

L'INÉVITABLE PASSAGE À LA MODÉLISATION DES DONNÉES DU BÂTIMENT (BIM) DANS L'INDUSTRIE DE LA CONSTRUCTION AU CANADA : SYNTHÈSE DE TROIS EXPÉRIMENTATIONS

RÉSUMÉ DE RECHERCHE ET FAITS SAILLANTS

AVEC LA PARTICIPATION DE



Conseil national
de recherches Canada

National Research
Council Canada

**Programme d'aide à la
recherche industrielle**

**Industrial Research
Assistance Program**

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	3
Cinq grands constats issus de la recherche.....	3
CONTEXTE DE LA RECHERCHE	4
Structure de la recherche.....	4
Trois expérimentations.....	5
PORTRAIT DES PME CANADIENNES	6
Le BIM comme facteur d'innovation.....	6
La faible vitesse de l'industrie canadienne de la construction à s'approprier le BIM.....	7
PRINCIPALES CONSTATATIONS ET LEÇONS APPRISSES	9
Principaux avantages de l'appropriation et de la mise en œuvre du BIM.....	9
Principaux défis pour le processus d'appropriation et de mise en œuvre du BIM.....	11
Principales leçons apprises.....	13
CONCLUSIONS	15
Risques associés au BIM pour les PME.....	15
L'appropriation et la mise en œuvre du BIM du point de vue organisationnel.....	15
L'appropriation et la mise en œuvre du BIM du point de vue de la chaîne d'approvisionnement.....	16
Mesurer le rendement et les incidences de la technologie.....	16
GUIDE DE MISE EN OEUVRE DU BIM POUR LES PME	18
LIMITES DE LA RECHERCHE ET FUTURS TRAVAUX	23

ÉQUIPE DE RECHERCHE

Chercheurs

Daniel Forgues, Ph. D.
Professeur, Département de génie de la construction
École de technologie supérieure
Montréal

Sheryl Staub-French, Ph. D., ing.
Professeure agrégée
Université de la Colombie-Britannique

PRINCIPAL PARTENAIRE FINANCIER DU PROJET

Programme d'aide à la recherche industrielle du Conseil national de recherches du Canada (PARI-CNRC)

L'INÉVITABLE PASSAGE À LA MODÉLISATION DES DONNÉES DU BÂTIMENT (BIM) DANS L'INDUSTRIE DE LA CONSTRUCTION AU CANADA : SYNTHÈSE DE TROIS EXPÉRIMENTATIONS

COLLABORATION

ÉQUIPE DE PROJET ET D'ÉDITION

Josée Beaudoin

Vice-présidente, Innovation et Transfert,
CEFRIO
Supervision du projet

Guillaume Ducharme

Directeur des communications et des relations avec les
partenaires, CEFRIO

Éveline Favretti

Stagiaire en innovation et transfert, CEFRIO
Révision et édition

Révisseur

Marie-Guy Maynard

Révision linguistique

Traduction

Diana Franz

Dépôt légal : 2014

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

Bibliothèque et Archives Canada

ISBN (PDF) : 978-2-923852-41-6

Ce numéro peut être consulté en ligne ou téléchargé
en format PDF dans la section « Publications » du site
Web du CEFRIO : www.cefrio.qc.ca.

L'information contenue aux présentes ne peut être
utilisée ou reproduite à moins d'une autorisation écrite
du CEFRIO.

Photo de la couverture : Shutterstock/© Nikonaft

RÉSUMÉ

Le présent document présente les faits saillants d'un projet de recherche réalisé en 2011 et dont l'objectif consistait à déterminer des moyens pour améliorer l'efficacité et la productivité dans l'industrie canadienne de la construction grâce à l'utilisation des technologies de l'information (TI), notamment la **modélisation des données du bâtiment ou *Building Information Modelling (BIM)***. Plus précisément, ce résumé de recherche présente les conclusions de la quatrième et dernière phase du projet qui visait l'opérationnalisation de trois projets pilotes (deux au Québec et un en Colombie-Britannique) dans le cadre desquels a été expérimentée l'intégration du BIM, en mettant l'accent sur l'amélioration de la productivité des petites et moyennes entreprises (PME) de l'industrie canadienne de la construction.

De plus, le projet appuyait le lancement d'un programme d'expérimentation plus vaste qui visait la validation et la généralisation des cadres et des lignes directrices qu'utilisent les PME cherchant à intégrer le BIM au sein de leur organisation. Le but était également de mobiliser les divers intervenants de l'industrie et de les renseigner sur l'importance et les avantages de ces nouvelles technologies ainsi que sur la manière dont ils peuvent demeurer concurrentiels dans un marché en mutation.

Les objectifs de recherche généraux étaient :

- > L'élaboration d'un cadre pour l'appropriation et la mise en œuvre du BIM au sein d'une PME dans le secteur de l'architecture, de l'ingénierie et de la construction (AIC).
- > L'établissement d'indices de mesure du niveau d'appropriation du BIM et du processus de mise en œuvre des technologies.
- > La mise en place de mesures de productivité afin que l'entreprise puisse évaluer l'efficacité de ces outils et de ces processus.

Finalement, lors des expérimentations, la gestion des risques s'est avérée être une question fondamentale. Bien qu'il existe des outils et des lignes directrices pour aider les grandes entreprises du secteur de l'AIC à intégrer le BIM, la marge d'erreur est beaucoup plus petite pour les PME, car elles ne disposent généralement pas des ressources financières et humaines qui existent dans les plus grandes entreprises pour gérer l'important processus de mise en œuvre du BIM. Voilà pourquoi l'élaboration des structures et des lignes directrices du BIM adaptées aux besoins des PME devrait rester une préoccupation pour le PARI-CNRC.

CINQ GRANDS CONSTATS ISSUS DE LA RECHERCHE

- 1.** Les PME ne bénéficient généralement pas de marges financières et de service de TI dédié à la mise en œuvre du BIM comme les grandes entreprises. Il est donc encore plus important pour les PME d'être méthodiques et minutieuses dans l'élaboration de leur stratégie organisationnelle pour la mise en œuvre du BIM.
- 2.** Il est essentiel que toutes les entreprises s'appropriant le BIM élaborent une stratégie de mise en œuvre de l'outil à l'aide d'une approche descendante et ascendante pour que la direction et le personnel sur le terrain soient engagés et habilités en parts égales, et pour s'assurer que les objectifs à court terme et à long terme, le plan de mise en œuvre et les exigences en matière de ressources soient développés avec la pleine participation de tout le personnel nécessaire.
- 3.** Les PME étudiées ont signalé de nombreux avantages associés à l'appropriation du BIM, dont une occasion accrue d'offrir des services supplémentaires et une valeur ajoutée aux clients; une meilleure qualité de la communication et du flux d'information; et de meilleures capacités de visualisation, de coordination et de validation.
- 4.** Les PME étudiées ont également signalé de nombreux défis, notamment des modes d'approvisionnement limitant l'intégration de la chaîne d'approvisionnement; la faible expérience de

certaines membres de l'équipe de projet; la difficulté d'évaluer les incidences de l'appropriation et de la mise en œuvre du BIM.

5. Il est possible que certains aspects de la mise en œuvre du BIM soient plus simples pour les plus petites entreprises (moins de 50 employés), lesquelles peuvent être plus lestes pour effectuer les changements organisationnels requis, contrairement aux grandes entreprises ayant à gérer une structure fonctionnelle beaucoup plus rigide.

Un guide de mise en œuvre du BIM pour les PME a été élaboré à la lumière des résultats de recherche et peut être trouvé en [page 18](#).

CONTEXTE DE LA RECHERCHE

STRUCTURE DE LA RECHERCHE

Le projet de recherche comportait quatre phases :

1. Les technologies liées au BIM ont été établies comme étant les plus prometteuses pour améliorer la productivité dans l'industrie de la construction selon un examen approfondi des études déjà réalisées.
2. Des entrevues avec les précurseurs de l'appropriation des TI et du BIM (clients, professionnels du design et entrepreneurs) ont été menées tout d'abord pour découvrir les lacunes possibles entre les pratiques existantes et la documentation, ensuite pour cerner les orientations des pratiques émergentes dans l'industrie canadienne, puis pour évaluer les écarts dans le niveau d'appropriation du BIM entre les industries canadienne et américaine et, finalement, pour articuler les projets pilotes pouvant permettre de combler ces lacunes.
3. Le programme d'expérimentation a été élaboré pour étudier l'appropriation du BIM au sein de l'industrie. Trois projets pilotes portant sur différents aspects du BIM pour améliorer la productivité en construction ont été cernés : deux ont été réalisés au Québec et un en Colombie-Britannique.
4. Les trois projets pilotes cernés durant la phase III ont été réalisés.

