

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE  
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À  
L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

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

PAR  
Manon POUTEAU

DE NOUVELLES PLATEFORMES POUR AMÉLIORER LA GESTION DE  
L'INFORMATION SUR LE CHANTIER

MONTREAL, LE 23 JUIN 2016



Manon Pouteau, 2016



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

**PRÉSENTATION DU JURY**

CE MÉMOIRE A ÉTÉ ÉVALUÉ

PAR UN JURY COMPOSÉ DE :

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

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

M. Adel Francis, professeur  
Département de Génie de la construction à l'École de technologie supérieure

Mme Ivanka Iordanova, examinateur externe  
Directrice BIM, Pomerleau Inc.

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

LE 6 JUIN 2016

À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE



## AVANT-PROPOS

Ce mémoire fait état des travaux de recherche réalisés entre les mois de septembre 2014 et février 2016 au sein du laboratoire du GRIDD de l'ÉTS Montréal dans le cadre du diplôme de Maîtrise en Sciences Appliquées. Ces travaux de recherche constituent la PHASE 2 d'une étude plus grande sur les Technologies Mobiles par le GRIDD.

Le laboratoire du GRIDD travaille en effet sur le sujet des Technologies Mobiles pour la gestion des projets de construction depuis 2012 et le travail de recherche a été initié par Sébastien Frenette, étudiant à la maîtrise en génie de la construction entre 2012 et 2015. S. Frenette a principalement investigué l'état d'utilisation des TM au Québec, ainsi que les avantages et les défis que rencontraient les entreprises qui mettaient en place une TM au Québec, à travers un sondage à l'échelle provinciale et des études de cas. Les résultats de cette investigation ont été exposés dans le guide « Construction 2.0 : L'efficacité par le numérique » publié par le CEFRIO. Après avoir conduit d'autres études de cas, les résultats additionnels du projet de recherche de Sébastien ont été exposés dans son mémoire de maîtrise « Améliorer les processus de communication sur les chantiers de construction à l'aide des technologies mobiles et des technologies infonuagiques ». Le guide et le mémoire de Sébastien constituent la PHASE 1 de l'étude sur les TM.

Les travaux de recherche de la PHASE 2 ont pris leur source dans les résultats du travail de S. Frenette, qui suggéraient un manque de lignes directrices sur le plan stratégique de la mise en place des TM dans les entreprises de la construction au Québec.

Une première partie des résultats de la PHASE 2 est exposée dans le guide « Construction 2.0 : Guide des Technologies Mobiles » (deuxième volet du guide Construction 2.0.) publié en octobre 2015 par le CERACQ et destiné aux professionnels. La PHASE 2 a ensuite été complétée par d'autres travaux de recherche et la globalité de tous ces travaux est exposée dans ce mémoire.



## **REMERCIEMENTS**

Je remercie tout d'abord mon directeur de recherche M. Daniel Forgues pour m'avoir donné l'opportunité de faire partie d'un groupe de recherche dynamique et porteur d'innovation, ainsi que pour m'avoir fait bénéficier de son expertise dans les nouvelles pratiques de gestion de projet, et de son enthousiasme pour le changement dans l'industrie de la construction.

Je tiens à remercier tout particulièrement Mme Souha Tahrani, associée de recherche du GRIDD pour m'avoir guidée dans ma première expérience de recherche, avoir consacré beaucoup de temps à mon travail et m'avoir soutenue avec bonne humeur dans la réalisation de ce mémoire de bout en bout.

Je remercie également tous les membres l'équipe du GRIDD pour avoir partagé leurs connaissances et leur bonne humeur lors de nos rassemblements. Merci à Isabelle et Jeff pour leur soutien administratif et technique dans nos projets.

Je remercie tous les professionnels que j'ai pu rencontrer et qui m'ont permis d'en apprendre davantage sur le monde de la construction et de bâtir ce projet de recherche.

Je remercie mon conjoint, Tristan Noël, pour avoir été présent à mes côtés tout au long de mes études, m'avoir consacré son temps et avoir rendu le travail facile et agréable à deux.

Finalement, je remercie mon frère David et sa compagne Claire, mes parents Martine et Laurent, mes beaux-parents, mes grands-parents, ma grande tante, ainsi que tous mes amis pour leur soutien, leurs encouragements et la confiance en moi qu'ils ont exprimée tout au long de mon parcours universitaire. Je n'aurais pas pu parcourir ce chemin sans eux.



# DE NOUVELLES PLATEFORMES POUR AMÉLIORER LA GESTION DE L'INFORMATION SUR LE CHANTIER

Manon POUTEAU

## RÉSUMÉ

Les méthodes traditionnelles qui sont encore appliquées actuellement dans les projets de construction sont depuis longtemps controversées. Lors de la dernière décennie, de nouveaux modes de réalisation dont les valeurs sont focalisées sur la collaboration et le partage des intérêts entre les intervenants de projet ont vu le jour. Les Technologies Mobiles (TM) sont des outils adaptés à ces valeurs puisqu'ils fonctionnent sur la base d'applications mobiles dont le stockage repose sur l'infonuagique, permettant ainsi un accès facile, sur demande et en tout lieu aux données des projets et à des outils de communication. Les TM, utilisées pour la gestion de l'information des projets, offrent ainsi la possibilité de centraliser l'information d'un projet de construction, réunissant les intervenants virtuellement via une application.

Plusieurs entreprises québécoises perçoivent le potentiel des TM et les utilisent dans leurs projets. Cependant, les études montrent un certain retard du Québec face aux autres pays au niveau de l'adoption. Les raisons de ce retard sont liées à une faible importance donnée au côté stratégique lors de l'implémentation d'une TM dans une entreprise. Les TM doivent être vues comme un outil au changement et non pas comme l'objet du changement. La question de recherche que pose ce mémoire est « Comment informatiser la gestion de l'information sur le chantier à l'aide des TM ? ». Pour y répondre, ce mémoire fait une proposition de changement face à la situation actuelle du Québec vis-à-vis des TM en construction, en suivant le schéma « organisation, technologie, procédure ».

Dans un premier temps, trois processus courants des projets de construction sont cartographiés puis améliorés grâce à l'introduction d'une solution mobile, mettant en évidence le potentiel d'optimisation. Une trousse d'outils est ensuite proposée aux entreprises pour guider la démarche d'introduction d'une TM dans leurs projets. Le principal élément de cette trousse est un Guide d'implémentation, élaboré non seulement sur la base des études précédemment réalisées mais aussi de nouvelles études de cas menées auprès de différents professionnels de la construction. Ce guide suggère une approche stratégique en six étapes pour l'implémentation d'une solution mobile en entreprise : besoins, profil, choix technologique, préparation, implémentation et amélioration. Les deux derniers outils de la trousse sont un tableau décisionnel pour orienter le choix technologique, et un gabarit de plan d'affaires pour le calcul de la rentabilité de l'implémentation. Finalement, une phase de validation a mis à l'épreuve les trois premières étapes du Guide d'implémentation, en les appliquant chez un entrepreneur général souhaitant introduire une solution mobile dans ses projets. Cette expérience a montré des bénéfices à l'application des étapes du guide.

**Mots clés** : Technologies mobiles, construction, gestion de l'information, gestion de projets, automatisation.



# **MOBILE TECHNOLOGIES FOR BETTER INFORMATION MANAGEMENT IN CONSTRUCTION PROJECT DELIVERY**

Manon POUTEAU

## **ABSTRACT**

For a long time now, the use of traditional methods in construction projects have been controversial. During the last decade, new contractual approaches such as Integrated Project Delivery (IPD) have emerged, based on modern values like collaboration and stakeholders' shared interests. As they run with cloud computing, Mobile Technologies (MT) are very suitable tools for such values. Indeed, cloud computing allows an easy on demand access, anywhere, to project data and communication tools. The use of MT for information management thus make possible data centralization for a construction project and virtual gathering of all the stakeholders through the app.

