



Cadre de déploiement de la méthode de Conception-Construction

Mémoire

Titouan Plusquellec

Maitrise en Génie Mécanique

Maitre ès sciences (M. Sc.)

Québec, Canada

© Titouan Plusquellec, 2017

Cadre de déploiement de la méthode de Conception-Construction

Mémoire

Titouan Plusquellec

Sous la direction de :

Nadia Lehoux, directrice de recherche

Yan Cimon, codirecteur de recherche

Résumé

L’industrie de la construction représente un secteur majeur de l’économie québécoise, soumis à une évolution perpétuelle sous la pression des progrès techniques et des enjeux sociaux. C’est en accord avec cette dynamique que de nombreuses entreprises cherchent actuellement des réponses aux problèmes de performance du mode de gestion traditionnel, mis en évidence par la baisse d’activités des dernières années, ainsi qu’aux exigences liées à l’émergence des considérations environnementales.

Dans ce contexte, cette maîtrise s’intéresse au cadre d’application de la méthode de Conception-Construction. Il s’agit d’une méthode d’organisation de projet de construction visant à intégrer les fonctions de design et de construction dans une unique entité chargée de la réalisation complète du projet.

La contribution de cette étude est de proposer un cadre d’application ainsi qu’un outil d’aide à la décision ayant pour objectif d’aider l’utilisateur à déterminer si un projet est adapté à l’utilisation de la méthode de Conception-Construction en tenant compte des caractéristiques du projet et des entreprises impliquées.

Pour atteindre cet objectif, la méthode de Conception-Construction est dans un premier temps comparée au modèle traditionnel de gestion en termes de performance budgétaire, de calendrier et de qualité, pour en déterminer les aspects positifs et négatifs. L’impact de cette méthode sur les différentes parties prenantes du projet a été ensuite considéré de façon à identifier les exigences d’une telle organisation sur les acteurs du projet. Une série d’entretiens a dès lors permis de valider les résultats précédents tout en apportant des détails supplémentaires sur les particularités de la situation québécoise, ce qui a conduit à l’élaboration du cadre d’application de la méthode. Ce cadre a finalement été traduit sous la forme d’un outil d’aide à la décision pour en faciliter l’utilisation.

Abstract

The construction industry represents a major sector for the Quebec Province, subject to constant technological advances as well as social and environmental pressure. It is in line with this dynamic that many companies are currently looking for answers to the performance problems of the traditional delivery system, highlighted by the drop in activity of recent years.

In this context, this research focuses on the development of a framework for the Design-Build delivery system. This system aims at integrating both design and construction competences in a single entity responsible for the entire completion of the project. In particular, the project introduces a decision support tool that may help the user to determine if a project is adapted to the use of the Design-Build delivery system, taking into account the project characteristics as well the companies involved.

To develop such a tool, the Design-Build delivery system was first compared to the traditional Design-Bid-Build system in terms of cost performance, schedule and quality, to determine its positive and negative aspects. The impact of the method on the different stakeholders of the project was then considered in order to identify the requirements of such an organization on the actors of the project. A series of interviews allowed to validate the previous results while providing further details on the particularities of the Quebec situation, which led to the development of the framework for the application of the method. This framework has finally been translated into a decision support tool to facilitate its use.

Table des matières

Résumé	iii
Abstract.....	iv
Liste de figures :	vii
Liste des tableaux :	ix
Liste des abréviations :	x
Remerciements	xi
Avant-Propos	xii
Introduction générale	1
Revue de littérature.....	3
Processus de gestion d'un projet de construction.....	3
Principaux modes de réalisation	3
Le modèle traditionnel.....	3
La méthode de Conception-Construction	4
Le processus de Conception Intégrée	4
Différents types de contrats	5
Outils d'aide à la décision	5
Objectifs	8
Méthodologie	9
Design-Build and Design-Bid-Build in construction – A comparative review	11
Résumé	12
Abstract.....	13
Introduction	14
Preliminary Concepts	15
Research Method	16
Results	16
Discussion.....	19
Conclusion.....	22
Références	23
Design-Build in Construction: Decision Framework and Impact on Stakeholders.....	25
Résumé	26
Abstract.....	27

Introduction	28
Literature review.....	29
Research Methods	32
Impact on stakeholders	33
DB Decision Framework.....	35
Conclusion.....	39
References	41
Design-Build Framework for SMEs in the Construction Industry.....	43
Résumé	44
Abstract.....	45
Introduction	46
Research method.....	46
Literature review.....	47
Framework.....	48
Discussion.....	52
Conclusion	53
References	54
Outil d'aide à la décision.....	56
Structure et fonctionnement.....	56
Utilisation	59
Cas de la construction en bois	63
Conclusion	65
Bibliographie	67
Annexe.....	71
Design-Build : Une solution durable pour l'industrie de la construction.....	71

Liste de figures :

Figure 1: Objectifs de recherche.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 2: Méthodologie de recherche	9
Figure 3: Structural relationship overview for DBB and DB methods (From Lahdenperä (2001))	29
Figure 4: Comparison of DBB and DB impacts on stakeholders involved in a construction project. (The importance grows outward)	34
Figure 5: Design-Build decision framework	38
Figure 6: Decision support tool overview	39
Figure 7: Design-Build decision framework	51
Figure 8: Overview of the tool	52
Figure 9: Aperçu de la page d'accueil.....	57
Figure 10: Aperçu de la page de données.....	57
Figure 11: Aperçu de la page de calculs.....	57
Figure 12: Aperçu de la page de projet.....	58
Figure 13: Diagramme d'interactions	59
Figure 14: Gestionnaire de données	60
Figure 15: Ajout de donnés	60
Figure 16: Suppression de données	60
Figure 17: Aperçu de l'aide.....	61
Figure 18: Définition des poids	61
Figure 19: Définition des paramètres du projet	61
Figure 20: Heures travaillées par trimestre (DDA*)	72

Figure 21: Évolution de la répartition des projets	72
Figure 22: Différences structurelles des deux méthodes	72
Figure 23: Évaluation du Retard.....	72
Figure 24: Évaluation des dépassements de Budget.....	72

Liste des tableaux :

Table 1: Summary of the empirical studies.....	21
--	----

Liste des abréviations :

DB : Design-Build

DBB : Design-Bid-Build

CMR : Construction Management at Risk

IPD : Integrated Project Delivery

LEED : Leadership in Energy and Environmental Design

PDS : Project Delivery System

A/E : Architect / Engineer

PME : Petites et Moyennes Entreprises

SME : Small and Medium Enterprises

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont assisté dans la réalisation de cette maîtrise et de ce mémoire.

En particulier, je remercie Mme Lehoux, professeur à l'université Laval. En tant que directrice de recherche, elle s'est montrée extrêmement présente et disponible et a su m'aider tout au long de ces deux années en faisant preuve d'une bonne humeur à toute épreuve.

Je remercie également M. Cimon, professeur à l'université Laval, qui, en tant que codirecteur de recherche et professeur a su me faire donner de son temps pour me faire profiter de son expertise Merci à M. Blanchet et M. Gagné pour le dévouement et l'enthousiasme dont ils ont fait preuve lors de l'organisation de chacun des événements du CIRCERB.

Merci à tous les partenaires qui ont accepté de me recevoir pour répondre à mes questions et sans qui cette recherche n'aurait pas été possible.

Avant-Propos

Ce travail, intitulé « Cadre de déploiement de la méthode de Conception-Construction », est réalisé dans le but d'obtenir le diplôme de Maîtrise en Génie Mécanique (MSc.) de l'Université Laval. Il a été effectué sous la direction de Nadia Lehoux et sous la codirection de Yan Cimon au sein de la chaire de recherche CIRCERB.

Ce mémoire est rédigé selon le principe d'insertion d'articles, il se compose de trois articles, tous trois coécrits avec Nadia Lehoux et Yan Cimon. Pour chacun de ces articles, j'ai agi à titre d'auteur principal responsable de l'exécution des recherches présentées ainsi que de la rédaction de la première version de chacun des articles.

Le premier article, intitulé « *Design-Build and Design-Bid-Build in construction – A comparative review* », a été présenté dans la conférence « *LC3 : Lean & Computing in Construction Congress* » le 12 juillet 2017. La version présentée dans cette thèse est identique à la version publiée.

Le second article, intitulé « *Design-Build in Construction : Decision Framework and Impact on Stakeholders* », soumis en aout 2017 au journal « *Built Environment Project and Asset Management* » et est actuellement en cours de révision. Le texte de la version présentée dans cette thèse est identique au texte de la version soumise au journal, cependant la version soumise au journal contient également le tableau 1 disponible dans le premier article.

Le troisième article, intitulé « *Design-Build Framework for SMEs in the Construction Industry* », a été présenté dans la conférence « *CCSBE : Canadian Council of Small Business and Entrepreneurship* » le 13 mai 2017. La version présentée dans cette thèse est identique à la version publiée.

Introduction générale

Depuis la révolution industrielle qui, en complexifiant drastiquement les mécanismes mis en jeu lors d'un projet de construction, a signé la fin du Maitre Constructeur, ce que l'on appelle aujourd'hui le mode traditionnel de gestion de projet de construction est devenu la principale méthode utilisée dans l'industrie (Ellingson, 2004).

Cependant, ce type d'organisation n'est malheureusement pas parfait et génère régulièrement d'importants dépassements de budget ou des retards considérables et, à cause des intérêts distincts de chacune des parties, peut mener à des conflits juridiques entraînant de fortes pertes. Ainsi, en quête de toujours plus de performance, certains acteurs de l'industrie de la construction ont cherché à améliorer le modèle traditionnel en proposant des systèmes alternatifs, dont la méthode de Conception-Construction. Cette dynamique est encore plus présente ces dernières années, notamment en raison des difficultés économiques liées à la crise récente ainsi que la prise de conscience environnementale qui génère une pression croissante sur le marché de la construction.

Malgré ces efforts pour réinventer l'organisation des projets, de nombreux clients, tels que des petites municipalités, restent mal informés sur toutes les options disponibles et ont tendance à utiliser la méthode traditionnelle par défaut. Ce comportement peut être dû à une certaine résistance aux changements ou encore à la facilité que représente le maintien d'une habitude, mais le manque d'informations, notamment concernant le type de projet adapté à chaque méthode, représente un élément de blocage majeur dans le développement des méthodes alternatives de gestion de projets de construction.

Ainsi, ce mémoire s'intéresse à la méthode de Conception-Construction et cherche à établir un cadre d'application pour aider les industriels désirant s'informer sur les méthodes alternatives de gestion. D'autre part, l'étude propose un outil d'aide à la décision destiné à être utilisé dès le début du projet afin d'identifier si celui-ci est bel et bien adapté à l'utilisation de la méthode de Conception-Construction.

Pour atteindre ces objectifs, une revue systématique de la littérature a été menée de façon à obtenir une comparaison objective des performances de la méthode de Conception-

Construction par rapport au modèle traditionnel. L'analyse de la littérature a également permis d'identifier l'impact de l'utilisation de la méthode sur les différentes parties prenantes participant au projet. Ces informations ont ensuite été validées et approfondies lors d'une série d'entretiens avec des acteurs représentatifs de l'industrie de la construction au Québec. Les entrevues ont de plus permis l'élaboration du cadre d'application proposé dans cette étude qui a finalement servi de base pour la conception de l'outil d'aide à la décision.

Les résultats principaux de cette étude suggèrent que l'utilisation de la méthode de Conception-Construction permet une amélioration des performances moyennes concernant les retards et les dépassements de budget. Cependant, ce mode de gestion s'avère mal adapté aux projets basés sur une valeur artistique forte ou exigeant des performances techniques très spécifiques. Au contraire, des projets standards utilisant des éléments de préfabrication semblent plus adaptés. D'autre part, l'expérience de toutes les parties avec la méthode s'avère primordiale pour assurer le succès du projet. Les résultats de cette étude, et en particulier l'outil d'aide à la décision, vont permettre aux industriels envisageant de nouveaux projets d'identifier rapidement si la méthode de Conception-Construction est adaptée ou non à leur contexte. Finalement, la revue de littérature effectuée ainsi que le cadre d'application proposés peuvent servir de base lors de futurs travaux s'intéressant à ce mode de gestion.

La présente étude est divisée en 9 sections, la première présentera une brève revue de littérature, suivit d'une présentation des objectifs de recherche et de la méthodologie suivie. Une section s'intéressera ensuite à la comparaison des performances de la méthode de Conception-Construction vis-à-vis du modèle traditionnel. La section suivante introduira le cadre d'application ainsi que la méthode suivie pour l'établir, et elle sera suivie d'une section constituée d'une version réduite de l'article, adoptant le point de vue d'une PME. Le chapitre qui suit présentera en détails l'outil d'aide à la décision et ses fonctionnalités. Une autre section abordera le cas particulier des projets de construction en bois. Le mémoire sera finalement clos par une brève conclusion.

D'autre part, un document visant à informer de potentiels maitres d'ouvrage des performances de la méthode est disponible en annexe.

Revue de littérature

L'objectif de cette section du mémoire est d'expliciter les concepts généraux exploités dans cette étude. Une revue de littérature spécifique étant le sujet principal du premier article, alors que deux autres revues sont décrites dans le deuxième et le troisième papier que regroupe ce mémoire, seuls les éléments de base de la recherche seront traités ici.

Processus de gestion d'un projet de construction

Quel que soit le projet, un projet de construction comporte typiquement trois phases : la phase de planification, la phase de réalisation et la phase d'exploitation (MCC, 2005). La phase de planification vise à déterminer les objectifs et les caractéristiques du projet. Elle comprend trois étapes : l'étape d'avant-projet, l'étude de faisabilité et l'étape de définition du projet. C'est lors de cette dernière étape qu'il est décidé, entre autres, du mode de réalisation à utiliser lors de ce projet. Comme détaillé dans la seconde partie de cette revue de littérature, la phase de réalisation s'organise différemment en fonction du mode de réalisation utilisé lors du projet. La phase d'exploitation se déroule après la fin de la construction et vise à s'assurer de la bonne gestion des biens.

Principaux modes de réalisation

Comme il l'a été mentionné précédemment, il existe plusieurs modes de réalisation disponibles pour mener à bien un projet de construction. Bien que ce mémoire s'intéresse principalement à la méthode de Conception-Construction, il est important de comprendre la structure des principaux modes de réalisation pour en apprécier le contenu.

Le modèle traditionnel

Il s'agit du système le plus courant, en particulier dans le domaine public où il est fortement conseillé par le gouvernement (MCC, 2005).

Cette méthode est caractérisée par un séquençage des tâches : le client développe des documents contractuels, avec un architecte ou un ingénieur, composés d'un ensemble de plans et de spécifications détaillés. Un appel d'offres basé sur ces documents est ensuite lancé

dans le but de signer un contrat avec un constructeur, souvent le plus bas soumissionnaire, qui sera ensuite chargé de la réalisation du projet (Brookwood, 2010).

La méthode de Conception-Construction

La méthode de Conception-Construction, sujet principal de cette étude, aussi appelée clef en main, ou encore Design-Build (DB) en anglais, vise à intégrer les compétences de design et de construction dans une seule entité capable de réaliser le projet dans son ensemble. Cette entité est alors liée au client par un contrat unique (DBIA, 2016). Cependant, le maître d'œuvre peut lui-même s'organiser de différentes façons, comme il le sera décrit plus tard dans l'article, soit un constructeur sous-traitant la partie de design, ou un bureau d'architecture sous-traitant la construction, ou enfin une entité regroupant toutes les compétences (Lahdenperä, 2001).

Ainsi, le client ne dispose plus de documents de design complets lors de la sélection du maître d'œuvre. Au contraire, la sélection est alors basée sur des spécifications de performance (Brown, et al., 2009).

Le processus de Conception Intégrée

Ce mode de réalisation est celui qui diffère le plus du modèle traditionnel. Il s'agit d'un système itératif où toutes les entités coopèrent dès le début du projet au sein d'une équipe multidisciplinaire pour chercher à réaliser le projet de façon optimale (CERACQ, 2015). D'autre part, alors que la phase d'exploitation est rarement prise en compte lors de projets traditionnels, celle-ci devient ici partie intégrante du processus, que ce soit en termes de planification des coûts ou d'intégration de solutions durables.

L'intégration de l'équipe de travail constitue donc la base de ce mode de réalisation. Il requiert alors, plus que tout autre système, des relations basées sur la confiance et la recherche de bénéfices mutuels. D'autre part, l'organisation nécessaire à la coordination de tous les participants nécessite également plus d'efforts que ce que l'on retrouve traditionnellement (AIA, 2007).

Différents types de contrats

Afin de comprendre le sujet traité dans ce mémoire, il est indispensable de distinguer le type de contrat utilisé dans le projet du mode de gestion utilisé.

Un contrat de construction réfère généralement au document qui lie de façon légale le propriétaire au maître d’œuvre responsable du projet. Il a pour objectif de définir les termes à respecter lors de la réalisation du projet, tels que les délais de livraison ou la qualité attendue. Le contrat sert également à définir la méthode de paiement utilisée, ce qui comprend également les éventuelles indemnités à verser en cas de non-respect des termes du contrat (Rodriguez, 2016).

Le principal type de contrat utilisé au Québec lors de projets de Conception-Construction est nommé « *Prix Fixe* ». Il s’agit d’un contrat selon lequel le maître d’œuvre est rémunéré suivant un montant fixe, quel que soit le coût final du projet. Ainsi, tous les risques financiers sont à la charge du maître d’œuvre, qui engendre plus de bénéfices si les coûts du projet sont inférieurs à la somme rémunérée, mais qui doit également financer les surcoûts éventuels (Lahdenperä, 2001).

Il existe deux autres types de contrats qui sont moins répandus mais qui utilisent des mécanismes similaires. Le plus utilisé des deux est le « *Prix Coutant Majoré* », ou « *Guaranteed Maximum Price* » (GMP) (Chen, et al., 2016). Ce contrat définit un prix maximum à partir duquel les dépenses excédentaires sont à la charge du maître d’œuvre. En dessous de ce coût maximal, le propriétaire finance toutes les dépenses liées au projet et les économies réalisées sont distribuées entre toutes les parties prenantes. Le dernier type de contrat, de type « *Coût Majoré* », est caractérisé par le fait que le propriétaire s’engage à financer tous les coûts liés au projet, sans limite supérieure. Il endosse alors tous les risques financiers (Lahdenperä, 2001).

On peut ainsi observer que le type de contrat influe principalement sur la distribution des risques financiers entre les différents intervenants du projet de construction.

Outils d'aide à la décision

La réalisation d’un projet de construction nécessite généralement de faire appel à l’utilisation d’un ou de plusieurs outils dans chacune des grandes phases du projet. En ce qui a trait au

choix du mode de réalisation, des outils ayant pour objectif de faciliter l'adoption du bon mode suivant le contexte ont déjà été développé lors de précédentes recherches.

En particulier, en 1997, Love *et al.* ont publié un modèle de sélection basé sur 9 critères évaluant l'importance d'éléments tels que la vitesse de réalisation ou la qualité. Cette étude a également pris en compte 9 modes de réalisation possibles dont le modèle traditionnel et la Conception-Construction. Suite à une étude empirique et des entretiens avec des experts, les auteurs ont été en mesure d'attribuer un poids à chaque mode de livraison en regard de chacun des 9 critères. À l'aide de cet outil, l'utilisateur peut donc associer une valeur à chacun des critères en fonction de l'importance qu'il lui accorde. Cette valeur associée aux poids propres à chaque mode de réalisation permet de calculer un score pour chaque méthode de gestion. La méthode avec le score le plus élevé est la plus adaptée.

La même structure a été utilisée par Chan *et al.* en 2001. Cette fois ci, le modèle a pris en compte 7 modes de réalisation et 11 critères tels que la répartition des risques ou le niveau de complexité du projet. Le même principe de hiérarchisation que celui décrit précédemment a été appliqué, ce qui a résulté en un outil permettant d'identifier la méthode la plus adaptée d'après le score le plus élevé obtenu.

Toujours en 2001, Al Khalil a proposé un modèle basé sur l'approche multicritères d'analyse hiérarchique (AHP). Cette étude s'est intéressée à la fois au modèle traditionnel, à la Conception-Construction et à la construction en gérance. Les caractéristiques utilisées pour déterminer le mode de réalisation le plus adapté étaient au nombre de 12 et ont été regroupées en trois catégories : « caractéristiques du projet », « besoins du client » et « préférences du client ». On retrouve par exemple la complexité du projet ou le type de contrat utilisé. Chacune des trois catégories s'est ensuite vu assigner des poids déterminant son importance par rapport à chacune des autres catégories. De même, chaque élément de chacune des catégories a été comparé aux autres éléments de la même catégorie. L'auteur a ainsi pu déterminer une hiérarchie entre les différents critères permettant d'identifier le mode de réalisation le plus adapté suivant le contexte et la nature du projet.