Les activités de recherche des trois premières phases ont permis aux chercheurs :

- > de souligner et de valider les technologies et les outils liés au BIM considérés comme étant les plus prometteurs en terme d'amélioration de la productivité dans l'industrie de la construction;
- > de cerner les lacunes entre les pratiques existantes et celles proposées dans les études sur l'utilisation des technologies du BIM dans l'industrie de la construction;
- > de déterminer les pratiques émergentes dans l'industrie canadienne de la construction, comme la chaîne d'approvisionnement intégrée (CAI), la réalisation de projets intégrée (RPI) et la construction frugale. La combinaison de ces pratiques au BIM peut offrir le meilleur environnement pour son utilisation. Ces approches encouragent la collaboration, l'intégration et la pleine utilisation des technologies de l'information;
- > d'établir la portée de l'utilisation de technologies innovatrices autres que le BIM (informatique mobile, gestion de documents, etc.);
- > d'évaluer les lacunes de divers intervenants en fonction de l'appropriation du BIM entre les industries canadienne et américaine;

- > de fixer les objectifs du travail et les dimensions du BIM qui seront sélectionnés pour le programme d'expérimentation;
- > de définir les rôles, les responsabilités et les engagements des partenaires et des développeurs de chacun des domaines d'expérimentation;
- > d'élaborer un protocole pour les trois projets pilotes qui comprend l'établissement des processus requis, des budgets et de l'échéancier; les rôles et la gouvernance; ainsi que les éléments livrables.

TROIS EXPÉRIMENTATIONS

Projet pilote I

Objectif du projet

Étude de la mise en œuvre du BIM sur le terrain par un promoteur immobilier.

Description du projet

Cette expérimentation a étudié l'appropriation et la mise en œuvre du BIM d'un projet spécifique de construction pour un promoteur immobilier dans le domaine multirésidentiel. Ce secteur, qui se compose majoritairement de PME, présentait une faible percée en matière de technologies de l'information et de la communication (TIC). L'entrepreneur a été approché pour sa spécialisation dans le développement et la mise en marché d'une nouvelle technologie d'édification des bâtiments, le système de construction Upbrella.

Projet pilote II

Objectif du projet

Étudier l'appropriation et la mise en œuvre du BIM au sein d'une firme d'architecture spécialisée dans la réalisation de projets à haute performance énergétique.

Description du projet

Cette expérimentation portait sur la comparaison d'un projet intégrant le BIM à un projet réalisé en mode traditionnel. L'entreprise choisie envisageait le BIM comme plateforme collaborative interdisciplinaire et le voyait comme une occasion de se démarquer par rapport à ses concurrents en améliorant la précision des documents de construction, réduisant ainsi potentiellement ses charges d'exploitation.

Projet pilote III

Objectif du projet

Étudier l'appropriation et la mise en œuvre du BIM au sein d'un entrepreneur spécialisé.

Description du projet

Cette expérimentation étudiait le processus d'appropriation et de mise en œuvre du BIM au sein d'une entreprise d'installations mécaniques. Les transformations organisationnelles générées tant sur le plan du fonctionnement interne que sur celui de l'interaction avec la chaîne d'approvisionnement du projet ont été observées et documentées. Les incidences du BIM sur le rendement du projet ont également été étudiées.

PORTRAIT DES PME CANADIENNES

L'industrie de l'architecture, de l'ingénierie et de la construction (AIC) est caractérisée par le grand nombre de PME qui font partie de sa chaîne d'approvisionnement. Ces PME, œuvrant dans divers domaines et disciplines, ont uni leurs efforts pour créer des équipes de projet temporaires et constituer le pilier de l'industrie canadienne de la construction. En effet, des 128 650 employeurs de l'industrie de la construction, 99,9 % sont considérés comme des PME (moins de 500 employés), la majorité (60,5 %) compte moins de 5 employés¹. Bien que d'autres recherches antérieures aient tenté d'explorer et d'expliquer ce portrait en étudiant les défis et les avantages d'une telle réalité, une chose est certaine : les PME du secteur canadien de la construction doivent faire face à une pression croissante provenant entre autres de la concurrence mondiale accrue et des pressions économiques internes.

Une étude réalisée par Industrie Canada a relevé qu'entre 2002 et 2011 la productivité du travail dans le secteur canadien de la construction a diminué de 0,7 % en moyenne par année, tandis que la productivité du travail pour l'économie canadienne a augmenté de 1,7 % par année au cours de cette même période². Les plus récentes statistiques d'Industrie Canada indiquent qu'entre 2008 et 2012, la productivité du travail pour le secteur de la construction a augmenté de 2,7 % en moyenne par année, tandis que la productivité du travail pour l'économie canadienne a augmenté de 1,2 % par année³. Bien que cette dernière statistique soit encourageante, il reste les PME de l'industrie canadienne de la construction font face à plusieurs défis qui pourraient présenter une grave menace à leur existence s'ils ne sont pas gérés adéquatement. Les PME ont donc besoin de trouver des moyens d'augmenter leur productivité, d'offrir des services à valeur ajoutée et de se distinguer de la concurrence afin d'atteindre leurs buts et de contribuer à l'économie canadienne.

LE BIM COMME FACTEUR D'INNOVATION

Le terme « modélisation des données du bâtiment ou *Building Information Modeling* (BIM) » ne porte pas le même sens pour tous. Nous considérons le BIM tant comme un produit qu'un processus. Nous déterminons le BIM conformément au *National BIM Standard* (NBIMS), lequel définit la modélisation des données du bâtiment comme suit :

« une représentation numérique des caractéristiques physiques et fonctionnelles d'un bâtiment. Ainsi, il sert de ressource pour le partage de données concernant un bâtiment, formant ainsi une base fiable pour la prise de décisions pendant sa durée de vie, et ce, dès sa création. » (NIBS 2007) [TRADUCTION LIBRE]

Le BIM peut également être défini comme un processus, soit le processus de modélisation des données du bâtiment. Dans cette perspective, le BIM peut être défini comme suit :

« une nouvelle approche de conception, de construction et de gestion d'un bâtiment. Le BIM n'est pas un objet ou un type de logiciel, mais plutôt une activité humaine qui comporte en définitive de vastes transformations de processus dans le domaine de la construction. » (BIM Handbook - Eastman et. al., 2008) [TRADUCTION LIBRE]

« un processus axé sur le développement, l'utilisation et le transfert d'un modèle de données numériques d'un projet de construction afin d'améliorer la conception, la construction et l'exploitation d'un projet ou d'un portefeuille de bâtiments. » (PSU Computer Integrated Construction Program 2010) [TRADUCTION LIBRE]

¹ Industrie Canada (SIC), Établissements construction, (Consultée le 5 mars 2014)

<https://www.ic.gc.ca/app/scr/sbms/sbb/cis/establishments.html?code=23&lang=eng>.

² Industrie Canada (SIC), Productivité du travail, (consultée le 20 août 2012) <http://www.ic.gc.ca/cis-sic/cis-sic.nsf/IDE/cis-sic23prof.html>. (La page n'est plus disponible.)

³ Industrie Canada (SIC), Productivité du travail, (consultée le 5 mars 2014)

<https://www.ic.gc.ca/app/scr/sbms/sbb/cis/labourProductivity.html?code=23&lang=eng>.

Le BIM fournit une représentation partagée de la conception du bâtiment, qui facilite la collaboration et le partage d'information pour tous les intervenants du projet, soit les architectes, les ingénieurs, les entrepreneurs, les gestionnaires et les propriétaires.