Some early adopters among Québec construction industry see the potential of MT. However, studies show that Québec is lagging behind other countries in terms of MT adoption. The cause of this gap is the low proportion of the efforts focusing on implementation strategies. MT must be seen as a tool helping the change instead of the change itself. The research question of this thesis is "How can we computerize on site information management via MT?". To answer this question, a change proposal, following the "organization, technology, procedure" concept, is made towards the current situation of Québec regarding the use of MT in construction.

On the one hand, three common construction project processes (relating to three major stakeholders: contractor, architect and client) have been mapped and then improved with the introduction of a mobile solution, highlighting optimization possibilities. On the other hand, the development of a toolkit meant to help and guide construction firms in the setting up of a MT in their construction projects answers the strategic problem. The main element of the toolkit is an Implementation Guide, not only based on previous studies but also new case studies conducted with different construction professionals. This guide suggests a strategic approach divided in six key steps: needs, profile, technological choice, preparation, implementation and improvement. The two other elements of the toolkit are a decision table to steer the technological choice, and a business case template, which is a checklist to estimate the profitability of the implementation. Finally, part of the Implementation Guide has been tested by applying the three first steps in the real context of a construction firm (general contractor), showing the benefits it can bring for a firm.

**Keywords** : Mobile technologies, construction, information management, project management, automation.



## TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION .....	23
CHAPITRE 1 REVUE DE LITTÉRATURE.....	29
1.1 Pourquoi les TM ont le potentiel d'améliorer les performances dans l'industrie de la construction ? .....	29
1.1.1 Les TM au service de l'information, de la communication et de la collaboration .....	30
1.1.2 L'infonuagique au service du chantier.....	32
1.1.3 Les applications au service de la gestion .....	34
1.2 Les barrières à l'implémentation des TM en construction.....	41
1.2.1 Les défis rencontrés lors de l'implémentation .....	41
1.2.2 Les TM : un outil et non pas une solution .....	43
1.3 Le cas particulier du Québec.....	44
CHAPITRE 2 MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE .....	47
2.1 Vue d'ensemble de la méthodologie.....	48
2.2 Partie I : Études de cas .....	50
2.3 Partie II : Cartographie des processus.....	55
2.4 Partie III : Validation .....	56
CHAPITRE 3 ANALYSE DE LA SITUATION EXISTANTE .....	59
3.1 Processus traditionnels de gestion de l'information .....	60
3.1.1 Entrepreneur général .....	61
3.1.2 Architecte .....	64
3.1.3 Client.....	66
3.2 Applications mobiles disponibles sur le marché.....	69
3.3 Études de cas : utilisation des TM chez les entreprises innovantes.....	72
3.3.1 Prérequis .....	72
3.3.1.1 Axes de discussion en fonction du profil .....	73
3.3.1.2 Axes de discussion en fonction de la discipline.....	74
3.3.2 Besoins exprimés par les entreprises québécoises .....	75
3.3.3 Stratégies employées pour la mise en place des TM .....	76
3.3.4 Défis et retombées de l'adoption des TM .....	77
3.4 Conclusion .....	79
CHAPITRE 4 PROPOSITION DE CHANGEMENT .....	81
4.1 Processus transformés .....	82
4.1.1 Entrepreneur général .....	82
4.1.2 Architecte .....	84
4.1.3 Client.....	86
4.1.4 Discussion .....	89

4.2	Trousse d'outils.....	91
4.2.1	Guide d'implémentation .....	91
4.2.2	Tableau décisionnel .....	102
4.2.3	Gabarit de plan d'affaires.....	105
CHAPITRE 5 VALIDATION.....		107
5.1	Présentation de l'expérimentation.....	107
5.2	Définition des besoins et attentes.....	108
5.3	Caractérisation du profil .....	109
5.4	Choix d'un outil adapté.....	110
5.4.1	Analyse des différentes fonctionnalités attendues de la RA.....	110
5.4.2	Comparaison de plusieurs solutions.....	114
5.5	Discussion.....	119
CONCLUSION.....		121
RECOMMANDATIONS .....		125
ANNEXE I Questionnaire d'entrevue semi-dirigée – Profil utilisateur .....		127
ANNEXE II Questionnaire d'entrevue semi-dirigée – Profil décideur .....		129
ANNEXE III Questionnaire d'entrevue semi-dirigée – Profil développeur.....		131
ANNEXE IV Guide des Technologies Mobiles .....		133
LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....		193

## LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1.1	Résumé des recherches académiques sur le développement d'applications mobiles pour la construction ces dernières années .....35
Tableau 1.2	Les 10 applications les plus utilisées en construction aux États-Unis en 2013.....38
Tableau 1.3	Les 10 applications les plus utilisées en construction au Québec en 2014 .....39
Tableau 3.1	Description du processus choisi pour chaque acteur .....61
Tableau 4.1	Les trois types de besoins .....102
Tableau 4.2	Les deux types de budgets .....102
Tableau 5.1	Besoins et attentes de l'entrepreneur général vis-à-vis des TM .....108
Tableau 5.2	Profil et capacités de l'entrepreneur général vis-à-vis des TM .....109



## LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1.1	Fonctionnement d'une application infonuagique vis-à-vis des données de projet .....33
Figure 1.2	Les quatre niveaux de maturité Tirée de Frenette (2014) .....40
Figure 2.1	Cycle régulateur de la recherche en sciences de la conception pour les systèmes d'information .....47
Figure 2.2	Vue d'ensemble de la méthodologie de recherche employée et répartition des étapes de recherche dans le cycle régulateur de la recherche en sciences de la conception.....49
Figure 2.3	Description des participants aux sept études de cas.....51
Figure 2.4	Contexte des entrevues semi-dirigées : équipe de recherche.....52
Figure 2.5	Contexte des entrevues semi-dirigées : conception de l'étude .....53
Figure 2.6	Contexte des entrevues semi-dirigées : analyse et résultats.....54
Figure 3.1	Gestion du changement basée sur les trois piliers : procédural, technologique et organisationnel .....59
Figure 3.2	Relations entre acteurs dans les modes de réalisation courants .....60
Figure 3.3	Processus de partage des plans (méthode traditionnelle).....63
Figure 3.4	Processus de correction d'une non-conformité lors d'une visite de chantier hebdomadaire (méthode traditionnelle) .....65
Figure 3.5	Processus de recherche d'information sur le bâtiment (traditionnel).....67
Figure 3.6	Échelle de maturité des applications mobiles et description des deux nouvelles subdivisions .....70
Figure 3.7	Comparatif de 14 applications utilisées au Canada .....71
Figure 3.8	Répartition des axes de discussion parmi les profils de participants .....73
Figure 3.9	Répartition des axes de discussion pour chaque discipline interrogée .....74
Figure 3.10	Les 25 mots les plus utilisés par les professionnels pour parler de leurs besoins.....75

