais être destinés à une plus grande longévité et une adaptabilité plus large qui permet de créer un besoin allégé de matériaux, et de supporter l'intégration de nouvelles techniques de montage, d'assemblage et de remodelage flexible des systèmes de service du bâtiment. Toutefois, au même titre que les matériaux, les vrais PBE exploitant des systèmes d'énergie renouvelable, des matériaux en boucles fermées et la pleine intégration dans l'environnement, sont rares, voire inexistants. La plupart des PBE se caractérisent par l'amélioration des méthodes traditionnelles de construction, plutôt que par une rupture radicale avec ces méthodes (Kibert, 2008).

Par ailleurs, pour plusieurs auteurs, même le PBE ne peut répondre à la définition de la durabilité. Par exemple, selon Deane (2008), un bâtiment écologique offrant une excellente qualité de l'air intérieur par l'utilisation de l'énergie mécanique tel que les systèmes intensifs fonctionnant avec des carburants fossiles, est l'antithèse de la durabilité. De même, pour l'architecte Richard Cook et Robert Fox cité par Deane (2008), la vraie durabilité est l'utilisation du bâtiment comme un énorme filtre pour ainsi évacuer un air plus propre et moins pollué par le système CVAC, que celui qui y entre.

Pareillement, Reed (2007), croit que les PBE actuels ne représentent qu'une direction vers un idéal généralisé de ne faire aucun dommage. Pour lui, les architectes et les ingénieurs doivent comprendre les systèmes terrestres, les systèmes qu'ils essaient de soutenir pour rendre leurs conceptions efficaces. Toujours selon Reed (2007), la conception efficace devrait plutôt être régénérative et créer des milieux bâtis qui peuvent s'intégrer parfaitement à l'environnement et même bonifier cet environnement.

Conclusion

Les matériaux de construction et la réglementation incitative poussent le marché des PBE à croître et à s'élargir dans les prochaines années (Robichaud et Anantatmula, 2011). Les produits et équipements écologiques bon marché sont de plus en plus nombreux, les périodes de retour sur l'investissement deviennent plus courtes et les professionnels sont graduellement plus expérimentés et documentés sur le sujet. Depuis les années 1970, plusieurs matériaux ont évolué et permettent de remplacer les éléments traditionnels. Les coûts de nombreuses technologies ont également considérablement diminué et sont souvent compensés par des économies énergétiques et opérationnelles importantes sur la durée du projet (Pulaski et al., 2003; US Green Building Council, 2003). En effet, une récente étude financée par le California Integrated Waste Management Board confirme que la majorité des matériaux de construction contenant des matières recyclées performant aussi bien que les produits équivalents standards (UNEP, 2003).

Les changements importants des dernières années se sont opérés principalement dans la réutilisation et le recyclage des déchets de construction et de démolition tels que le bois, l'acier et le béton, l'amélioration des produits traditionnels tels que le béton renforcé de fibres de bois et de plastique et le développement de technologies complètement nouvelles comme les géotextiles. Ces nouvelles technologies permettent l'emploi de matériaux autrefois perçus comme des déchets. Notons également le développement d'une nouvelle génération de produits de finition moins nuisibles pour l'environnement et pour la santé dont les peintures à faible COV et les adhésifs à base d'eau (Augenbroe et Pearce, 1998). Toutefois, les matériaux ne sont qu'un élément du changement de paradigme de l'industrie de la construction auquel les PBE prennent part.

Les éléments moteurs économiques du changement de paradigme

Un consensus entre les intervenants de l'industrie de la construction semble s'établir selon lequel les avantages sociaux et économiques proviennent et doivent provenir de la protection de l'environnement liée aux PBE (Landman, 1999). Pour plusieurs entreprises toutefois, quelque soit l'importance de mesures de protection de l'environnement, elles doivent s'accompagner d'avantages économiques bien réels qui, encore aujourd'hui, constituent, l'essence des décisions opérationnelles. Par exemple, le président-directeur général de Ford, M. William Clay Ford qualifie son nouvel investissement, l'écologisation de 454 000 pi² de toiture au montant de 2 milliards de dollars, comme :

« [des] activités commerciales rationnelles, qui, pour la première fois, établissent un équilibre entre les besoins opérationnels de la fabrication d'automobiles et les préoccupations écologiques et sociales » (Lucuik, 2005, p.37)

De toute évidence, les futurs PBE vont participer activement à de nouvelles considérations lors des projets de construction tels que le coût de fonctionnement direct, le calcul des coûts durant le cycle de vie, l'effet sur la productivité, la valeur des propriétés et le taux d'occupation ainsi que d'autres avantages indirects ou intangibles dont les incidences économiques externes (Lucuik, 2005). Pour ce faire, les recherches de Robichaud et

Anantatmula (2011) démontrent qu'une équipe multidisciplinaire doit être impliquée dès les premières étapes et tout au long du projet.

L'intérêt des nouveaux intervenants pour les projets de bâtiment écologique

Les agences d'assurances et les prêteurs sont souvent oubliés ou même exclus dans le processus linéaire fragmenté du processus de livraison traditionnel. Cependant, ce sont des intervenants clés exposés aux conséquences négatives possibles des changements climatiques, se chiffrant en milliards de dollars (Kibert, 2007). Ils sont donc de plus en plus intéressés par l'efficacité énergétique, les énergies renouvelables et par ricochet aux PBE; plus particulièrement par la réduction des indemnités de prévention, de gestion de l'énergie dans les bâtiments et de maintien de leur réputation avant-gardiste par rapport à la compétition (Landman, 1999; Mills, 2003). En effet, Lutzkendorf et Lorenz (2007) suggèrent que la sensibilisation du grand public à l'efficacité énergétique et à l'utilisation des énergies propres et renouvelables pourrait non seulement permettre d'accroître la demande pour les PBE, mais également permettre de réduire les risques des prêteurs et des assureurs.

L'intérêt des prêteurs et des assureurs ainsi que des propriétaires et des promoteurs pour les PBE réside également dans l'inefficacité des coûts initiaux investis lors du processus de livraison traditionnel créée par les nombreux et coûteux changements qui peuvent souvent être évités au moment de la conception (Robichaud et Anantatmula, 2011). De plus, un bon nombre des avantages des PBE peuvent réduire les risques et du même coup avoir une influence avantageuse sur les primes d'assurances des propriétaires et des promoteurs lors de l'exploitation, mais également lors de la construction. En effet, les PBE sont généralement plus sains pour les occupants, possèdent un caractère autonome en raison de l'éclairage naturel et de l'alimentation hors réseau en électricité et en eau. De plus, les PBE sont construits sur un site soigneusement sélectionné selon le milieu bâti et conçu selon le principe de conception intégrée réduisant le risque d'utiliser des systèmes ou des matériaux inappropriés (Lucuik, 2005).

En contrepartie, notons les problèmes d'assurance responsabilité liés à l'offre de garantie pour les matériaux ou les méthodes de construction non standards souvent demandés lors du processus de livraison traditionnel (Augenbroe et Pearce, 1998). Au surplus, la majorité des prêteurs externes ne font pas de distinction entre la construction de bâtiments traditionnels et celle de PBE. Ils possèdent généralement des connaissances inadéquates pour déterminer avec exactitude les avantages et enjeux de la construction et de l'exploitation des PBE ainsi que le risque à l'atteinte des objectifs de la certification d'un projet par une tierce partie (Glavinich, 2008). D'où la nécessité d'impliquer davantage les assureurs dans la mise en œuvre des PBE. Selon Mills (2003), l'implication accrue des assureurs pourrait permettre de pallier plusieurs obstacles rencontrés dans la mise en œuvre des PBE, dont le manque de documentation quantitative des avantages, des effets secondaires néfastes de l'application inappropriée des nouvelles technologies et des obstacles réglementaires à l'innovation.

Traditionnellement, pour les clients (propriétaires), tout ce qui ralentit le processus de livraison est considéré comme un luxe inabordable (Deane, 2008). C'est pourquoi les bâtiments traditionnels, dans les faits, incorporent peu de mesures d'économie d'énergie, de mesures écologiques ou de systèmes de haute technologie exigeant un effort de conception plus élevé. De plus, l'analyse de rentabilité d'un PBE semblera fort différente pour un occupant des lieux comparativement à un promoteur qui spéculé sur les besoins puisqu'il compte vendre ou louer l'espace (Lucuik, 2005). Plusieurs études ont démontré que l'engagement du client est l'un des plus importants facteurs dans l'atteinte du niveau élevé de durabilité et dans la rencontre des performances globales de PBE (Enache-Pommer et Horman, 2009; Lucuik, 2005; Qi et al., 2010). Dans bien des cas, pour des raisons liées à la politique, au régime foncier et aux structures commerciales, les sociétés ou les individus qui retirent les avantages des PBE ne sont pas ceux qui ont effectué les investissements initiaux (CCE, 2008; Landman, 1999).

En fait, la clientèle cible des PBE est bien précise. Elle vise une rentabilité satisfaisante plutôt que la maximisation du profit car elle fait généralement des compromis entre la maximisation des profits et d'autres critères comme la réputation à long terme pouvant mener

à des opportunités d'avenir (Nelms, Russell et Lence, 2005). Depuis quelques années, Turner Corporation, l'un des plus importants entrepreneurs au monde, a fait des PBE son créneau en raison des nouvelles exigences des clients soucieux de l'environnement (Zachariah, Kennedy et Pressnail, 2002). Selon le Building Research Establishment cité par Shelbourn et al (2006, p.60) « [...] être durable est autant une pratique orientée sur le profit et la mise en valeur de l'argent investi qu'une pratique visant à aider l'environnement. »

La rentabilité du projet bâtiment écologique

Typiquement, la conception d'un PBE est associée à un surcoût initial par rapport à un projet réalisé sous le processus linéaire conventionnel (Pulaski et al., 2003). Selon Robichaud (2011), la revue des études démontre que le surcoût varie de zéro à dix pour cent (0 à 10 %) pour les PBE par rapport aux mêmes projets réalisés avec le processus de gestion fragmentée traditionnel. Pour Lucuik (2005), le consensus de plusieurs études de PBE engendre en moyenne un surcoût initial de deux pour cent (2 %). Évidemment, plus un bâtiment intègre des caractéristiques de haute performance, plus le surcoût initial est élevé (Lucuik, 2005). À cet égard, un rapport préparé en 2000 pour le Portland Energy Office conclut que le coût de construction initial de trois bâtiments de la ville modifiés pour être admissible à la certification LEED aurait augmenté de 0,3 pour cent pour deux des trois immeubles et de 1,3 pour cent pour le troisième bâtiment (Xenergy et SERA-Architect, 2000).

Il est également bien connu que des économies importantes sont fait au niveau des frais d'exploitation et d'entretien sur l'ensemble du cycle de vie d'un bâtiment, compensent largement le coût initial additionnel associé aux caractéristiques de la conception écologique des PBE (CCE, 2008; Robichaud et Anantatmula, 2011). Ces économies sont principalement reliées aux frais de fonctionnement, à la réduction des primes d'assurances, à l'amélioration du taux de roulement, aux gains de productivité, à l'augmentation du taux d'occupation et à l'accroissement de la valeur des bâtiments à caractère écologique (Lucuik, 2005). Selon Landman (1999), le retour sur l'investissement relié à l'efficacité énergétique est pratiquement toujours rencontré dans les cinq premières années et peut atteindre des

économies allant jusqu'à cinquante pour cent (50%) et même quatre-vingts pour cent (80%) dans certains cas. Pour le US Green Building Council (2003), les PBE sont en mesure de diminuer les frais d'exploitation de huit à neuf pour cent (8 à 9 %), d'augmenter la valeur de la construction totale d'environ 7,5 pour cent (7.5%) et d'augmenter le taux d'occupation de 3,5 pour cent (3.5%).

L'analyse du coût global (ACG) démontre que la plupart des systèmes de haute performance intégrés dans les PBE permettent de récupérer l'investissement initial dans un délai relativement court. Au surplus, il est envisageable que la période de récupération continue de diminuer puisqu'il est connu que le prix de l'énergie et de l'eau augmenteront significativement en raison de la demande croissante et de la diminution de l'offre (Kibert, 2008). D'ailleurs, selon la Commission de Coopération Environnementale, les études effectuées au cours des dernières années montrent que le surcoût supplémentaire associé à l'offre de PBE sur le marché a diminué considérablement et que des équipes expérimentées offrent maintenant de tels bâtiments à des coûts concurrentiels par rapport aux constructions conventionnelles (CCE, 2008). À ce sujet, Robichaud et Anantatmula (2011) soulignent que le succès financier d'un PBE repose sur l'efficacité de la communication et la coordination de l'équipe multidisciplinaire. Les PBE, particulièrement ceux qui visent la certification LEED, sont souvent plus complexes que les projets réalisés sous le processus de livraison traditionnelle, augmentant ainsi la nécessité d'une coordination et d'une communication efficace d'une équipe multidisciplinaire. Le sous-chapitre 2.4.3 montre l'importance de ces aspects dans la structure organisationnelle du processus de livraison d'un PBE.

La plupart du temps, malgré toutes ces études et statistiques favorables du PBE, les objectifs des intervenants l'industrie de la construction reposent sur la rentabilité à court terme, la minimisation du coût initial et le temps de mise en œuvre (Vanegas et Pearce, 2000).

Les gains de productivité et la réduction des coûts salariaux liés à la qualité de l'air intérieur

Pour la majorité des sociétés et des institutions gouvernementales, les coûts salariaux éclipsent de beaucoup les autres frais de fonctionnement, y compris ceux liés à la conception, à la construction et au fonctionnement des bâtiments. Selon Korkmaz (2009), ils peuvent totaliser jusqu'à 99% des dépenses de l'entreprise sur le cycle de vie du bâtiment et jusqu'à soixante-dix fois les frais liés à la consommation d'énergie, selon Augenbroe et Pearce (1998). Ainsi, une augmentation d'un (1) pour cent de la productivité peut entraîner des économies qui dépassent largement le montant des frais de conception et de construction supplémentaires et les économies liées à la consommation énergétique résultant des efforts de conception. Par contre, la prise en compte des frais de fonctionnement lors de l'analyse du coût global (ACG) et de l'analyse économique des projets de bâtiment semble être l'exception plutôt que la règle (Lucuik, 2005). Un investissement modeste dans les caractéristiques accessibles, comme l'accès à une vue extérieure, l'augmentation de la lumière naturelle, l'apport accru d'air frais et des contrôles individuels de l'environnement personnel, peuvent rapidement se traduire par des gains de productivité et une réduction significative de l'absentéisme, une augmentation du taux d'occupation et ainsi par des économies importantes (U.S. Green Building Council, 2003). Cette pratique est mise de côté par les intervenants de l'industrie de la construction principalement en raison de la difficulté d'attribuer avec exactitude une valeur marchande aux gains de productivité des occupants lors de l'analyse de rentabilité, particulièrement lors de PBE destiné à la vente ou à la location. Pourtant dans la majorité des projets de bâtiment, une estimation, même pessimiste, de la réduction potentielle des coûts salariaux et des gains de productivité influencera favorablement le résultat du ACG (Lucuik, 2005).

Néanmoins, il existe suffisamment de données qui quantifient les avantages financiers des gains de productivité de l'occupant d'un PBE pour justifier que les propriétaires de bâtiments destinés à être loués ou à être vendus augmentent les frais de location. Selon les observations de Lucuik (2005), il serait raisonnable de supposer un gain de productivité entre deux et dix pour cent (2 et 10 %) lorsqu'un PBE incorpore un éclairage naturel de qualité, une ventilation

exceptionnelle et des dispositifs commandés par les utilisateurs. Augenbroe et Pearce (1998), sont d'avis que les gains de productivité des travailleurs dans les bâtiments écologiques représentent ce chiffre de six à quinze pour cent (6 à 15%). Pour le propriétaire-occupant, un gain de seulement deux pour cent (2 %) fait plus que compenser pour les coûts additionnels associés à la conception et à la construction d'un PBE (Lucuik, 2005). Par exemple, suite à une rénovation à caractère écologique de 300 000 dollars, la productivité du Reno Post Office a conduit à des économies de 400 000 dollars par année en coûts salariaux en plus des 50 000 dollars d'économie annuelle sur les frais d'exploitation, soit un retour sur l'investissement de huit mois (Landman, 1999). Dans le cas d'un propriétaire désirant vendre ou louer un bâtiment écologique, la démonstration demeurera toujours à faire afin de justifier les coûts supplémentaires.

Ajoutons aux gains de productivité la réduction de l'absentéisme dû au « syndrome des bâtiments malsains » (SBM) et l'augmentation de l'engouement de travailler dans un environnement plus agréable (Landman, 1999). Par exemple, les gestionnaires de Lockheed, à Sunnyvale en Californie, ont enregistré une baisse de quinze pour cent (15%) de l'absentéisme des employés, soit une économie qui a payé les coûts supplémentaires des systèmes de haute performance dans la première année seulement (U.S. Green Building Council, 2003). Selon le CCE (2008), le PBE aux États-Unis pourrait procurer des avantages annuels de 200 milliards de dollars au chapitre de l'amélioration de la performance des travailleurs grâce à la meilleure qualité du milieu intérieur, y compris l'air et la lumière naturelle. Au-delà de l'absentéisme, de bonnes conditions de travail permettent de réduire le taux de rotation du personnel et les accidents; les employés effectuent un meilleur travail, sont plus motivés, nécessitent moins de supervision et font meilleur usage du matériel, des véhicules et des équipements (Riley, Pexton et Drilling, 2003).

De plus, il existe de nombreux avantages tangibles des bâtiments écologiques lorsque ceux-ci sont utilisés aux fins d'éducation. Par exemple, une étude américaine réalisée auprès de 25 000 élèves en 1999, a démontré que les élèves dont les classes avaient un apport accru de lumière naturelle avaient obtenu des résultats supérieurs de vingt et vingt-six pour cent (20 et

26 %) lors des examens de mathématique et de lecture, respectivement, par rapport à ceux qui avaient un apport moindre de lumière naturelle (Lucuik, 2005).