Toutefois, les technologies du BIM sont également considérées comme étant perturbatrices, c'est-à-dire qu'elles modifient radicalement la façon dont les acteurs du milieu de l'AIC effectuent leurs activités. Ainsi, certaines tâches disparaissent pendant que d'autres sont créées, la répartition du travail est révisée, et les rôles et les responsabilités changent. Par conséquent, les PME qui cherchent à s'approprier et à mettre en œuvre ces technologies sont confrontées à la nécessité de modifier leurs pratiques actuelles et de redéfinir leurs flux de travail internes et externes pour convenir aux nouvelles réalités imposées par le BIM et ainsi profiter pleinement du potentiel de valeur ajoutée au processus de réalisation du projet. De plus, chacune des organisations évoluant dans l'industrie de l'AIC sera touchée de diverses manières selon sa fonction, son rôle et sa responsabilité dans la chaîne d'approvisionnement de l'industrie. La nature et l'étendue de cette reconfiguration dépendront donc largement de la position de l'entreprise au sein de la chaîne d'approvisionnement du projet.

LA FAIBLE VITESSE DE L'INDUSTRIE CANADIENNE DE LA CONSTRUCTION À S'APPROPRIER LE BIM

Dans les phases I et II du projet de recherche, d'importantes lacunes ont été observées entre l'industrie canadienne et américaine de la construction. La principale lacune notée se trouvait à être le niveau général d'utilisation des outils du BIM pour les projets qui était systématiquement inférieur dans l'industrie canadienne que l'industrie américaine. D'autres lacunes relevées touchaient l'utilisation réelle des outils du BIM, comme l'analyse et le niveau de formation des employés. Des lacunes ont également été observées entre les entreprises ayant des activités locales et celles ayant des activités internationales. Celles-ci s'expliquent en partie par le fait que depuis 2007 le BIM est obligatoire pour la majorité des projets publics américains. La question fondamentale au Canada est le fait que la majorité des clients, des agences publiques en particulier, à l'exception d'Infrastructure Alberta, hésitent à rendre obligatoire l'utilisation du BIM. Cette situation représente un obstacle important à l'appropriation du BIM, tel qu'il est indiqué dans les résultats du sondage réalisé pendant la phase II auprès de précurseurs de l'appropriation du BIM et d'innovateurs de l'industrie de la construction au Canada. Voici ce qui a été relevé dans le sondage réalisé en 2011⁴ :

- > La résistance des individus au changement.
- > L'usage limité du BIM pendant les phases du projet, ce qui annule la valeur du BIM.
- > Les professionnels travaillent encore en silos, et il y a un manque de communication et de coordination entre les disciplines.
- > L'appropriation et la mise en œuvre du BIM au sein d'une entreprise sont liées aux demandes du marché. Jusqu'à maintenant, les clients ne voient pas les avantages du BIM, donc ne réclament pas son utilisation.
- > Il y a de l'incompréhension quant à ce qu'est le BIM, est-ce une technologie, un processus ou une pièce particulière d'un logiciel? Ce manque de clarté rend difficile l'établissement des protocoles et des processus du BIM ainsi que l'utilisation intégrée.
- > Les entreprises inexpérimentées présentent un enjeu majeur à la mise en œuvre complète du BIM dans l'équipe de projet.

⁴ Forgues, Daniel et Sheryl Staub-French. *Améliorer l'efficacité et la productivité du secteur de la construction grâce aux technologies de l'information*, Septembre 2011, pp. 45-46, 53-54.

- > Des problèmes de mise en œuvre : méthodes insuffisantes, qualité de formation inégale et allocation du temps.
- > Des retards dans la formation de personnel qualifié.
- > Les entreprises ont du mal à justifier les coûts de formation puisque l'utilisation du BIM n'est pas invariablement requise pour tous les projets et le personnel doit souvent suivre une nouvelle formation.

Témoignages

« [...] le client ne constate souvent pas la valeur ajoutée. Il affirme payer plus cher pour rien. » [...] »
(Manufacturier, p. 61)

« [...] le mieux pour qu'une technologie passe, c'est que le client l'impose, car ainsi ce n'est pas négociable. Le client a un rôle important à jouer là-dessus, parce que si c'est sur une base volontaire, ça va être beaucoup plus difficile que si c'est imposé par le client. » (Directeur des TI, p. 22-23)

« [...] Le propriétaire ne voyait pas la valeur que ça avait [le BIM], parce que ça allait lui coûter plus cher, comme un service additionnel, parce que c'est probablement comme ça que ça a été présenté aux concepteurs. Alors, il a dit qu'il n'en voulait pas. » (Entrepreneur, p. 63)

« C'est le manque de personnel ayant des connaissances du BIM... Voilà le plus gros problème[...] »
(Architecte, p. 62)

Source : Forgues, Daniel et Sheryl Staub-French. (2011). *Améliorer l'efficacité et la productivité du secteur de la construction grâce aux technologies de l'information.*

PRINCIPALES CONSTATATIONS ET LEÇONS APPRISSES

La réalisation de trois différents projets pilotes avait pour objectif d'élargir la portée de l'étude pour inclure une partie importante de la chaîne d'approvisionnement du projet. Ceci a permis une plus grande profondeur d'enquête sur le plan organisationnel, tout en conservant le point de vue de la chaîne d'approvisionnement du projet. Le facteur commun pour l'ensemble des trois projets se situait dans le contexte (les trois entreprises approchées étaient des PME de moins de 50 employés) et dans la volonté des PME étudiées à s'approprier et à mettre en œuvre le BIM.

Des observations importantes ont été tirées de ces projets pilotes; certaines se rattachent à un seul projet alors que d'autres sont similaires pour les trois expérimentations. Les principales constatations présentées ci-dessous sont les observations faites tout au long du projet de recherche et la relation par rapport aux résultats qui ressortaient pour les trois projets pilotes.

PRINCIPAUX AVANTAGES DE L'APPROPRIATION ET DE LA MISE EN ŒUVRE DU BIM

Points saillants

Bien que les avantages de l'appropriation et de la mise en œuvre du BIM pour chacune des PME dépendaient en grande partie du contexte et étaient propres à leur rôle dans la chaîne d'approvisionnement du projet, certains sont communs aux trois projets pilotes :

- > Une possibilité accrue d'offrir des services supplémentaires et une valeur ajoutée aux clients.
- > Une meilleure qualité de la communication et du flux d'information.
- > Des capacités supérieures de visualisation, de coordination et de validation.
- > Le BIM est un outil de marketing considérable pour les PME, l'appropriation du BIM augmente les occasions de sélection d'une PME pour un projet donné.

Les avantages propres à chaque expérimentation ont également été cernés.

Les avantages du BIM ont été les suivants pour le promoteur immobilier (projet pilote I) :

- > L'établissement d'un processus de détection d'interférences de trois phases consécutives : « modélisation » pré-détection, détection « sélection et gestion », post-détection « suivi et mise à jour des ressources et des connaissances ».
- > La démonstration de problèmes de communication et de coordination dans la gestion de projets dans le secteur de la construction résidentielle et la façon dont les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) peuvent aider à les résoudre.
- > L'élaboration de mesures et de processus de productivité pour le contrôle de la production, lesquels se basent sur l'approche de la construction frugale pour optimiser le déroulement du travail.

Les avantages du BIM ont été les suivants pour l'entreprise d'architecture-génie (projet pilote II) :

- > L'augmentation de la valeur proposée aux clients potentiels.
- > L'optimisation du déroulement du travail interdisciplinaire au sein de l'organisation, ce qui permet une meilleure synergie entre ces disciplines.
- > L'amélioration des processus de conception par des boucles de rétroaction continues entre les activités et la conception (conception pour activité).
- > La détermination du chemin critique partagé entre les disciplines afin de faciliter la coordination technique tout au long de la conception.

Les avantages du BIM ont été les suivants pour l'entrepreneur spécialisé (projet pilote III) :

- > L'utilisation d'un outil de marketing a généré une augmentation du nombre de demandes de propositions et d'invitations à soumissionner pour les projets d'envergure.
- > Possibilité pour l'entrepreneur spécialisé d'adopter un rôle de direction au sein de la chaîne d'approvisionnement.
- > Une augmentation du taux de satisfaction des clients en général grâce à une meilleure conformité à la portée et à l'intention initiales du projet.
- > Une augmentation de la productivité du personnel.
- > Une plus grande conformité au budget.
- > Une précision accrue des renseignements.
- > Une augmentation de l'efficacité au stade de la préfabrication.