De même en 2005, Mahdi et Alreshaid ont publié un autre modèle basé sur ce même principe. Tout comme son homologue de 2001, cette étude s'est intéressée à la méthode traditionnelle ainsi qu'à la Conception-Construction et à la construction en gérance, avec cette fois une

distinction entre deux types de construction en gérance : *Construction Management Agency* et *Construction Management At Risk*. Le modèle d'aide la décision proposé est basé sur une sélection de 34 critères divisés en 7 catégories, tels que « caractéristiques du projet », « caractéristiques du design » ou « risques ». Ces éléments doivent également être hiérarchisés par l'utilisateur pour que le modèle puisse déterminer quel mode de réalisation est le plus adapté.

Ainsi, différents types d'outils d'aide à la décision ont d'ores et déjà été proposés pour identifier la méthode de gestion la plus adaptée à un projet. Cependant, toutes ces propositions ont en commun le fait que pour déterminer si une méthode en particulier est adaptée ou non au projet, il faut avoir déjà une bonne compréhension du cadre du projet. De plus, de tels outils impliquent de considérer simultanément toutes les autres méthodes de réalisation de projet. Dans ce mémoire, nous cherchons plutôt à proposer un outil pouvant être utilisé à titre consultatif durant l'étape d'avant-projet, suffisamment simple et flexible pour être utilisé autant par le constructeur que par le client, qui puisse rapidement montrer ou non l'intérêt de la Conception-Construction pour le projet à l'étude. Les prochaines sections tenteront de décrire plus en détail le travail effectué lors de la recherche.

Objectifs

L'objectif principal de cette étude est d'analyser l'utilisation de la méthode de Conception-Construction dans l'industrie Québécoise et d'identifier pour quels contextes elle s'avère particulièrement propice. Pour atteindre cet objectif, il a été décidé de proposer un cadre d'application ainsi qu'un outil d'aide à la décision, tous deux ayant pour but de soutenir les industriels dans le processus de sélection du mode de réalisation de projets tout dépendant de l'environnement à l'intérieur duquel il est mené.

Il est possible de représenter les différents objectifs spécifiques qui ont jalonné cette étude à l'aide du schéma suivant :

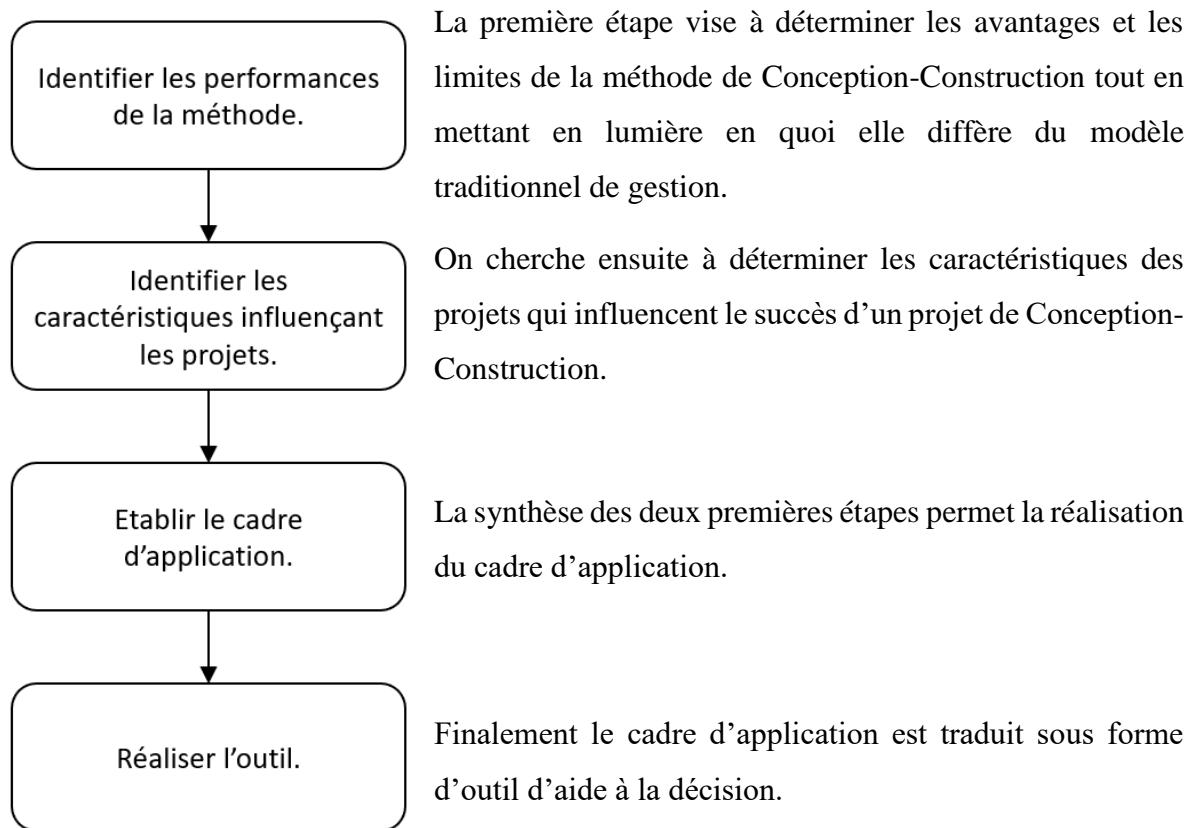


Figure 1: Objectifs de recherche

Méthodologie

Tel que décrit dans chacun des articles constitutifs ce mémoire, la méthodologie suivie durant cette recherche s'est divisée en 6 grandes étapes. La Figure 1 ci-dessous résume chacune des phases exécutées.

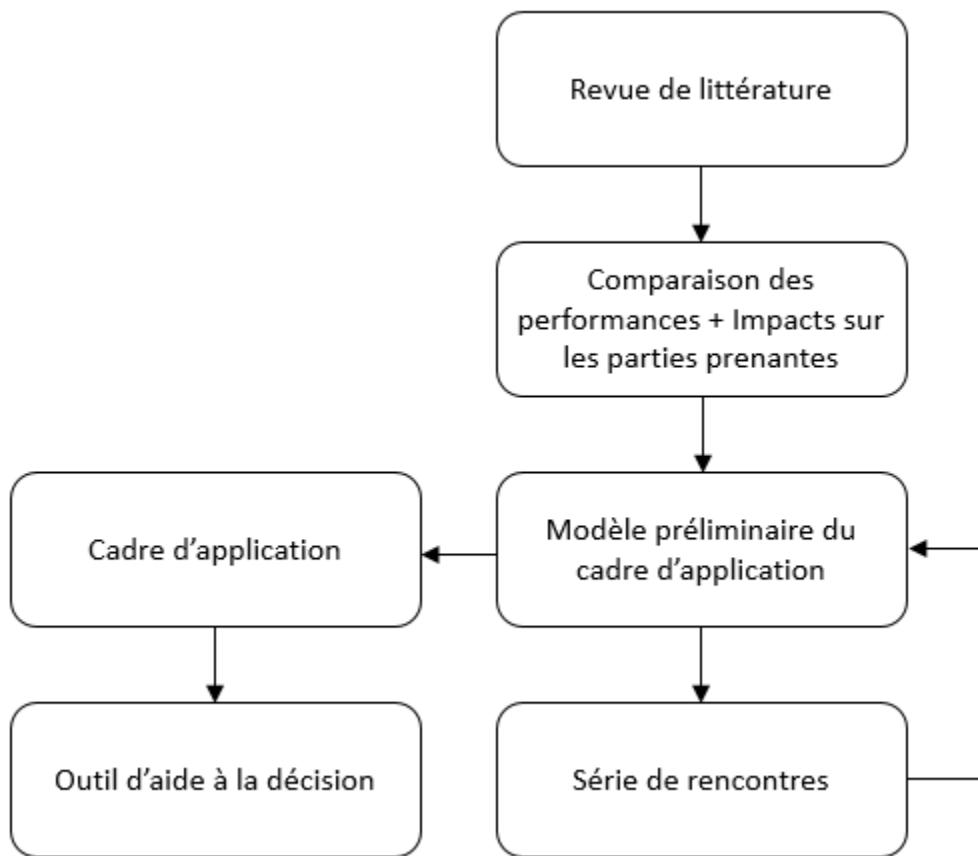


Figure 2: Méthodologie de recherche

Tout d'abord, une revue de littérature a été effectuée de façon à pouvoir comparer les performances de la méthode de Conception-Construction à celle du modèle traditionnel. Pour ce faire, les principales bases de données utilisées ont été Web of Science ainsi que Compendex. Cette revue se concentrait sur les résultats d'études ayant eu lieu en Amérique du Nord depuis le milieu des années 90 et étant publiées en anglais. Ainsi, des mots clefs tels que « Design-Build », « Design-Bid-Build », « Project Delivery Systems » ou « Comparative analysis » ont été utilisés.

Les résultats de cette analyse de la littérature ont permis l'établissement d'une liste préliminaire de critères pouvant impacter le choix de la méthode de réalisation de projet.

Ce modèle préliminaire ainsi que les réflexions générées par l'analyse de la littérature ont été soumis à des industriels de la construction lors d'une série d'entretiens. Ces rencontres avaient pour objectif de valider, ou d'infirmer, les conclusions tirées de la littérature, et de raffiner l'analyse faite jusqu'à présent, notamment en fournissant des informations plus spécifiques à la situation Québécoise. Il a été décidé d'avoir recours à des entretiens semi-structurés de façon à laisser les participants insister sur les points qui leur semblaient les plus importants. L'échantillon d'entreprises rencontrées contenait au moins un représentant des principales parties prenantes d'un projet de construction. En particulier, 3 entreprises étaient des propriétaires, 1 était un constructeur, 1 un architecte et enfin 1 entreprise était spécialisée dans la gestion de projets de construction. Tous ces intervenants ont été sélectionnés du fait de leur importance sur le marché local et en raison de leur grande expérience vis-à-vis du mode de gestion étudié.

L'analyse des informations recueillies dans ces entretiens a permis de raffiner le modèle préliminaire précédemment établi. Cette nouvelle version du cadre d'application ainsi qu'un résumé de l'entretien le concernant ont été envoyés à chacun des intervenants afin de valider que leurs propos avaient été bien interprétés et que le cadre se révélait représentatif de la réalité.

C'est alors à partir de cette version que l'outil d'aide à la décision a été développé sur le logiciel Microsoft Excel, comme décrit plus loin dans ce mémoire.

Design-Build and Design-Bid-Build in construction

– A comparative review

L'article intitulé « Design-Build and Design-Bid-Build in construction – A comparative review » est inséré dans cette section du mémoire. Il a été présenté en juillet 2017 lors de la conférence «LC3 : Lean & Computing in Construction Congress ». La version présentée ici est identique à la version présentée durant la conférence.

Résumé

Ce document vise à synthétiser les résultats pertinents de précédentes études sur la méthode de Conception-Construction. Il se concentre principalement sur les coûts, le calendrier et la qualité, car ce sont les principaux indicateurs de performance utilisés dans l'industrie, ainsi que sur certains indicateurs environnementaux. Ce travail a été réalisé grâce à une revue de littérature et une analyse de contenu, en se concentrant sur les études comparant la méthode de Conception-Construction au modèle traditionnel de gestion de projet. Les résultats de la revue montrent que la méthode de Conception-Construction surpassé le modèle traditionnel en termes de respect du budget, de réduction des retards, ainsi qu'en vitesse de livraison, en gardant une qualité similaire. De plus, il est suggéré que la méthode de Conception-Construction facilite le succès des projets avec des objectifs de développement durable tout en étant une étape importante dans l'implantation du Lean Construction. Cette étude pourrait permettre aux propriétaires de gagner du temps dans leur enquête sur la performance de la méthode et même les inciter à reconsidérer leur choix de système de livraison de projet lors de la planification de nouveaux projets.

Abstract

This paper aims at synthesizing relevant findings about the Design-Build (DB) construction delivery system from previous studies. It focuses especially on cost, schedule, quality, and various sustainability aspects associated with a construction project, as they are widely used as performance indicators in this industry. This work has been done through a literature review and a content analysis, focusing on papers comparing Design-Build to the classical Design-Bid-Build delivery system. The results of the literature review show that Design-Build outperforms Design-Bid-Build in terms of cost and schedule growth as well as in terms of delivery speed, all for a similar quality. Furthermore, it may suggest that Design-Build could help in reaching highly sustainable goals while being a key step in the implementation of lean construction. This study might allow owners to save time in their investigation about the performance of Design-Build, and even lead them to reconsider their project delivery system choice when planning for new project launches.

Introduction

The way construction projects are conducted and managed has evolved considerably over the years. Indeed, as technology progressed, the complexity of projects soon reached a point where it exceeded the grasp of a single expert. The increasing complexity led the stakeholders of a construction project to specialize, thereby sequencing the project's organization (Sanvido et al., 1992). This evolution led to what is currently known as the classical delivery method, where the owner contracts a team of architects and engineers to design the building and then elects a contractor following the lowest bidder rule.

However, this classical Design-Bid-Build (DBB) delivery system is still far from perfect since most of the construction projects have to face some cost increases and schedule overruns, which can be really harmful for the owner. Moreover, in some parts of the world, as is the case in the Province of Quebec, Canada, the construction industry is currently facing a drop in activity (CCQ, 2015). The lack in efficiency shown by the classical method promotes the use of alternative delivery methods such as Design-Build (DB), characterized by a single contract with an entity dispensing both the design and the construction of the building. Similar conclusions led to the development of Lean Construction, which aims to optimize the performances at a project level (Forbes & Ahmed, 2011).

Since its first definition on the early 1990s, Design-Build has been gaining market share, reaching nearly 40% in the US in 2014 (RSMeans, 2015). It makes this delivery system one of the most significant trends in design and construction (DBIA, 2016). As it becomes even more important, the Design-Build delivery system is the subject of numerous research efforts that try to determine whether this mode is more efficient than the classical method. To do so, each study focuses on specific aspects of a construction project such as cost and schedule performance, single or multiple owners, and the type of building erected. However, the literature lacks a study synthesizing all the observations and the findings found about Design-Build performance in comparison with Design-Bid-Build; which represents the goal of this study. Thus, this paper aims at synthesizing the knowledge gathered from previous studies about the performance of Design-Build compared to the classical Design-Bid-Build delivery system.

The paper is divided as follows: in Section 2, some preliminary concepts are defined. In Section 3, the research method followed is described while in Section 4, the results are presented. A discussion and a brief conclusion complete the paper.

Preliminary Concepts

As this study focuses on the comparison between Design-Build and Design-Bid-Build, these are the definitions used to characterize those project delivery methods based on the first comparative study proposed by Konchar and Sanvido (1998):

“Design-Build (DB) is a project delivery system where the owner contracts with a single entity to perform both design and construction under a single design-build contract. Contractually, design-build offers the owner a single point of responsibility for design and construction services. Portions or all of the design and construction may be performed by a single design-build entity or by a selection of specialized workers. In some cases, all of the activities may be subcontracted to other companies (Konchar et al., 1998: page IX).”

“Design-Bid-Build (DBB) is a project delivery system where the owner contracts separately with a designer and a constructor. The owner normally contracts with a design company to provide "complete" design documents. The owner or owner-agent then usually solicits fixed price bids from construction contractors to perform the work. One contractor is usually selected and enters into an agreement with the owner to construct a facility in accordance with the plans and specifications (Konchar et al., 1998: page IX).”

Even though the performance triangle time-cost-quality is not necessarily the best way to determine the success of a project (Atkinson, 1999), it is still the tool most used by the authors to compare the two construction delivery systems. Because these criteria remain the most representative way to synthesize results from different studies, this paper will mainly use the same indicators. Quality being a subjective measurement, there is hardly a unique indicator to measure it. Thus, past research generally used surveys to collect data and then emit global conclusions about the behaviour of each delivery system concerning quality performance. The quality of constructed facilities, the compliance with construction specifications or the conformity to user expectations are some of the indicators commonly used for quality measurement.

Research Method

All of the information used to compare the two construction systems was gathered through a structured literature review (see Cooper (1998) for more details).

The first step was to identify key articles related to the subject using two online databases: Web of Science and Compendex. In particular, a combination of the keywords “Design-Build”; “Design-Bid-Build”; “Construction Delivery Systems”, “Comparative analysis” were exploited to find relevant papers for the research. Once those articles were found, the authors focused on their lists of references to identify other interesting articles related to the subject (i.e., backward snowballing, see Wohlin (2014)). The authors took great care to ensure that validity and reliability criteria were met (Carmines & Zeller, 1979). In terms of validity, they ensured their concepts met the agreed-upon definitions in both academic and practice-related literature. Furthermore, they ensured reliability by searching with consistent keywords in leading commercial databases that are well known for the quality of their contents, thus ensuring that researchers in the field could replicate this research. Most of the articles identified in that way dealt with empirical and statistical analysis, using data from construction projects already delivered. The findings of those studies were therefore classified and analyzed to better capture the performance of each type of construction delivery system, as presented in the next section, which details the content of those comparative studies.

Results

The first search on Web of Science yielded a list of 83 articles. Among all the articles found, 16 relevant papers comparing Design-Build and Design-Bid-Build were retained. From those 16 studies, 11 focused on the cost-schedule-quality performance for the two project delivery systems. These 11 papers used data from a total of 1,609 construction projects, 636 projects concerning the DB method and 973 projects being related to the DBB approach. Moreover 98% of the project sample was located in the United States. The authors also observed that military construction projects represented 64% of the sample. The comparative study written by Konchar and Sanvido (1998) was the research most cited.

In 1998, Konchar and Sanvido published one of the main studies between different project delivery systems: Design-Bid-Build, Construction Management at Risk (CMR), and Design-Build. These systems were empirically compared through the results of numerous projects conducted in the United States, regarding their cost, schedule, and quality performances. Data concerning cost and schedule were directly extracted from project metrics while quality was evaluated based on a questionnaire sent to the project owners. In particular, the study gathered data from 351 projects, from which 44% were DB, 33% DBB, and 23% CMR. The projects concerned different building categories, namely: Light industrial, Multi-storey dwelling, Simple office, Complex office, Heavy industrial, and High-technology facilities. The researchers also compared the performance of each delivery system through three univariate statistical analyses respectively focusing on cost, schedule and quality. They ranked the delivery systems following the facility type and the owner type. They finally conducted a multivariate analysis to identify variables that accounted for the greatest proportion of variation concerning unit cost, construction speed, delivery speed, cost growth, and schedule growth. The authors concluded that projects administered using the Design-Build project delivery system can achieve significantly improved cost and schedule advantages while quality achieved using DB is equal or sometimes higher than the one obtained from the other delivery systems studied.

Another study, focusing on military construction, was conducted in 2009 by Rosner et al. with data from the Air Force military construction program. This study used a large sample of projects encompassing 278 DB projects and 557 DBB projects, for a total of 835 projects. These projects included various types of facilities, from storage to more complex operational facilities or even airfield pavement. The performance was evaluated based on cost and schedule indicators, but the number of modifications per million dollars was also taken into account. A statistical analysis showed significant results in favour of Design-Build in terms of cost growth and modification per million, but the DBB achieved the advantage in terms of total project time. This study concluded that DB was most suited for 7 out of the 9 facility types studied. For the 2 other types of facility, storage and maintenance units, the statistical analysis did not show a significant difference. Besides the statistical analysis, the large number of projects used enabled the authors to represent the evolution of the use of design-

build over time, showing a notable increase around 1999/2000, when the use of DB jumped from 18% to 48%.

In 2016, a study was published by El Asmar et al., but unlike most of the other studies, it did not evaluate the delivery systems using only cost, schedule, and quality metrics. Indeed, the purpose of this study was to adapt the Quarterback Rating technique to project ranking in order to compare the performance of different construction systems, which led to the “Project Quarterback Rating”. The advantage of the method is that it ranks the different systems using only one output metric. The authors decided to compare 4 delivery systems: DBB, DB, CMR, and Integrated project delivery, through data from 35 projects. The project quarterback rating allowed the researchers to take a large number of indicators into account, which were divided into 7 categories: customer relations, safety, schedule, cost, quality, profit, and communication. Their method led them to emit a ranking of the four compared delivery systems: Integrated project delivery finished first, followed by Design-Build, then Construction Management at Risk, and finally Design-Bid-Build.