Figure 3.11	Les différentes stratégies mises en place par les entreprises interrogées pour l'adoption des TM .....	76
Figure 3.12	Les sept défis rencontrés lors de l'adoption des TM les plus cités par les professionnels interrogés .....	77
Figure 3.13	Les retombées de l'adoption des TM les plus citées par les professionnels interrogés .....	78
Figure 4.1	Processus de partage des plans entre les intervenants de projet (après implémentation d'une TM).....	83
Figure 4.2	Processus de détection et correction d'une non-conformité détectée par l'architecte lors d'une visite de chantier hebdomadaire (après implémentation d'une TM).....	85
Figure 4.3	Centralisation des données du bâtiment avec BIM (en haut) et sans BIM (en bas) .....	87
Figure 4.4	Processus de recherche d'information sur le bâtiment (après implémentation d'une TM).....	89
Figure 4.5	Les 6 étapes clés du guide d'implémentation.....	92
Figure 4.6	Les trois premières étapes du guide d'implémentation mises en pratique dans une firme d'architecture de taille moyenne.....	96
Figure 4.7	Liste synthétique des étapes du guide d'implémentation des TM.....	101
Figure 4.8	Tableau décisionnel pour guider le choix technologique .....	104
Figure 4.9	Gabarit de plan d'affaires.....	106
Figure 5.1	Utilisation de la RA pour visualiser la conception du futur projet en contexte réel .....	110
Figure 5.2	Utilisation de la RA pour visualiser l'existant inaccessible avant le début des travaux .....	111
Figure 5.3	Utilisation de la RA pour confronter le modèle de conception BIM avec le tel que construit .....	112
Figure 5.4	Prototype d'application de RA pour la détection de non-conformités entre le modèle BIM et le réel .....	112
Figure 5.5	Utilisation de la RA pour accéder aux données du bâtiment pendant la phase d'exploitation.....	113

Figure 5.6      Comparatif entre 4 applications de RA testées sur un projet fictif commun 115

Figure 5.7      Utilisation du mode RA d'Infraworks 360 : la précision de la position  
des objets est de plusieurs mètres .....117



## **LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES**

TM	Technologie(s) Mobile(s)
BIM	Building Information Modeling
GRIDD	Groupe de Recherche en Intégration et Développement Durable en Environnement Bâti
IPD	Integrated Project Delivery
AECO	Architecture Engineering Construction and Owner-operated
CERACQ	Centre d'études et de recherches pour l'avancement de la construction au Québec
RA	Réalité augmentée



## INTRODUCTION

Le temps moyen de travail effectif sur un chantier de construction est estimé à 50% (Hewage et Ruwanpura, 2009; Horman et Kenley, 2005). La recherche d'information est l'un des principaux facteurs de gaspillage de temps sur la phase de réalisation d'un projet de construction. Le schéma selon lequel l'information circule entre un chantier de construction et les différentes parties impliquées dans le projet est particulièrement complexe et fragmenté (Hewage et Ruwanpura, 2009). Ce schéma impose la répétition systématique de l'information, de laquelle découlent directement des pertes de temps, mais aussi un risque d'erreur plus élevé, et une quantité de données dans laquelle il devient fastidieux de faire des recherches. Eastman (2011) montre que l'utilisation des méthodes traditionnelles a pour conséquences sur les projets de construction des délais supplémentaires, des dépassements de budget et une productivité très faible en général, tandis que plusieurs études montrent que l'utilisation des nouvelles technologies comme les Technologies Mobiles (TM) a un fort potentiel, et notamment celui d'améliorer la productivité sur les chantiers de construction (Frenette, 2014; Usman et Said, 2012). Paradoxalement, la recherche de ces dix dernières années met en avant le fait que l'industrie mondiale de la construction, comparativement aux autres industries, est réticente à adopter les nouvelles technologies pourtant largement disponibles sur le marché (Childress, 2013; Eastman, 2011; Forgues et Staub-French, 2011; Gu et London, 2010; Hewage et Ruwanpura, 2009). À l'échelle de l'industrie québécoise de la construction, on constate que celle-ci fait face à un retard sur ses voisins les États-Unis dans l'utilisation des TM (Forgues, Tahrani et Frenette, 2014). Ces derniers font une plus grande utilisation des TM, et à un niveau de maturité plus élevé (Forgues et Staub-French, 2011; Frenette, 2014). Le Québec a donc besoin d'une avancée technologique pour rester concurrent sur le plan international. Certaines entreprises québécoises se montrent innovantes en intégrant à leurs processus de travail des TM, qui offrent une nouvelle vision de la gestion du projet. L'étude de ces entreprises innovantes apporte de précieux indices sur le comportement à adopter pour que cette évolution vers les TM se poursuive et soit la plus efficace possible.

L'entrée en jeu du Building Information Modeling (BIM) dans les projets sur l'ensemble des phases de construction est certainement l'avancée la plus prometteuse et incontournable des années à venir (Forgues et Staub-French, 2011). Ce nouveau processus de travail, révolutionnant la façon de conduire un projet de construction du début à la fin, repose sur un fonctionnement intégré des équipes de travail et une utilisation des nouvelles technologies de modélisation 3D, où tous les acteurs du projet collaborent, supprimant ainsi le caractère fragmenté des méthodes traditionnelles actuelles qui pose problème, et l'impression papier qui devient inévitablement une méthode de travail archaïque. Mais l'utilisation efficace et optimale du BIM requiert des changements radicaux qui doivent être faits sur quasiment tous les aspects d'un projet (Eastman, 2011). Les entreprises ne sont donc pas forcément toutes prêtes à adopter ce changement radical, la « révolution BIM » va se faire lentement. Par ailleurs, les applications ou logiciels permettant de travailler avec le BIM ne sont pas encore optimaux, certains points restent à améliorer comme la compatibilité des versions entre logiciels (Zadeh, Staub-French et Pottinger, 2015), ainsi qu'un manque d'applications utilisables à la fois en conception, en construction et en maintenance (Gu et London, 2010). Les TM ont alors un rôle transitoire à jouer dans le virage vers le BIM. En plus des raisons déjà évoquées pour justifier le potentiel des TM dans les projets de construction, ces dernières sont des outils qui familiarisent leurs utilisateurs avec la technologie tout en nécessitant moins de temps d'adaptation que le BIM. Elles constituent une passerelle vers le BIM car elles incitent aux nouvelles pratiques orientées vers la gestion intégrée et la collaboration. Certaines d'entre elles resteront utilisables indépendamment du BIM et d'autres s'y associeront. Leur adoption actuellement est en pleine croissance parmi les entreprises de construction, les donneurs d'ouvrages, les entreprises de conception, mais leur utilisation n'est pas toujours efficace ni optimale (Forgues, Tahrani et Pouteau, 2015).

Plusieurs facteurs ont été identifiés comme influençant la bonne adoption des technologies de l'information sur le chantier, et notamment l'appréhension des utilisateurs ou les conditions internes favorables ou non, mais aussi le soutien de la part de la hiérarchie (Sargent, Hyland et Sawang, 2012). Des études, cherchant à justifier cette difficulté dans l'adoption des TM en construction, montrent qu'il ne s'agit pas seulement d'implanter les technologies mobiles

pour augmenter la productivité, mais bien d'accompagner ce changement par une modification des habitudes de travail et par une formation efficace des utilisateurs (Forgues et Staub-French, 2011; Frenette, 2014; Kang et al., 2013). Il s'agit d'impliquer réellement tous les intervenants du projet dans le changement, et de travailler de façon collaborative. Un grand éventail d'applications mobiles existe actuellement et l'adoption de l'une d'entre elles par l'entreprise doit d'abord faire l'objet d'une étude incluant l'analyse des besoins et la capacité de changement de l'équipe de travail.