Témoignages

« Un modèle numérique facilite la communication du concept. » (Entrepreneur, p. 66)

« Le BIM peut faciliter le travail, si tout le monde applique les mêmes règles. » (Entrepreneur, p. 70)

« Utiliser efficacement le BIM signifiait qu'on devait consacrer plus de temps en amont; la charge de travail se déplace plus tôt dans le processus [...]. Par contre, vous devriez consacrer moins de temps à la fin du projet. » (Architecte, p. 58)

Source : Forgues, Daniel et Sheryl Staub-French. (2011). *Améliorer l'efficacité et la productivité du secteur de la construction grâce aux technologies de l'information.*

PRINCIPAUX DÉFIS POUR LE PROCESSUS D'APPROPRIATION ET DE MISE EN ŒUVRE DU

Points saillants

Contrairement aux avantages, les principaux défis auxquels les PME ont dû faire face dans leur processus d'appropriation et de mise en œuvre du BIM étaient beaucoup plus uniformes pour l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement. Voici les principaux défis :

- > Le contexte du projet, dont la méthode de réalisation, les anciennes relations des membres de l'équipe de projet ainsi que le type et la complexité du projet, ont eu une grande incidence sur l'étendue de l'utilisation du BIM.
- > La mise en œuvre complète du BIM au sein des équipes du projet étudiées, notamment l'utilisation conjointe et constante du BIM tout au long du projet, a été sérieusement retardée en raison de la nature cloisonnée et fragmentée de la chaîne d'approvisionnement de l'industrie de la construction (soit les nombreuses petites entreprises qui forment la chaîne d'approvisionnement du projet).
- > Le faible niveau d'expérience des membres de l'équipe de projet en ce qui concerne le BIM dans l'ensemble des contextes de projets a limité l'étendue de la mise en œuvre du BIM, car les entreprises participant au projet n'avaient pas la capacité de développer, de maintenir et d'utiliser le BIM de façon constante tout au long de l'expérimentation.
- > L'évaluation des incidences du processus d'appropriation et de mise en œuvre du BIM a constitué un défi pour les trois projets en raison de l'absence de stratégies d'évaluation du rendement et de mesures claires.

BIM

Les chercheurs ont toutefois cerné les défis propres à chaque expérimentation.

Le promoteur immobilier a fait face aux principaux défis suivants dans le cadre de son processus d'appropriation (projet pilote I) :

- > Des retards dans l'autorisation du financement pour le projet et le retrait de financement dans l'appui de la partie du projet reliée à l'utilisation de la technologie Upbrella.
- > Une mauvaise définition des rôles et des responsabilités dans ce projet particulier en raison d'un manque d'expérience de la firme comme promoteur.
- > Un manque de collaboration entre les professionnels (architectes, ingénieur en mécanique) ainsi qu'un non-respect des échéances de production pour la documentation du projet ont été observés (préparation et approbation lentes des dessins d'atelier).

La firme d'architecture-génie a fait face aux principaux défis suivants dans le cadre de son processus d'appropriation (projet pilote II) :

- > L'utilisation du BIM comme outil de conception collaboratif a exigé la participation active des ingénieurs-conseils aux étapes d'avant-projet de conception et de l'élaboration de la conception plutôt que de suivre la tendance actuelle de limiter leur participation uniquement à certaines étapes spécifiques.
- > Il existait un manque de création continue du savoir et d'amélioration constante des processus, deux éléments nécessaires à la mise en œuvre efficace du BIM comme plateforme collaborative. Ceci peut en partie être attribué à la nature fragmentée de l'industrie de la construction ainsi que le fait qu'elle est centrée sur un projet unique, empêchant l'établissement des relations à long terme.

- > La prise de responsabilité professionnelle de la part des ingénieurs-conseils doit être encouragée pour assurer la coordination technique avec d'autres disciplines, comme l'architecture, ce qui améliore la qualité des documents de construction.
- > Les clients et les propriétaires ont une connaissance insuffisante du BIM pour établir et valider leurs exigences internes ou évaluer le niveau minimal d'expertise nécessaire pour que les firmes sélectionnées puissent satisfaire ces exigences de façon adéquate.

L'entrepreneur spécialisé a fait face aux principaux défis suivants dans le cadre de son processus d'appropriation (projet pilote III) :

- > Les divers environnements du projet, définis par la méthode de réalisation, les types de contrats et l'historique avec les intervenants du projet, ont joué un rôle prépondérant dans l'établissement de la portée de la mise en œuvre du BIM.
- > Les irrégularités dans les approches des membres de l'équipe de projet concernant le BIM, comme les attentes, les intentions et les engagements variés envers l'utilisation du BIM, qui ont des incidences sur sa mise en œuvre dans l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement.
- > Un manque de contrôle et d'incidence sur la méthode de réalisation du projet, ce qui provoque une résistance vis-à-vis la mise en œuvre du BIM du point de vue du projet.
- > L'embauche et le maintien en poste d'employés ayant des compétences adéquates de modélisation et de coordination.
- > Le bon choix d'une suite de logiciels et la gestion technologique (contrôle des versions, appropriation de nouvelles technologies, etc.).
- > Une capacité de compréhension adéquate de l'incidence du BIM et des processus connexes sur l'ensemble de l'entreprise.
- > L'évaluation du rendement du capital investi (RCI) du point de vue organisationnel et pour le projet afin de justifier les investissements considérables nécessaires pour une appropriation et une mise en œuvre réussies du BIM.

Témoignages

« Le défi a été de participer plus tôt au processus de conception et à l'utilisation du BIM vers un but précis. » (Entrepreneur, p. 71)

« Les gens vont naturellement résister au changement, mais créer de l'intérêt et des exemples de succès peut influencer les gens sur l'utilisation du BIM... Il y a un besoin pour surmonter la peur par la formation. » (Entrepreneur, p. 62)

« Au lieu de garder ça trop large, je pense que nous devrions plus travailler au niveau de l'individu pour développer ses capacités BIM. [...] Je pense qu'il y a une attention à porter sur les capacités de la personne. On s'en va dans cette direction-là [...]. » (Architecte, p. 66)

Source : Forgues, Daniel et Sheryl Staub-French. (2011). *Améliorer l'efficacité et la productivité du secteur de la construction grâce aux technologies de l'information.*

PRINCIPALES LEÇONS APPRISSES

Points saillants

Encore une fois, les leçons apprises lors des expérimentations dépendent largement du contexte. Toutefois, il est possible de généraliser certaines d'entre elles :

- > L'importance d'une approche stratégique pour la mise en œuvre du BIM sur le plan organisationnel est considérée comme facteur de réussite déterminant.
- > Les relations contractuelles, le niveau de connaissances du client sur le BIM et le niveau d'expérience d'une entreprise jouent tous un rôle clé dans la qualité et la vitesse de l'appropriation du BIM et les avantages connexes.
- > Il faut assurer une meilleure harmonisation (c'est-à-dire établir un protocole d'entente) sur le plan organisationnel, procédural et technologique entre les organisations qui cherchent à collaborer dans un environnement BIM.

Les leçons apprises propres à chaque expérimentation ont également été documentées.

Le promoteur immobilier a tiré les principales leçons suivantes (projet pilote I) :

- > La mise en œuvre du BIM demande l'établissement d'une stratégie d'affaires et d'un plan d'exécution ainsi que l'embauche d'une personne pour coordonner le BIM avant de lancer un projet.
- > Les méthodes et les approches de contrôle de la production devraient être documentées dans un concept d'opérations et incluses aux documents contractuels pour tout projet.
- > Une approche d'approvisionnement de gestion de la construction est considérée comme plus favorable pour la mise en œuvre du BIM et de la mesure du rendement que l'approche traditionnelle de conception-soumission-construction.