As described above, most of the studies used an empirical approach to compare the different delivery systems based on cost, schedule, and quality performances. Other studies that rather compared the delivery systems based on their ability to deliver sustainable projects were also found. The level of sustainability reached by a project was generally evaluated following the LEED ranking which is recognized as the international mark of excellence for green building in 132 countries (CaGBC, 2016).

In 2009, Molenaar et al. published a report aiming to determine whether project delivery methods influence an owner’s ability to achieve its sustainability goals. To do so, the authors gathered information about 230 projects: 53 DB, 54 DBB, and 123 CMR, using a questionnaire survey sent all over the United States. The project sample was also divided by contract type used in each delivery system. Based on the analysis of their survey responses, the researchers concluded that if the owner wants to maximize sustainability within an available budget, CMR and DB provide the greatest likelihood of success. The study also revealed that integration is necessary to seek a high level of LEED ranking.

Another element on which the different construction delivery systems were compared concerns the legal aspect. Indeed, a study written by Pishdad-Bozorgi et al. in 2012 compared

DB and DBB from the standpoint of claims. Using a literature review and a series of interviews, the authors tried to determine the influence of DB over the number of claims between the owner and the contractor. Results showed that the number of claims emitted by the contractor decreased for DB systems, especially when it dealt with changes in contract documents. The owner's claims also tended to decrease, especially the ones dealing with cost over-run and schedule delays. Nevertheless, claims about work quality might increase for DB systems depending on the level of commitment of the owner and the design-build team expertise.

Discussion

Based on what was found in the literature, it becomes possible to highlight some aspects of the duality between Design-Build and Design-Bid-Build. First, we can see that, at least in the US, Design-Bid-Build is still the main delivery system used, with 58% in 2014 against 38% for DB (RSMeans, 2015). Moreover, it seems that military construction is one of the principal users of Design-Build as it reached 48% of the MILCON use in 2009 (Rosner, et al., 2009). This may justify that 4 of the 11 empirical studies listed focused on military constructions. This goes along with the ease of access to military project data.

It is also interesting to note that most of the papers compared the different construction delivery systems using cost, schedule, and quality performance indicators. A summary of the studies using this kind of evaluation can be found in Table 1. Only the indicators included in most of the papers are presented (i.e., cost growth, unit cost, schedule growth, and delivery speed). Due to the heterogeneity of the units used to describe the unit cost and the delivery speed, no mean could be calculated for these two indicators; this heterogeneity is a consequence of the different types of buildings studied in each research. As quality cannot be efficiently evaluated with quantitative values, only the general conclusions of the studies which tackled this issue are represented in the table.

When looking at this recapitulative table, it can be noted that the DB system seems more reliable concerning the estimated budget and schedule. In particular, a mean cost growth 2% lower and a mean schedule growth 8% lower than the ones obtained for the DBB system can be observed, even though some studies punctually showed results in disfavour of DB. It is also important to note that every study providing value for the mean delivery speed tends to

agree on the fact that DB is faster than the classical delivery system. The only point where Design-Build does not outperform Design-Bid-Build is the unit cost, as most of the studies found almost no differences concerning this indicator.

When looking at quality, authors pointed out that DB quality performance was better or similar to the quality performance of DBB projects. There is however some uncertainty attributable to the subjective nature of quality, which makes it difficult to measure without perceptual influences. But a conservative interpretation could be that DB performs at least as well as DBB in terms of quality. The literature also highlighted the capability of DB to deliver sustainable projects. Every study written on that subject agreed with the fact that project integration facilitates the reach of higher sustainable goals. They also confirmed that DB can achieve a greater project team integration than DBB. However, they also mentioned that the best delivery system in terms of integration, and therefore in terms of sustainability, was the Integrated Project Delivery (IPD).

Table 1: Summary of the empirical studies.

Author	Project sample		Cost		Schedule		Quality	Facility type	Country
	Unit	Cost	Growth	Delivery speed	Growth				
James B. Pocock (1996)	DB	5	--	12.9	--	41.2	--	Military	US
	DBB	7	--	6.7	--	48.4			
Konchar (1998)	DB	154	861 (\$/m ²)	2.2	636 (m ² /month)	0.0	DB ≥ DBB	Industrial	US
	DBB	116	1,291 (\$/m ²)	4.8	302 (m ² /month)	4.4			
Moore (1998)	DB	40	124 (\$/SF)	5.7	10,310 (SF/month)	1.5	DB ≥ DBB	Industrial	US
	DBB	48	141 (\$/SF)	9.0	7,634 (SF/month)	11.2			
Linda N. Allen (2001)	DB	36	117.23 (\$/SF)	3.0	--	-4.0	DB ≥ DBB	Military	US
	DBB	74	134.41 (\$/SF)	21.0	--	56.0			
Pramen P. Shrestha (2007)	DB	4	3.52 (M\$/mile)	1.5	11.4 (Days/Mile)	11.0	DB = DBB	Transport	US
	DBB	4	3.70 (M\$/mile)	12.7	28.5 (Days/Mile)	4.3			
Darren R. Hale (2009)	DB	38	56 (K\$/bed)	2.0	2.6 (Days/bed)	11.5	--	Military	US
	DBB	39	58 (K\$/bed)	4.0	7.0 (Days/bed)	13.9			
James W. Rosner (2009)	DB	278	3.04 (\$/m ²)	4.5	--	17.3	--	Military	US
	DBB	557	2.70 (\$/m ²)	6.4	--	18.8			
Pramen P. Shrestha (2012)	DB	6	3.2 (M\$/km)	7.8	0.3 (month/km)	20.5	DB ≥ DBB	Transport	US
	DBB	16	2.7 (M\$/km)	6.3	1.2 (month/km)	5.1			
R. Edward Minchin Jr. DB (2013)	DB	30	--	45.3	--	20.2	--	Transport	US
	DBB	30	--	20.4	--	23.0			
Jennifer S. Shane (2013)	DB	31	--	1.6	--	4.3	DB = DBB	Water Wastewater	US
	DBB	69	--	3.6	--	5.0			
Hye-Sung Park (2015)	DB	14	961.6 (\$/m ²)	13.0	37 (Days/Floor)	--	DB ≥ DBB	Residential	South Korea
	DBB	13	960.2 (\$/m ²)	19.0	50 (Days/Floor)	--			
Total project number:	DB	636	Mean cost growth:	5.8 7.8	Mean schedule growth:	10.1 18.4			

The Integrated Project Delivery also seems to be the system of choice to reach efficient lean construction methods (Forbes & Ahmed, 2011). However, DB and IPD are similar in many ways. We can consider DB as a first step to reach IPD because the selection of the Design-Builder is still mainly based on cost while IPD goes a little further by taking qualification consideration into account. Moreover, even though DB promotes integration when conducting the project, this integration mainly happens between the design team and the contractor. With IPD, the owner is also fully involved over the life of the project (Haskell, 2017). DB can therefore be seen as an intermediate step to reach the requirement of lean construction in terms of integration and internal communication.

Conclusion

In this article, a synthesis of previous studies comparing Design-Build and Design-Bid-Build has been proposed. By combining and analyzing the different results of these studies, a clear advantage in favour of Design-Build was found, as it seems to outperform the classical delivery system in each criterion typically used for measuring a construction project performance, except for the unit cost. In other words, it seems that DB is a faster and more reliable construction delivery system, leading to a slightly lower claim rate.

And as even more construction projects try to achieve sustainable goals, its relative integration may represent an advantage. However, it appears that most of the studies used in this research were based on US projects, which may not represent the situation of DB elsewhere in the world. Future work could certainly involve more extensive research with more keywords and ideally more than one language to compare the findings with a larger international sample. This paper represents a synthesis of the knowledge gathered around Design-Build in comparison with Design-Bid-Build, which may help further researchers in their literature reviews. This study might also allow owners to save time in their investigation about the performance of DB, and even lead them to reconsider their project delivery system choice when planning for new project launches.

Références

- Allen, L. N. (2001). *Comparison Of Design-Build To Design-Bid-Build As A Project Delivery Method*.
- Asmar, M. E., Hanna, A. S., & Loh, W.-Y. (2016). Evaluating Integrated Project Delivery Using the Project Quarterback Rating. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(1). doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001015
- Atkinson, R. (1999). Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria. *International Journal of Project Management*, 17(6), pp. 337-342.
- CaGBC. (2016). *LEED - Leadership in Energy and Environmental Design*. (Canada Green Building Council) Retrieved 2016, from Conseil du bâtiment durable du Canada - Québec: <http://batimentdurable.ca/construction-developpement-durable/leed>
- Carmines, E. G., & Zeller, R. A. (1979). *Reliability and validity assessment*. Sage Publications.
- CCQ. (2015). *Revue de l'activité, 4e trimestre 2014*.
- Cooper, H. M. (1998). *Synthesizing Research: A Guide for Literature Reviews*. SAGE.
- DBIA. (2016). *What is Design-Build?* Retrieved 07 2016, from Design Build Institute Of America: <http://www.dbia.org/about/Pages/What-is-Design-Build.aspx>
- Forbes, L. H., & Ahmed, S. M. (2011). *Modern Construction Lean Project Delivery and Integrated Practices*. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Hale, D. R., Shrestha, P. P., Jr., G. E., & Migliaccio, G. C. (2009). Empirical Comparison of Design/Build and Design/Bid/Build Project Delivery Methods. *Journal of construction engineering and management*, 135(7), pp. 579-587.
- Haskell. (2017). *Integrated Project Delivery Vs. Pure Design-Build*. Retrieved 03 10, 2017, from <http://haskell.com/getattachment/803de0de-153d-4cc5-9ca3-e7e1a60e46fb/Integrated-Project-Delivery-vs-Pure-Design-Build>
- Konchar, M., & Sanvido, V. (1998). *A Comparison of United States Project Delivery Systems*.
- Minchin, R. E., Li, X., Issa, R. R., & Vargas, G. G. (2013). Comparison of Cost and Time Performance of Design-Build and Design-Bid-Build Delivery Systems in Florida. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(10). doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000746.
- Molenaar, K., Sabin, N., Gransberg, D., McCuen, T., Korkmaz, S., & Hormann, M. (2009). *Sustainable, High Performance Projects and Project Delivery Methods*.
- Moore, S. D. (1998). *A Comparison Of Project Delivery Systems On United States Federal Construction Projects*.
- Park, H.-S., Lee, D., Kim, S., & Kim, J.-L. (2015). Comparing Project Performance of Design-Build and Design-Bid-Build Methods for Large-sized Public Apartment Housing

- Projects in Korea. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 330, pp. 323-330.
- Pishdad-Bozorgi, P., & Garza, J. M. (2012). *Comparative Analysis of Design-Bid-Build and Design-Build From the Standpoint of Claims*.
- Pocock, J. B., Hyun, C. T., Liu, L. Y., & Kim, M. K. (1996). Relationship Between Project Interaction and Performance Indicators. *Journal of Construction Engineering and Management*, 122(2), pp. 165-176.
- Rosner, J. W., Thal, A. E., & West, C. J. (2009). Analysis of the Design-Build Delivery Method in Air Force Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(8), pp. 710-717.
- RSMeans. (2015). *Design-Build Project Delivery Market Share and Market Size Report Update for 2014 Non Residential and Multi-Family Activity*.
- Sanvido, V., Fenves, S., & Wilson, J. (1992). Aspects Of Virtual Master Builder. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 118(3).
- Shane, J. S., Bogus, S. M., & Molenaar, K. R. (2013). Municipal Water/Wastewater Project Delivery Performance Comparison. *Journal of Management in Engineering*, 29(3), pp. 251-258.
- Shrestha, P. P. (2007). *Performance Benchmarking of Large Highway Project*.
- Shrestha, P. P., O'Connor, J. T., & Jr., G. E. (2012). Performance Comparison of Large Design-Build and Design-Bid-Build Highway Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(1), pp. 1-13.
- Wohlin, C. (2014). Guidelines for Snowballing in Systematic Literature Studies and a Replication in Software Engineering. *EASE '14 Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*.

Design-Build in Construction: Decision Framework and Impact on Stakeholders

L'article intitulé « Design-Build in Construction : Decision Framework and Impact on Stakeholders » est inséré dans cette section du mémoire. Il a été soumis en aout 2017 au journal « Built Environment Project and Asset Management » et est actuellement en cours de révision. Le texte de la version présentée dans cette thèse est identique au texte de la version soumise au journal, cependant la version soumise au journal contient également le tableau 1 disponible dans la section précédente.

Résumé

Cette étude a pour objectif d'identifier les impacts que l'utilisation de la méthode de Conception-Construction peut avoir sur les parties prenantes d'un projet de construction, ainsi que les caractéristiques du projet qui sont, ou non, favorables à son utilisation. Elle propose également un cadre décisionnel pour guider les participants d'un projet de construction sur l'utilisation de la méthode de Conception-Construction. La littérature a été consultée pour extraire les avantages, les limites et les conséquences sur les différents acteurs liés à l'utilisation de cette méthode. Ces résultats ont ensuite été validés grâce à une série de rencontres avec des industriels de la construction à Québec, Canada. Grâce à une analyse des informations récoltées dans la littérature et lors des entretiens, le cadre décisionnel proposé ci-dessous a pu être élaboré. Les principaux résultats sont que la méthode de Conception-Construction transfère la majorité des risques du propriétaire vers les autres participants (architectes, ingénieurs et constructeur). Il apparaît aussi que l'expérience du propriétaire ainsi que celle de l'équipe de Conception-Construction sont des points critiques vis-à-vis du succès du projet. Finalement, la méthode semble mal adaptée aux projets complexes, avec un haut niveau de personnalisation ou basé sur une forte valeur artistique. Cette étude met en évidence des paramètres clefs qui doivent être pris en compte lors du choix de la méthode et propose un outil d'aide à la décision qui peut aider les membres de l'industrie de la construction à utiliser la Conception-Construction pour les projets adaptés.

Abstract

This study aims to identify the impact the use of Design-Build (DB) may have on the stakeholders of a construction project as well as the project characteristics that may favor or penalise its use. It also proposes a conceptual decision framework to guide construction projects participants about the use of DB and the possible outcomes from using it. The literature was consulted to extract the advantages, limits, and outcomes for stakeholders involved in a DB project. These results were then validated via a series of interview with stakeholders from the construction industry in Quebec, Canada. An analysis of the information gathered from both the interviews and the literature constituted the basis for the decision framework proposed herein. The main findings of the study are that DB transfers most of the risk from the owner to the other stakeholders (architects, engineers, and contractors). It also appears that the experience of both the owner and the DB team is a critical point of success of any DB project. Finally, DB seems to be poorly adapted to complex projects with a high level of personalization or based on a high artistic value. This study highlights the key parameters that should be taken into account when considering the use of DB and proposes a decision support tool that might help practitioners from the construction industry to choose DB for the right construction projects.

Introduction

The construction industry is currently facing new challenges related to environmental concerns, rising raw material costs, and a changing economic situation, which compel the sector to seek for higher quality construction systems as well as a more efficient value chain. In order to remain competitive, companies have to adapt their practices according to these new considerations. In many countries, the Project Delivery System (PDS) the most frequently used for construction projects is the Design-Bid-Build (DBB) system. It is based on tasks executed sequentially by the design team and the construction team, which may lead to errors, misunderstandings or inefficient designs due to the lack of communication between the stakeholders. Looking for a different approach, some companies have promoted the use of the Design-Build (DB) system that aims to integrate both design and construction phases into a single entity, fostering high quality communication and greater coordination. While DB has already proven its efficiency in many ways (Konchar & Sanvido, 1998), it may not be adapted for every type of construction project.

The aim of this study is therefore to identify for which types of project Design-Build seems the most suitable while better understanding the impact the method may have on all the stakeholders involved in a construction project. To achieve this goal, the literature was consulted, a series of interviews were conducted, and the data gathered was analyzed, leading to the development of both a decision framework and a decision support tool. It was found that the usefulness of the DB method is greatly influenced by the facility type to build, the experience of the team involved in the construction project, and the business environment. As an example, complex projects with a high level of personalization or based on a high artistic value seem to be not well suited for the DB system. This study therefore contributes to better point out in which context DB should be considered by proposing a simple tool that could guide industrial or researchers interested in alternative delivery systems without focusing on the point of view of a specific stakeholder, or requiring a precise understanding of the scope of the project.

The paper is structured as follows: the article starts with a review of the existing literature. The methodology followed during the research is then explained. The presentation of the research findings concerning the impact DB may have on stakeholders as well as the key

elements influencing the choice of the project delivery system to put forward are then described. A conclusion presenting a summary of the findings and the limitations of the study is proposed at the end of the paper.

Literature review

In a comparative study conducted a few years ago, Konchar and Sanvido (1998) defined DB as: “*a project delivery system where the owner contracts with a single entity to perform both design and construction under a single design-build contract.*” (Konchar and Sanvido, 1998: page IX), and DBB as: “*a project delivery system where the owner contracts separately with a designer and a constructor. The owner normally contracts with a design company to provide "complete" design documents.*” (Konchar and Sanvido, 1998: page IX). Lahdenperä (2001) proposed the following figures to illustrate the relationship existing between stakeholders for each of the project delivery system (A/E stands for Architect/Engineer):

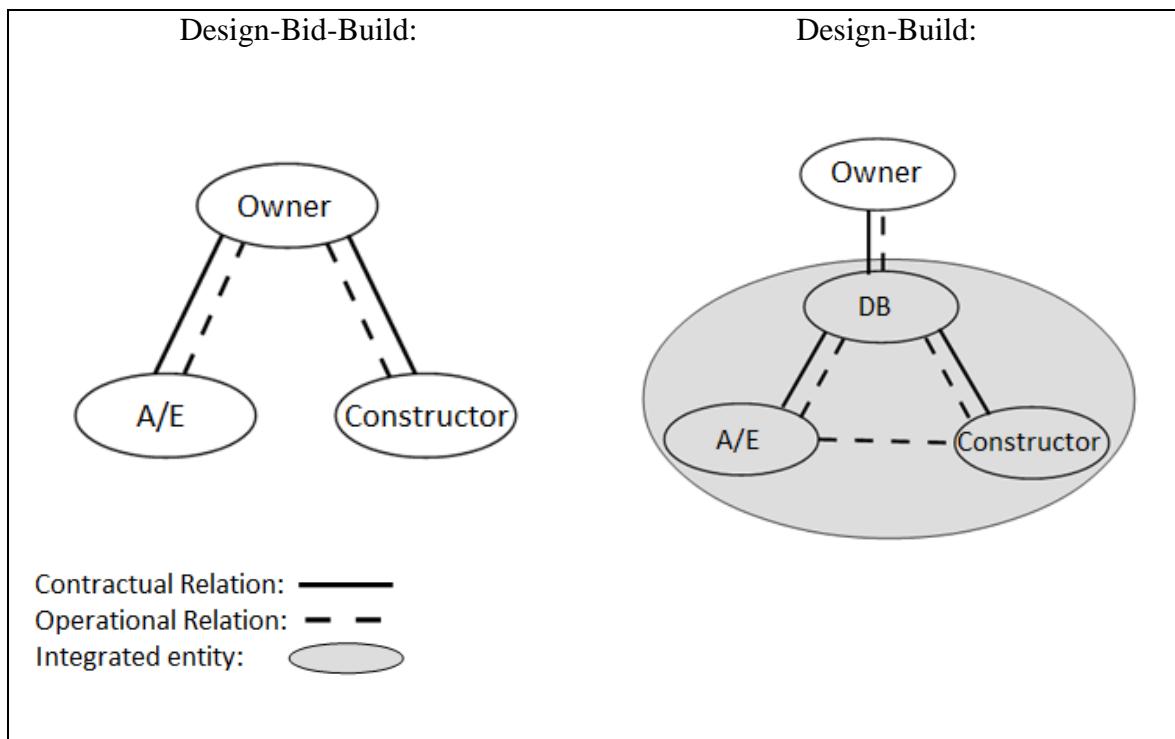


Figure 3: Structural relationship overview for DBB and DB methods (From Lahdenperä (2001))

Those two delivery systems were extensively studied in the literature surveyed here, many articles aiming to compare their performance based on the cost and schedule growth, the delivery speed, the quality achieved, as well as the ability to deliver sustainable projects.

Most of these studies consist in empirical and – sometimes descriptive - statistical analyses of results gathered from construction projects completed with the two methods, mainly in North America.