Ce mémoire présente les travaux de recherche effectués au sein du laboratoire du GRIDD de l'ETS Montréal, et faisant suite aux travaux de recherche de Sébastien Frenette au sein du même laboratoire sur le sujet des Technologies Mobiles pour la gestion de projets de construction au Québec. Les travaux de Frenette recensés dans son mémoire « Améliorer les processus de communication sur les chantiers de construction à l'aide des technologies mobiles et des technologies infonuagiques » (2014) ont mis en évidence les avantages et les défis que représente l'utilisation des TM sur le chantier à travers des études sur le terrain. En outre, le manque de stratégie d'implémentation a été désigné comme étant un facteur frein à la bonne mise en place des TM dans un projet de construction. Ce mémoire se base sur les résultats de Frenette et vient les compléter en se concentrant sur l'aspect stratégique de l'implémentation des TM au Québec. Il vise à la fois à évaluer le niveau d'implication stratégique des entreprises québécoises qui mettent en place des TM et à mettre à leur disposition des outils pour mieux gérer cet aspect. Au vu de la rapide évolution des TM à l'heure actuelle, et de la période d'un an et demi séparant les travaux de Frenette de ce mémoire, ce dernier apporte aussi un regard d'actualité sur les applications mobiles pour la construction.

La question de recherche que pose ce mémoire est la suivante :

**Comment informatiser la gestion de l'information sur le chantier à l'aide des TM ?**

L'objectif principal est d'établir un cadre d'implantation pour accompagner les entreprises québécoises adoptant une TM pour la gestion collaborative de leurs projets de construction. Les TM se présentent comme le support matériel d'un changement des processus de travail et nous nous concentrerons particulièrement sur la phase de réalisation des projets de construction qui est celle où la majorité de l'information circule, et qui est la moins informatisée (Forgues, Tahrani et Frenette, 2014).

Les trois objectifs secondaires permettant de mener à bien ce projet et d'atteindre cet objectif principal sont les suivants :

1. mettre en lumière les enjeux actuels liés à l'adoption des TM en construction. Plus précisément, il s'agit de faire état de la situation globale actuelle en se penchant sur les processus traditionnels utilisés par les professionnels qui n'utilisent pas les TM, sur les solutions mobiles disponibles actuellement sur le marché et sur l'attitude des entreprises innovantes qui adoptent ces nouvelles solutions (leurs raisons, leur stratégie et les avantages et les défis qu'elles rencontrent) ;
2. établir une proposition de changement incluant une cartographie des processus optimisés grâce à l'introduction d'une TM ainsi qu'une trousse d'outils destinée aux entreprises qui souhaitent mettre en place une TM sur un projet de construction, leur permettant d'une part d'être orientés dans leur choix technologique et d'autre part d'être conseillés quant aux meilleures mesures stratégiques à mettre en place au sein de leurs équipes de travail. La cartographie du processus a pour but de mettre en évidence le potentiel d'optimisation des TM et de faciliter l'implémentation en identifiant les zones de changement. La trousse d'outils comporte un tableau décisionnel développé pour guider le choix technologique de l'entreprise, un guide d'implémentation avec une stratégie d'implémentation détaillée en six étapes clés, ainsi qu'un gabarit de plan d'affaires pour le calcul de la rentabilité de l'investissement ;

3. valider la pertinence du Guide d'implémentation grâce à une application à un cas réel d'entreprise voulant mettre en place une TM.

À travers cette approche, ce mémoire vise à dégager les raisons du retard qu'affiche la construction au Québec en termes d'automatisation de ses processus de réalisation des projets de construction grâce aux outils mobiles et de proposer des solutions pour rattraper ce retard. La recherche permettra ainsi d'aider les entreprises de construction dans leur démarche d'innovation, en mettant à leur disposition des outils de développement et des conseils basés sur des données récoltées auprès de professionnels de la construction et sur des cas concrets étudiés dans le contexte particulier du Québec. Le fil conducteur suivi tout au long de ce mémoire est le travail **collaboratif et intégré**. La collaboration et la centralisation des données sont au cœur de toutes les discussions actuelles sur les nouvelles pratiques en gestion de projets de construction. Le schéma idéal pour un projet de construction serait la centralisation des données dans une base de données BIM unique (Eastman et al., 2011). Ce schéma reste encore utopique mais ce mémoire a pour but de donner aux entreprises les moyens de s'en rapprocher à l'aide des TM.

Ce mémoire présente dans un premier temps une revue de la littérature, la démarche méthodologique adoptée qui consiste en une série d'entrevues semi-dirigées et un projet pilote, puis les résultats obtenus grâce aux entrevues, et enfin l'analyse de ces résultats ayant conduit à la trousse d'outils et au développement des processus informatisés pour chaque acteur du projet.



## CHAPITRE 1

### REVUE DE LITTÉRATURE

#### 1.1 Pourquoi les TM ont le potentiel d'améliorer les performances dans l'industrie de la construction ?

Depuis les années 90, les rapports se bousculent sur le thème de la gestion des projets de construction. La performance dans les projets est un thème récurrent, et elle est souvent jugée en deçà des capacités de l'industrie de l'architecture, ingénierie, construction et propriétaire exploitant (AECO)<sup>1</sup>. Sir John Egan (1998) et son équipe « Task Force » (Force d'intervention) statuent à la fin des années 90 que l'industrie AECO britannique est en sous-régime, impliquant qu'elle pourrait être plus performante. Ils soulignent le fait qu'elle est peu profitable et qu'elle investit peu dans le capital, la recherche et le développement, et la formation. Pour se donner les moyens de changer, l'industrie doit bouleverser sa culture, non seulement en modifiant ses méthodes de travail et son approche de la conception mais aussi entre autres son usage de la technologie. L'industrie AECO doit en effet se moderniser en tirant profit des dernières opportunités technologiques qui lui sont offertes. En 2009, un retour sur les progrès de l'industrie depuis le rapport d'Egan (Wolstenholme et al., 2009) déplore la faible proportion des objectifs de ce dernier qui ont été atteints comparativement à ceux qui sont tombés à l'eau. Onze ans après, le besoin de changement est donc toujours très fort. Ce constat est largement généralisable sur le plan international et en particulier pour le Canada. Les problèmes de performances présents au Royaume-Unis ne le sont pas moins au Canada. En l'occurrence, le Royaume-Uni est un bon comparatif en termes d'innovation puisque ses standards nationaux pour le BIM ont été utilisés par l'Institut pour le BIM au Canada (IBC) comme référence pour établir les standards du Canada. Les leçons apprises sont généralement applicables d'un pays à l'autre lorsque ceux-ci sont économiquement et culturellement comparables. La gestion des projets de construction fait face à un besoin

---

<sup>1</sup> L'acronyme correspond à l'expression anglaise : Architecture, Engineering, Construction and Owner-operated

global de changement pour accompagner le virage vers le BIM et les pratiques innovantes (pratiques intégrées, Lean Construction) qu'elle entreprend. Les TM sont des outils qui suggèrent la collaboration, le partage et l'automatisation des processus, autant de valeurs motrices pour le développement du BIM. Cette section vise à montrer que l'utilisation des TM pour la gestion des projets de construction a le potentiel d'introduire le changement de la bonne façon et d'inciter les professionnels à moderniser progressivement leurs pratiques pour mieux aborder le virage vers le BIM et les pratiques innovantes.