Cependant, les études traitant de la qualité de l'air intérieur publiées à ce jour comprennent plusieurs lacunes. D'abord plusieurs études sont basées sur des comparaisons de bâtiments conventionnels dont l'environnement intérieur était peu favorable, les échantillons étaient majoritairement petits et non reproductibles et les résultats de plusieurs études ne tiennent compte que d'un élément de la qualité de l'environnement intérieur des bâtiments écologique, la lumière naturelle par exemple, pour expliquer les gains de productivité. Finalement les études de cas sont publiées uniquement lorsque les résultats sont fortement positifs et sans en présenter les méthodes de calculs (Lucuik, 2005).

La valeur des propriétés, le taux d'occupation et le taux de roulement

À l'heure actuelle, peu d'études ont été réalisées sur la valeur des PBE. Cependant, en raison du principe économique de l'offre et de la demande, il est possible de s'attendre à ce que la valeur des bâtiments écologiques augmente en raison de ces exigences (Lucuik, 2005). Selon Kibert (2008), en raison des frais d'exploitation plus faibles et d'un environnement intérieur plus sain, l'évaluation des PBE est généralement supérieure à la valeur d'un immeuble conventionnel semblable. Par conséquent, la concurrence entre les propriétaires et les promoteurs afin d'atteindre un niveau d'évaluation plus élevé créera à court et moyen terme une hausse de la qualité et de la performance des parcs immobiliers. En effet, la réduction des coûts d'exploitation permet au propriétaire et aux promoteurs de générer des augmentations de flux de monétaires, ce qui contribue à libérer des capitaux pour d'autres investissements. Inévitablement, le marché devra dans un avenir rapproché, établir un système de prix préférentiels pour traduire cette augmentation de valeur (U.S. Green Building Council, 2003). Cependant, pour que les avantages d'un PBE soient reflétés adéquatement dans le prix de vente ou de location, les intervenants de l'industrie de la construction et de l'industrie immobilière doivent sensibiliser le grand public et les acheteurs éventuels aux avantages économiques potentiels d'un PBE (Lucuik, 2005). Qui plus est, la plus grande valeur de

revente n'a pas encore été entièrement testée puisque les premiers PBE viennent tout juste d'être opérationnels (Kibert, 2008).

Selon une enquête américaine de grande envergure, rapportée par Lucuik (2005), soixante-douze pour cent (72%) des locataires d'immeuble accepteraient de payer un loyer plus élevé pour des caractéristiques intelligentes, telles que l'efficacité du chauffage, la ventilation et la climatisation ainsi que les capteurs automatiques pour l'éclairage. Une autre étude, cette fois publiée dans *The Appraisal Journal* (octobre 1998) et rapportée par le U.S. Green Building Council (2003) démontre que pour chaque dollar en moins sur la facture annuelle d'électricité la valeur de la maison augmente de vingt dollars et ce principe incrémental pourrait s'appliquer aux bâtiments commerciaux et locatifs. Les observations du marché démontrent également des ventes d'habitation et des taux d'occupation plus élevés pour les PBE. D'ailleurs, malgré une période de crise où plusieurs des locaux étaient inoccupés, le Vancouver Island Technology Park, le premier bâtiment certifié LEED Or au Canada, a connu un énorme succès lors de sa mise en vente (Lucuik, 2005).

Les programmes gouvernementaux et leadership des gouvernements dans la mise en œuvre de projet de bâtiment écologique

L'investissement dans l'écologisation du milieu bâti provient principalement des administrations et des institutions publiques. Les PBE sont maintenant devenus une portion significative des projets du secteur public. Les gouvernements fédéral et provincial ont mis sur pied des programmes axés sur la réduction des frais associés à l'énergie et à l'eau, et l'amélioration des conditions de vie et de travail. Notons par exemple, les programmes de réduction de la demande en énergie et en eaux, les politiques d'achat préférentiel, la recherche et développement, les programmes d'éducation et les crédits d'impôt. Ces programmes peuvent être réglementaires ou non réglementaires (Landman, 1999).

Les programmes réglementaires

Les programmes réglementaires sont peu répandus. Ils visent généralement l'augmentation de la mise en œuvre de PBE et tentent de contraindre les intervenants pour qu'ils appuient

leurs décisions de conception sur la collectivité, c'est-à-dire dans l'intérêt de la santé publique, de la sécurité ou de la protection sociale (Landman, 1999). Par exemple, le gouvernement canadien et des différents paliers de gouvernance étudient la possibilité d'imposer aux immeubles locatifs des caractéristiques écologiques en précisant des technologies. Actuellement, quelques administrations ont déjà emboité le pas et exigent que les nouveaux bâtiments dont ils seront propriétaires soient des PBE, c'est en outre le cas des villes de Calgary, Markham et Vancouver. Certaines autres municipalités ont pris des mesures pour limiter l'étalement urbain et offrent des mesures incitatives en rapport avec l'efficacité énergétique. Toutefois, peu de programmes ont une approche claire et définie. Actuellement, l'appui des gouvernements est fragmenté et surtout composé de programmes de formation et de démonstration concentrée sur l'efficacité énergétique (Lucuik, 2005; Qi et al., 2010).

Les programmes non règlementaires

Les programmes non règlementaires sont appelés mesures incitatives et généralement basés sur l'efficacité énergétique du bâtiment. Ces mesures incitatives visent principalement la sensibilisation des intervenants privés de l'industrie de la construction qui ne seraient pas intéressée par les PBE autrement. Ce sont généralement des sessions de formation, des références et des guides, des logiciels et des outils d'analyse qui sont organisés à l'échelle nationale et mise à la disposition des intervenants de l'industrie de la construction (Landman, 1999). Ces mesures incitatives contribuent également à consolider la place du bâtiment écologique en créant une demande pour de nouveaux produits et services axés sur l'écologisation, et incitent à la mise à jour de la formation des intervenants et futurs intervenants (CCE, 2008).

Au Canada, plusieurs mesures incitatives sont disponibles, comme le programme NRCan et PEBC pour soutenir les nouvelles technologies dont les énergies renouvelables et les programmes pour soutenir l'efficacité énergétique des bâtiments (Charette, 2006). Aux États-Unis, plus de quinze états ont élaboré des programmes de construction écologique. Au niveau national, la US Environmental Protection Agency (EPA) offrent également plusieurs

programmes, dont le programme Energy Star, qui visent à réduire la consommation d'énergie dans les bâtiments (Augenbroe et Pearce, 1998). Le succès des mesures prises par les gouvernements américains locaux et étatiques est la preuve que les crédits d'impôt modestes peuvent stimuler l'intérêt du marché dans les pratiques de construction écologique en compensant les coûts initiaux supplémentaires liés à la modélisation de l'énergie et la mise en service. Parmi les mesures incitatives d'importance, notons celle de New York, de Maryland et de l'Oregon qui offrent des crédits d'impôt pour les bâtiments certifiés LEED ainsi que Portland et Seattle qui offrent des subventions pour la modélisation énergétique, la mise en service, et les coûts connexes (U.S. Green Building Council, 2003).

Cependant, ces programmes sont souvent associés aux caractéristiques écologiques visibles, telles que des volets extérieurs, un bon éclairage naturel, des toitures vertes, etc. Ces programmes participent alors à véhiculer l'idée erronée que les PBE sont définis uniquement par des caractéristiques visuelles. Plusieurs caractéristiques des PBE sont plus discrètes et parfois même invisibles (Lucuik, 2005). Parmi les pistes de solution possibles, les mesures incitatives pourraient être associées à un système d'évaluation basé sur les résultats envisagés (U.S. Green Building Council, 2003). D'ailleurs, ces systèmes d'évaluation des PBE, tels que LEED, participent aussi grandement à la sensibilisation des intervenants à titre de mesures incitatives. Ils fournissent également un incitatif économique indirecte en offrant un avantage commercial aux professionnels, aux promoteurs et aux propriétaires du bâtiment qui obtiennent les accréditations ou certifications. Dans la pratique, ces mesures incitatives se traduisent par des crédits ou des remboursements d'impôt ou de l'aide financière incluant des subventions ou des prêts à taux préférentiel (Landman, 1999). Ces mesures sont particulièrement importantes pour les petites et moyennes entreprises qui forment la majorité des entreprises de l'industrie de la construction et qui ne pourraient pas se permettre de réaliser de PBE sans une aide financière (UNEP, 2003).

Les administrations publiques ont constaté qu'il était moins coûteux d'investir dans la conservation de l'énergie que de créer de nouvelles capacités. Cependant à mesure que les services publics seront dérèglementés, les entreprises privées donneront de plus en plus de

mesures incitatives (Landman, 1999). Petit à petit, l'entreprise privée occupera un rôle important dans la réalisation des projets de construction écologique (UNEP, 2003). Par exemple, Green Building Loan Fund à Pittsburgh, dirigé par The Heinz Endowments, une entreprise privée, offre des subventions pour la modélisation énergétique, la mise en service, et les coûts reliés à l'écologisation (U.S. Green Building Council, 2003). Selon Landman (1999), la diversité des stratégies permet d'augmenter les parts du marché des PBE, puisqu'elles renforcent leurs lacunes respectives. Les administrations publiques peuvent considérablement accélérer l'intégration de pratiques de construction écologique dans l'industrie, et ce tout en économisant l'argent des contribuables, et en jumelant les mesures réglementaires aux mesures non réglementaires (Kibert, 2007; US Green Building Council, 2003).

Autres éléments moteurs intangibles des projets de bâtiment écologique

Augmentation des ventes au détail

Plusieurs autres avantages émanent du PBE mais il faudra des études afin de démontrer ces nombreux autres avantages. L'augmentation des ventes au détail compte parmi les avantages intangibles les plus importants pour les propriétaires et les promoteurs. Selon plusieurs études, la lumière naturelle détient un énorme potentiel sur les ventes au détail. Par exemple, selon une étude rapportée par Landman (1999), l'ajout d'éclairage naturel dans un grand magasin Bullocks a généré une augmentation de 15 % du chiffre d'affaires, quelque soit la marchandise. Une autre étude réalisée en 2003 auprès de 108 immeubles par Heschong Mahone Group, rapporte que les ventes au détail dans les magasins possédant de l'éclairage naturel sont jusqu'à quarante pour cent (40 %) plus élevés par rapport aux magasins semblables sans éclairage naturel. Cependant, les études ne permettent pas de clairement prouver que les ventes sont accrues dans les PBE, sinon, il y aurait certainement une augmentation spectaculaire dans la demande de PBE (Lucuik, 2005).

Amélioration de l'image

Ajoutons à l'augmentation des ventes au détail, l'amélioration de l'image. Un PBE est porteur de message très souvent associé au progrès technologique, à l'innovation des affaires et à la conscience environnementale. Le public perçoit les sociétés associées à des bâtiments écologiques comme étant modernes, dynamiques et altruistes ainsi qu'à des employés satisfaits. Évidemment, en raison de ces perceptions, le roulement, le recrutement, le moral et la satisfaction des employés sont de beaucoup améliorés (Lucuik, 2005). Par exemple, selon une étude citée par Lucuik (2005), en plus d'augmenter de quatre cents pour cent (400 %) son nombre de clients par rapport à son ancien emplacement, une installation bancaire écologique de Victoria, nouvellement construite, a vu son nombre de clients augmenté de vingt-six pour cent (26 %) par rapport à autre bâtiment conventionnel de la même société l'année précédente.

Autonomie, réduction de risques futurs

Plusieurs PBE utilisent la ventilation et la lumière naturelles, l'efficacité énergétique, et l'utilisation réduite de l'eau. Les sociétés abritées par ces bâtiments s'assurent d'un avantage concurrentiel pour l'avenir. Effectivement, en raison de leurs faibles dépendances aux infrastructures (réseaux publics de distribution d'eau et d'électricité) et aux défaillances de ces réseaux, ces sociétés s'assurent de réduire l'emprise d'une éventuelle augmentation du prix de l'énergie, de taxes d'eau, de la venue d'une taxe sur l'environnement, d'actions tentées contre eux en raison du « syndrome du bâtiment malsain » (SBM) et s'assurent une diligence raisonnable dans le cas de changement de législation ou de poursuites futures (Lucuik, 2005).

Sécurité renforcée

Du même coup, l'autonomie et l'efficacité énergétique PBE permettent d'améliorer la sécurité nationale. En effet, les grandes entreprises de biens essentiels et financiers ainsi que les bâtiments gouvernementaux qui ne sont pas dépendants des énergies à base de combustibles sont moins susceptibles d'être en fonction des interruptions lors de circonstances imprévisibles telles que les catastrophes naturelles, les problèmes d'alimentation et les événements mondiaux (U.S. Green Building Council, 2003).

Les efforts de collaboration

L'ascension de la popularité du PBE a permis d'observer plusieurs efforts de collaboration qui n'auraient pas eu lieu autrement. De nombreux groupes non gouvernementaux ont contribué à l'accroissement des pratiques de construction durable. Parmi ces groupes, notons les associations professionnelles qui offrent des ateliers et de la formation, du parrainage lors des concours et de projets modèles ainsi que des programmes de récompenses. Jusqu'à présent, les entités gouvernementales ont réalisé plusieurs efforts de collaboration avec ces groupes, dans le but d'augmenter l'expertise et de partager le financement de la recherche et la mise en œuvre de pratiques durables (Landman, 1999).

Avantage concurrentiel

Les intervenants de l'industrie de la construction ont la possibilité d'élargir leur clientèle en attirant de nouveaux clients qui souhaitent réaliser des PBE. Ces sociétés ont d'abord l'opportunité de différencier leur marché et d'obtenir un avantage important en adoptant progressivement et volontaire des pratiques écologiques. Ils seront alors préparés pour les modifications ou les ajouts aux règlements présentement en vigueur et n'auront pas à subir de fardeau de s'adapter rapidement (Landman, 1999).

Conclusion

Les PBE entraînent inévitablement le passage à de nouvelles méthodes d'analyse de coûts entraînant de nouvelles considérations et modifications dans la pratique conventionnelle de l'industrie de la construction. En sommes, plusieurs aspects de l'analyse économique s'ajoutent aux nouveaux éléments évalués lors du processus de livraison traditionnelle. Les concepteurs, les architectes et les entrepreneurs ne peuvent influencer, à eux seuls, les décisions de conception. Les critères de durabilité doivent être intégrés dans les marchés, les contrats, les appels d'offres et la mise en service (UNEP, 2003). Il s'agit par conséquent de l'implication des gouvernements dans la pratique des PBE et l'application des nouvelles technologiques. Le leadership du gouvernement s'opère par la mise sur pied de programmes réglementaires et non réglementaires, et de lignes de guide en ce qui concerne la législation et la réglementation de la construction écologique. L'association entre les administrations

publiques, les associations professionnelles et l'entreprise privée permettra aussi de développer les projets modèles, les lignes de guide ainsi que l'expertise nécessaire à l'adoption de masse de PBE. Également, le développement de labels liés à la construction durable tel que Green Firm, LEED, BREAM, FTSE4Good comme un outil de marketing peut aussi être un élément moteur de promotion et d'augmentation de la compétitivité (Shelbourn et al., 2006).

Néanmoins, des recherches approfondies et fondées sur des statistiques solides d'envergure sont incontournables pour comprendre les effets globaux des caractéristiques spécifiques des PBE sur la productivité et la performance des occupants ainsi que d'autres aspects moins connus tels que les ventes au détail (Lucuik, 2005).

Les obstacles économiques du changement de paradigme

Bien que l'intérêt envers les PBE s'accroisse rapidement, pour diverses raisons la notion des avantages financiers des PBE n'est pas encore solidement implantée dans le secteur de l'immobilier et de la construction (CCE, 2008). Encore en 2013, les propriétaires, les promoteurs, les conseils d'administration locaux et les gestionnaires sont sceptiques quant à la valeur commerciale des PBE et les plus convaincus font face à des obstacles qui empêchent l'adoption universelle de pratiques de PBE (Beheiry, Chong et Haas, 2006; US Green Building Council, 2003). L'un des principaux obstacles à l'adoption plus étendue des PBE est la pratique conventionnelle visant à séparer les budgets d'immobilisations et d'exploitation plutôt que d'utiliser l'analyse du coût du cycle de vie. Il y a également une tendance à favoriser le statu quo face à l'incertitude des PBE en raison des connaissances limitées et du manque de sensibilisation des décideurs. De plus, le manque de coordination et le manque d'uniformité des politiques gouvernementales visant les PBE sont des obstacles omniprésents. Ces obstacles nécessiteront un vent de changement, tant au niveau individuel que par l'ensemble de l'industrie de la construction et de la société en générale (CCE, 2008). Jusqu'à présent, les entités publiques semblent bénéficier largement du mouvement des PBE. En effet, les technologies écologiques sont bénéfiques du point de vue de la société en raison

de leurs efficacités environnementales par rapport aux pratiques traditionnelles. Par contre, elles sont défavorables pour une entreprise individuelle qui aligne des objectifs contradictoires tel que ceux axés sur l'économie à court terme (Nelms, Russell et Lence, 2005).

Les surcoûts de l'investissement initial des projets de bâtiment écologique

Une enquête menée par McGraw-Hill Construction en 2006 auprès plus de 400 000 architectes, ingénieurs et entrepreneurs a démontré que la perception des frais initiaux plus élevés était le plus grand obstacle à l'établissement de la construction écologique à grande échelle (Lam et al., 2009; Robichaud et Anantatmula, 2011). Selon une enquête publiée par le World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) en août 2007, les intervenants de l'industrie immobilière évaluaient les surcoûts des PBE à dix-sept pour cent (17 %) par rapport au coût d'un bâtiment non écologique, soit le triple de l'écart réel de cinq pour cent (5 %) évalué par les chercheurs de cette étude (CCE, 2008). En d'autres termes, la perception que les PBE engendrent des surcoûts est bien implantée parmi les décideurs du domaine immobilier (Deane, 2008). Par exemple, les clients perçoivent la réduction de la taille des systèmes les plus coûteux comme une mesure d'économie du coût initial. Dans les faits, l'économie est plutôt observée au moment de l'exploitation puisque les frais de conception et de construction associées aux systèmes de haute performance sont généralement plus élevés (Lucuik, 2005; US Green Building Council, 2003).