Two decades ago, Pocock *et al.* (1996) compared 25 US projects divided into 4 different project delivery types: Design-Bid-Build, Design-Build, Partnering, and the rest. All of those projects were from military construction and represented 20 different facility types. The core of the research consisted on a ranking of the cost and schedule performance depending on the “degree of interaction” of the delivery system. Konchar and Sanvido (1997) published one of the main comparative studies between different project delivery systems: Design-Bid-Build, Construction Management at Risk (CMR), and Design-Build. The study gathered data from 351 US-based projects, from which 44% were DB, 33% DBB, and 23% CMR. The authors concluded that projects administered using design-build project delivery can achieve significantly improved cost control and schedule advantages and that the quality achieved using DB is equal or sometimes higher than the other delivery systems studied. Allen (2001), for her part, compared a total of 110 American military construction projects, using cost, schedule, and quality as performance indicators. Data were gathered from both a financial database and a survey questionnaire. The author concluded that the DB project delivery method statistically outperforms DBB in terms of cost growth and schedule overruns while providing greater quality outcomes for a subsample of projects. Shrestha *et al.* first published in 2007 and then in 2012 studies focusing on large highway projects conducted using both DB and DBB methods. In addition to the traditional cost-schedule-quality indicators, which represent the output of the project, the 2012 study also used a total of 21 input characteristics of the project, including construction work days per week, pavement type, bridges areas, and schedule performance bonus. Results indicated that the mean project delivery speed per lane distance and construction speed per lane distance for DB projects was significantly faster than that for DBB projects.

In 2015, a study was presented by Park *et al.*, comparing DB and DBB for large-sized public apartment housing projects in South-Korea. The project sample consists of 14 DB projects and 13 DBB projects, each building being composed of at least 20 floors. Data concerning cost and schedule were collected from the Public Urban Development Enterprises, and quality evaluation was evaluated using a questionnaire survey. The authors found that the

cost growth was more important for DBB, i.e. 19% against 13% for DB. They also observed that it took 12 days less per floor to complete the construction for Design-Build projects, with a slightly better quality. A systematic literature review conducted by Plusquellec *et al.* (2016) showed that, on average, DB slightly outperforms DBB in terms of schedule growth, delivery speed, and cost growth, while maintaining the same quality level.

Some authors also looked at how to select the project delivery system properly depending on the context considered. For example, Al Khalil (2002) proposed a decision model based on the analytical hierarchy process (AHP) to help the user in selecting the most appropriate project delivery method depending on the project characteristics, the owner's needs, and the owner's preferences. In 2005, Mahdi and Alreshaid presented another model using once again the AHP to help identifying the most suited delivery system based on similar criteria while introducing more complex management issues. Both study considered the 3 main delivery systems: DBB, DB, and Construction Management. The latest concluded that "*DB is the most appropriate option when considering all factor areas*" (Mahdi & Alreshaid, 2005: page 571) as well as the most appropriate option considering each factor independently. Love *et al.* (1998) and Chan *et al.* (2001) used the multi-attribute utility method to develop a selection which considers many criteria such as price competition, time available, and availability of competent contractors.

Most of the studies found intended to compare Design-Build and Design-Bid-Build in terms of performance. Only a few aimed at identifying the project delivery system that would be the most appropriated and the models proposed were typically based on the owner point of view while requiring an in-depth understanding of the scope of the construction project to be efficiently utilized. This paper is different from what have been published previously by proposing a general decision framework that can be used at the early stage of the project while not being associated with a specific stakeholder's point of view. In the Province of Quebec, Canada, most of the public construction projects are conducted each year based on the DBB method (Deloitte & CPQ, 2016). However, as pointed out in the study and as observed by the authors, the DB method could certainly be adequate for some of the projects, justifying the interest for developing a decision tool that could quickly guide on the usefulness of the DB method. The tool remains general enough to be applied to similar contexts outside of the Quebec Province.

Research Methods

In order to better understand the impact the DB delivery system may have on the stakeholders involved in a construction project, the literature was consulted. The articles were obtained from Web of Science and Google Scholar as well as from the grey literature, based on specific keywords: “Design-Build”, “Design-Bid-Build”, “Project Delivery System Selection”, “Project Delivery System Comparison”. The abstract was first read to make sure that the papers found were relevant for the study. The entire content of the articles was then analyzed to better understand the structural differences between the different delivery systems while being aware of the testimonies from various stakeholders about the impacts of DB. The same method was also used to establish a first list of characteristics that may impact project performance with the DB delivery system, which represented the first iteration of the conceptual decision framework proposed.

A series of semi-structured interviews were finally conducted with 6 stakeholders from the construction industry to validate the findings based on the literature (see Drever, 1995, for more details concerning the methodology applied) as well as to add context. The sample contained at least one representative of each principal stakeholder involved in any DB or DBB construction project, namely 3 of them were owners, one was a contractor, one was an architect, and one was a construction manager. All of these contributors were selected because of their leading role in the domestic market (i.e., market dominated by a few number of players), their experience with the DB and the DBB delivery systems and their location in the province of Quebec, Canada. The interviews were semi-structured in order to let the participants enrich the discussion while highlighting points that would have been overlooked or improperly contextualized during the literature analysis phase.

The analysis of the data gathered from both the interviews and the literature allowed to refine the preliminary list of characteristics established. This list was sent back to each participant with a summary of the interview for validation purpose. The suggestions and comments from the participants finally led to the final decision framework that was used as a basis to create a decision support tool on Microsoft Excel. This software was selected as it is an extremely popular tool among practitioners while allowing easy personalisation.

Impact on stakeholders

The information gathered from the literature and the interviews allowed to evaluate the impact of the DB system from the perspective of each member involved in a construction project, namely the owner, the architects, the engineers, and the contractor. The outcomes were distinguished following three different forms of internal organization for the DB entity, which are: the architect/engineer (A/E)-led DB, the contractor-led DB, and an integrated DB. With the A/E-led DB, the owner contracts a DB agreement with the A/E company. The A/E company then subcontracts the construction part to a contractor. With the contractor-led DB, the owner contracts the DB agreement with a contractor. The contractor next subcontracts the design part to an A/E company. In an integrated DB agreement, the owner contracts with a DB entity which combines the skills of both the A/E team and the contractor.

The information gathered led to the conclusion that the use of DB mainly impacts the way risk is divided among project members. As the distribution of responsibilities differs depending on the form of internal organization retained, the outcomes also change with it. The only exception to that is the owner, who is barely impacted by the internal organization of the DB entity.

An A/E-led Design-Build is close to the classical delivery system in terms of structure, so the responsibilities distribution is only slightly impacted. Nevertheless, the A/E team gets an extended scope of work as it is now responsible for the scheduling and the materials procurement (Lahdenperä, 2001). It also benefits from more liberty and control over the whole process. On the other hand, the contractor may slightly decrease its risk as it has no direct contractual relationship with the owner and as he is no longer responsible for supply management.

In a contractor-led agreement, the contractor is in charge and benefits from increased control over supply management and schedule. It therefore faces increased risks. As it responds to the contractor's lead, the A/E team faces decreased liberty over the design but also fewer risk. With this organization, the owner may take advantage of greater communication with the contractor to have a better overview of possible construction issues impacting the initial cost and the schedule establishment.

With an integrated DB entity, both the design and construction team are supposed to be equally represented and, as part of the same team, they necessarily share the same risk. This risk is a combination of the risk normally faced by A/E and the contractor, so it is higher than the one faced when entities work alone. The team integration gives each member a larger scope of work as the interactions with the others are favoured, which is especially true for the engineers (Siddens, 2001).

Some outcomes are not related to the internal organization of the DB entity. They mainly concern the owner who faces a unique point of responsibility, as he signs a single contract, which helps manage the risks (Haskell, 2016). As a complete design is no longer required for the initial request for proposal, the owner loses control over the details of the design (Lahdenperä, 2001) which are now the charge of the DB entity. It is also suggested that a higher level of involvement is requested for the owner to successfully keep the project on track, especially if it aims for high sustainable goals. Finally, every project member is affected by communication improvement, which is said to be a key factor for the success of a DB project.

A comparison of the two systems in the case of an integrated DB is represented in Figure 3.

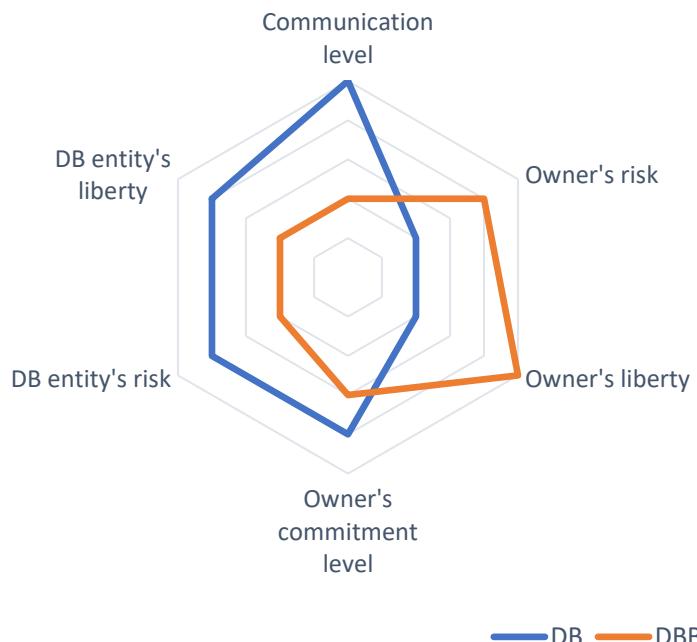


Figure 4: Comparison of DBB and DB impacts on stakeholders involved in a construction project. (The importance grows outward)

Regardless of the internal organization of the DB entity, a DB agreement can be based on different types of contracts. The main impact of the contract type selected concerns the financial risk shared between the owner and the DB entity. The most frequently-used contract seems to be the “Lump Sum” or “Fixed price” one (Chen *et al.*, 2016), in which the DB entity bears the financial risk alone. In the “Cost plus fee” agreement, the entire financial risk is the responsibility of the owner. In the “Guaranteed Maximum Price” agreement (GMP), the financial risk is shared between the two entities (Lahdenperä, 2001). GMP and “Cost plus fee” contracts furthermore require a higher level of involvement from the owner side compared to the lump sum contract. So, lump sum contracts seem to be most suited for small projects with clear understanding of the scope (Lahdenperä, 2001), while GMP contracts should be considered when competition on budget is critical (Chen *et al.*, 2016).

DB Decision Framework

It was also intended to understand what project characteristics would favor the success of a Design-Build project. According to Songer and Molenaar (1997), the most important factors are: the owner’s own understanding of the scope before it is submitted to the design-build team; the owner’s ability to precisely define the project scope, either with in-house staff or with a preconstruction consultant; a shared understanding of functional and technical performance required in the finished project; an adequate owner staffing; and established budget. It is important to note that most of these criteria represent the ability of the owner to understand and formulate his needs and the design-builder’s ability to understand the owner. However, it appears that both the owner and the contractor do not have the same vision concerning the quality of a project. Indeed, while the owner’s prime concerns are about the value he gets for the money invested and the degree to which the product satisfies his requirements, the contractor is more concerned by the client’s satisfaction and the prestige he can gain from the project’s completion (Rad & Khosrowshahi, 1998).

Thus, **the experience** that both the Design-Build entity and the owner have with the method appears to be one of the most important criterion affecting the success of the construction project. Indeed, any DB project relies on a performance specification established by the owner to notify the DB entity of its needs. Contrary to the traditional design procedure, this

performance specification does not contain the full design of the project. All of the participants interviewed agreed on the fact that most of the quality issues and modification orders that occur in a DB project originate from incomplete, contradictory or misunderstood performance specifications. Actually, since the owner team only establishes the performance specification and does not complete the entire design beforehand, it has fewer opportunities and less time to identify contradictory specifications or to clarify its needs. On the other hand, it is crucial for the design-builder to understand the performance specification and to be able to create a consistent design based on it while dealing with the possible inconsistencies generated by an inexperienced owner. Nevertheless, the DB entity has to be experienced enough to handle the new responsibilities. Indeed, as mentioned previously, DB tends to transfer the risks from the owner to the DB entity as it groups the functions of both the design team and the constructor. Thus, the responsibilities borne by the DB entity are much larger than what a constructor and an architect/engineer team usually face individually. All of these reasons make the experience of both parties critical to the success of a DB project.

Furthermore, **the type of facility** is also an important point when considering if DB is well adapted for the project. What emerges from the literature and the interviews is that DB may not be efficient with every facility type. Moreover, it appears that this method may not be well suited for buildings with highly specific equipment like medical facilities or high technology facilities. Indeed, as described above, the needs of the owner are issued in the form of a performance specification, and the more the need is specific and complex, the more it is difficult to sum it up in terms of performance. Similarly, limited by the performance specification in a Design-Build approach, the owner loses control over the design details, which greatly penalises projects with a high artistic value. Generally, to respond to the performance required within the negotiated cost, the DB entity chooses the simplest design. However, for buildings such as museums, the architectural beauty is often favored over cost. On the other hand, military construction has great success with DB since the military tradition often prefers standardization and efficiencies over complex design and visually appealing buildings. In 2009, DB represented 34% of all construction in the US (RSMeans, 2015), but 48% of all military constructions (Rosner, et al., 2009).

In addition to the type of facility, **the number of buildings** and **the location** of the project are two important factors to consider. Even though most of the construction projects involve

only one building, it is important to mention that DB is advantageous in multi-building projects as well. Indeed, DB is known to facilitate the internal organisation of the construction as it favors the communication between stakeholders. In particular, the contractor's supply chain and construction requirements are taken more into consideration (Lahdenperä, 2001) and this advantage is highlighted in multi-building projects. However, although the design-builder has more freedom to organise its value chain, it also takes on more responsibilities in case of failure, so the risk linked to the urban environment increases.

One last thing to consider is whether the target project is **public or private**. Every correspondent interviewed agreed that most of the problems linked to the DB method occurred in public projects. In Quebec, regulations ensure that, for a public project, the contractor is selected using the rule of the lowest bidder following a request for proposal. Therefore, it is greatly encouraged to consider solely the financial aspect of the proposal even though it has been established that the traditional approach for contractor selection does not always meet the challenges or needs of DB projects (Palaneeswaran & Kumaraswamy, 2000). Moreover, this kind of selection requires the design-builder to submit a detailed proposal, which necessarily costs money (DBIA, 2013). But according to the interviews, in the case of private projects, it is much more common to resort to selection methods based on qualifications rather than cost. The interviews highlighted the possibility to limit this difference of consideration by only bidding for large-scale projects, where competing bids are all from companies that have already demonstrated their qualifications and are financially secure.

All these considerations can be summarized in the diagram bellow, representing the DB decision framework proposed:

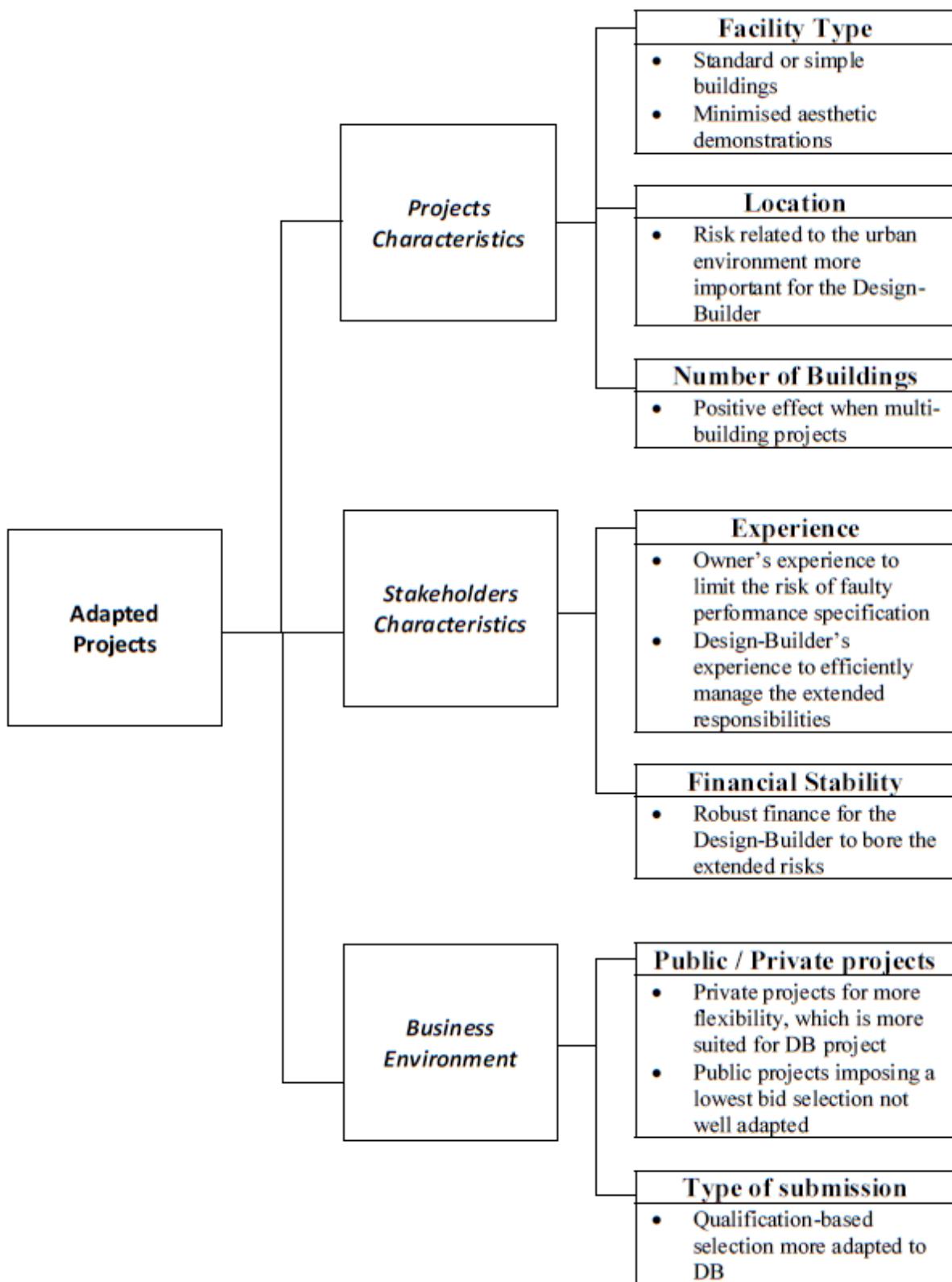


Figure 5: Design-Build decision framework

All of these considerations led to the creation of a decision support tool that comes in the form of an Excel program. It is meant to advise the user by evaluating to what extent a project is adapted to Design-Build. In a first place, the user is invited to define the settings, as displayed on Figure 5a. Then, the user is asked to fill in a form with information describing the project in all aspects discussed above, as shown in Figure 5b. A numerical value is autonomously attributed to each field depending on the answer given. Then the program calculates a weighted mean, where all weights can be changed to match the user's considerations. This weighted mean allows to rank the project on a scale and a result is given, suggesting to what extent DB is adapted to this particular project, as shown in Figure 5c.

Here is an overview of the rendering of the tool:

The figure consists of three side-by-side windows from a decision support tool.

a: Settings form

Settings	
Enter the weight of each criterion:	
Project status weight:	5
Facility type's weight:	20
Complexity's Weight:	15
Location's weight:	5
Multi-Building's weight:	5
Owner's experience weight:	25
Design-Builder's experience weight:	25
<input type="button" value="Help"/>	<input type="button" value="OK"/>

b: New project form

Project Parameters:	
<input checked="" type="checkbox"/> Public Project	<input type="checkbox"/> Private Project
Facility Type:	Multi-Story dwelling
Complexity:	Normal
Location:	Urban
Multi-Building:	<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No
Owner's level of experience:	None
Design-Builder experience:	Average
<input type="button" value="Help"/>	<input type="button" value="OK"/>

c: Project summary and results

Summary of the project:	
Project Status:	Public
Facility Type:	Multi-Story dwelling
Complexity:	Normal
Location:	Urban
Multi-Building:	No
Owner's level of experience:	None
Design Builder's level of experience:	Average
Result:	This project may not be adapted to Design-Build

Figure 6: Decision support tool overview

Conclusion

This study aims at proposing a decision framework which highlights the interest of using DB for certain construction projects. Based on a literature review and a series of interview, it has been determined that most of the issues related to DB construction projects are linked to the

interpretation of the performance specifications emitted by the owner. Therefore, it appears that DB is well suited for projects with a high level of standardization as it limits misinterpretations of the owner's needs. Moreover, DB is responsible for a redistribution of the responsibilities between the project members, which transfer the risks from the owner to the Design-Build entity. Thus, the experience of the different parties with the method is critical for the overall success of the project. When companies begin in DB projects, they may face a lack of experience. They can therefore rely on consulting teams, either to verify the quality of the work done by the DB unit or to help in defining precise performance specifications, as pointed out by the participants interviewed.