### **1.1.1 Les TM au service de l'information, de la communication et de la collaboration**

L'industrie de la construction requiert l'échange quotidien d'une énorme quantité de données et d'information entre les participants au projet. La communication est donc un élément sur lequel il est intéressant de travailler et de s'améliorer (Aigbavboa, W.D. et Lesito, 2013). À cause de la nature hiérarchique et fragmentée de l'industrie AECO (Forgues et Staub-French, 2011; Gu et London, 2010), il est nécessaire d'avoir une gestion structurée des échanges d'information entre tous les intervenants et une coordination rigoureuse si on veut atteindre les objectifs fixés en termes de coût, de temps et de qualité (Toole, 2003). Les technologies du présent ouvrent de bien plus larges horizons pour la communication et le partage de documents dans le milieu professionnel que le courriel. Or, le courriel ou d'autres moyens de communication traditionnels comme les réunions ou l'échange de documents papier sont les outils les plus utilisés par les intervenants des projets de construction pour communiquer entre eux (Aigbavboa, W.D. et Lesito, 2013) et une grande partie des tâches qu'ils effectuent sont basées sur des feuilles volantes (Bowden et al., 2004). Ce paradoxe entre une industrie fragmentée, qui exige un niveau complexe de coordination et une informatisation qui peine à se mettre en place, conduit donc les chercheurs et les professionnels à voir le problème sous un autre angle : à savoir en quoi les conditions ne sont-elles pas favorables à l'informatisation dans la gestion des projets de construction ? À cette fin, des modes alternatifs de réalisation des projets de construction, de nouvelles pratiques, plus appropriés à la collaboration et plus adaptés à la communication entre intervenants ont été développés et proposés (Cook et Eckblad, 2007; Egan, 1998; Kang et al., 2013). Notamment l'un des

modes de réalisation les plus connus parmi les approches novatrices et collaboratives est l'approche Integrated Project Delivery (IPD) (Cook et Eckblad, 2007). L'approche IPD est basée sur des valeurs de collaboration, de confiance et de partage des risques et recommande pour la communication l'utilisation des technologies appropriées. Bowden et al. (2004) soutiennent aussi que, pour améliorer les performances des projets de construction en termes de temps, coûts, qualité, sécurité, respect de l'environnement et des personnes impliquées, les organisations de la chaîne d'approvisionnement de la construction doivent devenir plus intégrées en améliorant la collaboration interne et externe. Les recherches montrent aujourd'hui que les TM sont de bons outils pour introduire plus de communication et de collaboration sur un projet de construction tout en allant vers l'informatisation (Frenette, 2014; Kim et al., 2013). Quant au contexte entourant cette adoption, le prix abordable des appareils mobiles, le développement des réseaux sans fil et les avancées dans les performances des applications mobiles promettent à ce secteur un fort potentiel pour améliorer la gestion de l'information sur les chantiers (Chen et Kamara, 2011; Kim, Lim et Kim, 2011). Les bénéfices attribués à l'adoption des TM en construction sont déjà nombreux, bien que l'attention portée à ce domaine par les chercheurs soit récente. En effet, la recherche académique a commencé à montrer de l'intérêt pour les TM dans les projets de construction depuis seulement une dizaine d'années (Ferrada et al., 2014) tandis que les TI en construction sont évoquées par les chercheurs depuis les années 90 (Bakens, 1997; Brandon, Betts et Wamelink, 1998) et le BIM est né peu après la création des IFC (Industry Foundation Classes) en 1994 (Trollsås, 2014) et n'a cessé de susciter l'intérêt de la recherche depuis. L'informatique mobile est donc un thème plus récent, mais qui n'en demeure pas moins source d'intérêt maintenant, et notamment grâce à une nouvelle dimension apportée à la gestion de projets de construction qui est l'accès « universel » aux données de projets. Cet accès est rendu possible par l'infonuagique (Cloud Computing) qui est discuté dans la section suivante. Outre les moyens technologiques, les TM apportent aussi des avantages stratégiques pour améliorer la gestion de l'information et la collaboration : leur facilité d'utilisation et leur capacité à s'adapter au contexte et à réduire la quantité d'information permet de faire face aux problèmes de complexité et de répétition dans un projet. Grâce aux TM, l'utilisateur peut avoir accès à une interface appropriée qui reflète l'arborescence de ses

activités. L'acquisition de données sur le chantier peut ainsi être améliorée (Menzel, Keller et Eisenblätter, 2004). L'adaptation de l'outil est effectivement un critère capital puisque l'utilisateur qui travaille sur le chantier de construction ne doit ni être submergé d'information inutile, ni ralenti dans son travail par des services inappropriés ou des systèmes trop lourds (Reinhardt, Garrett Jr et Scherer, 2000). En cela les TM sont des outils appropriés au contexte du chantier de construction. De plus, de nombreuses études et projets pilotes permettent d'attribuer à l'utilisation des TM des bénéfices plus larges pour les projets de construction, comme une meilleure productivité (Bowden et al., 2006; Sacks et al., 2013; Saidi, Haas et Balli, 2002) qui est souvent liée à une information mieux ciblée, ou encore une meilleure efficacité (Chen et Kamara, 2011; Frenette, Forgues et Tahrani, 2014; Kim et al., 2013). Ainsi, les bénéfices que peuvent apporter les TM sont multiples mais reposent principalement sur une base commune qui est l'amélioration de l'accès, du classement et du partage de l'information.

Les ressources dégagant des bénéfices aux TI et aux TM ne manquent pas, mais dans tous les cas, les bénéfices ne sont observés que dans un contexte d'implémentation particulier, où la technologie se positionne en tant qu'outil et non en tant qu'objet du changement qui touche à la fois l'organisation et ses processus, et où son implémentation s'accompagne des meilleures pratiques et d'un changement dans les processus (Kang et al., 2013)

### **1.1.2 L'infonuagique au service du chantier**

L'un des plus grands atouts des TM pour pallier aux problèmes de communication et au manque de collaboration dans les projets de construction est celui de centraliser l'information et d'offrir un accès à celle-ci en continu et à n'importe quel endroit grâce à l'utilisation de l'infonuagique. L'infonuagique est un service permettant un accès facile, sur demande et en tout lieu à un réseau partagé de ressources informatiques (réseaux, serveurs, stockage, applications et services). L'accès peut être approvisionné rapidement et avec un minimum d'effort de gestion ou de service d'interaction avec le fournisseur (Mell et Grance, 2011). Ces derniers ont ainsi accès aux dernières versions des documents, et peuvent modifier ou

partager des données en tout temps, indépendamment de l'endroit où ils se trouvent (Son et al., 2012; Venkatraman et Yoong, 2009).

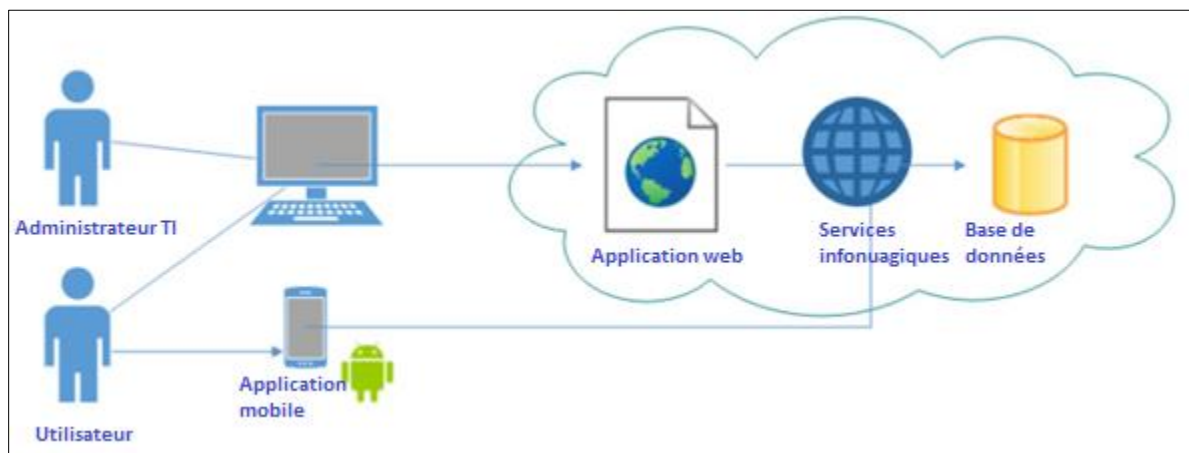


Figure 1.1 Fonctionnement d'une application infonuagique vis-à-vis des données de projet  
Adaptée de Ferrada et al. (2014)