Les études concernant les surcoûts initiaux des PBE sont très divergentes, puisque le coût d'un PBE est tributaire de sa localisation, du type du bâtiment de même que des objectifs du client. Toutefois, la majorité des PBE peuvent être construits à un coût comparable ou inférieur à ceux des bâtiments classiques. L'intégration des caractéristiques de haute performance peut augmenter les coûts initiaux de deux à sept pour cent (2 à 7%) en moyenne, en fonction de la conception du bâtiment et des caractéristiques supplémentaires nécessaires pour atteindre des objectifs écologiques (U.S. Green Building Council, 2003). Pour Lucuik (2005), le consensus de plusieurs études est que la conception et la construction

des PBE engendre en moyenne un surcoût de deux pour cent (2 %). Donc, plus le surcoût initial d'un PBE est élevé (Deane, 2008; Lucuik, 2005). Toutefois, tel que mentionné à la au CHAPITRE 2, la réalisation des PBE à des coûts comparables est possible grâce aux caractéristiques supplémentaires qui permettent de récupérer l'ensemble des surcoûts initiaux sur une période de temps relativement courte. Même pour les bâtiments incluant plusieurs caractéristiques de haute performance, le surcoût initial plus élevé est souvent récupéré, dans les trois à cinq ans, par la réduction des frais d'exploitation et par l'utilisation de mesures incitatives pour les équipements économes en énergie (U.S. Green Building Council, 2003).

Dans bien des cas la phase de réalisation d'un PBE n'est pas plus coûteuse. Elle peut même être moins dispendieuse que la phase de construction d'un projet sous le processus de livraison traditionnel en raison des stratégies d'efficacité des ressources et de conception intégrée qui permettent de réduire les effectifs les plus coûteux, dont les systèmes mécaniques, électriques et structurels (U.S. Green Building Council, 2003). Le surcoût initial est généralement dû au coût de conception plus élevé lié au temps de conception plus long et au recours à des matériaux et à des systèmes non standard (Lucuik, 2005).

L'analyse du coût du cycle de vie (ACV) des PBE rend le surcoût initial justifié et plus avantageux que les bâtiments réalisés sous le processus de livraison traditionnel, lorsqu'il y a des gains potentiels en efficacité énergétique et en productivité des travailleurs (Riley, Pexton et Drilling, 2003). Par exemple, Centerplex une petite entreprise de Seattle, a réduit sa consommation d'énergie de cinquante-cinq pour cent (55 %) avec un retour sur l'investissement de dix-huit mois tandis que BueCross/BlueShield, une entreprise de l'Oregon, a réduit ces coûts d'énergie de soixante et un pour cent (61 %) sans investir aucun capital dans la mise à niveau de l'efficacité énergétique; le système a été entièrement payé par l'économie mensuelle en énergie (Zachariah, Kennedy et Pressnail, 2002). Cependant, la prise en compte des frais d'exploitation, de la productivité des employées et de leur bien-être lors de l'ACV demeure très peu répandue chez les clients (U.S. Green Building Council, 2003).

En 1999, Landman (1999) avait déjà identifié le surcoût initial comme l'obstacle numéro un à la pratique systématique de la construction écologique. Une solution unanimement reconnue dans la littérature scientifique est la modification du processus de livraison pour une approche plus adaptée au PBE (Korkmaz, Riley et Horman, 2010). Par contre, tel qu'on a pu le constater jusqu'à présent, l'industrie est lente à se départir de la perspective myope du surcoût initial dans la prise de ces décisions (Riley, Pexton et Drilling, 2003), entre autres en raison de la méconnaissance des professionnels et des entrepreneurs des méthodes et principes de construction écologiques (Landman, 1999). Qui plus est, le processus de livraison traditionnel encourage fondamentalement le surcoût initial en raison du risque perçu par l'entrepreneur au moment de la période d'appel d'offres. Devant ce risque, l'entrepreneur appliquera des contingences dans l'estimation du projet, particulièrement lorsque des responsabilités liées aux diverses certifications lui sont transférées (Mago, 2007). L'intégration des intervenants tôt dans le projet minimise les surcoûts initiaux associés à ce risque (Riley, Pexton et Drilling, 2003; Syal, Mago et Moody, 2007). Le sous-chapitre 2.4 détaille cet attribut de la structure organisationnelle du processus de livraison d'un PBE.

La dissociation des budgets d'immobilisation et d'exploitation

Dans bien des cas les sociétés qui paient pour des PBE ne sont pas celles qui retirent tous les avantages durant l'exploitation. Les promoteurs ne sont pas intéressés à payer pour des caractéristiques écologiques en raison du fort taux de roulement à l'intérieur de leur bâtiment traditionnel (CCE, 2008). D'ailleurs, la très grande majorité des entreprises publiques et privées gèrent les fonds liés à l'acquisition de biens immobiliers indépendamment du budget d'exploitation. Selon la Commission de coopération environnementale, CCE (2008, p.54), « Cette dissociation crée un scénario comptable dans lequel les économies engendrées par l'exploitation de bâtiments écologiques ne sont pas utilisées pour compenser, le cas échéant, les coûts initiaux plus élevés de la construction. » Par conséquent, les économies liées à la consommation énergétique, la diminution de l'absentéisme des travailleurs, et l'augmentation de la productivité des employées ne sont donc pas prises en compte dans l'analyse des coûts. Pourtant, il est connu que les coûts initiaux de conception et de construction d'un bâtiment

représentent au plus vingt à trente pour cent (20 à 30%) des coûts liés du bâtiment durant sa vie utile et même dans certains cas aussi peu que cinq à dix pour cent (5-10%). En revanche, les coûts d'exploitation et de maintenance représentent soixante à quatre-vingts pour cent (60-80%) des coûts du cycle de vie total du bâtiment (CCE, 2008; Lucuik, 2005; US Green Building Council, 2003).

Cette pratique, limite par exemple, la motivation du client à intégrer de nouvelles technologies qui pourraient être bénéfiques lors de l'exploitation ou réduire les déchets générés sur le site lors des travaux. Selon Shelbourn et al. (2006), la faiblesse des modèles d'analyse de coût et la faiblesse de l'utilisation de l'analyse du cycle de vie économique sont à l'origine de cette incohérence. Cependant, lorsque les décideurs sont informés des résultats de l'analyse de coût sur l'ensemble de la durée de vie du bâtiment les PBE deviennent un choix évident (U.S. Green Building Council, 2003; ; Yeheyis et al., 2013). La sensibilisation et l'éducation des intervenants pourraient, dans un avenir rapproché, amener à l'unification des budgets d'immobilisation et d'exploitation dans l'analyse économique de PBE et permettre l'intégration de nouvel indicateur tel que l'analyse du coût du cycle de vie.

L'incertitude des intervenants liée aux projets de bâtiment écologique

L'incertitude, et le risque sont parmi les principaux obstacles économiques à la pratique courante de mise en œuvre de PBE. Les décideurs demeurent dans l'incertitude quant à la fiabilité des technologies, des coûts de la construction, des avantages économiques et du rendement des PBE au fil du temps (CCE, 2008). L'incertitude peut provenir de différentes situations : le manque de compréhension technique de la part des intervenants, le manque de données et de lignes directrices et la difficulté d'obtenir du financement auprès des institutions bancaires.

Le manque de compréhension technique de la part des intervenants

Malgré que plusieurs pratiques utilisées dans les PBE soient employées depuis longtemps, les intervenants de la construction perçoivent les PBE comme un risque (Lucuik, 2005). Les

professionnels sont réticents à s'engager dans une véritable approche de collaboration durant la conception, puisque cette pratique contrevient au processus de livraison traditionnel. Les sous-traitants sont quant à eux réticents à effectuer une tâche familière différemment pour la rendre plus écologique (Landman, 1999). En fait, quatre-vingt-quatre pour cent (84%) des professionnels interrogés par Landman (1999) indiquent que les membres de leur équipe de projet ne disposent pas des connaissances techniques pour participer à un PBE. C'est pourquoi les entreprises réalisant des projets de conception/construction (« Design/build »), donc souvent exposée à des équipes multidisciplinaires, sont les plus susceptibles et aptes à réaliser des PBE. Ces sociétés sont plus familières avec les grands principes du processus de planification et de conception intégrée que les sociétés réalisant exclusivement des projets sous le processus linéaire conventionnel (Landman, 1999).

Le manque de données et de lignes directrices

Les réticences des intervenants vis-à-vis des approches de construction écologique sont en outre dues au manque de données sur les avantages scientifiques qui sont la plupart du temps intuitifs et anecdotiques (Kibert, 2008). Jusqu'à présent, les auteurs des études et des lignes directrices se concentrent sur des aspects particuliers, tel que la rentabilité économique des bâtiments et n'incluent pas l'ensemble des variables nécessaires pour déterminer indéniablement les avantages des PBE (Lucuik, 2005). Les études basées sur des statistiques vérifiées sont peu nombreuses et ne favorisent pas un contexte de confiance pour le PBE de la part des intervenants de l'industrie de la construction. Plusieurs motifs peuvent expliquer cette singularité. D'abord, l'ambiguïté et l'incertitude associée à la quantification de leurs avantages dont l'amélioration de la productivité, la santé et la réduction de la consommation aux heures de pointe. Aussi, la connaissance est encore embryonnaire dans le domaine des prédictions et des effets de performance améliorés des nouvelles technologies (Nelms, Russell et Lence, 2005).

Également, très peu d'organisations mettent à jour leurs banques de données suite à un projet ou utilisent une méthode standardisée (Charette, 2006). Ipso facto, les informations concernant le rendement réel des bâtiments écologiques et les répercussions des stratégies de

conception et d'exploitation sont manquantes (CCE, 2008). Il est alors impératif que des études et des lignes directrices détaillées, précises, reposant sur des statistiques solides et traitant des effets des caractéristiques particulières du PBE soient réalisées afin que l'industrie de la construction prenne le virage écologique (Lucuik, 2005).

De plus, la majorité des études sont réalisées dans un climat ne correspondant à celui du Canada. Très peu d'études, voire que quelques-unes ont été réalisées sur le territoire canadien. Dans la majorité des cas, les coûts rapportés dans les études supposent des conditions de conception qui diffèrent de celles rencontrées au Canada. D'ailleurs, plusieurs études se concentrent sur un type de bâtiment, locatif ou commercial et sont limitées à une gamme typique d'activité de construction. Au surplus, beaucoup des études traitent de bâtiment fictif basé sur la certification LEED qui repose, quant à elle, sur une analyse théorique. Par conséquent, la majorité des études ne s'appliquent pas au contexte canadien (Lucuik, 2005).

La difficulté d'obtenir du financement auprès des institutions bancaires

La difficulté d'obtenir du financement auprès des institutions bancaires pour PBE est lié au manque d'études détaillées s'appliquant aux PBE. Bien que le financement ne soit pas considéré comme un obstacle majeur, le financement demeure à tout le moins un obstacle secondaire pour la majorité des intervenants. Cet obstacle est surtout lié aux surcoûts initiaux engendrés par les technologies de haute performance ou aux équipements hors standard (Landman, 1999). Tel que mentionné dans le sous-chapitre précédant, l'intérêt des prêteurs et des assureurs pour les bâtiments écologiques s'accroît et l'obtention de financement compétitif pour les PBE est de plus en plus accessible (Robichaud et Anantatmula, 2011). La sensibilisation de ces intervenants devrait permettre de réduire les risques des prêteurs et des assureurs, mais également ceux des clients. Par conséquent, la pratique de PBE devrait s'accroître également.

Les modifications et retards des normes et labels en vigueur

Les modifications des labels

L'ampleur des effets des bâtiments sur l'environnement et la santé des occupants appelle à un leadership audacieux au niveau de la réglementation et des normes de la construction. Cependant, les labels ont tendance à confondre les consommateurs et à étouffer l'innovation. Les présents labels n'établissent pas qu'ils sont les produits réellement durables par opposition à ceux qui sont simplement mieux que les normes en vigueur dans la pratique courante. Ils ne fournissent pas non plus d'incitatif à l'amélioration continue des produits. Par exemple, un même produit peut recevoir la certification de la qualité de l'air intérieur pour ses faibles émissions de COV. Cependant, ce produit peut être responsable de la libération de phtalate et causer des problèmes de santé chez les occupants ou être responsable, lors de sa fabrication, de la libération de substances toxiques causant des gaz à effet de serre puisque le programme de certification ne tient pas compte de ces émissions (Lent et Walsh, 2008).

Certains outils, tels que l'analyse du cycle de vie (ACV), peuvent permettre de fournir des quantifications très détaillées de plusieurs impacts environnementaux utiles pour la caractérisation des produits ou matériaux. Par contre, ils ne permettent pas de notifier les progrès et les effets sur santé, tels l'exposition des occupants durant la phase d'utilisation des matériaux. En partenariat avec les associations professionnelles et les gouvernements, les labels doivent être repensés afin de s'assurer qu'aucun compromis n'est réalisé et de permettre aux professionnels de sélectionner les produits réellement durables. Ces nouveaux labels doivent être clairs et transparents sur les objectifs qu'ils visent, s'appliquer à récompenser l'amélioration continue ainsi qu'être basés sur une analyse globale des produits et éviter les lacunes et l'incertitude (Lent et Walsh, 2008).

Le retard des normes et codes en vigueur

De même, les codes du bâtiment, les réglementations environnementales, et d'autres normes imposent d'avantage de restrictions sur l'utilisation de matériaux recyclés ou innovateurs et

prennent souvent des années pour rattraper les changements dans la technologie des matériaux (Augenbroe et Pearce, 1998). Présentement, les codes du bâtiment nord-américain exigent que les bâtiments soient conçus à des niveaux de santé et de sécurité facile à atteindre et bien en deçà de ce qui est possible et rentable de réaliser. De leur côté, les codes européens intègrent déjà plusieurs des caractéristiques de PBE. en Allemagne par exemple, le code du bâtiment exige que les occupants soient situés à moins de 7,5 mètres d'une fenêtre afin de profiter au maximum des avantages de la lumière naturelle (Lucuik, 2005). Les avantages de l'éclairage naturel ont déjà été présentés au sous-chapitre plus tôt.

Selon Lucuik (2005), le Code national du bâtiment doit être modifié pour promouvoir et mieux refléter les occasions qui se présentent aux concepteurs de dépasser les exigences minimales. Dans certains cas, il faudrait envisager la possibilité d'imposer certaines exigences pour favoriser quelques caractéristiques des bâtiments écologiques, tel que la l'éclairage ou la ventilation naturelle (Lam et al., 2009; Lucuik, 2005; Qi et al., 2010). Par contre, les codes du bâtiment sont par nature difficiles à changer, et les craintes relatives aux responsabilités et aux litiges sur les performances de nouveaux produits et systèmes posent des problèmes d'envergure (Kibert, 2008).

Conclusion

Encore aujourd'hui, l'obstacle majeur est le manque d'éducation et de compétence des décideurs sur les avantages économiques et la rentabilité des PBE (Kibert, 2008; Landman, 1999; Ruano et Cruzado, 2012). L'éducation et la formation des intervenants, particulièrement les intervenants nouvellement impliqués dans la conception en raison de l'émergence des PBE, doit être effectué afin de stimuler, non seulement les professionnels du milieu, mais également les futurs clients et les décideurs, tels que les promoteurs et propriétaires, ainsi que les communautés locales. Essentiellement, cette éducation doit toucher les frais d'occupation et d'exploitation, les contributions non énergétiques de l'énergie ainsi que des avantages sur la productivité, la santé personnelle, le confort, les produits novateurs, et la durabilité des bâtiments écologiques (Augenbroe et Pearce, 1998; Ruano et

Cruzado, 2012). Toutefois, ce changement prendra un certain temps, en raison de l'attitude conservatrice de la l'industrie de la construction.

Malgré ces nombreux obstacles économiques, les éléments de preuve cités ici et dans la littérature indiquent que les PBE peuvent être construits pour être rentables (Kibert, 2008). Cependant, des modifications s'imposent aux pratiques et aux processus de gestion de projet traditionnels (Robichaud et Anantatmula, 2011). La solution proposée par Zachariah, Kennedy et Pressnail (2002) pour augmenter le degré d'intérêt pour les PBE est d'introduire dans le processus de livraison une nouvelle approche d'évaluation des coûts telle que l'ACC. Le gouvernement doit également s'impliquer davantage par de diverses mesures comme l'introduction de méthodes d'analyse financière basée sur le cycle de vie, appuyer des recherches et de la formation continue, adopter de la législation sur les crédits d'impôt pour l'utilisation de technologies novatrices et la réalisation de PBE, annuler des subventions aux industries nuisibles à l'environnement et fournir des prêts à faible intérêt (Landman, 1999).

Les éléments moteurs sociaux du changement de paradigme

Selon la Commission de coopération environnementale, nous sommes devant la plus grande occasion jamais offerte à l'humanité d'augmenter considérablement la qualité de vie des citoyens et la vitalité de nos systèmes sociaux, économiques et environnementaux (CCE, 2008). Cette opportunité serait entre autres due au fait que la population passe de quatre-vingts à quatre-vingt-dix pour cent (80 à 90%) dans le milieu bâti (UNEP, 2003). En fait, depuis le début de 2007 un changement de mentalité a été perçu lorsque les principaux locataires commerciaux ont commencé à déclarer à la communauté des bailleurs de fonds et aux développeurs, qu'ils voulaient des PBE (Chasey et Agrawal, 2013; Deane, 2008). Selon Robichaud et Anantatmula (2011), ce changement de mentalité peut être partiellement attribuable à la génération X, la population grandissante des 20-30 ans, qui est plus disposée à adopter la durabilité dans le cadre de leur système social. Ce mouvement serait également attribuable aux économies de coûts d'exploitation et à la perception changeante que les PBE sont des environnements plus sains pour vivre et travailler. Cette perception se traduit alors

par un personnel plus productif, en une réduction de l'absentéisme et des risques de maladie (Deane, 2008). Les considérations sociales peuvent être directement liées au bâtiment en soi (tel que la qualité de l'air intérieur, un environnement plus confortable ou un apport accru de lumière naturelle) ou déborder le cadre du bâtiment (par la promotion de l'utilisation des transports en commun, par exemple) (Lucuik, 2005). La conception soucieuse des occupants et du milieu bâti peut permettre d'atteindre les objectifs liés à l'amélioration de la santé, du bien-être et de la sécurité des occupants, des travailleurs et des membres des communautés voisines (CCE, 2008; Chasey et Agrawal, 2013; Lucuik, 2005).