Some elements discussed in the literature are still not included in the conceptual framework. This is the case of the size of the company, which may impact the ability to compete on DB project proposals, and of the pricing agreement, which typically has an effect on the financial risk sharing. The type of construction material used was also not taken into account, while it may influence the way the project will be managed. Moreover, most of the information used to develop the framework was gathered from the literature as well as from companies located in the Quebec province, so maybe some particularities from other regions of the world have not been fully integrated.

To integrate those items to the framework, it would be interesting as future work to investigate the link between the size of a company and its ability to compete on DB projects, by considering for example the possibility for small companies to form some joint ventures. Conducting interviews with a larger sample or with companies located outside the Quebec Province as well as studying an entire construction project conducted via the DB method following the tool's recommendation could also lead to a possible adaptation of the framework. It might finally be interesting to replicate this kind of work with the case of the Integrated Project Delivery, which represents the next step in terms of integration management.

References

- Allen, L. N., 2001. *Comparison Of Design-Build To Design-Bid-Build As A Project Delivery Method*, Monterey, California: Naval Postgraduate School.
- Bush, M. W. & Tedesco, S., 2016. *Lessons Learned in the Planning, Design, and Construction of the Carlsbad Desalination Conveyance Pipeline*, Irvine, CA: ASCE.
- Chan, A. P. C. et al., 2001. Application of Delphi method in selection of procurement systems for construction projects. *Construction Management and Economics*, 19(7), pp. 699-718.
- Chen, Q. et al., 2016. Choosing Appropriate Contract Methods for Design-Build Projects. *Journal of Management in Engineering*.
- DBIA, 2013. *Building America: Challenges for Small Construction Contractors*, Washington, D.C: Design-Build Institute of America.
- Deloitte & CPQ, 2016. *Étude sur l'écosystème d'affaires de la construction au Québec*, Québec: Deloitte.
- Drever, E., 1995. *Using Semi-Structured Interviews in Small-Scale Research. A Teacher's Guide*. Edinburgh: Scottish Council for Research in Education.
- Hale, D. R., Shrestha, P. P., Jr., G. E. G. & Migliaccio, G. C., 2009. Empirical Comparison of Design/Build and Design/Bid/Build Project Delivery Methods. *Journal of construction engineering and management*, 135(7), pp. 579-587.
- Haskell, 2016. *Risk Reduction in Design-Build*. [Online] Available at: <http://haskell.com/Resources/Market-Intelligence/White-Papers-en> [Accessed 12 06 17].
- Khalil, M. I. A., 2002. Selecting the appropriate project delivery method using AHP. *International Journal of Project Management*, Volume 20, p. 469–474.
- Konchar, M. & Sanvido, V., 1998. *A Comparison of United States Project Delivery Systems*, University Park: Pennsylvania.
- Lahdenperä, P., 2001. *Design-Build Procedures*. Espoo: VTT Publications.
- Loulakis, M. C. & Cregger, W. L., 1996. Design-build joint venture liability. *Civil Engineering*, 5(66), p. 32.
- Love, P., Skitmore, M. & Earl, G., 1998. Selecting a suitable procurement method for a building project. *Construction Management and Economics*, 16(2), pp. 221-233.
- Mahdi, I. M. & Alreshaid, K., 2005. Decision support system for selecting the proper project delivery method using analytical hierarchy process (AHP). *International Journal of Project Management*, Volume 23, p. 564–572.
- Minchin, R. E. J., Li, X., Issa, R. R. & Vargas, G. G., 2013. Comparison of Cost and Time Performance of Design-Build and Design-Bid-Build Delivery Systems in Florida. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(10).
- Molenaar, K. et al., 2009. *Sustainable, High Performance Projects and Project Delivery Methods*, DBIA: Charles Pankow Foundation.

- Moore, S. D., 1998. *A Comparison Of Project Delivery Systems On United States Federal Construction Projects*, State College, PA: The Pennsylvania State University.
- Palaneeswaran, E. & Kumaraswamy, M. M., 2000. Contractor Selection for Design/Build Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 126(5), pp. 331-339.
- Park, H.-S., Lee, D., Kim, S. & Kim, J.-L., 2015. Comparing Project Performance of Design-Build and Design-Bid-Build Methods for Large-sized Public Apartment Housing Projects in Korea. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, Volume 330, pp. 323-330.
- Plusquellec, T., Lehoux, N. & Cimon, Y., 2016. *Design-Build and Design-Bid-Build in Construction - A Comparative review*. Heraklion, Greece, Proc. Lean & Computing in Construction Congress (LC3).
- Pocock, J. B., Hyun, C. T., Liu, L. Y. & Kim, M. K., 1996. Relationship Between Project Interaction and Performance Indicators. *Journal of Construction Engineering and Management*, 122(2), pp. 165-176.
- Rad, H. N. & Khosrowshahi, F., 1998. Quality measurement in construction projects.. *14th Annual ARCOM Conference*, 2(3), pp. 89-97.
- Rosner, J. W., Thal, A. E. J. & West, C. J., 2009. Analysis of the Design-Build Delivery Method in Air Force Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(8), pp. 710-717.
- RSMeans, 2015. *Design-Build Project Delivery Market Share and Market Size Report Update for 2014 Non Residential and Multi-Family Activity*, Norwell, MA: RSMeans Consulting.
- Shane, J. S., Bogus, S. M. & Molenaar, K. R., 2013. Municipal Water/Wastewater Project Delivery Performance Comparison. *Journal of Management in Engineering*, 29(3), pp. 251-258.
- Shrestha, P. P., 2007. *Performance Benchmarking of Large Highway Project*, Austin: The University of Texas at Austin.
- Shrestha, P. P., O'Connor, J. T. & Jr., G. E. G., 2012. Performance Comparison of Large Design-Build and Design-Bid-Build Highway Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(1), pp. 1-13.
- Siddens, S., 2001. *Design-Build: The Engineer's Point of View*. [Online] Available at: <http://www.csemag.com/industry-news/codes-and-standards-updates/single-article/design-build-the-engineer-s-point-of-view/281cc65fbe14fd59925ee2fc61bf36fc.html> [Accessed 12 06 2017].
- Songer, A. D. & Molenaar, K. R., 1997. Project Characteristics for Successful Public-Sector Design-Build. *Journal of Construction Engineering and Management*, Volume 123, pp. 34-40.

Design-Build Framework for SMEs in the Construction Industry

L'article intitulé « Design-Build Framework for SMEs in the Construction Industry » est inséré dans cette section du mémoire. Il a été présenté en mai 2017 lors de la conférence «CCSBE : Canadian Council of Small Business and Entrepreneurship ». La version présentée ici est identique à la version présentée durant la conférence.

Résumé

Cette étude vise à identifier les différentes caractéristiques qui influent sur l'utilisation de la méthode de Conception-Construction, telles que la nature du projet de construction, l'environnement commercial et l'entité de Conception-Construction elle-même. Elle propose également un cadre d'application afin d'aider les PME à identifier quand utiliser cette méthode. Pour ce faire, une revue de la littérature a été menée pour extraire les avantages, les limites et les conséquences pour les parties prenantes impliquées dans un projet utilisant cette méthode. Ces résultats ont ensuite été validés via une série d'entretiens avec des acteurs locaux de l'industrie de la construction. Une analyse de l'information recueillie à la fois dans la littérature et grâce aux entretiens a conduit à la conception du cadre d'application proposé. Les principaux résultats sont que la méthode de Conception-Construction transfère la majorité des risques du propriétaire vers les autres participants (architectes, ingénieurs et constructeur), confirmant la nécessité pour les PME impliquées d'être en mesure de soutenir les risques financiers supplémentaires ainsi que les nouvelles responsabilités qui vont avec. Il apparaît aussi que l'expérience du propriétaire ainsi que celle de l'équipe de Conception-Construction sont des points critiques vis-à-vis du succès du projet, par conséquent, les PME devraient s'assurer que le propriétaire est capable de produire des spécifications de performance aussi exhaustives que possible. Enfin, cette méthode semble être mal adapté aux projets complexes avec un haut niveau de personnalisation ou basés sur une grande valeur artistique comme les musées. Cette étude pourrait aider les PME de l'industrie de la construction à envisager d'utiliser la méthode de Conception-Construction comme système de livraison dans de futurs projets de construction tout en évitant des erreurs courantes pouvant entraîner de graves défaillances de projets.

Abstract

This study aims to identify the different characteristics impacting the use of Design-Build (DB) such as the nature of the construction project, the business environment, and the Design-Build entity itself. It also proposes a conceptual framework in order to guide SMEs about when to go for DB and what the outcomes could be. To do so, a literature review was conducted to extract the advantages, limits, and outcomes for the stakeholders involved in a DB project. These results were then validated via a series of interviews with local actors of the construction industry. An analysis of the information gathered from both the interviews and the literature led to the Design-Build framework proposed. The main findings of the study are that DB transfers most of the risks from the owner to the other stakeholders involved in the construction project (architects, engineers, and contractors), confirming the necessity for the SMEs involved to be able to support the extra financial risk and the new responsibilities arising. It also appears that the experience of both the owner and the DB team is a critical point of success of any DB project; therefore, the SME should ensure that the owner is capable of producing performance specifications as comprehensive as possible. Finally, DB seems to be poorly adapted to complex projects with a high level of personalization or based on a high artistic value such as museums. This study might help SMEs from the construction industry to consider using DB as a project delivery system in future construction projects while avoiding common mistakes that could lead to severe project failures.

Introduction

The construction industry is currently facing new challenges related to awareness about environmental issues and the economic crisis of recent years, which compels the sector to seek higher quality construction systems as well as a more efficient value chain. In order to remain competitive, companies have to adapt their practices according to these new considerations, and this is especially true for small and medium enterprises (SMEs). In many countries, the most frequently used project delivery system for a construction project - Design-Bid-Build (DBB)- is based on tasks executed sequentially by the design team and the construction team, which can lead to errors, misunderstandings or inefficient designs. Looking for a different approach, some companies have promoted the use of the Design-Build (DB) system that aims to integrate both design and construction phases into a single entity, fostering high quality communication and greater coordination. While DB has already proven its efficiency in many ways, it may not be adapted for every type of construction project, being greatly influenced by the facility type to build, the team's experience in DB, and the business environment of the companies involved in the project.

Therefore, it is critical for a company that wishes to use DB to select projects that are well adapted to this delivery system. Thus, the aim of this study is to identify which project Design-Build is the most suited with, depending on characteristics of the project itself, the SME and the business environment. It also investigates to what extent these characteristics influence the success of the project and proposes a decision support tool to help facilitate the choice of using Design-Build instead of Design-Bid-Build for a given project.

This paper is divided as follows: in section 2 the methodology used in this research is described. In section 3 the results of the literature review are exposed, while in section 4 the framework is presented. A discussion and a brief conclusion complete the paper.

Research method

Most of the information needed for this research was gathered through the literature using secondary sources from specialized outlets. The first step of the literature review had the objective of defining the concepts used in the study, namely DB and DBB, and to identify

the advantages and limits of each method. The general understanding of the problem arising from the reading of numerous articles as well as the information contained in each paper enabled the authors to identify the characteristics of a project that greatly influence its success and the choice of the delivery system.

In order to validate the interpretations made based on the literature, a series of semi-structured interviews (see Drever, 1995) were conducted with industrial partners in the construction industry. The authors met with at least one representative of each principal stakeholder, namely an owner, an architect, or a contractor. All of these contributors were located in the province of Quebec, Canada. The interviews were semi-structured in order to let the representative insist on what he saw as important and to possibly direct the discussion to points that would have been forgotten. A written summary of the interview was then sent to each correspondent for validation purposes.

The information thus collected allowed the authors to structure the framework proposed and to create a decision support tool based on Microsoft Excel. This software was selected as it is an extremely popular tool allowing easy personalisation that still represents a robust development platform using VBA language.

Literature review

This study intends to identify reasons for opting either for DB or DBB. So, the first step was to look for definitions of both delivery systems. The following definitions from Konchar and Sanvido's (1998) comparative study were used:

“Design-Build” is a project delivery system where the owner contracts with a single entity to perform both design and construction under a single design-build contract. Contractually, design-build offers the owner a single point of responsibility for design and construction services. Portions or all of the design and construction may be performed by a single design-build entity or by a selection of specialized workers. In some cases, all of the activities may be subcontracted to other companies.” (Konchar and Sanvido, 1998: page IX)

“Design-Bid-Build” is a project delivery system where the owner contracts separately with a designer and a constructor. The owner normally contracts with a design company to provide

"complete" design documents. The owner or owner-agent then usually solicits fixed price bids from construction contractors to perform the work. One contractor is usually selected and enters into an agreement with the owner to construct a facility in accordance with the plans and specifications." (Konchar and Sanvido, 1998: page IX).

It was also intended to understand what project characteristics would favor the success of a Design-Build project. According to Songer and Molenaar (1997), the most important factors are: the owner's own understanding of the scope before it is submitted to the design-build team; the owner's ability to precisely define the project scope, either with in-house staff or with a preconstruction consultant; a shared understanding of functional and technical performance required in the finished project; an adequate owner staffing; and established budget. It is important to note that most of these criteria represent the ability of the owner to understand and formulate his needs and the design-builder's ability to understand the owner. However, it appears that both owner and contractor do not have the same vision of the quality of a project. Indeed, while the owner's prime concerns are about the value he gets for the money invested and the degree to which the product satisfies his requirements; the contractor is more concerned by the client's satisfaction and the prestige he can gain, thanks to the project's completion (Rad & Khosrowshahi, 1998).

Furthermore, many studies intend to compare DB to DBB in terms of performance related to the cost-time-quality results of the projects. Most of these studies consist in empirical statistical analysis of performance indicators, such as cost growth or schedule growth, gathered from projects completed with both delivery systems. The results of these studies show that, on average, DB slightly outperforms DBB in terms of schedule growth, delivery speed, and cost growth, while maintaining the same quality level (Plusquellec, et al., 2016).

Framework

The literature review as well as the series of interviews allowed the identification of some of the most crucial criteria on the success of a DB project from the point of view of the Design-Builder, and to determine to what extent they influence this success.

The most important criterion is **the experience** that both the Design-Build entity and the owner have with the method. Indeed, any DB project relies on a performance specification

established by the owner to notify the DB entity of its needs. Contrary to the classical design procedure, this performance specification does not contain the full design of the project. All of the correspondents interviewed agreed on the fact that most of the quality issues and modification orders that occur in a DB project originate from incomplete, contradictory or misunderstood performance specifications. Actually, since the owner team only establishes the performance specification and does not complete the entire design beforehand, it has fewer opportunities and less time to identify contradictory specifications or the necessity to clarify its needs. On the other hand, it is crucial for the design-builder to understand the performance specification and to be able to create a consistent design based on it as well as deal with the possible inconsistencies generated by an inexperienced owner. Nevertheless, the DB entity has to be experienced enough to handle the new responsibilities. Indeed, DB tends to transfer the risks from the owner to the DB entity (Plusquellec, et al., 2016) as it groups the functions of both the design team and the constructor. Thus, the responsibilities borne by the DB entity are much larger than what a constructor and an architect/engineer team usually face individually. All of these reasons make the experience of both parties critical to the success of a DB project.

Furthermore, **the type of facility** is also an important point when considering if DB is well adapted for the project. What emerges from the literature and the interviews is that DB may not be efficient with every facility type. Moreover, it appears that this method may not be well suited for buildings with highly specific equipment like medical facilities or high technology facilities. Indeed, as described above, the needs of the owner are issued in the form of a performance specification, and the more the need is specific and complex, the more it is difficult to sum it up in terms of performance. Similarly, limited by the performance specification in a Design-Build approach, the owner loses control over the design details, which greatly penalises projects with a high artistic value. Generally, to respond to the performances required within the negotiated cost, the DB entity usually chooses the simplest design. However, for buildings such as museums, the architectural beauty is often favored over cost. On the other hand, military construction usually has great success with DB since the military tradition often prefers standardization and efficiencies over complex design and visually appealing buildings. In 2009, DB represented 34% of all construction in the US (RSMeans, 2015), but 48% of all military constructions (Rosner, et al., 2009).

In addition to the type of facility, **the number of buildings** and **the location** of the project are two important factors to consider. Even though most of the construction projects involve only one building, it is important to mention that DB is advantageous in multi-building projects as well. Indeed, DB is known to facilitate the internal organisation of the construction as it favors the communication between stakeholders. In particular, the contractor's supply chain and construction requirements are taken more into consideration (Lahdenperä, 2001) and this advantage is highlighted in multi-building projects. However, although the design-builder has more freedom to organise his value chain, he also takes on more responsibilities in case of failure, so the risk linked to the urban environment gain in importance.

One last thing to consider is whether the target project is **public or private**. Every correspondent interviewed agreed that most of the problems linked to the DB method occurred in public projects. In Quebec, regulations ensure that, for a public project, the contractor is selected using the rule of the lowest bidder following a request for proposal. Therefore, it is greatly encouraged to consider solely the financial aspect of the proposal even though it has been established that the traditional approach for contractor selection does not always meet the challenges or needs of DB projects (Palaneeswaran & Kumaraswamy, 2000). Moreover, this kind of selection requires the design-builder to submit a detailed proposal, which necessarily costs money (DBIA, 2013). But according to the interviews, in the case of private projects, it is much more common to resort to selection methods based on qualifications rather than cost. The interviews highlighted the possibility to limit this difference of consideration by only bidding for large-scale projects, where competing bids are all from companies that have already demonstrated their qualifications and are financially secure.

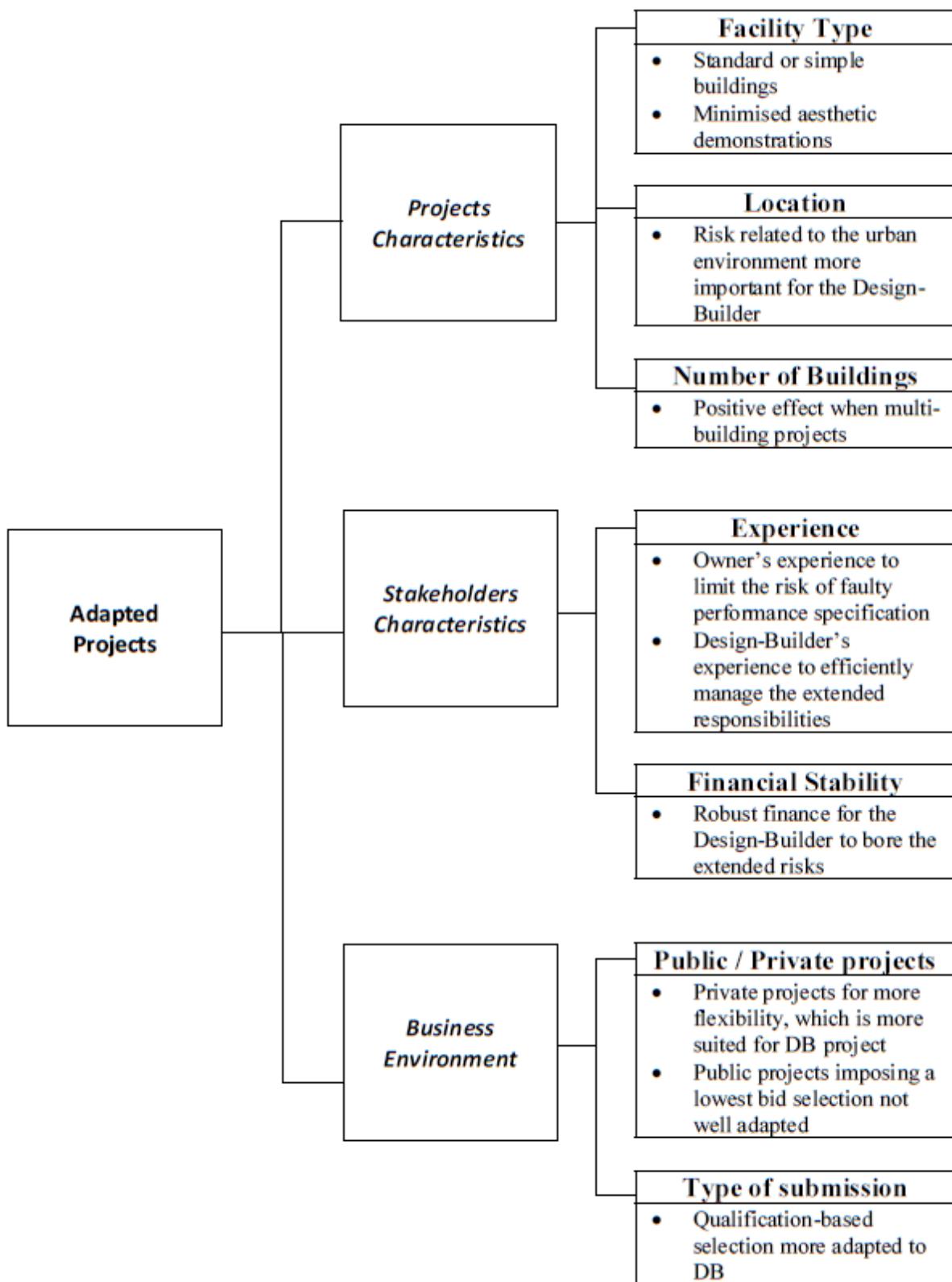


Figure 7: Design-Build decision framework

All of these considerations led to the creation of a decision support tool that comes in the form of an Excel program. It is meant to advise the user by evaluating to what extent a project is adapted to Design-Build. In a first place, the user is invited to define the settings, as displayed on figure 7a. Then, the user is asked to fill in a form with information describing the project in all aspects discussed above as shown in figure 7b. A numerical value is autonomously attributed to each field depending on the answer given. Then the program calculates a weighted mean, where all weights can be changed to match the user's considerations. This mean ranks the project on a scale and display a summary as in figure 7c which may help the user to know to what extent DB is adapted to this particular project.