L'entreprise d'architecture-génie a tiré les principales leçons suivantes (projet pilote II) :

- > Les questions d'interopérabilité doivent être gérées non seulement sur le plan technologique, mais aussi organisationnel, surtout pour les PME.
- > Le niveau nécessaire de développement de la conception architecturale doit mieux cadrer avec l'information requise pour effectuer l'analyse énergétique.
- > Les opérations et l'entretien des systèmes électromécaniques au sein des édifices doivent être pris en considération par les ingénieurs-conseils au moment de la conception.

L'entrepreneur spécialisé a tiré les principales leçons suivantes (projet pilote III) :

- > L'importance d'établir la pertinence du BIM au sein de l'organisation, c'est-à-dire se poser la question « Le BIM est-il le bon choix pour l'organisation? ».
- > L'importance d'une stratégie organisationnelle uniforme et cohérente dans le processus d'appropriation et de mise en œuvre du BIM afin de cadrer la stratégie d'affaire avec le processus d'appropriation du BIM et de cibler les investissements.
- > L'occasion pour un entrepreneur spécialisé de minimiser les perturbations inhérentes au processus d'appropriation et de mise en œuvre du BIM en isolant ce processus du reste de ses activités d'affaires pour un projet pilote.

- > La nécessité d'atteindre un juste équilibre entre les approches descendante et ascendante au processus d'appropriation du BIM, ce qui signifie une distribution égale des responsabilités entre la haute gestion et les employés, et la mise en place d'un comité directeur disposant d'un pouvoir décisionnel suffisant pour habiliter les utilisateurs.
- > L'importance d'une approche souple (c'est-à-dire que l'entreprise soit en mesure de réagir rapidement au changement et de s'adapter à l'évolution des conditions) concernant le processus de mise en œuvre organisationnelle du BIM.
- > L'importance d'inclure tous les employés concernés par la transformation sur le plan organisationnel dans le processus d'appropriation et de mise en œuvre.
- > L'importance d'établir clairement les usages et les exigences du modèle.
- > La nécessité d'analyser et d'évaluer les incidences du BIM et d'élaborer la bonne méthode de collecte de données.

CONCLUSIONS

Le BIM est une technologie de rupture sur les plans organisationnels et de la chaîne d'approvisionnement. Tel qu'il est qu'indiqué dans les sondages de McGraw-Hill (2009-2012), les organisations américaines qui utilisent assidûment le BIM considèrent qu'une appropriation et une mise en œuvre du BIM réussies exigent des modifications radicales dans l'organisation interne du travail. De grandes firmes d'AIC typiques ont adopté une structure fonctionnelle très fragmentée et hiérarchique selon laquelle le travail est divisé en lots de travail et les tâches sont réparties entre divers niveaux de spécialistes, d'où l'expression « travailler en silo ». À l'opposé, il semble que les entreprises qui ont déployé le BIM en entier aient une structure beaucoup plus horizontale où les frontières entre les spécialités sont beaucoup moins apparentes. Toutefois, la modification de l'organisation du travail pour une grande entreprise est un processus long et coûteux.

À cause de leur « inertie organisationnelle » inférieure, il se peut que la transformation des flux de travail et de la structure soit plus facile à effectuer pour les entreprises comptant moins de 50 employés (ce qui est le cas pour la majorité des entreprises dans l'industrie de la construction canadienne), selon les observations de deux des projets pilotes. En outre, ces organisations considèrent que l'utilisation réussie du BIM est un changement de paradigme dans la nature des liens entre les membres du réseau du projet, ce qui a été confirmé au cours des entrevues menées durant la phase II de la recherche. Pour les représentants des organisations qui utilisent assidûment le BIM, il ne fait aucun doute qu'un niveau de compétences adéquat dans l'utilisation du BIM soit nécessaire pour toutes les entreprises participant à un projet, et surtout pour le client ou développeur, afin d'assurer une mise en œuvre réussie du BIM tout au long du projet.

RISQUES ASSOCIÉS AU BIM POUR LES PME

Les résultats préliminaires indiquent que même s'il semble plus facile pour les PME d'adapter leurs pratiques pour tirer profit des avantages du BIM, il s'agit d'une entreprise plutôt risquée qui doit être soigneusement planifiée et gérée. Les risques doivent être cernés et gérés, étant donné que d'importants investissements sont nécessaires à la fois pour l'infrastructure du BIM et la formation du personnel. De plus, une perte de productivité est possible à court terme, ce qui aggrave les enjeux dans un marché où les marges bénéficiaires sont déjà minces. Ces résultats démontrent également qu'il peut être peu judicieux de tenter d'établir les avantages du BIM en calculant le pourcentage de gains de productivité.

L'APPROPRIATION ET LA MISE EN ŒUVRE DU BIM DU POINT DE VUE ORGANISATIONNEL

Un des principaux problèmes cernés dans les entrevues menées durant la phase II relativement à l'appropriation des TI dans le secteur de la construction était le manque d'harmonisation entre la mise en œuvre du BIM et la stratégie d'affaires, ainsi qu'un manque de stratégie TI. Des entrevues menées avec les représentants des grandes entreprises de l'industrie de l'AIC pendant la phase II ont démontré que dans les plus grandes organisations, le BIM est normalement introduit au sein du projet pour répondre à des exigences contractuelles spécifiques. La haute direction considère souvent le déploiement complet du BIM dans l'entreprise comme un risque, parce que peu de clients exigent le BIM et que cette demande se limite principalement aux grands projets. Dans les PME, les décideurs sont plus près du terrain. Ils peuvent voir le potentiel du BIM et l'occasion d'en tirer un avantage concurrentiel en déployant les technologies liées au BIM dans l'ensemble du cabinet. Ils sont aussi beaucoup plus disposés à réorganiser le travail et à faire évoluer la structure de leur entreprise que ceux travaillant dans les plus grands cabinets, malgré qu'il y ait des exceptions.

Ainsi, comme indiqué précédemment, une approche stratégique pour la mise en œuvre du BIM sur le plan organisationnel est considérée comme étant un facteur de réussite déterminant. Les deux entrepreneurs (pilote II et III) avaient une vision claire du déploiement du BIM conforme aux objectifs d'affaires de l'entreprise, ce qui n'a pas été le cas pour le pilote I. Cette situation a entraîné d'importantes répercussions négatives, bien que n'étant pas le seul facteur ayant contribué à l'échec du déploiement réussi du BIM. Une liste préliminaire des risques en considérer est présentée dans les recommandations clés.

L'APPROPRIATION ET LA MISE EN ŒUVRE DU BIM DU POINT DE VUE DE LA CHAÎNE D'APPROVISIONNEMENT

Un des problèmes majeurs du processus de mise en œuvre du BIM dans le projet pilote I était les écarts importants entre les firmes de la chaîne d'approvisionnement dans la maîtrise des technologies associées au BIM. L'obstacle principal était qu'aucune des entreprises participant au projet n'utilisait le BIM et certaines ne connaissaient même pas cette technologie. Ajoutons à cela qu'aucune n'avait l'obligation de l'utiliser. Même si le promoteur avait vu le potentiel du BIM suite à des travaux de recherche antérieurs associés au projet, il n'avait pas les ressources internes nécessaires pour répondre adéquatement les exigences du BIM, les inclure aux contrats ou encourager l'utilisation du BIM. La seule mesure incitative et principale justification du projet de recherche, soit utiliser le BIM pour déterminer la meilleure approche à adopter pour effectuer le travail avec la technologie Upbrella, a été perdue en raison du retrait du financement de l'entreprise pour cette partie du projet. Les écarts entre les firmes dans la maîtrise des technologies associées au BIM étaient aussi un enjeu dans le projet pilote II lorsque l'entreprise pilote était souvent le seul sous-traitant à utiliser le BIM, ou quand la technologie n'était pas exigée dans le projet.

Pour le projet pilote II, l'utilisation stratégique du BIM a été considérée comme un atout pour obtenir des contrats de clients privés. En premier lieu, l'entreprise considérait que le BIM a non seulement permis d'augmenter son efficacité et sa productivité pour réaliser le concept et les plans préliminaires (réduction des deux tiers des efforts requis), mais a également amélioré de façon significative la possibilité d'obtenir des contrats privés grâce à un processus de production plus rapide et plus convaincant de l'information pour la prise de décision. En outre, l'entreprise envisage d'entrer dans un nouveau marché pour optimiser l'exploitation de la construction avec une meilleure conception. À l'aide des données des édifices qu'elle a déjà conçus et mis en service, l'organisation est capable d'évaluer l'incidence des décisions de conception qui peuvent s'améliorer dans les prochains projets avec le même client ou d'autres, tout en introduisant la capacité d'amélioration continue dans le rendement de conception.