Le chantier se trouve traditionnellement coupé du reste du projet (Hewage et Ruwanpura, 2009), car le personnel de chantier (gérant de projet, chef de chantier ou surveillant) n'est pas en mesure de se connecter aux systèmes de gestion de l'information lorsqu'il est en dehors du bureau (Chen et Kamara, 2011; Menzel, Keller et Eisenblätter, 2004). En étant connecté au nuage, le personnel a un accès direct aux plans et documents à travers les tablettes et téléphones intelligents qui peuvent aujourd'hui être robustes et tout à fait adaptés aux conditions du terrain. Actuellement, l'utilisation des technologies infonuagiques est encore un défi pour les entreprises de construction (Ferrada et al., 2014). La sécurité et la confidentialité représentent un frein à l'adoption de l'infonuagique par les entreprises qui ont du mal à faire confiance à une autre entité que la leur pour le stockage de leurs données (Ren, Wang et Wang, 2012). Pourtant, un département TI n'est pas forcément plus sûr qu'une gestion des données dans le nuage car il est quand même connecté à internet et donc vulnérable aux cyberattaques. En fait, certains hébergeurs comme Amazon ou Microsoft par exemple ont des moyens pour éviter des cyberattaques que certains serveurs privés n'ont pas (Brender et Markov, 2013). Les petites organisations avec peu de moyens ont donc intérêt à faire appel à ces hébergeurs pour que leurs données soient plus en sécurité. Avec la

démocratisation de l'usage des technologies infonuagiques pour le quotidien, le scepticisme des entreprises envers ces services pourrait s'amoinrir, d'autant que l'appel à des services infonuagiques pour la gestion de l'information apporte généralement plus de facilité d'utilisation. Une étude sur l'utilisation des services infonuagiques par de petites et moyennes entreprises indique que la facilité d'utilisation est le plus gros facteur cité par ces compagnies pour l'adoption de l'infonuagique, suivi d'une meilleure sécurité et une meilleure confidentialité (Gupta, Seetharaman et Raj, 2013).

### **1.1.3 Les applications au service de la gestion**

Cisco (2013) prévoit que d'ici 2018, les applications mobiles infonuagiques compteront pour 90 % du trafic de données mobiles total, ce qui représente un taux de croissance annuel de 64 %. Il existe une vraie croissance qui va vers les applications mobiles infonuagiques. Mtibaa et al. (2015) soulèvent aussi très récemment l'avènement de l'informatique portable et la résultante croissance dans le marché des applications mobiles. Cette croissance exponentielle des dernières années va sans doute se mettre au service de la gestion de la construction puisqu'elle va permettre de banaliser l'utilisation des TM, ce qui peut faire avancer l'intégration de la mobilité en construction (Aziz, Harun et Alaboud, 2016). On constate en effet de plus en plus d'intérêt pour les applications mobiles destinées à la construction, à la fois de la part de la recherche académique et de l'industrie. Du côté académique, les applications mobiles sont développées pour satisfaire à différents processus de la phase de réalisation des projets comme le suivi de l'avancement, la documentation, la gestion des déficiences, la santé et la sécurité, etc. La conception, le développement et l'utilisation de systèmes mobiles de gestion de l'information pour la construction représente une grande proportion des efforts de recherche sur les TM en construction (Chen et Kamara, 2011). Le Tableau 1.1 résume une partie des recherches sur le développement d'applications mobiles dans les dernières années.

Tableau 1.1 Résumé des recherches académiques sur le développement d'applications mobiles pour la construction ces dernières années  
Adapté de Nourbakhsh et al. (2012)

Référence	Nom	Fonction	Appareil
(Kimoto et al., 2005)	-	Inspections, suivi de l'avancement	Agenda électronique personnel
(Dong et al., 2009)	-	Suivi des déficiences	Téléphone Nokia N80
(Irizarry et Gill, 2009)	Construction Equipment Finder (CEF)	Gestion et localisation de l'équipement	iPhone
(Irizarry et Gill, 2009)	Be Safe	Sécurité	iPhone
(Venkatraman et Yoong, 2009)	Clikifax	Collaboration (communication et gestion de documents)	Téléphone Sony
(Nourbakhsh et al., 2012)	CMA	Gestion de toute l'information de projet	Téléphone mobile (non précisé)
(Bae, Golparvar-Fard et White, 2013)	HD <sup>4</sup> AR	Gestion des installations	Téléphone intelligent (iOS et Android)
(Kim et al., 2013)	-	Accès à l'information et aux tâches suivant leur localisation	iPhone
(Le et al., 2015)	VR + AR	Apprentissage de la sécurité à travers la réalité augmentée et la réalité virtuelle	iPhone/iPad

La conception et le développement d'applications par les chercheurs sont nombreux et cela montre le besoin de la part de l'industrie de la construction d'avoir des outils plus adaptés. Les outils de développement comme les Software Development Kits (SDK) se font de plus en plus accessibles et appuient ainsi l'innovation dans les applications mobiles pour la construction. Les chercheurs ne sont cependant pas les seuls à concevoir et à développer des applications mobiles. De plus, il est rare que celles-ci soient commercialisées par la suite, la recherche ayant surtout un but démonstratif. Beaucoup d'entrepreneurs développent des applications mobiles destinées au grand public ou à l'industrie. Depuis l'apparition des magasins d'applications Apple et Android, le nombre de développeurs d'applications mobiles ne cesse d'augmenter. En 2012, on comptait 1,793 millions de développeurs à travers le monde<sup>2</sup> tandis qu'une étude réalisée par Evans Data Corp. décomptait 8,7 millions de développeurs en 2014<sup>3</sup>, ce qui multiplie presque le nombre de développeurs par 5 en l'espace de deux ans. Parmi toutes les applications, celles destinées aux entreprises sont celles qui rapportent le plus d'argent aux développeurs selon une étude de Dot Com Infoway (juin 2015). En effet, les entreprises sont plus prêtes à payer pour un logiciel qui les aide à être plus productif et à gagner de l'argent, tandis que les consommateurs individuels ne sont pas désireux de déboursier de l'argent pour des applications mobiles. Le contexte économique actuel est donc très favorable au développement d'applications dédiées au milieu professionnel de la construction, et celles-ci ne manquent pas de voir le jour. En fait les applications pour la construction se bousculent actuellement dans les magasins d'applications comme Google Play ou App Store d'Apple car les développeurs ont saisi le fort besoin de mobilité et d'automatisation sur les chantiers.

---

<sup>2</sup> Source : Voskoglou, Christina. 2013. « Sizing the app economy ».

< <http://www.developereconomics.com/report/sizing-the-app-economy/> >. Consulté le 03/02/2016

<sup>3</sup> Source : Schick, Shane. 2014. « Evans Data: Mobile developers now number 8.7 million worldwide ».