Here is an overview of the rendering of the tool:

a: Settings form

Settings	
Enter the weight of each criterion:	
Project status weight:	5
Facility type's weight:	20
Complexity's Weight:	15
Location's weight:	5
Multi-Building's weight:	5
Owner's experience weight:	25
Design-Builder's experience weight:	25
<input type="button" value="Help"/>	<input type="button" value="OK"/>

b: New project form

Project Parameters:	
<input checked="" type="checkbox"/> Public Project	<input type="checkbox"/> Private Project
Facility Type:	Multi-Story dwelling
Complexity:	Normal
Location:	Urban
Multi-Building:	<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No
Owner's level of experience:	None
Design-Builder experience:	Average
<input type="button" value="Help"/>	<input type="button" value="OK"/>

c: Project summary and results

Sumary of the project:	
Project Status:	Public
Facility Type:	Multi-Story dwelling
Complexity:	Normal
Location:	Urban
Multi-Building:	No
Owner's level of experience:	None
Design Builder's level of experience:	Average
Result:	This project may not be adapted to Design-Build

Figure 8: Overview of the tool

Discussion

Some SMEs may face difficulties competing on Design-Build project proposals, either because they do not possess the internal competencies to carry out each phase of the project or because they do not have the financial resources to bid on a request for proposal with low

success probability. One way to deal with this kind of issue is to consider a joint venture with one or several other companies. Indeed, this kind of organisation offers the advantage of sharing the risks with the others, which is not true when merely subcontracting out portions of the project to independent contractors (Lahdenperä, 2001). However, even if each entity has a mutual interest to cooperate on the project, it obviously does not prevent disputes in case of project failure. In this case, the joint venture may complicate the process of identifying which party is responsible for the loss and to quantify the costs associated to each party (Loulakis & Cregger, 1996). Moreover, it has been noticed that for this kind of association to succeed in a Design-Build project, each party should ensure good communication since it represents a key element in the organization of the project (Bush & Tedesco, 2016).

It is also recommended for SMEs to focus on projects using qualification-based selection. This type of selection focuses on experience, past projects and financial capabilities which is closer to the selection process of the design team on a classical project than a request for proposal (Haskell, 2017) which only considers price during the contract negotiation (DBIA, 2013). Although the qualification-based selection requires the company to be experimented with Design-Build, it provides a way to save money from expensive detailed proposal submissions.

Conclusion

In this article, a framework for the use of Design-Build from the point of view of the design-builder has been proposed. It has been explained that most of the issues are linked to the interpretation of the performance specifications emitted by the owner. Therefore, it appears that DB is well suited for projects with a high level of standardization as it limits misinterpretations of the owner's needs. However, other aspects, like the experience of the stakeholders with the method, should be considered.

This study, along with the resulting decision support tool, might help SMEs from the construction industry to consider using DB as a project delivery system in future construction projects while avoiding common mistakes that could lead to severe project failures. However,

respondents were geographically clustered in Quebec, and since building codes and practices may vary from one North American jurisdiction to another, their point of view might not be relevant elsewhere. Moreover, the study does not consider the impact of the contract type. However, it has already been established that Lump Sum or Guaranteed Maximum Price contracts are not well suited for the same kind of project. Thus, it would be interesting that further studies add another layer of detail to improve the accuracy of the framework.

References

- Bush, M. W. & Tedesco, S., 2016. *Lessons Learned in the Planning, Design, and Construction of the Carlsbad Desalination Conveyance Pipeline*, Irvine, CA: ASCE.
- DBIA, 2013. *Building America: Challenges for Small Construction Contractors*, Washington, D.C: Design-Build Institute of America.
- Drever, E., 1995. *Using Semi-Structured Interviews in Small-Scale Research. A Teacher's Guide..* Edinburgh: Scottish Council for Research in Education.
- Haskell, 2017. *Selection Of Design-Builder: Best Value Vs. Qualifications-Based*. [Online] Available at: <http://haskell.com/Resources/Market-Intelligence/White-Papers-en> [Accessed 02 04 2017].
- Konchar, M. & Sanvido, V., 1998. *A Comparison of United States Project Delivery Systems*, University Park: Pennsylvania.
- Lahdenperä, P., 2001. *Design-Build Procedures*. Espoo: VTT Publications.
- Loulakis, M. C. & Cregger, W. L., 1996. Design-build joint venture liability. *Civil Engineering*, 5(66), p. 32.
- Palaneeswaran, E. & Kumaraswamy, M. M., 2000. Contractor Selection for Design/Build Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 126(5), pp. 331-339.
- Plusquellec, T., Lehoux, N. & Cimon, Y., 2016. *Design-Build in Construction: Performance and Impact on Stakeholders*, Québec: CIRRELT.
- Rad, H. N. & Khosrowshahi, F., 1998. Quality measurement in construction projects.. *14th Annual ARCOM Conference*, 2(3), pp. 89-97.
- Rosner, J. W., Thal, A. E. J. & West, C. J., 2009. Analysis of the Design-Build Delivery Method in Air Force Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(8), pp. 710-717.
- RSMeans, 2015. *Design-Build Project Delivery Market Share and Market Size Report Update for 2014 Non Residential and Multi-Family Activity*, Norwell, MA: RSMeans Consulting.

Songer, A. D. & Molenaar, K. R., 1997. Project Characteristics for Successful Public-Sector Design-Build. *Journal of Construction Engineering and Management*, Volume 123, pp. 34-40.

Outil d'aide à la décision

Comme il a été mentionné précédemment, ce projet de recherche a abouti à la conception d'un outil d'aide à la décision brièvement décrit dans l'article « *Design-Build in Construction: Decision Framework and Impact on Stakeholders* ». Cette section présente une description plus en profondeur de la structure et du fonctionnement de l'outil et comprend également un guide voué à en faciliter l'utilisation. Les illustrations présentées dans cette section se rapportent toutes au même exemple.

Structure et fonctionnement

Pour des soucis de facilité d'utilisation et de développement, cet outil a été réalisé sur le logiciel Microsoft Excel, grandement répandu dans tous les milieux professionnels, en utilisant le langage VBA.

Avant toute utilisation, le document est constitué de trois pages intitulées *Home*, *Data* et *Calculus*. La page *Home*, ou page d'accueil (Figure 8), est la page d'ouverture à partir de laquelle l'utilisateur peut créer un nouveau projet, modifier les réglages ou gérer les données. Il s'agit de la seule des trois pages précédemment citées qui permet des interactions avec l'utilisateur. La page *Data*, ou page de données (Figure 9), est la page sur laquelle sont inscrites toutes les options disponibles pour chacun des critères utilisés lors du calcul. Elle permet ainsi une vérification rapide de la cohérence des données utilisées. La page *Calculus*, ou page de calcul (Figure 10), contient l'affichage détaillé du dernier calcul effectué, permettant une compréhension plus en détail de l'appréciation fournie par l'outil.

On remarque sur la figure 9 qu'une valeur est associée à chaque option. Il s'agit de la valeur prise en compte lors du calcul. Une valeur négative indique que l'élément est mal adapté à la méthode. Ainsi une évaluation de l'expérience « Nulle » se voit attribué la valeur -2, tandis qu'une expérience « Haute » favorise la méthode et a donc une valeur positive égale à 1. Ces valeurs se retrouve sur la figure 10 où on remarque que le « type de bâtiment » a une valeur égale à 3, correspondant aux habitations multi-étages, et un poids de 20. La valeur pondérée est simplement le produit du poids avec la valeur associée.

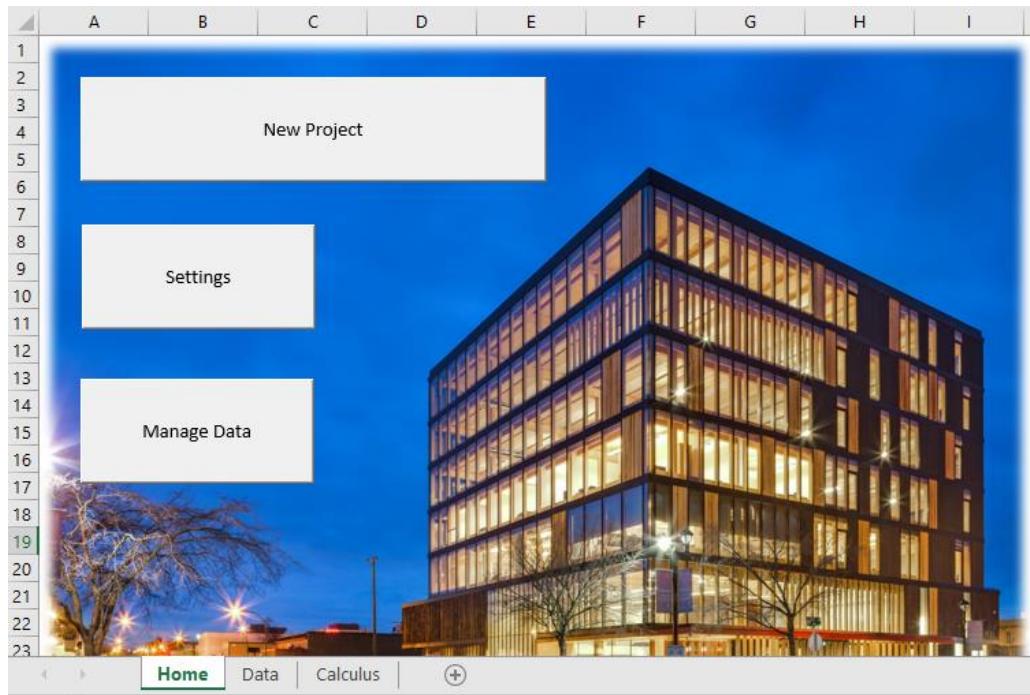


Figure 9: Aperçu de la page d'accueil

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Facility Type:		Complexity rating:			Experience rating:			Location:		
2	Multi-Story dwelling	3		Very low	2	None	-2	Rural	2		
3	Light industrial	2		Low	1	Low	-1	Urban	0		
4	Heavy industrial	-1		Normal	0	Average	0	Dense urban	-1		
5	Simple Office	2		High	-1	High	1				
6	Complex Office	-1		Very high	-2	Very high	2				
7	High Technology	-2									
8											

Figure 10: Aperçu de la page de données

	A	B	C	D	E
1	Project Parameters:		Weight	Value	Weighted Value
2	Project Status:		5.00	-1	-5
3	Facility Type:		20.00	3	60
4	Complexity:		15.00	1	15
5	Location:		5.00	0	0
6	Multi-Building:		5.00	-1	-5
7	Owner's experience:		25.00	-2	-50
	Design-Builder Experience		25.00	-2	-50
9					
10	Sum:		100.00		-35
11					
12			Total :		-0.35
13					

Figure 11: Aperçu de la page de calculs

Le résultat présent sur la figure 10 est obtenu en faisant la moyenne pondérée de tous les critères. Une valeur positive de ce résultat indique que la méthode est plutôt adaptée au projet évalué, une valeur négative signifie l'inverse.

Lors de la création d'un nouveau projet, une quatrième page est créée au nom du projet, fourni par l'utilisateur (Figure 11). Cette page offre un résumé des caractéristiques du projet telles que l'utilisateur les a définies. Elle offre également la possibilité de modifier ces données. C'est également ici que s'affiche le résultat de l'analyse de l'outil, une fois que l'utilisateur a lancé l'évaluation, accompagné d'une évaluation de chaque critère représentant son impact par un code couleur.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
	◀ ▶		Home	Project Name	Data	Calculus	+	

Figure 12: Aperçu de la page de projet

Ainsi, il est possible de représenter les interactions entre les différents éléments de l'outil sous la forme du diagramme ci-dessous (Figure 12). Depuis la page d'accueil, l'utilisateur peut modifier les poids de chaque critère pris en compte dans le calcul, il peut de même

ajouter ou supprimer des informations présentes sur la page de données, ainsi que créer un nouveau projet. La page de projet offre un choix de critères qui dépendent des informations présentes sur la page de données et affiche le résultat fourni par la page de calcul. Cette dernière reçoit des informations de la part de toutes les autres entités pour calculer une moyenne pondérée dont le résultat correspond au niveau d'adéquation entre le projet et la méthode de Conception-Construction.

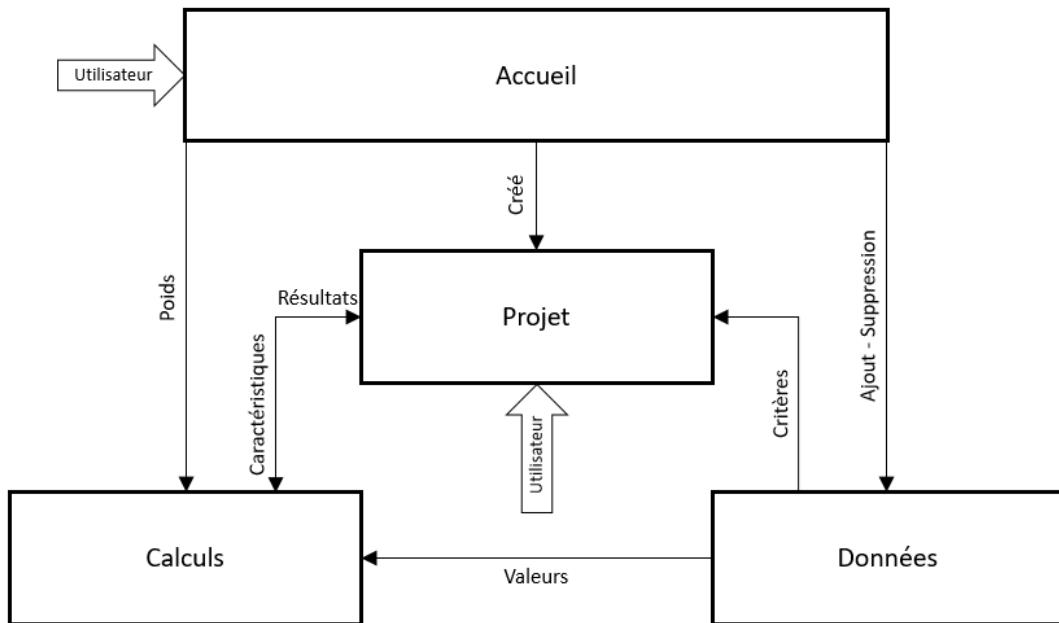


Figure 13: Diagramme d'interactions

Utilisation

Sur la page d'accueil, trois actions sont à disposition de l'utilisateur sous la forme de boutons intitulés *Manage Data*, *Setting* et *New Project*. Le bouton *Manage Data* ouvre le gestionnaire de données, à partir duquel l'utilisateur peut ajouter ou supprimer des données dans l'outil (Figure 13). Lors de l'ajout de données, l'utilisateur doit préciser le nom de l'élément à ajouter ainsi que la valeur associée à cet élément (Figure 14). C'est cette valeur qui sera utilisée lors du calcul. Lors de la suppression de données, l'utilisateur sélectionne un ou plusieurs éléments présents dans la liste pour les supprimer (Figure 15).

L'outil est également doté d'une aide qui est accessible entre autres depuis le gestionnaire de données et qui renseigne l'utilisateur sur la fonction de tous les éléments présents dans l'outil (Figure 16).

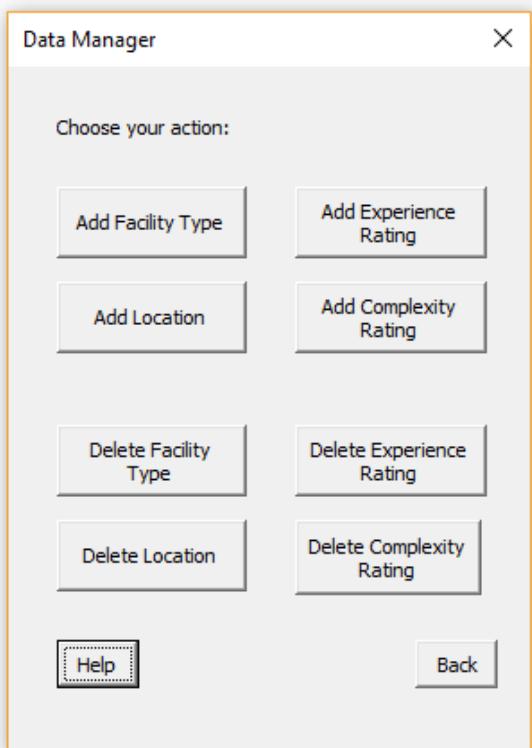


Figure 14: Gestionnaire de données

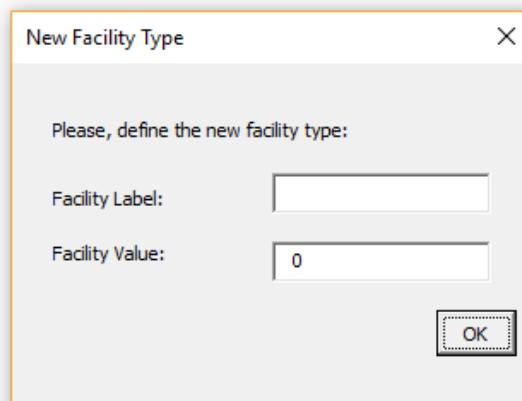


Figure 15: Ajout de données

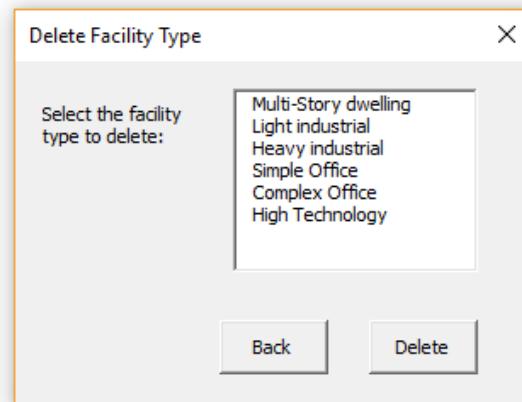


Figure 16: Suppression de données

Le bouton *Settings* permet à l'utilisateur de modifier les poids associés à chaque élément. Lors de son ouverture, l'interface affiche la valeur des poids actuellement utilisée (Figure 17). Il est également possible de consulter l'aide à partir de cet endroit de l'outil.

Lors de la création d'un nouveau projet, qui se fait grâce au bouton *New Project* de la page d'accueil, il est demandé à l'utilisateur de définir le nom de projet qui sera utilisé pour nommer la page associée à ce projet. Une fois cette étape achevée, l'utilisateur est dirigé vers la page de projet où il doit compléter un formulaire destiné à fournir les informations concernant les caractéristiques du projet (Figure 18). Une fois validé, le bouton *Evaluate*

permet l'exécution du calcul et l'affichage du résultat, tandis que le bouton *Modify* permet de changer les données du projet. L'évaluation n'est pas automatique, il est donc nécessaire de l'exécuter de nouveau après chaque modification.