L'amélioration de la santé humaine due à la qualité de l'environnement intérieur

L'Environmental Protection Agency (EPA) classe la qualité de l'air intérieur (QEI) des bâtiments comme l'un des cinq principaux risques pour la santé (U.S. Green Building Council, 2003). En fait, les bâtiments créent des sous-environnements intérieurs ayant leur propre climat, niveaux d'éclairage et alimentation en air frais et en eau (Landman, 1999). La qualité de l'air intérieur (QAI) est donc directement liée aux paramètres de qualité de la ventilation, du confort thermique, de l'éclairage, de l'eau et de bruit / de l'acoustique de l'environnement intérieur des bâtiments auquel sont exposé les occupants (Lucuik, 2005). En moyenne, l'humain vie près que quatre-vingt-dix pour cent (90%) de son temps à l'intérieur des bâtiments. Il n'est donc pas étonnant que la qualité de ces conditions ait un effet sur la santé des occupants (Vanegas et Pearce, 2000). Cependant, la performance des bâtiments au niveau de la QAI est difficile à évaluer puisqu'elle est sujette à l'évaluation subjective du bien-être des occupants et des espaces hétérogène du bâtiment (Zachariah, Kennedy et Pressnail, 2002).

De nombreuses recherches confirment les avantages des caractéristiques des PBE sur la santé humaine, telles que l'éclairage naturel, l'utilisation accrue d'air naturel pour la ventilation et la réduction de l'humidité et le choix de produits à faible taux d'émission (CCE, 2008). Par exemple, selon The World Health Organization, près de trente pour cent (30 %) de tous les bâtiments neufs et rénovés souffrent de mauvaises conditions intérieures, soit du syndrome

des bâtiments malsains (SBM) causés par les émissions nocives, le dégagement de gaz, et des agents pathogènes causé par une protection contre l'humidité et une aération inadéquate (Augenbroe et Pearce, 1998; Vanegas et Pearce, 2000). Les concentrations de pollution de l'air intérieure des bâtiments sont en moyenne de deux à cinq (2 à 5) fois plus élevées que de l'air extérieur et peuvent parfois atteindre des concentrations cent (100) fois plus élevées selon le polluant (U.S. Green Building Council, 2003; UNEP, 2003).

Ces mauvaises conditions intérieures sont liées aux composantes communes des bâtiments existants tels que les propriétés cancérigènes de l'amiante et les effets neurologiques néfastes de la peinture au plomb, des composés organiques volatils (COV), le formaldéhyde provenant de colles et de tissus, ainsi que l'accumulation de poussière à l'intérieur résultant de produits de construction. Ajoutons à cela les produits de nettoyage utilisé par les occupants, tels que les solvants, le chlore et plusieurs irritants, les pesticides par exemple, qui causent des réactions à une partie de plus en plus importante de la population. La combinaison complexe de ces matières et les produits chimiques utilisés dans les bâtiments ont le potentiel de générer des impacts négatifs importants sur la santé des occupants (Vanegas et Pearce, 2000).

À cet égard, une étude, réalisée en 2000 par Lawrence Berkeley National Laboratory et cité par le U.S. Green Building Council (2003) conclut que l'environnement intérieur et les composantes du bâtiment influencent de manière significative l'apparition de maladies respiratoires transmissibles, des allergies et des symptômes d'asthme. Les études de Enache-Pommer et Horman (2009) indiquent que dans les hôpitaux, une mauvaise ventilation et une mauvaise qualité de l'air intérieur sont les principales causes des infections nosocomiales. De même, il ajoute qu'un mauvais éclairage est en corrélation avec la dépression des patients et les erreurs de médication. Une autre étude du Lawrence Berkeley National Laboratory cette fois-ci citée par Lucuik (2005), indique que l'amélioration de l'environnement intérieur, comme c'est le cas couramment dans les PBE, pourrait réduire les coûts des soins de santé et les pertes de temps au travail dû aux maladies respiratoires de neuf à vingt pour cent (9% à

20%), aux allergies et à l'asthme de dix-huit à vingt-cinq pour cent (18% à 25%) et aux autres effets non spécifiques sur la santé et à l'inconfort, de vingt à cinquante pour cent (20 à 50%).

Au-delà de la conscientisation, la QAI est maintenant un besoin pour la qualité de vie des occupants. Bien qu'elle ne soit pas d'ordre environnemental, la QAI constitue l'un de principaux éléments du changement de paradigme puisque qu'elle est issu de l'attention particulière des propriétaires et des concepteurs porté aux utilisateurs du bâtiment (Lucuik, 2005). Les PBE sont conçus pour promouvoir la santé et la qualité de vie des occupants par plusieurs mesures spécifiques appliquées à chacune des étapes d'un PBE. Parmi ces mesures notons la protection des conduits lors de l'installation afin d'éviter la contamination durant la période de construction, l'utilisation de produits de finition à faible teneur en composé organique volatil réduisant l'émanation chimique potentiellement dangereuse, le dimensionnement plus précis des composantes mécaniques prévenant la déshumidification et la moisissure et l'utilisation du rayonnement ultraviolet du système de ventilation contre la prolifération des moisissures et des bactéries (Kibert, 2008). La conception des PBE et les opérations de construction ont le potentiel d'affecter les vies et la santé des occupants, principalement des patients des hôpitaux et des enfants dans les écoles. L'échéancier d'un PBE doit prévoir les périodes où les activités de chantier généreront beaucoup de poussière ou de contaminants pour mettre en œuvre des actions d'atténuation et dans certains cas une période de purge d'air après les travaux et du remplacement de tous les filtres (Enache-Pommer et Horman, 2009; Glavinich, 2008).

Les PBE possèdent en effet, une qualité de l'air supérieure, une lumière naturelle abondante, l'accès à des vues sur l'extérieur et un bon isolement acoustique dont peuvent profiter tous les occupants du bâtiment. Ces caractéristiques résultent en des immeubles qui augmentent significativement le bien-être et la santé des occupants (Lucuik, 2005). D'ailleurs, un meilleur milieu bâti engendre de grands impacts sur la santé des occupants, au point où dans les hôpitaux, les résultats cliniques des patients, le bien-être et la santé du personnel s'améliore et les coûts d'exploitation, la consommation d'énergie et d'eau sont réduits significativement (Enache-Pommer et Horman, 2009).

La santé des enfants et l'apprentissage

Il existe également d'autres éléments moteurs sociaux bien documentés liés au changement de paradigme. Par exemple, l'apport de la lumière naturelle permet l'amélioration des résultats scolaires et du comportement des élèves dans les écoles ainsi que des résultats des patients des hôpitaux (Deane, 2008; Enache-Pommer et Horman, 2009). Une étude menée en Californie auprès de 21 000 élèves concluent que les élevées dans les classes ayant un apport plus élevé de lumière naturelle ont obtenues des résultats vingt pour cent (20%) supérieurs aux tests de mathématiques et de vingt-six (26%) aux tests de lecture que les élèves dans les salles avec moins de lumière naturelle (U.S. Green Building Council, 2003). Nelms et als (2005), notent également l'augmentation des résultats scolaires et l'amélioration du comportement des élèves dans les écoles. Bref, les établissements scolaires avec un milieu bâti supérieur, tel que les PBE, produisent un environnement dans lequel les élèves réussissent mieux.

À l'opposé, une mauvaise QAI contribue à plusieurs problèmes de santé pour les étudiants et le personnel, et ces problèmes sont aggravés par la densité d'élèves par classe. Selon l'évaluation de la National Academy of Sciences au moins vingt-huit pour cent (28%) des troubles de développement sont dûs à la QAI. Également, aux États-Unis, l'asthme touche un enfant sur treize et elle est la principale cause d'absentéisme scolaire. Les crises d'asthme seraient en outre dû aux irritants tels que des produits commerciaux (peintures, détergents, pesticides, parfums), les éléments de construction (enduits, plastiques, adhésifs, matériaux d'isolation), les allergènes d'animaux et d'insectes, la fumée de tabac et les moisissures. De plus, seulement cinq pour cent (5%) des nouvelles écoles américaines sont construits selon des normes environnementales élevées, et environ 254 milliards de dollars seraient nécessaires pour restaurer les bâtiments scolaires existants selon les normes de santé de base et les codes de sécurité (U.S. Green Building Council, 2003).

Au surplus, les caractéristiques des PBE ont une valeur pédagogique. Par exemple, les panneaux solaires installés à l'école Blusview à Columbus en Ohio ont non seulement réduit

la consommation d'énergie de l'école, mais a également fourni un outil pédagogique. Les résultats des étudiants ont augmenté de cinq à vingt pour cent (5% à 20%) dans les cours de mathématique et de sciences lorsque le sujet des panneaux solaires était abordé. La relation entre l'état de santé des étudiants, la performance des élèves, la consommation énergétique et la qualité du milieu bâti des PBE est si importante que pas moins de douze (12) états américains ont adopté des politiques ou des règlements pour améliorer la QAI dans les écoles existantes. Le US Green Building Council prévoit même de développer un guide d'applications LEED nationales pour les écoles en partenariat avec un ensemble varié de parties prenantes (U.S. Green Building Council, 2003). L'amélioration de la QAI dans les écoles est en quelque sorte un legs aux générations et sociétés futures qui cadre tout à fait dans l'esprit du développement durable.

La création d'emploi et l'amélioration de la sécurité des travailleurs

Lorsque bien planifié, avec des méthodes et des matériaux durables, les structures construites peuvent être très bénéfiques pour les communautés et les travailleurs (Chasey et Agrawal, 2013; Hinze, Godfrey et Sullivan, 2013). L'un des avantages sociaux les plus notables est la création d'emplois dans le domaine de la construction, en particulier pour les travailleurs peu qualifiés et/ou les nouveaux travailleurs. Les entreprises de l'industrie de la construction fournissent environ sept pour cent (7 %) des emplois dans le monde, soit vingt-huit pour cent (28 %) des emplois industriels et emploient un effectif d'environ 111 millions d'employés, dont 74 % sont dans les pays à faible revenu. Selon les estimations de la Confédération of International Contractors Association (CICA), en Europe seulement, une réduction de vingt pour cent (20 %) des émissions de GES des bâtiments conduirait à la création de 300 000 emplois permanents dans le secteur de la construction dans les prochains dix ans (UNEP, 2003). Par contre, l'industrie de la construction souffre d'une crise d'image. En effet, selon le Office of Labor Statistics, la moyenne des travailleurs qualifiés de la construction en 2006 étaient de quarante-sept ans (47 ans); l'industrie de la construction fait face à une pénurie de main d'œuvre spécialisée. Cette pénurie de personnel qualifié doit alors être prise en compte lors de la conception des PBE, sans quoi elle pourrait mettre en péril les objectifs écologiques

du projet et même compromettre leur réalisation. De même, la sécurité et les conditions de travail des travailleurs de la construction, ainsi que le flux de main d'œuvre et l'approvisionnement sont des éléments qui doivent être considérés lors de la conception du projet pour améliorer la qualité de vie des travailleurs (Florez, Castro et Medaglia, 2012). Par exemple, un changement de matériaux ou de besoins de stockage peut avoir un impact potentiel sur l'ergonomie des travailleurs lors de la manutention en chantier (Hinze, Godfrey et Sullivan, 2013; Mirsky et Songer, 2009; Qi et al., 2010; Thomas et al., 2003). Les études scientifiques de M. Micheal Horman, sur les ajustements du flux de main d'œuvre et d'équipement par l'entrepreneur en cours de conception peuvent améliorer les délais de livraison du projet jusqu'à quarante-cinq pour cent (45%) et réduire les coûts de projet de sept pour cent (7%) (Thomas et al., 2003). Ainsi, l'entrepreneur doit nécessairement être impliqué lors de la conception pour apporter son expertise sur tous les éléments de conception qui pourraient avoir un lien avec la phase de réalisation.

Également, plusieurs éléments des PBE stimulent la création d'emplois locaux ou régionaux (Chasey et Agrawal, 2013). Par exemple, dans le but de réduire les effets environnementaux du transport, les systèmes d'évaluation des PBE font souvent la promotion de l'utilisation de matériaux locaux et régionaux. De même, plusieurs caractéristiques des PBE, telles que le recyclage ou la réutilisation des matériaux, exigent davantage de main-d'œuvre et augmentent la charge de travail des firmes de consultants. Au surplus, ces caractéristiques vivifient l'économie locale et régionale par la création de nouveaux emplois.

Conclusion

Les bâtiments, particulièrement les PBE, affectent positivement la société par l'amélioration du bien-être des occupants, des travailleurs, par la création d'emploi, mais influencent aussi la communauté dans lequel ils sont mis en œuvre. Les membres des communautés profiteront de l'amélioration du milieu bâti non seulement pour des raisons de santé et d'esthétique, mais également en tant que contribuables. Par exemple, la réduction de la consommation d'eau et d'énergie et l'utilisation des matériaux locaux et l'emplacement des PBE à proximité des

transports en commun réduit la demande pour l'expansion coûteuse d'infrastructure. De plus, à un niveau plus large de la société, les PBE peuvent améliorer la sécurité des communautés, en réduisant leur dépendance à l'importation de combustibles fossiles, par exemple. En fait, selon les auteurs scientifiques, de nombreux éléments moteurs sociaux du changement de paradigme et de l'émergence des PBE produisent des rendements financiers pour les employeurs qui éclipsent les économies associées aux gains de performance mesurables des bâtiments (U.S. Green Building Council, 2003). Ainsi, à mesure que les PBE évoluent et deviennent pratique courante, les administrations publiques municipales, provinciales et fédérales devraient également entraîner des efforts de sensibilisation et de formation pour encourager la mise en œuvre des PBE (Lucuik, 2005).

Les obstacles sociaux du changement de paradigme

Le contenu de la sous-annexe précédente entreprend la revue de littérature de quelques éléments moteurs sociaux, mais il fait également référence à quelques obstacles sociaux au changement de paradigme tel que le syndrome du bâtiment mal sain et la pénurie d'emplois spécialisés dans le domaine des PBE. Déjà en 1999, Landman (1999) citait plusieurs des obstacles sociaux qui semblent encore aujourd'hui être d'actualité en raison de la nature évolutive, non révolutionnaire et lente à changer des intervenants de la construction qui ont tendance à être réfractaires au risque et portés vers le statu quo. La sous-annexe suivante expose donc quelques-uns des obstacles sociaux tirés de la littérature scientifique.

Le manque d'intérêt des intervenants de la construction

Selon l'étude de Landman (1999) deux des trois obstacles les plus importants à la pratique de PBE plus répandus sont à caractère éducatif ou économique, soit le manque d'intérêt ou de demande pour le bâtiment durable par les clients (propriétaires/développeurs) soit un manque de formation et d'éducation en conception/construction durable; les coûts plus élevés (à la fois réelles et perçues) du bâtiment durable. De nombreux obstacles sont une combinaison de ces deux catégories (Ruano et Cruzado, 2012). Le manque d'intérêt des intervenants de

l'industrie de la construction et du grand public figure parmi ses obstacles majeurs. Les principales causes du manque d'intérêt sont: (1) le manque d'éducation ou de sensibilisation sur ce qu'est vraiment un PBE, et (2) les préoccupations économiques et financières. Il a déjà été démontré que dans bien des cas que les préoccupations financières sont lié à une mauvaise perception des surcoûts puisqu'ils peuvent être considérablement réduits et même évités lorsque la bonne approche et le bon processus de livraison est utilisé. Pour changer les comportements et encourager la pratique courante du PBE, il est essentiel de mettre en place des activités de formation et de sensibilisation auprès de tout les segments de la société sur la nécessité de mettre en œuvre le changement de paradigme et encourager la pratique courante des PBE, et ce auprès de tous les intervenants de l'industrie de la construction (Landman, 1999).

Le manque de formation des intervenants de la construction

Lorsque les intervenants de l'industrie de la construction ont été invités à énumérer les programmes éducationnels qui serait les plus efficaces pour promouvoir la mise en œuvre des PBE, les suggestions suivantes ont été soumises : les projets modèles, les lignes directrices, les révisions des normes de construction, la couverture médiatique et les activités de formation continue, telles que les séminaires, les ateliers et les conférences. À ce sujet, il y a un nombre croissant d'associations professionnelles qui travaillent à promouvoir des politiques et des pratiques de conception et de construction écologique. Par exemple, L'American Institute of Architects, The National Association of Home Builders, The American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) sont maintenant des leaders de la formation de la construction écologique (Ruano et Cruzado, 2012; U.S. Green Building Council, 2003). Toutefois, Landman (1999) rapporte que beaucoup de ces programmes éducationnels, de même que les politiques gouvernementales, sont trop vagues pour fournir une aide concrète et n'ont pas de définition commune de ce qu'est un PBE. Les programmes éducationnels doivent donc être reformulés afin d'être standardisés et d'éviter que les actions de mise en œuvre de PBE se dirigent dans tous les sens sans résultats collectifs tangibles (Ruano et Cruzado, 2012). Jusqu'à présent, le

programme de certificat LEED (Leadership in Energy and Environmental Design développé par le US Green Building Council) est sans doute le plus proche de devenir une norme institutionnalisée en raison des exigences de rendement qu'il offre plutôt que des prescriptions rigides ou des méthodes strictes. Par contre, pour un maximum de résultats, les efforts de sensibilisation des associations professionnelles et les groupes environnementaux doivent être réalisés en partenariat avec les autorités gouvernementales (Landman, 1999). Cependant, le Canada ne dispose pas de loi ou d'incitatif financier important pour les particuliers équivalents à l'Energy Policy Act utilisé aux États-Unis (CCE, 2008). Par conséquent, l'expansion rapide de la construction écologique dans certaines régions menace d'aggraver le problème de pénurie de travailleurs qualifiés et d'accroître ainsi l'impact des insuffisances du processus de livraison traditionnel, et le manque d'expérience et de connaissances des concepteurs. Dès lors, les intervenants possédant les qualifications s'engageront dans une recherche du client le plus offrant ce qui augmentera systématiquement les honoraires de services des professionnels et les coûts des PBE (CCE, 2008). Les contrats basés sur la performance globale, présentés plus tôt, s'offrent alors comme une solution des plus intéressantes pour freiner cette ségrégation.