< <http://www.fiercedeveloper.com/story/evans-data-mobile-developers-now-number-87-million-worldwide/2014-06-20> >. Consulté le 03/02/2016

L'équipe de recherche du laboratoire du GRIDD de l'ETS Montréal (Forgues, Tahrani et Frenette, 2014) a commencé en 2013 à survoler les différentes applications existantes sur le marché pour le construction , se concentrant sur leurs fonctionnalités et la popularité qu'elles connaissent auprès des entreprises. Leur guide recense les applications mobiles les plus utilisées en construction aux États-Unis et au Québec. Le Tableau 1.2 montre les dix applications mobiles les plus utilisées aux États-Unis en 2013 selon une étude parue dans Engineering News-Record (ENR). Le Tableau 1.3 montre les applications les plus utilisées dans la province du Québec.

Tableau 1.2 Les 10 applications les plus utilisées en construction aux États-Unis en 2013.  
Adapté de Forgues, Tahrani et Frenette (2014)

<b>Nom de l'application</b>	<b>Fonction</b>	<b>Plateforme</b>
Blubeam Revu	Annotation et mesure de PDF et collaboration entre intervenants	iPad
Autodesk BIM 360 Field	Outil de gestion de projet complet comprenant de nombreuses fonctionnalités	iOS/Android
PlanGrid	Outil de gestion des documents de projet et de collaboration	iPad
Dropbox	Partage et stockage de grandes quantités de données	iOS/Android/Tablette PC
Good Reader	Lecteur de PDF qui permet d'annoter et d'ouvrir un large éventail de formats de fichiers	iOS/Android
Decibal Ultra Pro	Permet de mesurer le niveau sonore et de garder en mémoire les données des tests précédents	iOS
Evernote	Prise de notes, mémos vocaux et autres pièces jointes. Se synchronise entre les différents appareils.	iOS/Android/Tablette PC
Tracing Paper Lite	Prise de photo et documentation des conditions existantes dans un bâtiment.	iOS
eWeather HD, Alerts Hi-Def Radar	Accès aux données météorologiques y compris les tremblements de terre	iOS
OSHA Heat Index	Pour vérifier facilement les conditions de sécurité sur le chantier en cas de forte chaleur	iOS/Android/Blackberry

Tableau 1.3 Les 10 applications les plus utilisées en construction au Québec en 2014  
Adapté de Forgues, Tahrani et Frenette (2014)

<b>Nom de l'application</b>	<b>Fonction</b>	<b>Plateforme</b>
Adobe Reader	Annotation de PDF	iOS/Android
PDF Reader	Annotation de PDF	iOS
Dropbox	Partage et stockage de grandes quantités de données	iOS/Android/Tablette PC
Skype	Vidéoconférence	iOS/Android
FaceTime	Vidéoconférence	iOS
iCloud	Partage et stockage de grandes quantités de données	iOS
Serveur privé	Partage et stockage de grandes quantités de données. Collaboration et édition de documents	Variable
Google Drive	Partage et stockage de grandes quantités de données. Collaboration et édition de documents	iOS/Android
Evernote	Prise de notes, mémos vocaux et autres pièces jointes. Se synchronise entre les différents appareils.	iOS/Android/Tablette PC

On voit à travers ces descriptifs que chaque application a des fonctionnalités spécifiques mais celles-ci ont tendance à se rejoindre sur certains aspects. Certaines applications permettent d'aller plus ou moins loin dans le niveau de gestion ou dans la mobilité. Afin de ne pas se noyer dans le flot d'applications, certaines études les ont classifiées en différentes catégories. Par exemple, Chen et Kamara (2008) séparent les applications mobiles destinées à la construction en trois catégories : les applications de CAO, les applications de capture de données, et les applications de gestion de projet, la dernière offrant visiblement le plus grand

niveau de collaboration. Dans cette même idée, les recherches de Frenette (2014), qui ont précédé ce mémoire, ont mis en évidence quatre catégories d'applications, qualifiées de « niveaux de maturité ». En effet, après avoir fait une enquête provinciale au Québec, questionnant 14 entreprises innovantes de l'industrie de la construction sur leur utilisation des TM, les données obtenues ont mis en évidence les bénéfices, les limitations et la nature de l'utilisation des TM par les entreprises québécoises, conduisant à suggérer un cadre conceptuel déterminant à quel niveau de maturité se trouve une entreprise qui utilise telle ou telle application. La Figure 1.2 présente les quatre niveaux de maturité distingués par Frenette.

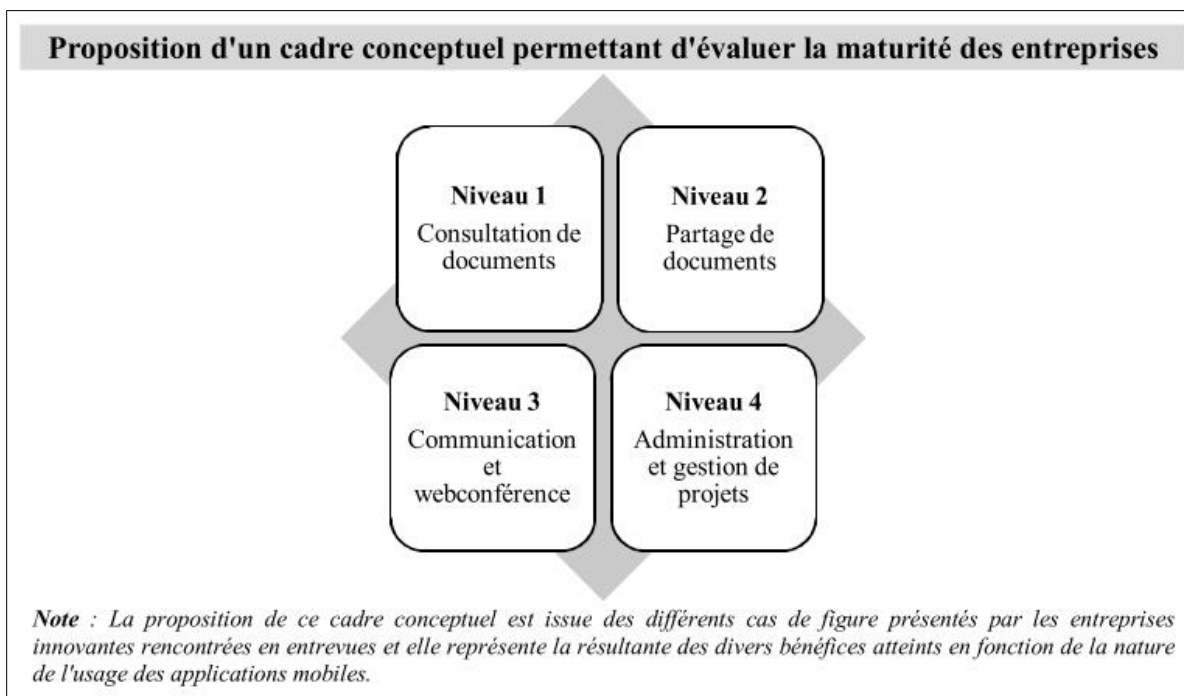


Figure 1.2 Les quatre niveaux de maturité  
Tirée de Frenette (2014)

Le niveau 1 correspond au plus bas niveau de maturité, tandis que le niveau 4 correspond à un niveau d'utilisation plus poussé. Ce cadre conceptuel sert de base à ce mémoire dans lequel les recherches se concentrent sur l'utilisation des outils de niveau de maturité 4. En effet, le niveau 4 correspondant à l'administration et la gestion des projets de construction est

celui qui présente le plus fort potentiel d'amélioration des performances et qui appelle le plus à la communication et à la collaboration.