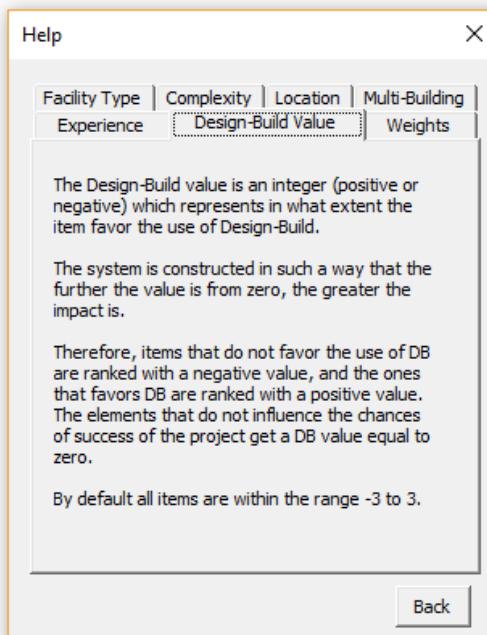


Figure 17: Aperçu de l'aide

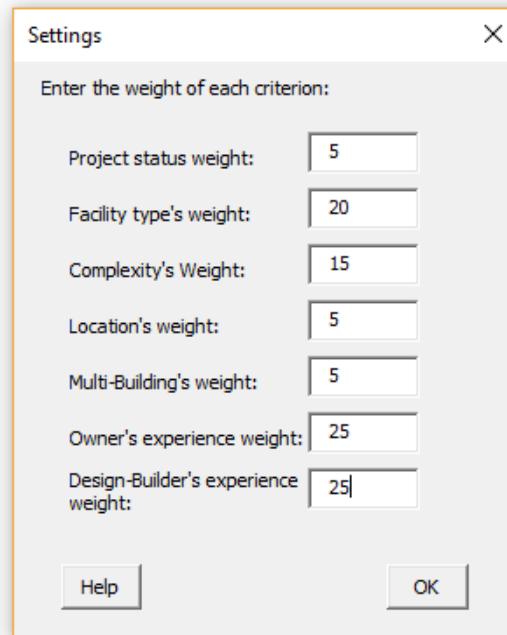


Figure 18: Définition des poids

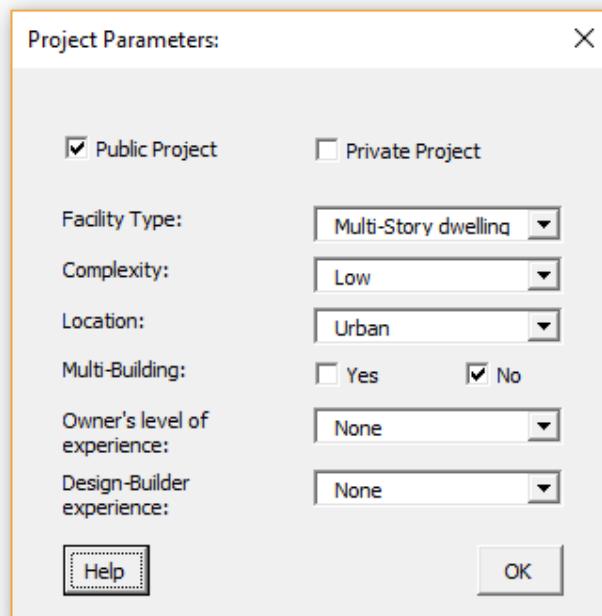


Figure 19: Définition des paramètres du projet

Les poids apparaissant dans la figure sont des nombres positifs qui représentent l'importance relative accordée à chacun des différents critères. Plus le poids est élevé, plus l'élément est considéré comme important. Par exemple, un élément avec un poids de 20 sera 4 fois plus important qu'un élément avec un poids de 5. Un poids nul supprimera l'influence de l'élément considéré.

Il revient à l'utilisateur de déterminer quels critères lui importent le plus. Cependant, au vu du travail effectué pour réaliser cet outil, il est conseillé d'adopter une distribution similaire à celle présentée à la figure 17. On y constate que l'utilisateur accorde plus d'importance à l'expérience de l'équipe de travail ainsi qu'au type de bâtiment construit, et considère la localisation du projet ainsi que le nombre de bâtiment qu'il comprend comme secondaire.

Cas de la construction en bois

Les nouveaux enjeux économiques et sociaux apparus suite à la prise de conscience écologique de ces dernières années poussent l'industrie de la construction à adapter ses pratiques. Cela concerne en particulier le choix des matériaux utilisés lors des projets de construction et notamment le bois qui voit son utilisation évoluer vers des produits avec une valeur ajoutée plus importante (Wang, et al., 2014). Ainsi les projets de bâtiments en bois sont de plus en plus présents dans la société. Toutefois, de tels projets souvent de grande ampleur peuvent faire appel à des compétences et à une organisation différente de celles requises lors d'un projet basé sur des matériaux plus traditionnels comme l'acier ou le béton. Ainsi nous nous interrogeons ici sur l'impact que ces différences ont sur l'adéquation entre le projet et la méthode de Conception-Construction.

Une des principales différences impactant le déroulement du projet est l'expérience que les acteurs ont avec l'utilisation du bois. Il apparaît en effet que l'éducation des architectes et des ingénieurs est très majoritairement axée sur le béton, allant même jusqu'à l'affirmation que seul le béton est utilisable pour les projets de grande échelle (Roos, et al., 2010). Ce manque d'expertise a poussé les fournisseurs d'éléments d'ossatures en bois à assumer des responsabilités normalement attribuées aux autres entités, notamment en ce qui concerne le design (Tykkä, et al., 2010). Ces observations sont également décrites dans l'étude de cas réalisé par Ylva Sardén en 2005, s'intéressant à un projet de construction de cinq bâtiments résidentiels de 6 étages en bois conduit en utilisant la méthode de Conception-Construction, en Suède. Il est en effet conclu dans cette étude que la complexité apparente des projets de construction en bois est un artefact créé par la mauvaise distribution des connaissances au sein des participants au projet. Pour résoudre ces problèmes, il apparaît que la communication et la coordination entre les différentes équipes participant au projet sont capitales (Veilleux, et al., 2015). Et c'est en effet ce qui ressort de l'étude de cas réalisé par Sardén où il est décrit que les gestionnaires de projet ont eu recours à des méthodes de team-building pour faciliter la communication entre les parties.

Une autre conséquence du manque d'expérience liée au bois parmi les équipes de design est l'apparition d'un fort taux de préfabrication du fait de la simplification du design que cela implique, d'autant plus que cela permet de tirer le meilleur parti possible de l'expertise des

fournisseurs. Cependant, l'utilisation de préfabrication nécessite que tous les acteurs du projet aient une bonne compréhension du design assez tôt dans le déroulement du projet de façon à limiter les ordres de changements (Tykkä, et al., 2010), ce qui est également favorisé par une importante communication entre les parties prenantes. D'autre part, la préfabrication se prête particulièrement bien à l'utilisation du bois comme matériaux de construction. En effet, la relative légèreté du bois favorise le transport des éléments préfabriqués, la préfabrication facilite également la mise en place de livraisons juste à temps sur le site de construction, limitant ainsi le stockage sur site de produits en bois supportant plus difficilement les conditions extérieures que des produits en béton par exemple (Sardén, 2005).

Compte tenu de ces observations, il semble que la méthode de Conception-Construction soit particulièrement bien adaptée à la réalisation de projets en bois. En effet, l'un des principaux avantages de cette méthode réside dans l'intégration précoce du constructeur et des fournisseurs au sein du projet, favorisant ainsi la tenue d'une communication plus fluide entre les différentes parties prenantes. Tel que constaté précédemment, il s'agit d'une condition nécessaire au bon fonctionnement d'un projet de construction en bois, dû au manque d'expertise actuel de la majorité des acteurs ainsi qu'au haut taux de préfabrication. D'autre part, l'utilisation de modules préfabriqués favorise la réalisation de projets en Conception-Construction puisque cela facilite les interactions avec le client lors de la conception du design, qui représente souvent une des principales barrières au bon déroulement d'un projet utilisant ce type de méthode.

Par ailleurs, il semble que l'utilisation de méthodes de gestion intégrée, telle que la Conception-Construction, soit favorable au développement du bois dans le domaine de la construction. Effectivement, il apparaît que traditionnellement, les constructeurs sont les entités les plus influentes dans le choix des matériaux de construction, mais sont peu favorables à l'utilisation du bois, contrairement aux architectes qui eux sont peu influents sur le choix des matériaux, mais favorables au bois (Roos, et al., 2010). Or l'intégration des deux points de vue dans une seule entité peut certainement rééquilibrer le dialogue en faveur du bois. Dans un tel cas de figure, on se retrouverait alors dans un cercle vertueux où l'utilisation du bois favorise des méthodes telles que la Conception-Construction, qui elle-même favorise l'utilisation du bois.

Conclusion

Cette étude a tenté de déterminer les critères influençant le choix de la méthode de gestion d'un projet de construction afin de proposer un cadre d'application pour la méthode de Conception-Construction, dans l'objectif d'aider les industriels à identifier les projets adaptés à cette méthode. Pour simplifier l'utilisation de ce cadre d'application, un outil d'aide à la décision a été développé.

Pour satisfaire ces objectifs, une revue systématique de la littérature a été réalisée de façon à obtenir une comparaison objective des performances de la méthode de Conception-Construction par rapport au modèle traditionnel. L'analyse de la littérature a également permis d'identifier l'impact de l'utilisation de la méthode sur les différentes parties prenantes participant au projet. Ces informations ont ensuite été validées et approfondies lors d'une série d'entretiens avec des acteurs représentatifs de l'industrie de la construction au Québec. Ces échanges avec les différents intervenants rencontrés ont permis l'élaboration du cadre d'application proposé dans cette étude. Le cadre a finalement servi de base pour la conception de l'outil d'aide à la décision décrit précédemment.

Il est apparu lors de ces investigations que la Conception-Construction permet en moyenne de diminuer les retards ainsi que les dépassements de budget, tout en gardant les mêmes performances au niveau de la qualité. Cette méthode augmente également la vitesse de livraison du projet, mais ne réduit pas son coût unitaire (\$/m²). D'autre part, l'utilisation d'une telle organisation a tendance à transférer les risques et responsabilité du maître d'ouvrage vers le maître d'œuvre. Ainsi le client a tendance à perdre le contrôle des détails du design tandis que l'entité de Conception-Construction se voit confier une responsabilité plus complète durant toutes les phases du projet.

Cependant, du fait de ses particularités, la méthode ne se révèle pas être adaptée à tous les types de projet. En particulier, les projets basés sur de fortes considérations artistiques ou nécessitant un haut niveau de personnalisation semblent mal adaptés, tandis qu'au contraire des projets plus standards apparaissent mieux adaptés. De plus, du fait de la répartition non traditionnelle des responsabilités, l'expérience des différentes parties prenantes vis-à-vis de

cette méthode devient primordiale. Il apparaît également que, dans l'état actuel du développement de la construction en bois, ce type de projet est avantageé par la communication entre les intervenants permise par une organisation de type Conception-Construction.

L'étude présentée dans ce document comporte néanmoins certaines limitations. Effectivement, l'étude de la littérature s'est limitée aux résultats produits en Amérique du Nord. Il serait donc recommandé pour de futurs travaux d'inclure les résultats provenant d'une plus large partie du globe. De même, l'échantillon d'entreprises rencontrées est assez réduit du fait de l'organisation du marché local, et ne comporte que des intervenants de la province de Québec. Il serait intéressant d'élargir la liste d'entreprises rencontrées, de façon à s'affranchir d'un éventuel biais lié à la localisation des entreprises interrogées. D'autre part, le type de financement du projet n'a pas été pris en compte dans le cadre d'application, ce qui en limite son champ d'application. Cela représente également une piste envisageable pour de futures études souhaitant approfondir le travail présenté ici.

Bibliographie

- AIA, 2007. *Integrated Project Delivery : A Guide*. Sacramento, CA: The American Institute of Architects .
- Allen, L. N., 2001. *Comparison Of Design-Build To Design-Bid-Build As A Project Delivery Method*
- Asmar, M. E., Hanna, A. S. & Loh, W.-Y., 2016. Evaluating Integrated Project Delivery Using the Project Quarterback Rating. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(1).
- Atkinson, R., 1999. Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria. *International Journal of Project Management*, 17(6), pp. 337-342.
- Brookwood, 2010. *7 Project Delivery méthodes*, Atlanta / Los Angeles / San Fransisco: Brookwood Group.
- Brown, D. G. et al., 2009. *Manuel canadien de pratique de l'architecture Deuxième édition*. Ottawa: institut royal d'architecture du Canada.
- Bush, M. W. & Tedesco, S., 2016. *Lessons Learned in the Planning, Design, and Construction of the Carlsbad Desalination Conveyance Pipeline*, Irvine, CA: ASCE.
- CaGBC, 2016. *LEED - Leadership in Energy and Environmental Design*. [Online] Available at: <http://batimentdurable.ca/construction-developpement-durable/leed> [Accessed 2016].
- Carmines, E. G. & Zeller, R. A., 1979. *Reliability and validity assessment*. s.l.:Sage Publications.
- CCQ, 2015. *Revue de l'activité,4e trimestre 2014*
- CCQ, 2016. *Revue de l'activité dans l'industrie de la construction, Deuxième trimestre 2016*. [Online].
- CERACQ, 2015. *Processus de conception intégrée*. Montréal: Centre d'études et de recherches pour l'avancement de la construction au Québec.
- Chan, A. P. C. et al., 2001. Application of Delphi method in selection of procurement systems for construction projects. *Construction Management and Economics*, 19(7), pp. 699-718.
- Chen, Q. et al., 2016. Choosing Appropriate Contract Methods for Design-Build Projects. *Journal of Management in Engineering*.
- Cooper, H. M., 1998. *Synthesizing Research: A Guide for Literature Reviews*.. s.l.:SAGE.
- DBIA, 2013. *Building America: Challenges for Small Construction Contractors*, Washington, D.C: Design-Build Institute of America.
- DBIA, 2016. *What is Design-Build?*. [Online] Available at: <http://www.dbia.org/about/Pages/What-is-Design-Build.aspx> [Accessed 07 2016].

- Deloitte & CPQ, 2016. *Étude sur l'écosystème d'affaires de la construction au Québec*, Québec: Deloitte.
- Drever, E., 1995. *Using Semi-Structured Interviews in Small-Scale Research. A Teacher's Guide*. Edinburgh: Scottish Council for Research in Education.
- Ellingson, L. A., 2004. *An Historical Perspective to Project Delivery Systems*, Terre Haute, Indiana: ASC Proceedings of the 40th Annual Conference.
- Forbes, L. H. & Ahmed, S. M., 2011. *Modern Construction Lean Project Delivery and Integrated Practices*. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Hale, D. R., Shrestha, P. P., Jr., G. E. G. & Migliaccio, G. C., 2009. Empirical Comparison of Design/Build and Design/Bid/Build Project Delivery Methods. *Journal of construction engineering and management*, 135(7), pp. 579-587.
- Haskell, 2016. *Risk Reduction in Design-Build*. [Online] Available at: <http://haskell.com/Resources/Market-Intelligence/White-Papers-en> [Accessed 12 06 17].
- Haskell, 2017. *Integrated Project Delivery Vs. Pure Design-Build*. [Online] Available at: <http://haskell.com/getattachment/803de0de-153d-4cc5-9ca3-e7e1a60e46fb/Integrated-Project-Delivery-vs-Pure-Design-Build> [Accessed 10 03 2017].
- Haskell, 2017. *Selection Of Design-Builder: Best Value Vs. Qualifications-Based*. [Online] Available at: <http://haskell.com/Resources/Market-Intelligence/White-Papers-en> [Accessed 02 04 2017].
- Khalil, M. I. A., 2002. Selecting the appropriate project delivery method using AHP. *International Journal of Project Management*, Volume 20, p. 469–474.
- Konchar, M. & Sanvido, V., 1998. *A Comparison of United States Project Delivery Systems*, University Park: Pennsylvania.
- Lahdenperä, P., 2001. *Design-Build Procedures*. Espoo: VTT Publications.
- LeMonde, 2015. *Le chantier de l'aéroport international de Berlin suspendu sine die*. [En ligne] Available at: http://www.lemonde.fr/economie/article/2015/09/21/le-fiasco-du-chantier-de-l-aeroport-international-de-berlin-se-poursuit_4766073_3234.html
- Loulakis, M. C. & Cregger, W. L., 1996. Design-build joint venture liability. *Civil Engineering*, 5(66), p. 32.
- Love, P., Skitmore, M. & Earl, G., 1998. Selecting a suitable procurement method for a building project. *Construction Management and Economics*, 16(2), pp. 221-233.
- Mahdi, I. M. & Alreshaid, K., 2005. Decision support system for selecting the proper project delivery method using analytical hierarchy process (AHP). *International Journal of Project Management*, Volume 23, p. 564–572.
- MCC, 2005. *Processus d'élaboration d'un projet de construction*, Québec: Ministère de la Culture et des Communications - Direction des immobilisations.

- MG-Architecture, 2015. *2015 CDBI Design-Build Awards of Excellence*. [Online] Available at: <http://mg-architecture.ca/news/2015-cdbi-design-build-awards-of-excellence/> [Accessed 13 01 2017].
- Milcent, B., 2012. *Le modèle allemand se cashe sur le nouvel aéroport de Berlin..* [Online] Available at: http://lexpansion.lexpress.fr/actualite-economique/le-modele-allemand-se-crashe-sur-le-nouvel-aeroport-de-berlin_1396859.html
- Minchin, R. E. J., Li, X., Issa, R. R. & Vargas, G. G., 2013. Comparison of Cost and Time Performance of Design-Build and Design-Bid-Build Delivery Systems in Florida. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(10).
- Molenaar, K. et al., 2009. *Sustainable, High Performance Projects and Project Delivery Methods*
- Moore, S. D., 1998. *A Comparison Of Project Delivery Systems On United States Federal Construction Projects*, State College, PA: The Pennsylvania State University.
- Palaneeswaran, E. & Kumaraswamy, M. M., 2000. Contractor Selection for Design/Build Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 126(5), pp. 331-339.
- Park, H.-S., Lee, D., Kim, S. & Kim, J.-L., 2015. Comparing Project Performance of Design-Build and Design-Bid-Build Methods for Large-sized Public Apartment Housing Projects in Korea. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, Volume 330, pp. 323-330.
- Pishdad-Bozorgi, P. & Garza, J. M. d. l., 2012. *Comparative Analysis of Design-Bid-Build and Design-Build From the Standpoint of Claims*
- Plusquellec, T., Lehoux, N. & Cimon, Y., 2016. *Design-Build and Design-Bid-Build in Construction - A Comparative review*. Heraklion, Greece, Proc. Lean & Computing in Construction Congress (LC3).
- Pocock, J. B., Hyun, C. T., Liu, L. Y. & Kim, M. K., 1996. Relationship Between Project Interaction and Performance Indicators. *Journal of Construction Engineering and Management*, 122(2), pp. 165-176.
- Rad, H. N. & Khosrowshahi, F., 1998. Quality measurement in construction projects.. *14th Annual ARCOM Conference*, 2(3), pp. 89-97.
- Rodriguez, J., 2016. *4 Common Types of Construction Contracts*. [Online] Available at: <https://www.thebalance.com/common-types-of-construction-contracts-844483> [Accessed 28 08 2017].
- Roos, A., Woxblom, L. & McCluskey, D., 2010. The Influence of Architects and Structural Engineers on Timber in Construction – Perceptions and Roles. *Silva Fennica*, 44(5), p. 871–884.
- Rosner, J. W., Thal, A. E. J. & West, C. J., 2009. Analysis of the Design-Build Delivery Method in Air Force Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(8), pp. 710-717.
- RSMeans, 2015. *Design-Build Project Delivery Market Share and Market Size Report Update for 2014 Non Residential and Multi-Family Activity*, Norwell, MA: RSMeans Consulting.