Il y a toutefois d'autres solutions issues de la formation des intervenants qui n'ont pas encore été développées. Selon Augenbroe et Pearce (1998), le succès des PBE et du milieu bâti écologique est très dépendant des institutions d'enseignement supérieur. Klotz et Grant (2009) abordent dans ce même sens. Selon eux, la capacité de tenir compte de la dimension sociale est une compétence que les étudiants, chercheurs et professionnels de l'industrie de la construction devraient développer. De toute évidence, les futurs ingénieurs joueront le rôle principal dans l'accomplissement de cette tâche colossale de sensibilisation et de formation de la société et de satisfaire à la demande de l'industrie de la construction à long terme (Mallick, Mathisen et FitzPatrick, 2002).

Le manque de sensibilisation et les allégations fallacieuses

Les intervenants qui ne sont pas traditionnellement issus de l'industrie de la construction forment une part importante de la courbe de l'offre et de la demande des PBE. En effet, les grands décideurs et les intervenants externes au projet n'ont pas encore été convaincus que la conception de PBE est une bonne pratique commerciale et ils ont très peu, voire aucune, connaissance de la définition réelle d'un PBE. Le problème est d'autant plus important que les intervenants de l'industrie de la construction sont souvent mal informés sur la façon d'accéder aux outils et aux informations pour sensibiliser les décideurs (U.S. Green Building Council, 2003).

Au surplus, il circule plusieurs mauvaises informations auprès des décideurs et même auprès des intervenants de l'industrie de la construction, ce qui ajoute au besoin de sensibilisation de tous les membres de la société. C'est ce qu'on appelle l'écoblanchiment. L'écoblanchiment peut, par exemple, être les informations transmises pour un matériau offrant des composantes recyclées mais offrant un piètre bilan éco-énergétique. Un programme d'information ciblé et vigoureux pourrait réduire cette lacune (Lucuik, 2005). Il existe bien des programmes d'accréditation pour les PBE, tel que la certification Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) du Conseil du bâtiment durable du Canada (CaGBC) ou du U.S Green building Council (USGBC), et des programmes d'accréditation de système, tel que ÉnerGuide, ENERGY STAR, le programme Choix environnemental (Éco-Logo) ou GreenSpec, mais ces systèmes présentent de nombreuses faiblesses. Ces programmes souffrent souvent de manque de transparence et d'exactitude. On doit mettre en place des programmes communs et vigoureux d'information ciblée pour enrailler ses obstacles sociaux (Lucuik, 2005). Par contre, la tâche s'annonce ardue tant que les considérations environnementales et sociales seront perçues comme des objectifs concurrents aux objectifs économiques. De plus, sachant que les intervenants de l'industrie de la construction ont historiquement présenté des taux d'innovation relativement lents en raison de la taille, de la fragmentation et la faiblesse des investissements de la recherche, les efforts de sensibilisation doivent cibler les meurs les plus profondes de l'industrie de la construction (U.S. Green Building Council, 2003).

Le financement inadéquat de la recherche

Malgré les preuves solides, tirées des conclusions des recherches scientifiques, que les bâtiments et le milieu bâti peuvent affecter la santé et l'apprentissage des occupants et de la société en générale et que les caractéristiques de conception écologique et les gains de productivité sont incontestablement liés, peu de recherche tente de quantifier ces améliorations et de caractériser les exigences nécessaires pour rencontrer ces bénéfices (U.S. Green Building Council, 2003). Les principaux gouvernements américains accordent moins d'un pour cent (1%) de leurs budgets de consommation d'énergie à la recherche et à l'amélioration énergétique. Comme mentionné plus tôt, la conception, la construction et l'exploitation des bâtiments comptent pour vingt pour cent (20%) de l'économie et pour plus de quarante pour cent (40%) de la consommation d'énergie, de la pollution et des déchets aux États-Unis. Cependant moins d'un pour cent (1%) du budget fédéral de recherche est attribué aux bâtiments (U.S. Green Building Council, 2003). Il est possible de croire que les statistiques sont similaires pour le Canada. À titre de référence, l'Union européenne dépense six fois plus que les États-Unis pour la recherche consacrée au milieu bâti. Les institutions nord-américaines semblent oublier que les coûts énergétiques des bâtiments gouvernementaux ont diminué de vingt-trois pour cent (23%) en vingt ans grâce à l'amélioration de l'efficacité énergétique (U.S. Green Building Council, 2003). Selon Landman (1999), le manque d'investissement dans la recherche est une autre cause de la fragmentation de l'industrie. Selon lui, les gouvernements doivent exercer leur leadership et stimuler la recherche, encourager l'innovation, les programmes incitatifs, le développement, et la mise à jour des normes et réglementations.

Conclusion

Le manque d'intérêt amenuise l'implantation du changement de paradigme et du PBE comme pratique courante dans l'industrie de la construction alors que le manque de sensibilisation et de recherche encourage le statu quo. Selon les auteurs scientifiques, une refonte de la formation et de l'éducation des professionnels s'inscrit comme la marche à

suivre pour remédier à cet obstacle. Par contre, la nouvelle réalité de l'industrie de la construction nécessite non seulement la formation et l'éducation des intervenants traditionnels de l'industrie de la construction, mais également un effort de sensibilisation des décideurs et des intervenants externes au projet. De plus, de mauvaises informations, l'écoblanchiment, circulent et induisent les décideurs et les intervenants de la construction vers des compréhensions erronées du PBE. Les gouvernements et les associations professionnelles doivent emboîter le pas vers une recrudescence sans précédent de la recherche, de la formation et de la sensibilisation du PBE et de son influence sur son environnement, le milieu bâti.

Conclusion de l'annexe

La jeunesse de l'industrie du PBE et le manque d'information élargie des intervenants de l'industrie de la construction ont engendré une série d'obstacles au changement de paradigme et à la pratique courante du PBE. Par contre, de plus en plus d'intervenants documentent et mettent en œuvre des efforts de sensibilisation pour promouvoir les éléments moteurs du changement de paradigme. C'est d'ailleurs, cette sensibilisation soutenue qui jusqu'ici a assuré la croissance des PBE et c'est elle qui continuera de l'accroître. Toutefois, les prochaines étapes de cette sensibilisation doivent impliquer les établissements d'enseignement supérieurs, les associations professionnelles et les gouvernements pour établir les fondements solides, définis et clairs du changement de paradigme. Ces institutions doivent mettre en œuvre des efforts collectifs et des stratégies, des définitions et des approches communes sous une même direction. Les professionnels, particulièrement les ingénieurs et les architectes, ont une formidable opportunité et responsabilité de mettre en œuvre des solutions pour un monde meilleur (Russell et al., 2007).

ANNEXE V

ÉTUDE QUALITATIVE

L'initiative -

LI-04-01 2019

La présente étude qualitative du processus de livraison de projet de bâtiment écologique analyse des pratiques de gestion de projet des intervenants de l'industrie de la construction.

Bonjour et bienvenu à cette étude du processus de livraison de projet de bâtiment écologique sur les pratiques de gestion de projet professionnel.

Tel que vous avez été informé, la présente étude qualitative s'effectuera dans le cadre du mémoire de recherche de M. Gabriel Byles, étudiante à l'École de Technologie Supérieure. L'étude qualitative a pour objectifs de :

1. contribuer à la compréhension des résultats et des défis organisationnels d'un projet de bâtiment écologique et d'encourager les intervenants à accepter et/ou partager leurs pratiques et leurs connaissances de la gestion de projet de bâtiment écologique.
2. valider dans leurs pratiques les intervenants de l'industrie de la construction au Québec appliquent les lignes directrices et les conclusions des études scientifiques publiées à ce jour en ce qui concerne le processus de livraison associé au nouveau paradigme et ainsi créer une base de connaissances sur la pratique des intervenants de la construction éco-écologique.
3. identifier les opportunités d'amélioration à court et moyen terme pour les professionnels œuvrant dans le domaine.

Nous espérons que cette démarche vous sera agréable et instructive tout autant qu'elle l'est pour nous. De même aussi, nous vous remercions sincèrement du temps que vous portez à cette étude.

Il y a 17 questions dans ce questionnaire.

Catégorisation du répondant

La présente section vise à catégoriser les répondants au questionnaire pour permettre d'établir les statistiques minimales de l'étude.

1 [CDR001] Veuillez sélectionner le type d'entreprise pour laquelle vous œuvrez. *

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Firma professionnelle
- Entrepreneur / Fournisseur
- Donneur d'ouvrage / Client
- Autre type d'entreprise

DicoSurvey -

17-09-2017 11:52

une vision holistique des systèmes du bâtiment auprès des intervenants dès les premières étapes du projet	<input type="radio"/>				
De diffuser aux intervenants les objectifs du projet dès les premières étapes du projet	<input type="radio"/>				
D'utiliser un processus de livraison alternatif adapté au projet de bâtiment écologique	<input type="radio"/>				
De débiter la mise en route du projet dès l'étape de conception	<input type="radio"/>				
Que tous les équipements soient mis en route comme un tout	<input type="radio"/>				

4 [APL004]

Basé sur votre expérience de travail sur des projets de bâtiment écologique, quelle importance accordez-vous, ... à la diffusion des objectifs globaux / communs du projet dès les premières étapes du projet pour :

+

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Non applicable	Aucune importance	Peu d'importance	Légère importance	Grande importance
Réduire l'échéancier du projet	<input type="radio"/>				
Réduire les changements en cours de réalisation	<input type="radio"/>				
Augmenter la qualité du produit fini	<input type="radio"/>				
Encourager					

DreStacey

17-09-01 21:52

Innovation	<input type="radio"/>				
Rencontrer les objectifs globaux du projet	<input type="radio"/>				
Respecter le budget initial	<input type="radio"/>				

5 [APL005]

Basé sur votre expérience de travail lors de projet de bâtiment écologique, quelle importance accordez-vous, ...
... à la diffusion des objectifs globaux / communs d'un projet à tous les intervenants (professionnels, entrepreneurs, sous-traitant, fournisseur, communauté locale, etc.) pour :

+

Choisissez la réponse appropriée pour chacun élément :

	Non applicable	Aucune importance	Peu d'importance	Légère importance	Grande importance
Réduire l'échéancier du projet	<input type="radio"/>				
Réduire les changements en cours de réalisation	<input type="radio"/>				
Augmenter la qualité du produit fini	<input type="radio"/>				
Encourager l'innovation	<input type="radio"/>				
Rencontrer les objectifs globaux du projet	<input type="radio"/>				
Respecter le budget initial	<input type="radio"/>				

6 [APL006]

Basé sur votre expérience de travail lors de projet de bâtiment écologique, quelle importance accordez-vous, ...
... à l'utilisation de nouveaux cadres décisionnels (ex : analyse du cycle global et analyse du cycle de vie) pour :

★

Choisissez la réponse appropriée pour chacun élément :

	Non applicable	Aucune importance	Peu d'importance	Légère importance	Grande importance
Réduire l'échéancier du projet	<input type="radio"/>				
Réduire les changements en cours de réalisation	<input type="radio"/>				
Augmenter la qualité du produit fini	<input type="radio"/>				
Encourager l'innovation	<input type="radio"/>				

Dico50007 -

12-09-01 21:52

Rencontrer les objectifs globaux du projet	<input type="radio"/>				
Respecter le budget initial	<input type="radio"/>				

DicoSurvey -

17-09-2017 11:52

Que les intervenants de l'industrie perçoivent l'entrepreneur comme un membre de l'équipe de conception plutôt qu'un simple service de construction

8 [SOP003]

Basé sur votre expérience de travail sur de projet de bâtiment écologique, quelle importance accordez-vous, ... à l'intégration de tous les intervenants dès les premières étapes du projet pour:

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Non-applicable	Aucune importance supplémentaire	Peu d'importance supplémentaire	Légère importance supplémentaire	Grande importance supplémentaire
Réduire l'échéancier du projet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Réduire les changements en cours de réalisation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Augmenter la qualité du produit fini	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Encourager l'innovation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rencounter les objectifs globaux du projet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Respecter le budget initial	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9 [SOP002]

Basé sur votre expérience de travail sur de projet de bâtiment écologique, quelle importance accordez-vous, ... à l'intégration de l'entrepreneur dès les premières étapes du projet pour:

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Non-applicable	Aucune importance supplémentaire	Peu d'importance supplémentaire	Légère importance supplémentaire	Grande importance supplémentaire
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

12 [GCPL003]

Basé sur votre expérience de travail, cre de projet de bâtiment écologique, quelle importance accordez-vous, ...

... à l'organisation des charrettes pour:

*

Classez la réponse appropriée pour chaque élément.

	Non applicable	Aucune importance supplémentaire	Faible importance supplémentaire	Légère importance supplémentaire	Grande importance supplémentaire
Réduire l'échéancier du projet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Réduire les changements en cours de réalisation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Augmenter la qualité du produit fini	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Encourager l'innovation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Concentrer les objectifs globaux du projet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Respecter le budget initial	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Changement de paradigme

La présente section vise à vérifier, dans un contexte pratique, l'importance qu'accorde l les professionnels de l'industrie aux éléments et faits du changement de paradigme relevé dans la littérature scientifique.

13 [CDP001]

Basé sur vos expériences de travail, veuillez sélectionner le degré d'importance qu'accorde chacun des éléments suivants dans le changement de paradigme émergeant du processus de l'raison de bâtiment écologique.

Choisissez la réponse appropriée pour chacun des éléments :

	Non applicable	Aucune importance	Peu d'importance	Légère importance	Grande importance
L'utilisation de nouveaux critères de succès ajoutés aux critères de succès traditionnels (qualité, coût et temps) pour qualifier le succès d'un projet de construction	<input type="radio"/>				
La prise de conscience de l'impact négatif des bâtiments traditionnels sur l'environnement	<input type="radio"/>				
La nature conservatrice de l'industrie de la construction (opposition au changement)	<input type="radio"/>				
La perception des professionnels que les approches écologiques sont en conflit avec les valeurs traditionnelles (opposition au changement)	<input type="radio"/>				

14 [CDP002]

Basé sur vos expériences de travail, veuillez sélectionner le degré d'importance qu'accorde chacun des éléments suivants dans le changement de paradigme émergeant du processus de l'raison de bâtiment écologique.

Choisissez la réponse appropriée pour chacun des éléments :

Non applicable	Aucune importance	Peu d'importance	Légère importance	Grande importance
----------------	-------------------	------------------	-------------------	-------------------

Processus de livraison traditionnel

La présente section vise à identifier, dans un contexte pratique, l'importance qu'accordent les professionnels de l'industrie aux éléments et faits du processus de livraison relevés dans la littérature scientifique.

15 [PLT001]

Dans vos expériences de travail, sélectionnez le degré d'importance des insuffisances du processus de livraison traditionnel suivants relevés dans la littérature scientifique.

Classez la réponse appropriée pour chacun à évaluer.

	Non applicable	Aucune importance	Peu d'importance	Légère importance	Grande importance
La contribution successive des intervenants (La linéarité du processus de livraison traditionnel)	<input type="radio"/>				
Les objectifs spécifiques des intervenants (La fragmentation du processus de livraison traditionnel)	<input type="radio"/>				
Le manque de collaboration (Le manque d'intégration du processus de livraison traditionnel)	<input type="radio"/>				

Informations générales sur le répondant

La présente section vise à catégoriser les répondants au questionnaire pour permettre de bâtir des statistiques supplémentaires du sondage.

16 [AGR001] Veuillez compléter les informations suivantes.

Veillez écrire votre(s) réponse(s) ici :

Nom de l'entreprise	<input type="text"/>
Votre nom	<input type="text"/>
Votre fonction dans l'entreprise	<input type="text"/>

17 [AGR004] Quels est le nombre de projets de bâtiment écologique sur lequel:

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	1	2 à 5	5 à 10	Plus de 10
Votre entreprise a participé	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vous avez participé	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Merci, du temps que vous avez consacré à cette étude et nous vous souhaitons une joyeuse année 2012.

31.12.1969 – 19:00

Envoyer votre questionnaire.
Merci d'avoir complété ce questionnaire.