En deuxième lieu, lors de la deuxième expérimentation, l'entreprise s'est rendu compte, par l'entremise d'un projet de recherche d'engagement partenarial antérieur avec les chercheurs associés à cette recherche, que des gains importants seraient possibles si elle revoyait l'organisation du travail et les processus en mettant l'accent sur les possibilités offertes par le BIM. L'agence d'architecture a par la suite intégré des ingénieurs en mécanique et en électricité à son équipe. Elle propose à ses clients, à l'intérieur de sa stratégie de marketing, de nouvelles approches de réalisation de projet dans lequel le BIM permet de générer d'importantes réductions de coûts et de temps de réalisation.

Pour le pilote III, l'étendue des avantages tirés du projet a grandement fluctué selon le rôle de l'organisation dans la chaîne d'approvisionnement. L'entreprise a utilisé le BIM comme argument pour se positionner de façon à être plus rentable et influente dans la chaîne d'approvisionnement. Quant à l'entreprise du pilote I, elle a travaillé dans un secteur de l'industrie (la construction résidentielle au Québec) ayant des lacunes majeures dans la gestion de la conception et du processus de construction et ignorant du BIM. Il s'agit d'un cas spécifique qui ne devrait pas être généralisé à toute l'industrie canadienne. La seule manière de changer les pratiques dans ce contexte est de préciser toutes les exigences et le déroulement du travail du BIM dans les contrats.

MESURER LE RENDEMENT ET LES INCIDENCES DE LA TECHNOLOGIE

Une des principales conditions énumérées dans la phase II pour que les firmes et les chaînes d'approvisionnement puissent améliorer leurs processus et leurs pratiques est l'utilisation de l'étalonnage (*benchmarking*), un outil essentiel à la réingénierie des processus et à l'amélioration continue. La problématique pour le secteur de la construction se situe dans l'organisation du travail, qui s'articule autour des lots de travail, dont la taille et le contenu varient selon le projet, plutôt qu'autour des processus. Par conséquent, les méthodes privilégiées dans d'autres industries, comme l'établissement des coûts par activité, sont difficiles à appliquer. Idéalement, il faut que les approches soient élaborées en fonction du contexte. Des mesures génériques pourraient seulement être définies après une analyse d'un échantillon adéquat des projets.

Bien que les deux organisations qui ont réussi leur processus d'appropriation et de mise en œuvre du BIM aient remarqué une incidence positive du BIM sur la productivité ou l'efficacité, elles ont également souligné la difficulté de mesurer l'incidence du BIM sur les projets sans avoir établi au tout début les paramètres pour la mesure de la performance. Des extrapolations sont souvent requises, car l'information cumulée sur les projets traditionnels observés n'est souvent pas organisée pour une telle analyse.

Pour les entreprises des pilotes II et III, l'approche était d'utiliser comme point de repère les données d'un projet de type et de taille semblables qu'elle avait précédemment réalisé. Cela était plus compliqué pour l'entreprise du pilote I, puisque le but de ce pilote était de mesurer l'incidence des technologies du BIM et d'Upbrella sur le rendement de la chaîne d'approvisionnement. Étant donné que le projet sur lequel l'expérimentation a porté était leur premier, il a été nécessaire d'utiliser les quatre premiers étages comme point de référence pour mesurer la productivité de la construction traditionnelle et ensuite mesurer l'amélioration de la productivité pour les deux derniers étages qui envisageait l'utilisation du système Upbrella. Malheureusement, la collecte de données pour les premiers étages n'a remporté que peu de succès, car le travail effectué dans de tels projets ne semblait pas coordonné. Les chercheurs associés au projet ont donc dû adopter par la suite une technique dérivée de la cartographie de la chaîne de valeur selon la philosophie de la méthode de production de Toyota.

GUIDE DE MISE EN OEUVRE DU BIM POUR LES PME

Voici quelques recommandations pour les PME souhaitant s'appropriier et mettre en œuvre le BIM dans leur organisation selon les résultats des trois projets pilotes. Les recommandations ont été élaborées suivant huit étapes essentielles au processus d'appropriation et de mise en œuvre (Figure 1). Elles viennent compléter les directives élaborées selon les lignes directrices internationales.