- Sanvido, V., Fenves, S. & Wilson, J., 1992. Aspects Of Virtual Master Builder. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 118(3).
- Sardén, Y., 2005. *Complexity and learning in timber frame housing*, Luleå: Luleå University of Technology.
- Shane, J. S., Bogus, S. M. & Molenaar, K. R., 2013. Municipal Water/Wastewater Project Delivery Performance Comparison. *Journal of Management in Engineering*, 29(3), pp. 251-258.
- Shrestha, P. P., 2007. *Performance Benchmarking of Large Highway Project*
- Shrestha, P. P., O'Connor, J. T. & Jr., G. E. G., 2012. Performance Comparison of Large Design-Build and Design-Bid-Build Highway Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(1), pp. 1-13.
- Siddens, S., 2001. *Design-Build: The Engineer's Point of View*. [Online] Available at: <http://www.csemag.com/industry-news/codes-and-standards-updates/single-article/design-build-the-engineer-s-point-of-view/281cc65fbe14fd59925ee2fc61bf36fc.html> [Accessed 12 06 2017].
- Songer, A. D. & Molenaar, K. R., 1997. Project Characteristics for Successful Public-Sector Design-Build. *Journal of Construction Engineering and Management*, Volume 123, pp. 34-40.
- Tykkä, S. et al., 2010. Development of timber framed firms in the construction sector — Is EU policy one source of their innovation?. *Forest Policy and Economics*, Volume 12, p. 199–206.
- Veilleux, L., Gagnon, S. & Dagenais, C., 2015. *Bâtiments de construction massive en bois d'au plus 12 étages*. Québec: Marie-Claude Masson.
- Wang, L., Toppinen, A. & Juslin, H., 2014. Use of wood in green building: a study of expert perspectives from the UK. *Journal of Cleaner Production*, Volume 65, pp. 350-361.
- Wohlin, C., 2014. Guidelines for Snowballing in Systematic Literature Studies and a Replication in Software Engineering. *EASE '14 Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*.

Annexe

Design-Build : Une solution durable pour l'industrie de la construction

Le document intitulé « Design-Build : Une solution durable pour l'industrie de la construction» est inséré dans cette section du mémoire. Il s'agit d'un document produit à la demande de l'entreprise Pomerleau, partenaire principal de cette étude, visant à informer les municipalités sur les performances et les particularités de la méthode de Conception-Construction.

Le Design-Build

Une solution durable pour l'industrie de la construction

Depuis des générations, l'industrie de la construction s'organise autour d'un système de livraison de projet prônant un travail séquencé où chaque acteur prend la suite du projet là où le précédent s'est arrêté. Ceci est le résultat des évolutions techniques, qui ont poussé chaque partie à se spécialiser pour réaliser au mieux le travail qu'il lui été demandé. Il semblerait cependant que cette méthode, dite traditionnelle, fasse preuve de quelques limites, qui se retrouvent dans la chute des activités de l'industrie de la construction ces dernières années et que l'on peut visualiser ci-dessous sur le graphique représentant l'évolution du nombre d'heures travaillées au Québec dans l'ensemble des secteurs de la construction (CCQ, 2016). On y constate en effet une baisse du nombre d'heure travaillé jusqu'en 2015, suivit d'une légère reprise.

Figure 20: Heures travaillées par trimestre (DDA)*



*DDA : données désaisonnalisées et annualisées (CCQ, 2016)

D'autre part, il est connu et maintenant admis que la majorité des projets de construction font face à des retards ou à des dépassements de budget qui, dans certain cas, peuvent être conséquents.

C'est ce constat, stipulant que les choses peuvent encore être améliorées, qui a favorisé l'émergence de méthodes dites alternatives comme la Conception-Construction, ou Design-Build (DB). La principale différence par rapport à la méthode traditionnelle est que le Design-Build vise l'intégration des compétences de chaque entité présente dans un projet de construction, en une seule entité responsable à la fois du design et de la construction, comme cela est représenté sur le schéma suivant. L'objectif étant de favoriser la communication entre les différents membres du projet pour tenir compte de toutes les expertises, à chaque étape.

On peut observer sur le schéma ci-dessous une représentation de structure respective des deux méthodes. A gauche, la méthode traditionnelle suivant laquelle l'équipe de design et le constructeur ne sont liés qu'à travers le propriétaire. A droite, la structure du Design-Build, où l'on remarque que le propriétaire est lié par un contrat unique à une entité alliant les fonctions de designer et de constructeur en interaction directe.

Une méthode qui prend de l'ampleur. Depuis sa première définition au début des années 1990, le Design-Build ne cesse de prendre de l'importance, et en particulier dans le marché Américain où il représente maintenant près de 40% de l'activité de construction non résidentielle (RSMeans, 2015). Une étude publiée par J. Rosner en 2009 souligne d'ailleurs l'explosion de l'utilisation de ce type de gestion dans la construction militaire aux États-Unis peu après 1998, date de parution de la première étude comparative à ce sujet, et que l'on

L'aéroport de Berlin-Brandebourg illustre tristement bien ces mauvais fonctionnements. Planifié depuis 1996, le chantier de l'aéroport a débuté en 2006 et était initialement prévu pour finir en 2010. Cependant de nombreux problèmes au cours de la construction ont successivement repoussé cette date à tel point que la fin du chantier est maintenant planifiée pour la fin 2017 et avec un budget doublé.

Les causes du retard sont multiples, on peut par exemple citer la mauvaise conception du toit, qui est trop lourd, ou une mauvaise communication, les entrepreneurs n'ayant pas reçu les documents d'instruction définitifs.

(LeMonde, 2015)
(Milcent, 2012)

peut visualiser sur le graphique suivant représentant l'évolution de la répartition des projets entre les deux méthodes au fil des années.

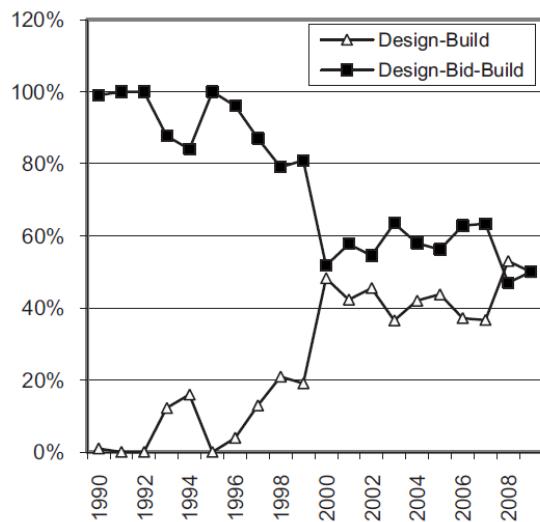


Figure 21: Évolution de la répartition des projets

(Rosner, et al., 2009)

Un sujet étudié depuis longtemps :

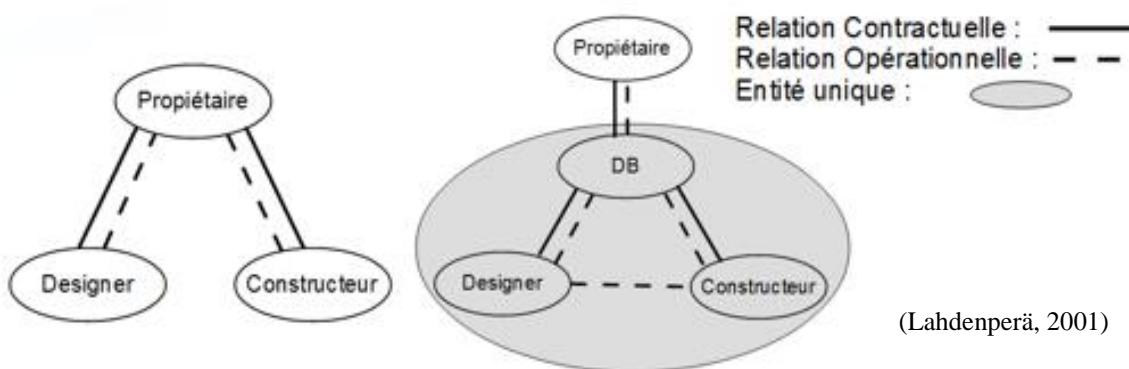
Publiée en 1988, l'étude de Konchar et Sanvido est la première et principale étude s'intéressant à comparer les différentes méthodes de gestion de projet aux Etats Unis. L'étude cherche à déterminer de façon empirique l'impact de la méthode de gestion sur les performances du projet, en se focalisant sur des critères de coût, de temps, et de qualité.

Se basant sur un échantillon comprenant 154 projets de Design-Build et 116 projets utilisant la méthode traditionnelle, les auteurs comparant d'un point de vue statistique les résultats de chaque projet.

Il est ainsi conclu que le Design-Build surpasse la méthode classique en termes de performance lié au coût et au calendrier, les auteurs allant même jusqu'à décrire le Design-Build comme le système de livraison de projet optimum. (Konchar & Sanvido, 1998)

Au cœur des préoccupations du client. Ce succès peut s'expliquer par le fait que le Design-Build répond bien aux problèmes identifiés de la méthode traditionnelle, en particulier en ce qui concerne la gestion du calendrier ou la réduction des coûts, en plus de permettre des innovations techniques en laissant le constructeur s'exprimer lors de la phase de design.

Figure 22: Différences structurelles des deux méthodes

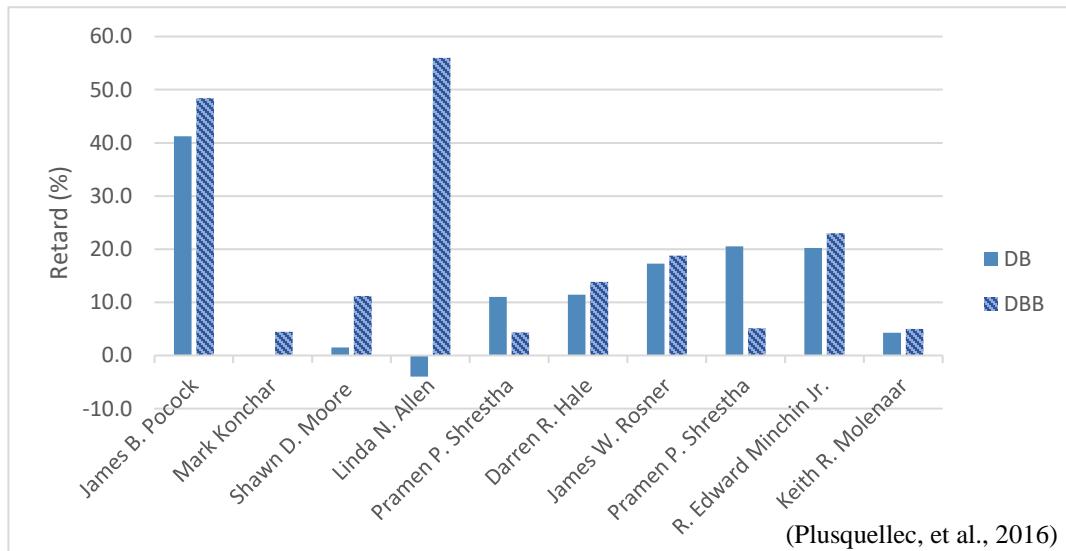


De nombreuses études se sont en effet intéressées aux performances du Design-Build par rapport à celles de la méthode traditionnelle en comparant les résultats des deux méthodes de façon statistique.

Une meilleure gestion du temps. Un regard sur les résultats fournis par 10 de ces études en termes de retard moyen nous montre un meilleur comportement de la part du Design-Build, puisqu'il présente un retard inférieur à la méthode traditionnelle dans 8 études sur 10 comme on peut le remarquer sur la *Figure 22* ci-dessous comparant le retard moyen de la méthode classique (DBB) et du Design-Build (DB). En prenant en compte la taille des échantillons étudiés, on constate que le gain de temps est de l'ordre de 8% en moyenne.

Ceci peut s'expliquer en partie par l'implication prématurée du constructeur par rapport à ce qui se fait classiquement. En effet, étant désigné avant la fin du design, il peut commencer le chantier avant que les derniers détails du design ne soient achevés.

Figure 23: Évaluation du Retard



D'autre part les spécifications à respecter étant définies uniquement en termes de performance, l'équipe de design est libre de concevoir le projet de façon à faciliter l'exécution de tâches lentes ou complexes en prenant en compte l'expérience et les remarques du

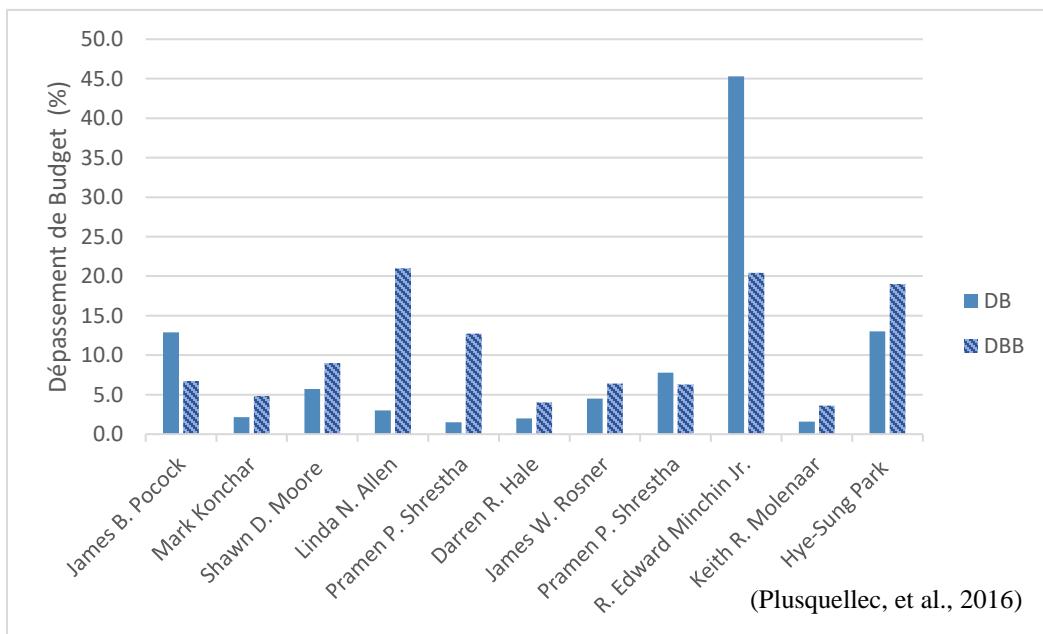
Des performances récemment observées :

En 2015, une étude comparant le Design-Build à la méthode traditionnelle sur des projets de construction d'immeubles résidentiels en Corée conclu que le temps moyen de construction par étage est réduit de 50 à 38 jours en utilisant le Design-Build.
(Park, et al., 2015)

constructeur, ou encore de façon à faciliter l'accès des fournisseurs, ce qui peut également représenter un gain de temps précieux.

Un contrôle plus strict du budget. La gestion du budget est aussi un des enjeux principaux lié à la réussite d'un projet. Et comme nous le montre la *Figure 23* ci-dessous comparant les résultats des deux méthodes en termes de dépassement de budget, le Design-Build offre globalement un meilleur contrôle du budget. Effectivement, 8 des 11 études prises en compte affichent un dépassement de budget inférieur à la méthode classique de la part du Design-Build.

Figure 24: Évaluation des dépassements de Budget



Une moyenne calculée en prenant en compte la taille des échantillons étudiés nous apprend que l'on peut espérer une économie de l'ordre de 2% du budget initial du projet en travaillant en Design-Build plutôt qu'avec la méthode traditionnelle.

L'apport anticipé des connaissances du constructeur est ici aussi en partie responsable de ces résultats. Cet apport technique lors de la période de design peut en effet éviter le surdimensionnement de certaines parties de structure ou encore limiter le nombre d'ordres de modification dues à des erreurs de design.

De plus, chaque entrepreneur possède ses habitudes de travail ainsi qu'un parc matériel qui lui est propre. Prendre en compte ces spécificités lors du design permet d'éviter ou de prévoir des surcouits liés à un manque de matériel ou de savoir-faire et d'axer le projet vers les zones d'expertise du promoteur, ce qui a pour effet de réduire les risques de non qualité en plus de diminuer les coûts.

La qualité à maîtriser. Utilisé dans des conditions adaptées le Design-Build permet d'arriver à une qualité finale du bâtiment équivalente voir supérieure à ce qui est réalisé traditionnellement. Les performances souhaitées du bâtiment ainsi que la qualité finale exigée sont définies lors de l'édification du devis de performance. Cette étape étant ce sur quoi se base toute l'élaboration du design et la suite du projet, il est nécessaire d'y apporter un soin particulier. C'est pourquoi il est recommandé de s'assurer de l'expérience de chacune des parties avec ces méthodes de travail afin de favoriser la réussite du projet.

De plus, il a été conclu par plusieurs auteurs que l'intégration de l'équipe de travail, c'est-à-dire la communication entre les membres des différentes parties prenantes, est un critère favorisant l'obtention des objectifs de performances environnementales. Et ces mêmes auteurs s'accordent sur le fait que le Design-Build offre un plus haut niveau d'intégration que la méthode traditionnelle, améliorant de ce fait les chances de succès d'un projet ayant une visée environnementale.

Les clés de la réussite. Comme nous venons de le détailler, le Design-Build peut permettre une amélioration des performances d'un projet. Cependant certaines précautions sont nécessaires à son bon fonctionnement. Nous avons déjà remarqué que le devis de performance représente une étape clé pour le client, étant donné que cela détermine toute l'élaboration du design. Il peut pourtant s'avérer compliqué de formuler toutes les exigences à saisir sous forme de

Une communauté active :

Le Canadian Design-Build Institute (CDBI) est un organisme dont le rôle est de promouvoir l'utilisation du Design-Build et d'en transmettre la bonne pratique.

En 2015, le CDBI a remis son prix d'excellence au *Wood Innovation and Design Centre*, un des plus hauts bâtiments en bois d'Amérique du nord. Ce prix récompense l'innovation technique mise en place ainsi que la maîtrise de la méthode (MG-Architecture, 2015).

Plus d'informations sur les bonnes pratiques liées au Design-Build ainsi que de nombreux exemples démontrant les capacités de la méthode sont disponibles sur le site du CDBI : www.cdbi.org

performance à la fois claire et cohérente. Ceci est d'autant plus vrai que le bâtiment est voué à recevoir une activité nécessitant un équipement complexe, ou à refléter une expression artistique. Ainsi des bâtiments simples facilitent grandement l'élaboration du devis de performance.

D'autre part, l'architecte n'étant plus directement lié par contrat au client, il revient à ce dernier de s'acquitter du contrôle de la qualité et du respect des plans et devis de construction lors de l'exécution du chantier. Le Design-Build nécessite de ce fait une plus forte implication de la part du client lors de la construction.

*

L'industrie de la construction doit actuellement répondre à des contraintes techniques de plus en plus élevées dues aux nouvelles exigences environnementales. Et le Design-Build représente une solution répondant à ces nouvelles contraintes puisqu'en prônant la communication entre les intervenants il favorise l'innovation ainsi qu'une meilleure exploitation des ressources disponibles. Il s'agit donc d'une solution économique et rapide pour répondre aux défis actuels de la construction.

Sources :

CCQ, 2016. *Revue de l'activité dans l'industrie de la construction, Deuxième trimestre 2016*.

Konchar, M. & Sanvido, V., 1998. A Comparison of United States Project Delivery Systems. *Journal of Construction Engineering and Management*.

Lahdenperä, P., 2001. *Design-Build Procedures*. Espoo: VTT Publications.

LeMonde, 2015. *Le chantier de l'aéroport international de Berlin suspendu sine die*. [En ligne]

Disponible sur: http://www.lemonde.fr/economie/article/2015/09/21/le-fiasco-du-chantier-de-l-aeroport-international-de-berlin-se-poursuit_4766073_3234.html

MG-Architecture, 2015. *2015 CDBI Design-Build Awards of Excellence*. [En ligne] Disponible sur:

<http://mg-architecture.ca/news/2015-cdbi-design-build-awards-of-excellence/>
[Accès le 13 01 2017].

Milcent, B., 2012. *Le modèle allemand se cashe sur le nouvel aéroport de Berlin..* [En ligne]

Disponible sur : http://lexpansion.lexpress.fr/actualite-economique/le-modele-allemand-se-crashe-sur-le-nouvel-aeroport-de-berlin_1396859.html

Park, H.-S., Lee, D., Kim, S. & Kim, J.-L., 2015. Comparing Project Performance of Design-Build and Design-Bid-Build Methods for Large-sized Public Apartment Housing Projects in Korea. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*.

Plusquellec, T., Lehoux, N. & Cimon, Y., 2016. *Design-Build in Construction: Performance and Impact on Stakeholders*, Québec: CIRRELT.

Rosner, J. W., Thal, A. E. J. & West, C. J., 2009. Analysis of the Design-Build Delivery Method in Air Force Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*.

RSMeans, 2015. *Design-Build Project Delivery Market Share and Market Size Report Update for 2014 Non Residential and Multi-Family Activity*.