ANNEXE VI

TABLEAUX DÉTAILLÉS DES RÉSULTATS DE L'ÉTUDE QUALITATIVE

Tableau-A VI-1 Degré d'importance supplémentaire des variables dépendantes lié au changement de paradigme selon le type d'intervenant (CDP001)

Résultats de l'étude qualitative - Changement de paradigme de l'industrie de la construction						
Basé sur vos expériences de travail, veuillez sélectionner le degré d'importance qu'exercent chacun des éléments suivants dans le changement de paradigme émergeant du processus de livraison de bâtiment écologique. (CDP001)						
Variables dépendantes	Degré d'importance supplémentaire					
	Grande importance	Moyenne importance	Peu d'importance	Aucune importance	Non-Applicable	Sans réponse
L'utilisation de nouveaux critères de succès ajoutés aux critères de succès traditionnels (qualité, coût et temps) pour qualifier le succès d'un projet de construction (CDP001 (SQ001))						
Tous les répondants	65%	26%	3%	0%	3%	3%
Donneurs d'ouvrage / clients	86%	0%	14%	0%	0%	0%
Professionnels	65%	25%	0%	0%	5%	5%
Entrepreneurs / Fournisseurs	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenant	100%	0%	0%	0%	0%	0%
La prise de conscience de l'impact négatif des bâtiments traditionnels sur l'environnement (CDP001 (SQ002))						
Tous les répondants	47%	41%	3%	0%	9%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	86%	0%	14%	0%	0%	0%
Professionnels	30%	55%	0%	0%	15%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenant	0%	100%	0%	0%	0%	0%
La nature conservatrice de l'industrie de la construction (opposition au changement) (CDP001 (SQ003))						
Tous les répondants	68%	23%	0%	0%	9%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	80%	5%	0%	0%	15%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenant	100%	0%	0%	0%	0%	0%
La perception des professionnels que les approches écologiques sont en conflit avec les valeurs traditionnelles (opposition au changement)(CDP001 (SQ004))						
Tous les répondants	32%	29%	21%	9%	9%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	0%	0%	100%	0%	0%	0%
Professionnels	20%	50%	0%	15%	15%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenant	100%	0%	0%	0%	0%	0%

Tableau-A VI-2 Degré d'importance supplémentaire des éléments moteurs et des obstacles du changement de paradigme selon le type d'intervenant (CDP002)

Résultats de l'étude qualitative - Changement de paradigme de l'industrie de la construction						
Basé sur vos expériences de travail, veuillez sélectionner le degré d'importance qu'exercent chacun des éléments suivants dans le changement de paradigme émergeant du processus de livraison d'un PBE (CDP002)						
Variables dépendantes	Degré d'importance supplémentaire					
	Grande importance	Moyenne importance	Peu d'importance	Aucune importance	Non-Applicable	Sans réponse
La réduction des polluants atmosphériques, la consommation de l'eau, des ressources naturelles et des déchets, etc. (CDP002 (SQ001))						
Tous les répondants	91%	9%	0%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	85%	15%	0%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Le manque de matériaux véritablement écologiques et de fournisseurs de produits écologiques à proximité des sites (CDP002 (SQ002))						
Tous les répondants	47%	35%	18%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	14%	86%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	55%	15%	30%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Les gains de productivité et la réduction des coûts salariaux, la valeur des propriétés, les incitatifs gouvernementaux, l'amélioration de l'image, etc. (CDP002 (SQ003))						
Tous les répondants	50%	29%	12%	0%	0%	9%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	15%	50%	20%	0%	0%	15%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
La division des budgets d'immobilisations et d'exploitation, le manque d'uniformité des politiques gouvernementales, le statu-quo économique face à l'incertitude, etc. (CDP002 (SQ004))						
Tous les répondants	59%	32%	0%	0%	3%	6%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	30%	55%	0%	0%	5%	10%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
L'amélioration des résultats scolaires, des résultats des patients dans les hôpitaux, l'augmentation de l'embauche locale et la promotion du transport en commun, etc. (CDP002 (SQ005))						
Tous les répondants	29%	47%	12%	0%	9%	3%
Donneurs d'ouvrage / clients	86%	0%	0%	0%	0%	14%
Professionnels	0%	65%	20%	0%	15%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Le manque de sensibilisation, de formation et d'éducation des intervenants de la construction, le manque de main d'oeuvre spécialisé, etc. (CDP002 (SQ006))						
Tous les répondants	56%	41%	0%	0%	3%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	60%	35%	0%	0%	5%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%

Tableau-A VI-3 Degré d'importance supplémentaire des outils contribuant à l'émergence du processus de livraison d'un PBE comme pratique courante selon le type de répondants (APL001)

Résultats de l'étude qualitative - Attributs du processus de livraison d'un PBE						
Pour que les PBE deviennent pratique courante pour l'industrie de la construction au Québec, à quel degré est-il important de développer et d'utiliser :						
Outils du processus de livraison d'un PBE	Degré d'importance supplémentaire					
	Grande importance	Moyenne importance	Peu d'importance	Aucune importance	Non-Applicable	Sans réponse
De nouveaux cadres décisionnels plus précis et plus accessibles (ex.: analyse du coût global et analyse du cycle de vie) (APL001 (1))						
Tous les répondants	79%	12%	9%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	43%	57%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	65%	20%	15%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenant	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Des bases de données fiables pour rendre l'utilisation de nouveaux cadres décisionnels accessible (APL001 (2))						
Tous les répondants	68%	23%	9%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	43%	57%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	80%	5%	15%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenant	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Un processus de livraison spécifique au projet de bâtiment écologique (ex.: conception intégrée, etc.) (APL001 (3))						
Tous les répondants	62%	38%	0%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	55%	45%	0%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenant	100%	0%	0%	0%	0%	0%

Tableau-A VI-4 Degré d'importance supplémentaire des attributs du processus de livraison d'un PBE selon le type d'intervenants (APL002)

Résultats de l'étude qualitative - Attributs essentiels du processus de livraison d'un PBE						
Par rapport à un projet de bâtiment traditionnel (non écologique), à quel degré est-il plus important, pour la réussite d'un projet de bâtiment écologique :						
Attribut du processus de livraison d'un PBE	Degré d'importance supplémentaire					
	Grande importance Suppl.	Moyenne importance Suppl.	Peu d'importance Suppl.	Aucune importance Suppl.	Non-Applicable	Sans réponse
D'implanter une vision holistique des systèmes du bâtiment auprès des intervenants dès les premières étapes du projet (APL002 (1))						
Tous les répondants	62%	38%	0%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	55%	45%	0%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenant	100%	0%	0%	0%	0%	0%
De diffuser aux intervenants les objectifs du client dès les premières étapes du projet (APL002 (2))						
Tous les répondants	68%	23%	9%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	42%	57%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	85%	0%	15%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenant	0%	100%	0%	0%	0%	0%
D'utiliser un processus de livraison alternatif adapté au projet de bâtiment écologique (APL002 (3))						
Tous les répondants	15%	67%	9%	0%	9%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	20%	50%	15%	0%	15%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	25%	75%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenant	100%	0%	0%	0%	0%	0%
De débiter la mise en route des systèmes du bâtiment dès l'étape de conception (APL002 (4))						
Tous les répondants	62%	20%	9%	0%	9%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	55%	15%	15%	0%	15%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	75%	25%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenant	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Que tous les équipements soient mis en route comme un tout (APL002 (5))						
Tous les répondants	50%	32%	9%	0%	9%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	50%	20%	15%	0%	15%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenant	0%	100%	0%	0%	0%	0%

Tableau-A VI-5 Degré d'importance supplémentaire des attributs du processus de livraison pour la rencontre des critères de succès d'un PBE selon le type d'intervenants (APL004)

Résultats de l'étude qualitative - Attributs du processus de livraison d'un PBE						
Par rapport à un projet de bâtiment traditionnel (non écologique), à quel degré est-il plus important, pour la réussite d'un projet de bâtiment écologique ... à la diffusion des objectifs du client dès les premières étapes du projet (APL004)						
Variables dépendantes / Critères de succès d'un PBE	Degré d'importance supplémentaire					
	Grande Importance Suppl.	Moyenne importance Suppl.	Peu d'importance Suppl.	Aucune importance Suppl.	Non-Applicable	Sans réponse
Réduire l'échéancier du projet (APL004 (001))						
Tous les répondants	32%	27%	32%	0%	9%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	43%	0%	57%	0%	0%	0%
Professionnels	20%	30%	35%	0%	15%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Réduire les changements en cours de réalisation (APL004 (002))						
Tous les répondants	50%	41%	0%	0%	9%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	43%	57%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	55%	30%	0%	0%	15%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Augmenter la qualité du produit fini (APL004 (003))						
Tous les répondants	85%	0%	0%	9%	6%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	75%	0%	0%	15%	10%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Encourager l'innovation (APL004 (004))						
Tous les répondants	62%	29%	0%	9%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	50%	35%	0%	15%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Rencontre des objectifs globaux du projet (APL004 (005))						
Tous les répondants	88%	12%	0%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	85%	15%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	85%	15%	0%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Respect du budget initial (APL004 (006))						
Tous les répondants	71%	29%	0%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	43%	57%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	70%	30%	0%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%

Tableau-A VI-6 Degré d'importance supplémentaire de débiter la mise en route du projet dès les étapes de conception pour la rencontre des critères de succès d'un PBE selon le type d'intervenant (APL005)

Résultats de l'étude qualitative - Attributs du processus de livraison d'un PBE						
Par rapport à un projet de bâtiment traditionnel (non écologique), à quel degré est-il plus important, pour la réussite d'un projet de bâtiment écologique ... débiter la mise en route du projet dès l'étape de conception (APL005)						
Variables dépendantes / Critères de succès d'un PBE	Degré d'importance supplémentaire					
	Grande importance Suppl.	Moyenne importance Suppl.	Peu d'importance Suppl.	Aucune importance Suppl.	Non-Applicable	Sans réponse
Réduire l'échéancier du projet (APL005 (001))						
Tous les répondants	18%	50%	23%	0%	9%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	43%	0%	57%	0%	0%	0%
Professionnels	15%	50%	20%	0%	15%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Réduire les changements en cours de réalisation (APL005 (002))						
Tous les répondants	50%	41%	0%	0%	9%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	43%	57%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	55%	30%	0%	0%	15%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Augmenter la qualité du produit fini (APL005 (003))						
Tous les répondants	82%	0%	0%	9%	9%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	70%	0%	0%	15%	15%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Encourager l'innovation (APL005 (004))						
Tous les répondants	62%	29%	0%	9%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	50%	35%	0%	15%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Rencontre des objectifs globaux du projet (APL005 (005))						
Tous les répondants	71%	29%	0%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	43%	57%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	70%	30%	0%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Respect du budget initial (APL005 (006))						
Tous les répondants	71%	29%	0%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	43%	57%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	70%	30%	0%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%

Tableau-A VI-7 Le degré d'importance supplémentaire de mettre en service les équipements comme un tout pour la rencontre des critères de succès d'un PBE selon le type d'intervenant (APL006)

Résultats de l'étude qualitative - Attributs du processus de livraison d'un PBE						
Par rapport à un projet de bâtiment traditionnel (non écologique), à quel degré est-il plus important, pour la réussite d'un projet de bâtiment écologique ... de mettre en service les équipements comme un tout (APL006)						
Variables dépendantes / Critères de succès d'un PBE	Degré d'importance supplémentaire					
	Grande importance Suppl.	Moyenne importance Suppl.	Peu d'importance Suppl.	Aucune importance Suppl.	Non-Applicable	Sans réponse
Réduire l'échéancier du projet (APL006 (001))						
Tous les répondants	0%	41%	59%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	0%	57%	43%	0%	0%	0%
Professionnels	0%	15%	85%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Réduire les changements en cours de réalisation (APL006 (002))						
Tous les répondants	29%	33%	29%	0%	9%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	0%	57%	43%	0%	0%	0%
Professionnels	35%	15%	35%	0%	15%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Augmenter la qualité du produit fini (APL006 (003))						
Tous les répondants	62%	9%	20%	0%	9%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	35%	15%	35%	0%	15%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Encourager l'innovation (APL006 (004))						
Tous les répondants	50%	21%	29%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	30%	20%	50%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Rencontre des objectifs globaux du projet (APL006 (005))						
Tous les répondants	44%	35%	21%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	20%	45%	35%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Respect du budget initial (APL006 (006))						
Tous les répondants	32%	30%	38%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	43%	57%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	20%	15%	65%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	0%	100%	0%	0%	0%	0%

Tableau-A VI-8 Degré d'importance supplémentaire des caractéristiques de la structure organisationnel du processus de livraison d'un projet de bâtiment écologique selon le type d'intervenant (SOP001)

Résultats de l'étude qualitative - Structure organisationnelle du processus de livraison d'un PBE						
Par rapport à un projet de bâtiment traditionnel (non écologique), à quel degré est-il plus important, pour la réussite d'un projet de bâtiment écologique ...						
Variables dépendantes	Degré d'importance supplémentaire					
	Grande importance Suppl.	Moyenne importance Suppl.	Peu d'importance Suppl.	Aucune importance Suppl.	Non-Applicable	Sans réponse
Que la collaboration et la synergie entre les différents intervenants soient accrues (SOP001(1))						
Tous les répondants	82%	0%	18%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	70%	0%	30%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Que tous les intervenants soient intégrés dès les premières étapes du projet (SOP001(2))						
Tous les répondants	79%	12%	9%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	85%	0%	15%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Que chaque intervenant comprenne davantage le travail des autres membres du projet (SOP001(3))						
Tous les répondants	91%	0%	9%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	85%	0%	15%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Que le processus de conception intégrée soit utilisé (SOP001(4))						
Tous les répondants	64%	18%	18%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	40%	30%	30%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Que l'équipe du projet possède une expérience accrue (SOP001(5))						
Tous les répondants	53%	47%	0%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	35%	65%	0%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Que les intervenants de l'industrie perçoivent l'entrepreneur comme un membre de l'équipe de conception plutôt qu'un simple service de construction (SOP001(6))						
Tous les répondants	62%	29%	9%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	35%	50%	15%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%

Tableau-A VI-9 Le degré d'importance supplémentaire que tous les intervenants soient intégrés dès les premières étapes du projet pour la rencontre des critères de succès d'un PBE selon le type d'intervenant (SOP002)

Résultats de l'étude qualitative - Structure organisationnelle du processus de livraison de PBE						
Par rapport à un projet de bâtiment traditionnel (non écologique), à quel degré est-il plus important, pour la réussite d'un projet de bâtiment écologique ... Que tous les intervenants soient intégrés dès les premières étapes du projet (SOP002)						
Variables dépendantes / Critères de succès d'un PBE	Degré d'importance supplémentaire					
	Grande importance Suppl.	Moyenne importance Suppl.	Peu d'importance Suppl.	Aucune importance Suppl.	Non-Applicable	Sans réponse
Réduire l'échéancier du projet (SOP002 (001))						
Tous les répondants	65%	32%	3%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	60%	35%	5%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Réduire les changements en cours de réalisation (SOP002 (002))						
Tous les répondants	82%	9%	9%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	70%	15%	15%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Augmenter la qualité du produit fini (SOP002 (003))						
Tous les répondants	53%	26%	21%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	20%	45%	35%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Encourager l'innovation (SOP002 (004))						
Tous les répondants	53%	26%	21%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	20%	45%	35%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Rencontre des objectifs globaux du projet (SOP002 (005))						
Tous les répondants	73%	18%	9%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	55%	30%	15%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Respect du budget initial (SOP002 (006))						
Tous les répondants	71%	20%	9%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	50%	35%	15%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%

Tableau-A VI-10 Le degré d'importance supplémentaire que la collaboration et la synergie entre les différents intervenants soient accrues pour la rencontre des critères de succès PBE selon le type d'intervenant (SOP003)

Résultats de l'étude qualitative - Structure organisationnel du processus de livraison d'un PBE						
Par rapport à un projet de bâtiment traditionnel (non écologique), à quel degré est-il plus important, pour la réussite d'un projet de bâtiment écologique ... Que la collaboration et la synergie entre les différents intervenants soient accrues (SOP003)						
Variables dépendantes / Critères de succès d'un PBE	Degré d'importance supplémentaire					
	Grande importance Suppl.	Moyenne importance Suppl.	Peu d'importance Suppl.	Aucune importance Suppl.	Non-Applicable	Sans réponse
Réduire l'échéancier du projet (SOP003 (001))						
Tous les répondants	47%	38%	15%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	45%	30%	25%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Réduire les changements en cours de réalisation (SOP003 (002))						
Tous les répondants	79%	12%	9%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	85%	0%	15%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Augmenter la qualité du produit fini (SOP003 (003))						
Tous les répondants	82%	18%	0%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	70%	30%	0%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Encourager l'innovation (SOP003 (004))						
Tous les répondants	62%	38%	0%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	50%	50%	0%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Rencontre des objectifs globaux du projet (SOP003 (005))						
Tous les répondants	74%	26%	0%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	55%	45%	0%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Respect du budget initial (SOP003 (006))						
Tous les répondants	74%	26%	0%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	55%	45%	0%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%

Tableau-A VI-11 Degré d'importance supplémentaire des attributs de la gestion de la connaissance dans le processus de livraison d'un PBE (GCPL001)

Résultats de l'étude qualitative - Gestion des connaissances dans le processus de livraison d'un PBE						
Par rapport à un projet de bâtiment traditionnel (non écologique), à quel degré est-il plus important, lors d'un projet de bâtiment écologique ... (GCPL001)						
Variables dépendantes	Degré d'importance supplémentaire					
	Grande importance Suppl.	Moyenne importance Suppl.	Peu d'importance Suppl.	Aucune importance Suppl.	Non-Applicable	Sans réponse
Que les intervenants mettent en commun leurs connaissances et leurs expériences de projet (GCPL001(1))	65%	26%	9%	0%	0%	0%
D'effectuer une cueillette, une gestion des connaissances et un échange d'information (GCPL001(2))	56%	35%	9%	0%	0%	0%
Que l'équipe du projet prenne en compte les secteurs d'activités extrinsèques à la construction (GCPL001(3))	74%	9%	9%	0%	8%	0%
Que les concepteurs possèdent et/ou améliorent leurs connaissances et leurs expériences de la construction (GCPL001(4))	53%	47%	0%	0%	0%	0%
Que les décisions et les données, à chacune des étapes du projet, soient documentées, dans le but d'être réutilisées lors de prochains projets (GCPL001(5))	71%	20%	9%	0%	0%	0%
D'intégrer le principe de constructibilité dès les premières étapes du projet (GCPL001(6))	79%	12%	0%	0%	9%	0%
De mettre en pratique les procédés Lean (GCPL001(7))	9%	73%	0%	3%	15%	0%

Tableau-A VI-12 Degré d'importance supplémentaire des attributs de la gestion de la connaissance dans le processus de livraison d'un PBE selon le type d'intervenant (GCPL001)

Résultats de l'étude qualitative - Gestion des connaissances dans le processus de livraison d'un PBE						
Par rapport à un projet de bâtiment traditionnel (non écologique), à quel degré est-il plus important, lors d'un projet de bâtiment écologique ... (GCPL001)						
Variables dépendantes	Degré d'importance supplémentaire					
	Grande importance suppl.	Moyenne importance suppl.	Peu d'importance suppl.	Aucune importance suppl.	Non-Applicable	Sans réponse
Que les intervenants mettent en commun leurs connaissances et leurs expériences de projet (GCPL001(1))						
Tous les répondants	65%	26%	9%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	55%	30%	15%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	0%	100%	0%	0%	0%	0%
D'effectuer une cueillette, une gestion des connaissances et un échange d'information (GCPL001(2))						
Tous les répondants	56%	35%	9%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	40%	45%	15%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Que l'équipe du projet prenne en compte les secteurs d'activités extrinsèques à la construction (GCPL001(3))						
Tous les répondants	74%	9%	9%	0%	8%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	55%	15%	15%	0%	15%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Que les concepteurs possèdent et/ou améliorent leurs connaissances et leurs expériences de la construction (GCPL001(4))						
Tous les répondants	53%	47%	0%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	35%	65%	0%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	0%	100%	0%	0%	0%	0%
[Que les décisions et les données, à chacune des étapes du projet, soient documentées, dans le but d'être réutilisées lors de prochains projets (GCPL001(5))						
Tous les répondants	71%	20%	9%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	50%	35%	15%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
D'intégrer le principe de constructibilité dès les premières étapes du projet (GCPL001(6))						
Tous les répondants	79%	12%	0%	0%	9%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	65%	20%	0%	0%	15%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
De mettre en pratique les procédés Lean (GCPL001(7))						
Tous les répondants	9%	73%	0%	3%	15%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	15%	55%	0%	5%	25%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	0%	100%	0%	0%	0%	0%