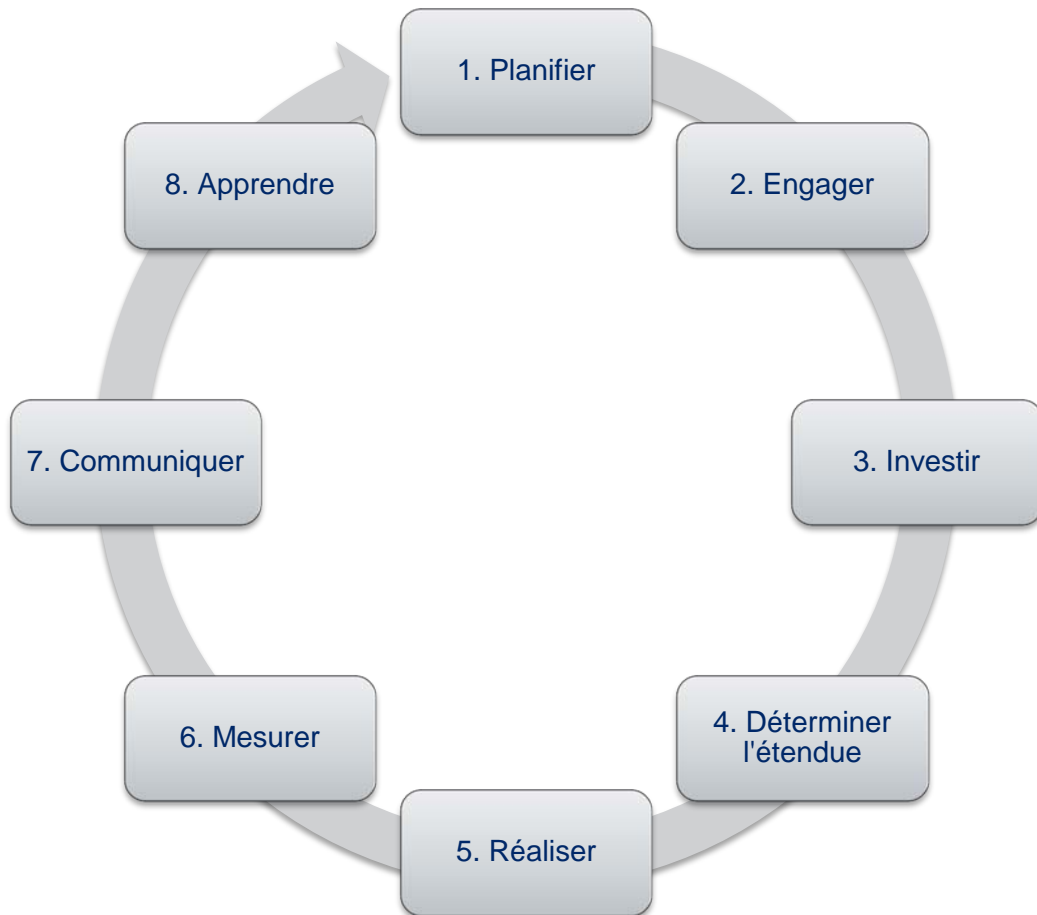


Figure 1 – Étapes itératives pour l'appropriation et la mise en œuvre du BIM

1. Planifier la stratégie

- a. La haute direction est responsable d'établir la vision globale pour le BIM au sein de l'organisation. Le personnel doit être engagé et habilité tout au long du processus.
- b. Exposer une stratégie claire pour le BIM et la manière dont il peut être mis en œuvre pour aider l'entreprise à réaliser son plan d'affaires.
- c. Cerner les buts à court et à long terme ainsi que les objectifs de la stratégie globale :
 - i. Buts à court terme : se concentrer sur les investissements initiaux en formation, matériel, logiciels et direction de projet.
 - ii. Buts à long terme : se concentrer sur le maintien de l'infrastructure en place ainsi que sur le développement des capacités du BIM et des relations avec d'autres organisations pour exploiter le BIM de façon constante.
- d. Cerner ce que le résultat final souhaité du BIM devrait être au sein de l'organisation et établir les grandes lignes pour l'obtenir.
 - i. Établir un échéancier et des étapes de mise en œuvre.
 - ii. Définir les priorités pour lesquelles le BIM peut aider l'entreprise à améliorer leur offre de produits ou de services.
- e. Cerner la proposition de valeur pour le BIM selon la discipline. En tant qu'entreprise, comment le BIM peut-il être exploité pour améliorer les processus d'affaires? Cerner, évaluer et gérer les risques associés au processus d'appropriation et de mise en œuvre du BIM avant de commencer. Les principaux risques comprennent :
 - i. Les risques financiers, comme les investissements requis pour le matériel informatique, les logiciels et la formation du personnel ainsi que le maintien de l'infrastructure.
 - ii. Les risques opérationnels, comme embaucher du personnel et assurer le bon niveau d'engagement à l'effort du BIM au sein de l'organisation.
 - iii. Le risque de dépasser la portée de la mise en œuvre du BIM.
 - iv. Les risques au plan du projet, comme la mauvaise gestion du temps consacré aux activités relatives au BIM qui n'offrent aucun avantage à l'entreprise ou au projet.

2. Engager les bonnes personnes

- a. Mettre en place l'équipe principale : cerner les leaders du BIM au sein de l'organisation, qui ont la capacité et la volonté de mener le processus de mise en œuvre.
- b. Embaucher ou cerner un expert du BIM qui possède une expérience antérieure avec le BIM, préférablement au sein de l'organisation.
- c. Mettre en place un comité du BIM, offrant un lieu où la haute direction et les employés peuvent se rencontrer pour discuter du processus d'appropriation et de mise en œuvre du BIM.
- d. Habilitier le personnel à prendre des initiatives et des décisions concernant l'utilisation du BIM, en leur offrant suffisamment de pouvoir décisionnel.
- e. Cerner des rôles et des responsabilités explicites au personnel chargé du processus d'appropriation.
- f. Chercher à faire participer les employés de différents horizons pour accroître la portée de l'appropriation du BIM :

- i. Pour les entreprises de conception, faire participer les techniciens et le personnel de préparation du projet.
- ii. Pour les entreprises de construction, faire participer le personnel sur le terrain ainsi que le personnel de bureau.

3. Investir dans l'effort

- a. Réserver suffisamment de ressources financières au processus de mise en œuvre du BIM.
- b. Embaucher du personnel qui aura un rôle déterminant dans le processus de mise en œuvre du BIM ou inciter des employés déjà existants à jouer ce rôle.
- c. Former le personnel et maintenir leurs compétences à l'aide d'une formation continue.
- d. Investir dans une infrastructure adéquate pour soutenir l'utilisation du BIM, comme du matériel informatique approprié et des capacités de réseautage.
- e. Cerner et choisir la technologie appropriée qui convient aux besoins de l'organisation.
 - i. Établir comment la technologie sera utilisée : l'organisation sera-t-elle l'auteure et créera-t-elle des modèles ou ne fera-t-elle que les visionner? À quelles fins seront utilisées les données informatiques (visualisation, coordination, fabrication, etc.)?
 - ii. Cerner les personnes qui utiliseront la technologie dans l'entreprise.

4. Déterminer l'étendue de la mise en œuvre du BIM. Cerner les différentes technologies qui seront potentiellement utilisées par d'autres membres de l'équipe de projet et établir les possibles problèmes d'interopérabilité.

- a. Cerner un projet pilote :
 - i. Déterminer quel projet conviendrait mieux à un pilote (peut dépendre de nombreux facteurs, dont les délais d'exécution, la complexité du projet, la disponibilité des ressources, etc.).
 - ii. Établir l'étendue et la portée du BIM à mettre en œuvre dans le projet pilote en sélectionnant un secteur d'intervention privilégié ou un certain système à utiliser comme première étape.
 - iii. Cibler les zones que le BIM peut rapidement améliorer en ce qui concerne l'étendue des travaux de l'entreprise, cerner le « fruit mûr » et s'en tenir à ça au début.
 - iv. Déterminer les avantages escomptés du BIM pour ce projet.
 - v. Réaliser le projet pilote et assurer une rétroaction continue de la part du personnel qui participe au projet pilote.
 - vi. Noter les expériences obtenues par l'équipe de projet. Cerner les forces et les faiblesses remarquées durant le projet.
 - vii. Maintenir l'engagement au processus d'appropriation et de mise en œuvre tout au long du projet.
- b. Pour des projets subséquents :
 - i. Établir des attentes claires pour l'utilisation et l'élaboration du modèle.
 - ii. Cerner le niveau de compétences de l'équipe du BIM et établir des attentes conformes à ces capacités.
 - iii. Établir les éléments livrables et les étapes du BIM.

- iv. Cerner les avantages escomptés du BIM.
- v. Noter les expériences et encourager la rétroaction afin de développer les connaissances.
- c. Élaborer un plan d'exécution du projet avec l'équipe de projet.
 - i. Consulter les lignes directrices déjà établies, comme le guide de planification pour l'exécution du projet de l'État de la Pennsylvanie (*Penn State Project Execution Planning Guide*⁵).
 - ii. Un bon plan d'exécution de projet doit au minimum établir les utilisations du BIM pour le projet, les responsabilités, les étapes pour les éléments livrables et l'infrastructure à déployer.
 - iii. D'autres points, comme les formats de fichiers et les procédures d'échange de données ainsi que les normes du BIM seraient également importants à cerner.
 - iv. Déterminer la meilleure façon de bénéficier des divers modèles tout au long du projet.
- d. Viser l'intégration au sein du projet : les avantages les plus notables du BIM ont été atteints lorsque les équipes de projet travaillaient de façon plus intégrée, partageant les modèles et communiquant librement.

5. Réaliser le processus

- a. S'engager à l'effort de mise en œuvre du BIM au sein du projet :
 - i. Affecter les ressources adéquates au BIM pour le projet, comme une personne dédiée à la coordination du BIM.
 - ii. Maintenir l'engagement tout au long du projet. Un rendement du capital investi ne sera peut-être pas possible pendant les premiers projets.
- b. Dans le cas où l'équipe de projet fait une utilisation limitée du BIM, se concentrer et maintenir les efforts pour réaliser l'étendue des travaux de l'organisation. Une utilisation complète du BIM n'est peut-être pas possible ou nécessaire.
- c. Élaborer le modèle de façon stratégique tout au long du projet.
 - i. Considérer comment les modèles peuvent être transférés et réutilisés de façon efficace entre les phases et pour tous les intervenants.
 - ii. Établir des usages et de normes à l'avance.

6. Mesurer l'évolution

- a. Évaluer le processus d'appropriation et de mise en œuvre du BIM en confirmant si les buts et les objectifs sont atteints à l'étape fixée.
- b. Prévoir une évaluation du rendement avec l'organisation pour :
 - i. vérifier la progression de l'effort de mise en œuvre du BIM;
 - ii. encourager l'évolution afin d'atteindre les buts et les objectifs fixés par la haute direction et développer de nouvelles compétences;
 - iii. confirmer les priorités et maintenir les cibles;

⁵ <http://bim.psu.edu/>

- iv. faire le suivi des capacités et de l'expérience de l'organisation et des employés, entre autres, en établissant qui a obtenu de l'expérience sur quels projets et combien de projets l'organisation a réalisés à l'aide du BIM;
 - v. Mesurer le rendement du capital investi en évaluant les avantages quantifiables du BIM.
- c. Faire participer le personnel technique et sur le terrain en leur demandant des rétroactions concernant la manière dont le BIM est reçu du point de vue opérationnel.