Tableau-A VI-13 Degré d'importance de la mise en place de nouveaux procédés d'échange d'information et de documentation entre les intervenants (GCPL002)

Résultats de l'étude qualitative - Gestion des connaissances dans le processus de livraison d'un PBE						
Basé sur vos expériences de travail, lors de projet de bâtiment écologique quelle importance accordez-vous, à la mise en place de nouveaux procédés d'échange d'information et de documentation entre les intervenants pour: (GCPL002)						
Variables dépendantes	Degré d'importance supplémentaire					
	Grande importance	Moyenne importance	Peu d'importance	Aucune importance	Non-Applicable	Sans réponse
Réduire l'échéancier du projet (GCPL002 (001))	50%	24%	26%	0%	0%	0%
Réduire les changements en cours de réalisation (GCPL002 (002))	62%	20%	18%	0%	0%	0%
Augmenter la qualité du produit fini (GCPL002 (003))	62%	20%	18%	0%	0%	0%
Encourager l'innovation (GCPL002 (004))	59%	32%	9%	0%	0%	0%
Rencontre des objectifs globaux du projet (GCPL002 (005))	56%	35%	9%	0%	0%	0%
Respect du budget initial (GCPL002 (006))	74%	0%	26%	0%	0%	0%

Tableau-A VI-14 Degré d'importance de la mise en place de nouveaux procédés d'échange d'information et de documentation selon le type d'intervenant (GCPL002)

Résultats de l'étude qualitative - Gestion des connaissances dans le processus de livraison d'un PBE						
Basé sur vos expériences de travail, lors de projet de bâtiment écologique quelle importance accordez-vous, à la mise en place de nouveaux procédés d'échange d'information et de documentation entre les intervenants pour:(GCPL002)						
Variables dépendantes / Critères de succès d'un PBE	Degré d'importance					
	Grande importance	Moyenne importance	Peu d'importance	Aucune importance	Non-Applicable	Sans réponse
Réduire l'échéancier du projet (GCPL002 (001))						
Tous les répondants	50%	24%	26%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	35%	20%	45%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Réduire les changements en cours de réalisation (GCPL002 (002))						
Tous les répondants	62%	20%	18%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	55%	15%	30%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Augmenter la qualité du produit fini (GCPL002 (003))						
Tous les répondants	62%	20%	18%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	55%	15%	30%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Encourager l'innovation (GCPL002 (004))						
Tous les répondants	59%	32%	9%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	50%	35%	15%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Rencontre des objectifs globaux du projet (GCPL002 (005))						
Tous les répondants	56%	35%	9%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	40%	45%	15%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Respect du budget initial (GCPL002 (006))						
Tous les répondants	74%	0%	26%	0%	0%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	55%	0%	45%	0%	0%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%

Tableau-A VI-15 Degré d'importance de la tenue de charrette (GCP003)

Résultats de l'étude qualitative - Gestion des connaissances dans le processus de livraison d'un PBE						
Basé sur vos expériences de travail, lors de projet de bâtiment écologique quelle importance accordez-vous, à la tenue de charrettes pour: (GCPL003)						
Variables dépendantes	Degré d'importance					
	Grande importance	Moyenne importance	Peu d'importance	Aucune importance	Non-Applicable	Sans réponse
Réduire l'échéancier du projet (GCPL003 (001))	21%	41%	20%	9%	9%	0%
Réduire les changements en cours de réalisation (GCPL003 (002))	44%	26%	21%	0%	9%	0%
Augmenter la qualité du produit fini (GCPL003 (003))	44%	26%	21%	0%	9%	0%
Encourager l'innovation (GCPL003 (004))	70%	9%	12%	0%	9%	0%
Rencontre des objectifs globaux du projet (GCPL003 (005))	44%	21%	26%	0%	9%	0%
Respect du budget initial (GCPL003 (006))	44%	23%	12%	9%	9%	3%

Tableau-A VI-16 Degré d'importance supplémentaire de la tenue de charrette selon le type d'intervenant (GCP003)

Résultats de l'étude qualitative - Gestion des connaissances dans le processus de livraison d'un PBE						
Basé sur vos expériences de travail, lors de projet de bâtiment écologique quelle importance accordez-vous, à l'organisation des charrettes pour: (GCPL003)						
Variables dépendantes / Critères de succès d'un PBE	Degré d'importance					
	Grande importance	Moyenne importance	Peu d'importance	Aucune importance	Non-Applicable	Sans réponse
Réduire l'échéancier du projet (GCPL003 (001))						
Tous les répondants	21%	41%	20%	9%	9%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	0%	35%	35%	15%	15%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Réduire les changements en cours de réalisation (GCPL003 (002))						
Tous les répondants	44%	26%	21%	0%	9%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	20%	30%	35%	0%	15%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Augmenter la qualité du produit fini (GCPL003 (003))						
Tous les répondants	44%	26%	21%	0%	9%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	20%	15%	50%	0%	15%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	0%	0%	100%	0%	0%	0%
Encourager l'innovation (GCPL003 (004))						
Tous les répondants	70%	9%	12%	0%	9%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	50%	15%	20%	0%	15%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Rencontre des objectifs globaux du projet (GCPL003 (005))						
Tous les répondants	44%	21%	26%	0%	9%	0%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	20%	35%	30%	0%	15%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	0%	0%	100%	0%	0%	0%
Respect du budget initial (GCPL003 (006))						
Tous les répondants	44%	23%	12%	9%	9%	3%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	20%	25%	20%	15%	15%	5%
Entrepreneurs / Fournisseurs	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Autres types d'intervenants	0%	100%	0%	0%	0%	0%

ANNEXE VII

PRÉSENTATION DES RÉSULTATS AUX QUESTIONS FACULTATIVES DE L'ÉTUDE QUALITATIVE

La présente annexe expose les résultats aux questions facultatives de l'étude qualitative qui traitent de sujets dont la littérature scientifique a déjà démontré la véracité par plusieurs études scientifiques. Ainsi, dans le présent document, les données recueillies dans la revue de littérature concernant les insuffisances du processus de livraison traditionnels dans le cadre d'un projet de bâtiment écologique (PLT001) sont considérées exactes et applicables au contexte québécois.

Toutefois, les résultats enregistrés lors de l'étude qualitative permettent d'obtenir la perception des intervenants de l'industrie de la construction.

Les insuffisances du processus de livraison traditionnel

Les résultats obtenus lors de l'étude qualitative en lien avec les insuffisances du processus de livraison traditionnel relevés dans la littérature scientifique dans le cadre d'un projet de bâtiment écologique sont présentés au Tableau-A VII-1 et Tableau -A VII-2. Les participants sont d'avis, dans une proportion de cinquante six pour cent (56%), que la contribution successive des intervenants (Linéarité du processus de livraison) (PLT001 (SQ001)) est d'une grande importance dans le cadre du processus de livraison d'un PBE. Parmi les participants, cinquante pour cent (50%) des professionnels et des entrepreneurs / fournisseurs ont voté en faveur d'une grande importance. Conséquemment, la moitié de ces intervenants croient également soit que cette variable dépendante est de moyenne importance, non applicable ou simplement sans réponse.

Selon les intervenants ayant participé à l'étude qualitative, les variables dépendantes suivantes ont enregistrés un degré d'importance identique de moyenne importance, mais dans des proportions différentes : les objectifs spécifiques des intervenants (La fragmentation du

processus de livraison) (PLT001 (SQ002)), le manque de collaboration (Le manque d'intégration du processus de livraison) (CDP002 (SQ003)). L'analyse détaillée des résultats montre que les participants ont remis des résultats identiques à ces deux variables dépendantes à l'exception des donneurs d'ouvrage / clients. Les membres de type d'intervenant ont respectivement voté à l'unanimité en faveur d'une grande et d'une moyenne importance pour la variable dépendante (PLT001 (SQ002)) et (PLT001 (SQ003)).

Tableau-A VII-1 - Degré d'importance des variables dépendantes des insuffisances du processus de livraison traditionnel selon le type d'intervenant (PLT001)

Résultats de l'étude qualitative - Processus de livraison traditionnel						
Basé sur vos expériences de travail, sélectionnez le degré d'importance des insuffisances du processus de livraison traditionnel relevé dans la littérature scientifique. (PLT001)						
Variables dépendantes	Degré d'importance					
	Grande importance	Moyenne importance	Peu d'importance	Aucune importance	Non-Applicable	Sans réponse
La contribution successive des intervenants (La linéarité du processus de livraison traditionnel) (PLT001 (SQ001))	56%	32%	0%	0%	9%	3%
Les objectifs spécifiques des intervenants (La fragmentation du processus de livraison traditionnel) (PLT001 (SQ002))	29%	59%	0%	0%	9%	3%
[Le manque de collaboration (La manque d'intégration du processus de livraison traditionnel) (PLT001 (SQ003))	18%	70%	0%	0%	9%	3%

Tableau -A VII-2 - Degré d'importance des variables dépendantes des insuffisances du processus de livraison traditionnel selon le type d'intervenant (PLT001)

Résultats de l'étude qualitative - Processus de livraison traditionnel						
Basé sur vos expériences de travail, sélectionnez le degré d'importance des insuffisances du processus de livraison traditionnel relevé dans la littérature scientifique. (PLT001)						
Variables dépendantes	Degré d'importance					
	Grande importance	Moyenne importance	Peu d'importance	Aucune importance	Non-Applicable	Sans réponse
La contribution successive des intervenants (La linéarité du processus de livraison traditionnel) (PLT001 (SQ001))						
Tous les répondants	56%	32%	0%	0%	9%	3%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	50%	35%	0%	0%	15%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	50%	25%	0%	0%	0%	25%
Autres types d'intervenants	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Les objectifs spécifiques des intervenants (La fragmentation du processus de livraison traditionnel (PLT001 (SQ002))						
Tous les répondants	29%	59%	0%	0%	9%	3%
Donneurs d'ouvrage / clients	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	15%	70%	0%	0%	15%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	0%	75%	0%	0%	0%	25%
Autres types d'intervenants	0%	100%	0%	0%	0%	0%
[Le manque de collaboration (La manque d'intégration du processus de livraison traditionnel) (PLT001 (SQ003))						
Tous les répondants	18%	70%	0%	0%	9%	3%
Donneurs d'ouvrage / clients	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Professionnels	15%	70%	0%	0%	15%	0%
Entrepreneurs / Fournisseurs	0%	75%	0%	0%	0%	25%
Autres types d'intervenants	0%	100%	0%	0%	0%	0%

BIBLIOGRAPHIE

- Acharya, Nirmal Kumar, Young Dai Lee, Soo Yong Kim et Jung Ki Kim. 2006. « Teamwork and job satisfaction in construction projects ». In. (Istanbul, Turkey) Vol. 3, p. 1147-1156. Coll. « Portland International Conference on Management of Engineering and Technology »: Portland State University.
< <http://dx.doi.org/10.1109/PICMET.2006.296683> >.
- Anon. 1991. « Constructability and constructability programs. White paper ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 117, n° 1, p. 67-89.
- Augenbroe, Godfried, et Annie R. Pearce. 1998. *Sustainable Construction in the United States of America: A perspective to the year 2010*. National Report 14: College of Architecture, Georgia Institute of technology, 32 p.
- Bal, Menoka, David Bryde et Damian Fearon. 2011. « A model of stakeholder management strategies for sustainable construction ». In 27th Annual Conference of the Association of Researchers in Construction Management, ARCOM 2011, September 5, 2011 - September 7, 2011. (Bristol, United kingdom) Vol. 2, p. 1165-1174. Coll. « Association of Researchers in Construction Management, ARCOM 2011 - Proceedings of the 27th Annual Conference »: *Association of Researchers in Construction Management*, ARCOM.
- Bhattacharjee, S., S. Ghosh et J. Jones. 2013. « Sustainability teaching approach in construction management curriculum ». In 2012 International Conference on Sustainable Design and Construction. ICSDEC 2012, 7-9 Nov. 2012. (Reston, VA, USA), p. 945-54. Coll. « Proceedings of the 2012 International Conference on Sustainable Design and Construction. ICSDEC 2012 »: *American Society of Civil Engineers*.
- Beheiry, Salwa M. A., Wai Kiong Chong et Carl T. Haas. 2006. « Examining the Business Impact of Owner Commitment to Sustainability ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 132, n° 4, p. 384-392.
- Blismas, N. G., W. D. Sher, A. Thorpe et A. N. Baldwin. 2004. « Factors influencing project delivery within construction clients' multi-project environments ». *Engineering Construction and Architectural Management*, vol. 11, n° 2, p. 113-25.
- CCE, Commission de coopération environnementale. 2008. « Bâtiment écologique en Amérique du Nord - Débouchés et défis ». < <http://www.cec.org/greenbuilding> >.
- Chan, Albert P. C., David Scott et Ada P. L. Chan. 2004. « Factors affecting the success of a construction project ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 130, n° Compendex, p. 153-155.

- Charette, Robert. 2006. *Rapport sur la méthodologie d'analyse du coût global intégré au domaine immobilier de TPSGC*. Les économistes en construction du Québec, Travaux publics et services gouvernementaux Canada, [65] p.
- Chasey, A. D., et N. Agrawal. 2013. « A case study on the social aspect of sustainability in construction ». In 2012 International Conference on Sustainable Design and Construction. ICSDEC 2012, 7-9 Nov. 2012. (Reston, VA, USA), p. 543-51. Coll. « Proceedings of the 2012 International Conference on Sustainable Design and Construction. ICSDEC 2012 »: *American Society of Civil Engineers*.
- Cywinski, Zbigniew. 2001. « Current philosophy of sustainability in civil engineering ». *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, vol. 127, n° Compendex, p. 12-16.
- Deane, Michael. 2008. « The builder's role in delivering sustainable tall buildings ». *Structural Design of Tall and Special Buildings*, vol. 17, n° 5, p. 869-880.
- Enache-Pommer, Elena, et Michael Horman. 2008. « Greening of Healthcare Facilities: Case Studies of Children's Hospitals ». In. (Denver, Colorado, USA), 41002 Vol. 328, p. 61-61. ASCE. < <http://link.aip.org/link/?ASC/328/61/1> >.
- Enache-Pommer, Elena, et Michael Horman. 2009. « Key processes in the building delivery of green hospitals ». In. (Seattle, WA, United states), p. 636-645. Coll. « Building a Sustainable Future - Proceedings of the 2009 Construction Research Congress »: *American Society of Civil Engineers*. < [http://dx.doi.org/10.1061/41020\(339\)65](http://dx.doi.org/10.1061/41020(339)65) >.
- Fisher, M., et C.B. Tatum. 1997. « Characteristics of Design-Relevant Constructability Knowledge ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 123, n° 3, p. 253-260.
- Florez, L., D. Castro et A. L. Medaglia. 2012. « Maximizing Labor Stability as a Sustainability Performance Indicator in Project Scheduling ». In 2012 Construction Research Congress, 21-23 May 2012. (Reston, VA, USA), p. 465-74. Coll. « Proceedings of the 2012 Construction Research Congress »: *American Society of Civil Engineers*.
- Flynn, Kevin M., et Robert G. Traver. 2011. « Methodology for the evaluation and comparison of benefits and impacts of green infrastructure practices using a life cycle approach ». In World Environmental and Water Resources Congress 2011: Bearing Knowledge for Sustainability, May 22, 2011 - May 26, 2011. (Palm Springs, CA, United states), p. 1663-1672. Coll. « World Environmental and Water Resources Congress 2011: Bearing Knowledge for Sustainability - Proceedings of the 2011

World Environmental and Water Resources Congress »: *American Society of Civil Engineers (ASCE)*. < [http://dx.doi.org/10.1061/41173\(414\)173](http://dx.doi.org/10.1061/41173(414)173) >.

- Glavinich, T.E. 1995. « Improving Constructability During Design Phase ». *Journal of Architectural Engineering*, vol. 1, n° 2, p. 73-76.
- Glavinich, Thomas E. . 2008. « Contractor's Guide to Green Building Construction : Management, Project Delivery, Documentation, and Risk Reduction ». *John Wiley & Sons*, p. 288.
- Gugel, John G., et Jeffrey S. Russell. 1994. « Model for constructability approach selection ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 120, n° 3, p. 509-521.
- Hinze, Jimmie, Ray Godfrey et James Sullivan. 2013. « Integration of construction worker safety and health in assessment of sustainable construction ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 139, no 6, p. 594-600.
- Hong, Gao, Li Qiang et Lv Guo. 2013. « Green management analysis of construction projects based on full life-cycle ». In 2nd International Conference on Green Buildings Technologies and Materials, GBTM 2012, December 27, 2012 - December 28, 2012. (Wuhan, China) Vol. 689, p. 13-17. Coll. « Advanced Materials Research »: *Trans Tech Publications Ltd.* < <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.689.13> >.
- Huang, Wen. 2013. « The total life-cycle management of building engineering systems ». In 2013 International Conference on Structures and Building Materials, ICSBM 2013, March 9, 2013 - March 10, 2013. (Guizhou, China) Vol. 671-674, p. 3055-3058. Coll. « Advanced Materials Research »: *Trans Tech Publications.* < <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.671-674.3055> >.
- Jergeas, G., et J. V. Der Put. 2001. « Benefits of constructability on construction projects ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 127, n° 4, p. 281-290.
- Kats, Greg, Leon Alevantis, Adam Merman, Evan Mills et Jeff Perlman. 2003. *The Costs and financial benefits of green buildings*. Californie: California's Sustainable building Task Force, 120 p.
- Kibert, Charles J. 2007. « The next generation of sustainable construction ». *Building Research and Information*, vol. 35, n° 6, p. 595-601.
- Kibert, Charles J. 2008. « Sustainable Construction - Green Building Design and Delivery (2nd Edition) ». *John Wiley & Sons*, p. 432.

- Klotz, Leidy, et Denise Grant. 2009. « A Balanced View of Sustainability in Civil Engineering and Construction ». In. (Seattle, Washington), 41020. 047. Vol. 339, p. 136-136. ASCE. < <http://link.aip.org/link/?ASC/339/136/1> >.
- Klotz, Leidy, et Michael Horman. 2010. « Counterfactual analysis of sustainable project delivery processes ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 136, n° Compendex, p. 595-605.
- Klotz, Leidy, Michael Horman, David Riley et John Bechtel. 2009. « Process transparency for sustainable building delivery ». *International Journal of Sustainable Engineering*, vol. 2, n° Compendex, p. 298-307.
- Konchar, Mark, et Victor Sanvido. 1998. « Comparison of U.S. project delivery systems ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 124, n° Compendex, p. 435-444.
- Korkmaz, S., D. Riley et M. Horman. 2011. « *Assessing project delivery for sustainable, high-performance buildings through mixed methods* ». *Architectural Engineering and Design Management*, vol. 7, no 4, p. 266-74.
- Korkmaz, Sinem, Michael Horman et David Riley. 2009. « Key attributes of a longitudinal study of green project delivery ». In. (Seattle, WA, United states), p. 558-567. Coll. « Building a Sustainable Future - Proceedings of the 2009 Construction Research Congress »: American Society of Civil Engineers. < [http://dx.doi.org/10.1061/41020\(339\)57](http://dx.doi.org/10.1061/41020(339)57) >.
- Korkmaz, Sinem, John I. Messner, David R. Riley et Christopher Magent. 2010. « High-performance green building design process modeling and integrated use of visualization tools ». *Journal of Architectural Engineering*, vol. 16, n° Compendex, p. 37-45.
- Korkmaz, Sinem, David Riley et Michael Horman. 2010. « Piloting evaluation metrics for sustainable high-performance building project delivery ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 136, n° Compendex, p. 877-885.
- Kraft, Elizabeth, et Paul S. Chinowsky. 2003. « The Effect of Construction Organization Management Practices on Project Success ». In *Construction Research Congress, Winds of Change: Integration and Innovation in Construction, Proceedings of the Congress, March 19, 2003 - March 21, 2003*. (Honolulu, HI., United states), p. 577-584. Coll. « Construction Research Congress, Winds of Change: Integration and Innovation in Construction, Proceedings of the Congress »: American Society of Civil Engineers.

- Kua, H. W., et S. E. Lee. 2002. « Demonstration intelligent building - A methodology for the promotion of total sustainability in the built environment ». *Building and Environment*, vol. 37, n° 3, p. 231-240.
- Kunszt, Gyorgy. 2003. « Sustainable architecture ». *Periodica Polytechnica: Civil Engineering*, vol. 47, n° 1, p. 5-10.
- Lam, P. T. I., E. H. W. Chan, C. K. Chau, C. S. Poon et K. P. Chun. 2009. « Integrating green specifications in construction and overcoming barriers in their use ». *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, vol. 135, n° Copyright 2009, The Institution of Engineering and Technology, p. 142-52.
- Landman, Miriam. 1999. « Breaking through the Barriers to Sustainable Building: Insights from Building Professionals on Government Initiatives to Promote Environmentally Sound Practices ». Medford, Massachusetts, Tufts University, 72 p.
- Lapinski, Anthony, Michael Horman et David Riley. 2005. « Delivering Sustainability: Lean Principles for Green Projects ». In. (San Diego, California), 40754 Vol. 183, p. 6-6. ASCE. < <http://link.aip.org/link/?ASC/183/6/1> >.
- Lapinski, Anthony R., Michael J. Horman et David R. Riley. 2006. « Lean processes for sustainable project delivery ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 132, n° 10, p. 1083-1091.
- Lent, T., et B. Walsh. 2008. « Rethinking Green Building standards for comprehensive continuous improvement ». *Journal of ASTM International*, vol. 5, n° Copyright 2009, The Institution of Engineering and Technology, p. JAI101184 (10 pp.).
- Linguang, Song, Y. Mohamed et S. M. AbouRizk. 2009. « Early contractor involvement in design and its impact on construction schedule performance ». *Journal of Management in Engineering*, vol. 25, n° 1, p. 12-20.
- Lowe, Robert. 2007. « Addressing the challenges of climate change for the built environment ». *Building Research and Information*, vol. 35, n° Compendex, p. 343-350.
- Lucuik, Mark. 2005. *Analyse de rentabilité pour les bâtiments écologiques au Canada*. 2052223.00: Industrie Canada, 64 p.
- Lutzkendorf, Thomas, et David Lorenz. 2007. « Integrating sustainability into property risk assessments for market transformation ». *Building Research and Information*, vol. 35, n° 6, p. 644-661.
- Lutzkendorf, Thomas, Wei Fan et David Lorenz. 2011. « Engaging financial stakeholders: Opportunities for a sustainable built environment ». *Building Research and Information*, vol. 39, no 5, p. 483-503.

- Mago, S. 2007. « Impact of LEED-NC projects on constructors and construction management practices ». M.S. United States -- Michigan, Michigan State University, 166 p.
<<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=1460435831&Fmt=7&clientId=46962&RQT=309&VName=PQD>>.
- Mallick, Rajib B., Paul P. Mathisen et Malcolm S. FitzPatrick. 2002. « Opening the Window of Sustainable Development to Future Civil Engineers ». *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, vol. 128, n° 4, p. 212-216.
- Mathur, Vivek Narain, Andrew D. F. Price et Simon Austin. 2008. « Conceptualizing stakeholder engagement in the context of sustainability and its assessment ». *Construction Management and Economics*, vol. 26, n° 6, p. 601-609.
- McIsaac, Gregory F., et Nancy C. Morey. 1998. « Engineers' Role in Sustainable Development: Considering Cultural Dynamics ». *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, vol. 124, n° 4, p. 110-119.
- Miller, Marian A. L. (181). 1995. *The Third World in Global Environmental Politics*. Boulder, CO: Lynne Rienner.
- Mills, E. 2003. « The insurance and risk management industries: new players in the delivery of energy-efficient and renewable energy products and services ». *Energy Policy*, vol. 31, n° Copyright 2003, IEE, p. 1257-72.
- Mirsky, Rebecca, et Anthony D. Songer. 2009. « Beyond Sustainability: The Contractor's Role in Regenerative System Design ». In. (Seattle, Washington), 41020 Vol. 339, p. 34-34. ASCE. < <http://link.aip.org/link/?ASC/339/34/1> >.
- Nelms, C., A. D. Russell et B. J. Lence. 2005. « Assessing the performance of sustainable technologies for building projects ». *Canadian Journal of Civil Engineering*, vol. 32, n° 1, p. 114-28.
- Nima, Mekdam A., M. Razali Abdul-Kadir et Mohd. Saleh Jaafar. 1999. « Evaluation of the engineer's personnel's role in enhancing the project constructability ». *Facilities*, vol. 17, n° 11, p. 423-430.
- O'Connor, James T., et Steven J. Miller. 1994. « Barriers to constructability implementation ». *Journal of Performance of Constructed Facilities*, vol. 8, n° 2, p. 110-128.
- O'Connor, James T., Stephen E. Rusch et Martin J. Schulz. 1987. « Constructibility concepts for engineering and procurement ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 113, n° 2, p. 235-248.

- Ofori, G. 1998. « Sustainable construction: principles and a framework for attainment - comment ». *Construction Management and Economics*, vol. 16, n° Compendex, p. 141-141.
- Pearce, David. 2006. « Is the construction sector sustainable?: definitions and reflections ». *Building Research & Information*, vol. 34, n° 3, p. 201 - 207.
- Pulaski, Michael H., Michael J. Horman et David R. Riley. 2006. « Constructability practices to manage sustainable building knowledge ». *Journal of Architectural Engineering*, vol. 12, n° 2, p. 83-92.
- Pulaski, Michael, Teresa Pohlman, Michael Horman et David Riley. 2003. « Synergies between Sustainable Design and Constructability at the Pentagon ». In *Construction Research Congress 2003*. (Honolulu, HI., United states). 025. p. 403-410. Coll. « Construction Research Congress, Winds of Change: Integration and Innovation in Construction, Proceedings of the Congress »: American Society of Civil Engineers.
- Qi, G. Y., L. Y. Shen, S. X. Zeng et Ochoa J. Jorge. 2010. « The drivers for contractors' green innovation: An industry perspective ». *Journal of Cleaner Production*, vol. 18, n° Compendex, p. 1358-1365.
- Qingrui, Huang, et Liu Changming. 2013. « Research on project cost management based on the strategy of sustainable development ». In 2013 International Conference on Structures and Building Materials, ICSBM 2013, March 9, 2013 - March 10, 2013. (Guizhou, China) Vol. 671-674, p. 3112-3115. Coll. « Advanced Materials Research »: *Trans Tech Publications*.
- Reed, Bill. 2007. « Forum: Shifting from 'sustainability' to regeneration ». *Building Research and Information*, vol. 35, n° Compendex, p. 674-680.
- Reed, William G., et Elliot B. Gordon. 2000. « Integrated design and building process: what research and methodologies are needed? ». *Building Research & Information*, vol. 28, n° 5, p. 325 - 337.
- Rekola, M., T. Makelainen et T. Hakkinen. 2012. « The role of design management in the sustainable building process ». *Architectural Engineering and Design Management*, vol. 8, no 2, p. 78-89.
- Riley, David, Kim Pexton et Jennifer Drilling. 2003. « Procurement of sustainable construction services in the United States: The contractor's role in green buildings ». *Industry and Environment*, vol. 26, n° 2-3, p. 66-69.
- Riley, David, Victor Sanvido, Michael Herman, Michael McLaughlin et Daniel Kerr. 2005. « Lean and green: The role of design-build mechanical competencies in the design and construction of green buildings ». In. (San Diego, CA, United states), p. 227-236.

Coll. « Construction Research Congress 2005: Broadening Perspectives - Proceedings of the Congress »: American Society of Civil Engineers.

Robichaud, Lauren Bradley, et Vittal S. Anantatmula. 2011. « Greening project management practices for sustainable construction ». *Journal of Management in Engineering*, vol. 27, n° Compendex, p. 48-57.

Rosner, James W., Alfred E. Thal Jr et Christopher J. West. 2009. « Analysis of the design-build delivery method in air force construction projects ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 135, n° Compendex, p. 710-717.

Ruano, Marco A., et Marcos Garcia Cruzado. 2012. « Use of education as social indicator in the assessment of sustainability throughout the life cycle of a building ». *European Journal of Engineering Education*, vol. 37, no 4, p. 416-425.

Russell, Jeffrey S., John G. Gugel et Michael W. Radtke. 1994. « Comparative analysis of three constructability approaches ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 120, n° 1, p. 180-195.

Russell, Jeffrey S., Awad Hanna, Lawrence C. Bank et Aviad Shapira. 2007. « Education in construction engineering and management built on tradition: Blueprint for tomorrow ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 133, n° 9, p. 661-668.

Sage, A. P. 1998. « Risk management for sustainable development ». In *SMC '98 Conference Proceedings. 1998 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 11-14 Oct. 1998*. (New York, NY, USA) Vol. vol.5, p. 4815-19. Coll. « SMC'98 Conference Proceedings. 1998 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (Cat. No.98CH36218) »: IEEE.
< <http://dx.doi.org/10.1109/ICSMC.1998.727614> >.

Sepasgozar, S. M. E., et L. E. Bernold. 2013. « Factors influencing the decision of technology adoption in construction ». In 2012 International Conference on Sustainable Design and Construction. ICSDEC 2012, 7-9 Nov. 2012. (Reston, VA, USA), p. 654-61. Coll. « Proceedings of the 2012 International Conference on Sustainable Design and Construction. ICSDEC 2012 »: *American Society of Civil Engineers*.

Shaviv, E. 1999. « Integrating energy consciousness in the design process ». *Automation in Construction*, vol. 8, n° 4, p. 463-72.

Shelbourn, Mark A., Dino M. Bouchlaghem, Chimay J. Anumba, Patricia M. Carillo, Malik M. K. Khalfan et Jacqueline Glass. 2006. « Managing knowledge in the context of sustainable construction ». *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, vol. 11, p. 57-71.

- Sobin, Nathaniel, Keith Molenaar et Douglas Gransberg. 2010. « "Sustainability by..." A synthesis of procurement approaches for high performance buildings ». In *Construction Research Congress 2010: Innovation for Reshaping Construction Practice, May 8, 2010 - May 10, 2010*. (Banff, AB, Canada), p. 1366-1375. Coll. « Construction Research Congress 2010: Innovation for Reshaping Construction Practice - Proceedings of the 2010 Construction Research Congress »: American Society of Civil Engineers. < [http://dx.doi.org/10.1061/41109\(373\)137](http://dx.doi.org/10.1061/41109(373)137) >.
- Syal, M. G., Shilpi Mago et Douglas Moody. 2007. « Impact of LEED-NC credits on contractors ». *Journal of Architectural Engineering*, vol. 13, n° 4, p. 174-179.
- Syphers, G., M. Baum, D. Bouton et W. Sullens. 2003. « Managing the cost of green buildings ». *State of California's Sustainable Building Task Force*.
- Swarup, Lipika, Sinem Korkmaz et David Riley. 2011. « Project delivery metrics for sustainable, high-performance buildings ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 137, no 12, p. 1043-1051.
- Thomas, H. Randolph, Michael J. Horman, R. Edward Minchin Jr et Dong Chen. 2003. « Improving labor flow reliability for better productivity as lean construction principle ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 129, n° Compendex, p. 251-261.
- Trigunaryyah, Bambang. 2004. « A review of current practice in constructability improvement: Case studies on construction projects in Indonesia ». *Construction Management and Economics*, vol. 22, n° 6, p. 567-580.
- Trusty, Wayne. 2008. « Standards versus recommended practice: Separating process and prescriptive measures from building performance ». *Journal of ASTM International*, vol. 5, n° Compendex.
- U.S. Green Building Council. 2003. *Building Momentum: National Trends and Prospects for High-Performance Green Buildings*. Coll. « Basé sur la « Green Building Roundtable » d'avril 2002 et préparé pour le comité du sénat des États-Unis sur l'environnement et les travaux publics ».
- UNEP, United Nations Environment Programme. 2003. « Sustainable building and construction: Facts and figures ». *Industry and Environment*, vol. 26, n° 2-3, p. 5-8.
- US Green Building Council. 2003. *Building Momentum: National Trends and Prospects for High-Performance Green Buildings*. Washington, DC: U.S. Senate Committee on Environment and Public Works 24 p.

- Vanegas, Jorge A., et Annie R. Pearce. 2000. « Drivers for Change: An Organizational Perspective on Sustainable Construction ». In. (Orlando, Florida, USA), 40475 Vol. 278, p. 44-44. ASCE. < <http://link.aip.org/link/?ASC/278/44/1> >.
- Webster, Mark D. 2005. « The Relevance of Structural Engineers to Green Building Design ». In. (New York, New York), 40753 Vol. 171, p. 60-60. ASCE. < <http://link.aip.org/link/?ASC/171/60/1> >.
- Wei, Jia. 2010. « Application of project management techniques in construction management ». In *2010 IEEE International Conference on Advanced Management Science (ICAMS 2010), 9-11 July 2010*. (Piscataway, NJ, USA) Vol. vol.1, p. 516-20. Coll. « Proceedings of the 2010 IEEE International Conference on Advanced Management Science (ICAMS 2010) »: IEEE. < <http://dx.doi.org/10.1109/ICAMS.2010.5553107> >.
- Wong, F. W. H., P. T. I. Lam, E. H. W. Chan et L. Y. Shen. 2007. « A study of measures to improve constructability ». *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol. 24, n° 6, p. 586-601.
- Xenergy, et SERA-Architect. 2000. *Green city buildings: applying the LEED rating system préparé pour le Portland Energy Office*. Portland: Portland Energy Office, 144 p.
- Yeheyis, Muluken, Kasun Hewage, M. Shahria Alam, Cigdem Eskicioglu et Rehan Sadiq. 2013. « An overview of construction and demolition waste management in Canada: A lifecycle analysis approach to sustainability ». *Clean Technologies and Environmental Policy*, vol. 15, no 1, p. 81-91.
- Younos, T. 2011. « Paradigm shift: holistic approach for water management in urban environments ». *Frontiers of Earth Science*, vol. 5, no 4, p. 421-7.
- Yuan, Hongping. 2013. « Key indicators for assessing the effectiveness of waste management in construction projects ». *Ecological Indicators*, vol. 24, p. 476-484.
- Zachariah, J. Leslie, Christopher Kennedy et Kim Pressnail. 2002. « What makes a building green? ». *International Journal of Environmental Technology and Management*, vol. 2, n° 1-3, p. 38-53.
- Zhou, Chaoxun, Xiaofeng Xu et Feng Yao. 2013. « The management objectives of green construction and difficulties on its dissemination ». In *2nd International Conference on Green Buildings Technologies and Materials, GBTM 2012, December 27, 2012 - December 28, 2012*. (Wuhan, China) Vol. 689, p. 90-94. Coll. « Advanced Materials Research »: *Trans Tech Publications Ltd.* < <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.689.90> >.

Zhong, Zhenyu, et Yonggao Chen. 2011. « Principles of sustainable construction project management based on lean construction ». In 2011 International Conference on Automation, Communication, Architectonics and Materials, ACAM2011, June 18, 2011 - June 19, 2011. (Wuhan, China) Vol. 225-226, p. 766-770. Coll. « Advanced Materials Research »: Trans Tech Publications. <<http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.225-226.766>>.

Zigenfus, R. 2008. « Element analysis of the green building process ». M.S. United States -- New York, Rochester Institute of Technology, 102 p.
<<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=1650512671&Fmt=7&clientId=46962&RQT=309&VName=PQD>>.

<http://www.voirvert.ca>

<http://www.cagbc.org>

<http://www.limesurvey.org>