7. Communiquer l'évolution

- a. Communiquer les « gains rapides » et les avantages obtenus à l'aide du BIM afin de soulever l'enthousiasme dans toute l'entreprise.
- b. Exploiter les expériences antérieures pour promouvoir les compétences de l'organisation et les capacités du BIM afin d'obtenir de nouveaux clients et établir de nouvelles relations.
- c. Faire attention de ne pas promettre au-delà des capacités de l'entreprise au moment d'en faire la promotion.
- d. Établir des normes de modélisation et des pratiques exemplaires qui permettront à l'entreprise d'exploiter le modèle le plus possible. Communiquer ces normes aux autres membres du projet pour minimiser la répétition du travail sur le modèle.

8. Apprendre des expériences antérieures

- a. Établir une boucle de rétroaction continue entre le projet et l'organisation afin de relever les connaissances et de se fonder sur les expériences antérieures.
- b. Apprendre à cerner les occasions pour développer des compétences du BIM supplémentaires en reconnaissant les environnements de projets favorisant le BIM.
- c. Élaborer une base de connaissances au sein de l'organisation pour noter et diffuser les leçons apprises.
- d. Mettre en pratique les leçons apprises et les connaissances obtenues de projets antérieurs pour réévaluer, adapter et reconcevoir le processus de mise en œuvre (étape 1) afin de convenir aux réalités changeantes du contexte d'affaires et des stratégies de l'organisation.

Les huit étapes présentées ci-dessus visent à aider les PME dans la planification de leur processus d'appropriation et de mise en œuvre du BIM, et ce, tant du point de vue de l'organisation que du projet. L'appropriation et la mise en œuvre du BIM sont cycliques, il s'agit d'un processus continu et tentaculaire. Bien que le cycle illustré dans la Figure 1 tente d'être le plus générique possible, les organisations doivent adapter le processus à leur propre discipline ou secteur d'expertise. Ce processus d'adaptation aura des incidences sur la portée de la mise en œuvre du BIM, la façon dont le BIM est utilisé, les attentes envers le BIM et le niveau de rendement du capital investi pouvant être atteint.

LIMITES DE LA RECHERCHE ET FUTURS TRAVAUX

Le but de cette quatrième et dernière phase du projet visait à cerner les défis et les avantages de la mise en œuvre du BIM dans les PME dans divers contextes d'utilisation réels, et ce, à l'aide de trois projets pilotes. Il s'agissait d'un projet de recherche exploratoire et, par conséquent, la capacité de généraliser dans tous les projets est limitée. Ce type de recherche relaie néanmoins d'importants renseignements sur le processus spécifique de mise en œuvre du BIM au sein d'une PME dans l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement de projet dans divers contextes.

La limite principale de ce projet de recherche était le délai relativement court pour la collecte de données. Bien que le calendrier ait permis un examen en profondeur des organisations participant au projet par l'entremise du processus d'établissement des points de référence, bon nombre de projets des organisations étaient à divers stades de réalisation, ce qui limitait l'étendue des données concrètes recueillies.

Bien que l'accent du projet de recherche ait été au sein des PME, les conclusions sont tirées de trois organisations de divers domaines et ne peuvent représenter l'éventail complet de la chaîne d'approvisionnement du secteur de la construction. De plus, le projet de recherche a été réalisé dans deux provinces, plus précisément dans deux grandes villes (Montréal et Vancouver). Comme il est indiqué dans la section sur les principaux constats, le contexte joue un rôle majeur dans l'établissement de l'étendue de la diffusion de l'innovation. Par conséquent, il est difficile de généraliser les conclusions pour l'ensemble du pays, car le niveau de l'appropriation de nouvelles technologies varie d'une région à l'autre.

Finalement, bien qu'un accès considérable à l'information ait été accordé aux organisations participantes, ce n'était pas toujours le cas pour les autres membres de la chaîne d'approvisionnement du projet pour les différents projets. Les points de vue présentés sont donc limités à ceux des organisations et à la manière dont l'appropriation et la mise en œuvre du BIM ont touché leur environnement personnel.

De futurs travaux de recherche devraient examiner l'aspect contextuel de l'appropriation et de la mise en œuvre du BIM au Canada. D'autres marchés devraient également être analysés afin de noter les tendances et de recueillir plus de données pour élargir les possibilités de généralisation à l'échelle nationale. La portée d'une future étude devrait également être élargie pour inclure les avantages mesurables du BIM d'une perspective organisationnelle couvrant des contextes variés.

Remerciements

Ce projet de recherche a été financé par le Programme d'aide à la recherche industrielle du Conseil national de recherches Canada (PARI-CNRC) et le Centre d'étude et de recherche pour l'avancement de la construction au Québec (CERACQ).

Le CEFRIO ainsi que l'équipe de recherche au laboratoire du GRIDD et de BIM Topics aimeraient remercier le PARI-CNRC de lui avoir donné l'occasion d'établir une relation de recherche fructueuse avec ces organisations et d'approfondir la compréhension des enjeux et des possibilités de l'appropriation du BIM dans l'industrie canadienne de la construction.

En ce qui concerne le financement des projets pilotes, l'équipe de recherche du CEFRIO a reçu des fonds du Programme d'aide à la recherche industrielle du Conseil national de recherches Canada (PARI-CNRC), les ressources pour les partenaires commerciaux ont été appuyées à l'aide du Programme pilote d'adoption de la technologie numérique (PPATN) et la technologie du système Upbrella a été subventionnée par la Banque de développement du Canada (BDC).

Bibliographie

Computer Integrated Construction Research Program (CIC). (2010). *BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.0*, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA. Disponible en ligne à <http://bim.psu.edu/Project/resources/default.aspx>.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., et Liston, K. (2008). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*, Wiley, New York.

Forgues, Daniel et Sheryl Staub-French. CEFRIO, 2011. *Améliorer l'efficacité et la productivité du secteur de la construction grâce aux technologies de l'information*. Montréal.

Industrie Canada (SIC), Établissements construction de bâtiments. (Consulté le 20 juin 2013) <http://www.ic.gc.ca/cis-sic/cis-sic.nsf/IDF/cis-sic236etbf.html>.

Industrie Canada (SIC), Production du travail. (Consulté le 20 juin 2013) <http://www.ic.gc.ca/cis-sic/cis-sic.nsf/IDF/cis-sic23prof.html>.

McGraw-Hill 2009. *Building Information Modeling Trends SmartMarket Report*. New York. (en anglais)

McGraw-Hill 2012. *Building Information Modeling Trends SmartMarket Report*. New York. (en anglais)

National Institute of Building Sciences (NIBS). (2007). *United States National Building Information Modeling Standard Version 1 — part 1: Overview, Principles, and Methodologies*.

Le CEFRIO est le centre facilitant la recherche et l'innovation dans les organisations, à l'aide des technologies de l'information et de la communication (TIC). Il regroupe près de 150 membres universitaires, gouvernementaux et du secteur privé ainsi que quelque 80 chercheurs associés et invités. Sa mission : contribuer à faire du Québec une société numérique, grâce à l'usage des technologies comme levier de l'innovation sociale et organisationnelle. Le CEFRIO, en tant que centre de liaison et de transfert, réalise, en partenariat, des projets de recherche-expérimentation, d'enquêtes et de veille stratégique sur l'appropriation des TIC à l'échelle québécoise et canadienne. Ces projets touchent l'ensemble des secteurs de l'économie, tant privé que public. Les activités du CEFRIO sont financées à près de 74 % par ses propres projets et à 26 % par le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche, de la Science et de la Technologie (MESRST), son principal partenaire financier.



PRINCIPAL PARTENAIRE FINANCIER

*Enseignement supérieur,
Recherche, Science
et Technologie*



POUR TOUT RENSEIGNEMENT COMPLÉMENTAIRE,
COMMUNIQUEZ AVEC NOUS.

info@cefrio.qc.ca

www.cefrio.qc.ca

BUREAU DE QUÉBEC

888, rue Saint-Jean
Bureau 575
Québec (Québec)
G1R 5H6

Tél. : 418 523-3746

BUREAU DE MONTRÉAL

550, rue Sherbrooke Ouest
Tour Ouest, bureau 1770
Montréal (Québec)
H3A 1B9

Tél. : 514 840-1245