## **1.2 Les barrières à l'implémentation des TM en construction**

Les TM sont des outils d'automatisation et de gestion de l'information. Leur utilisation a le potentiel d'améliorer les problèmes de l'industrie de la construction cités plus haut. Pourtant elles sont peu adoptées au Québec. Cette section met en avant les défis rencontrés par les entreprises voulant implémenter les TM et explique comment les TM, utilisées comme outil de changement, ont le potentiel d'apporter des solutions aux problèmes de performance de l'industrie AEC dans la gestion de projets, et en particulier pendant la phase de réalisation des projets de construction.

### **1.2.1 Les défis rencontrés lors de l'implémentation**

Selon Sargent, Hyland et Sawang (2012), les facteurs qui influencent le plus l'adoption d'une nouvelle technologie dans une entreprise de construction sont l'appui de la haute direction, l'appréhension de l'effort et des conditions internes favorables. Par ailleurs, bien que les développeurs travaillent maintenant de plus en plus étroitement avec les acteurs de la construction pour créer des applications répondant à leur besoins, le manque de communication à ce niveau est longtemps ressorti comme un frein pour la mise en place des technologies sur le chantier (Garrett Jr et Sunkpho, 2000). La nécessité pour les développeurs d'applications mobiles de se rendre sur le terrain est donc encore soulignée à l'heure actuelle, car comme pour toutes les autres technologies, les solutions doivent être adaptées aux besoins et aux préférences de travail des utilisateurs et des compagnies (Gu et London, 2010). Ces défis sont liés à des conditions sur le terrain et sont directement maîtrisables par les personnes ou entités impliquées. Si l'on se penche du côté légal et politique du problème, on découvre d'autres défis, plus difficilement surmontables tels que les types de contrats et modes de réalisation les plus utilisés actuellement, qui sont peu adaptés à l'adoption des technologies (Eastman, 2011). Ils représentent en fait un frein au travail collaboratif et intégré, le problème résidant toujours dans le fait que l'industrie AECO est fragmentée et que

les processus sont en silo (Cook et Eckblad, 2007; Gu et London, 2010). Il existe donc un premier besoin qui est d'informer l'industrie AECO, et notamment les clients, publics et privés, des avantages qu'ils peuvent tirer du travail collaboratif et des nouvelles pratiques qui y sont reliées. Ainsi, ils pourront se tourner vers d'autres solutions de contrats et d'autres modes de réalisation dans le but de transformer les relations entre les intervenants. Les gouvernements ont aussi un rôle déterminant et sont des entités que les chercheurs doivent informer sur le sujet des enjeux de la collaboration en construction. Plusieurs pays comme les États-Unis, le Royaume-Uni ou les pays scandinaves se trouvent en avance sur d'autres, tant l'implication de l'État peut forcer l'innovation lorsque des règles sont imposées telles que le BIM obligatoire dans les marchés publics (Egan, 1998; Wong, Wong et Nadeem, 2010). Le Canada se trouve par ailleurs assez en retard vis-à-vis des États-Unis dans son niveau d'utilisation des technologies mobiles en construction (Forgues, Tahrani et Frenette, 2014). Ce qui ressort beaucoup comme barrière à l'implémentation de nouvelles technologies sur le chantier (notamment dans le contexte du BIM où certains outils mobiles doivent être mis en place) est non seulement le manque de communication et de coordination entre les disciplines mais aussi la nature temporaire des équipes. Le temps consacré à la gestion de la mobilité (qui n'est pas toujours compris comme étant un investissement rentable) et le manque de reconnaissance de la part des clients publics de la valeur ajoutée de la technologie sont également évoqués comme étant des barrières à l'adoption (Forgues et Staub-French, 2011). Aigbavboa, W.D. et Lesito (2013) soulèvent encore d'autres défis à la mise en place des TM sur le chantier comme le fort investissement initial ou le manque de temps de la part des décideurs pour gérer la technologie. Du côté des utilisateurs, ces derniers manifestent souvent leur résistance au changement (Forgues, Tahrani et Frenette, 2014) et Usman et Said (2012) relèvent aussi le manque d'intérêt de certains utilisateurs car ils ne voient pas de retombée personnelle à l'utilisation des technologies.

### **1.2.2 Les TM : un outil et non pas une solution**

La section précédente soulève un point important qui est le besoin d'informer les professionnels et les clients sur les avantages et les bénéfices prouvés de la collaboration dans les projets de construction et des nouvelles pratiques. Par ailleurs, les défis qui se présentent lors de l'implémentation des TM soulèvent aussi d'autres besoins. Par exemple, la résistance au changement, l'appréhension de l'effort ou le manque d'intérêt des utilisateurs, ainsi que les conditions internes et l'appui de la haute direction sont des défis liés à la stratégie d'implémentation. Une utilisation efficace des TM demande une compréhension profonde des activités concernées et de leurs interconnexions. Les modèles de gestion et les processus actuels doivent être analysés et transformés pour exploiter l'entier potentiel des TM (Garrett Jr et Sunkpho, 2000). Les TM doivent être vues comme outil au changement des processus de l'entreprise et non comme solution directe. Malheureusement, l'absence de standards de développement dans les TM pour la construction mène au fait que les avantages, défis et limitations de ces technologies ne peuvent être révélés que par des tests sur le terrain de différentes solutions. L'analyse de ces résultats mènera peu à peu à une intégration des TM par l'industrie AEC, et pour atteindre cet objectif, il est absolument nécessaire de développer et définir des lignes directrices et des standards de réingénierie des processus (Menzel, Keller et Eisenblätter, 2004). À l'heure actuelle, beaucoup de solutions mobiles ont été testées sur le terrain et ont fait l'objet d'études de cas, ce qui permet de documenter les leçons apprises. Il est alors maintenant possible de bâtir des lignes directrices fondées, qui faciliteront la mise en place des TM et éviteront aux entreprises de passer par une phase d'échec et de reprise, en allant directement vers une implantation réussie. Il a été vu plus haut que les récentes avancées technologiques en termes d'appareils et d'applications mobiles allaient permettre de développer les TM en construction. Cependant la grande disponibilité des technologies mobiles ne doit pas se traduire en une adoption précipitée et irréfléchie (Bowden et al., 2004).

### 1.3 Le cas particulier du Québec

Le Québec fait partie des régions qui ont soif de perfectionnement pour leur industrie, et comme il a été vu dans la section 1.1.3, les entreprises québécoises de construction font déjà usage de certaines TM dans leurs projets. Cependant, l'étude de Forgues, Tahrani et Frenette (2014) souligne le fait que le Québec est aussi en retard par rapport aux États-Unis dans son utilisation des TM en construction. En effet, selon un sondage à l'échelle provinciale, mobilisant 700 répondants sur leur usage des TM, les entreprises québécoises font un usage des applications mobiles de niveau 1 à 3 sur l'échelle de maturité (voir Figure 1.2), tandis que les entreprises américaines font un usage des applications de niveau 4 sur l'échelle de maturité. Le besoin est donc présent de permettre à l'industrie de la construction québécoise de passer au niveau 4 sur l'échelle de maturité d'utilisation des TM, c'est-à-dire une administration et une gestion des projets grâce aux applications mobiles actuellement disponible. Pour cela il est important d'informer l'industrie québécoise des solutions mobiles qui s'offrent à elle, de leur fort potentiel et des lignes directrices à suivre pour réussir une transition vers un nouveau mode de travail. La particularité du Québec réside aussi dans une culture proche de celle des États-Unis tout en ayant comme langue officielle le français. Sa proximité culturelle avec les États-Unis lui permet de pouvoir compter sur les applications mobiles qui fonctionnent là-bas pour avoir un même succès ici. Cependant certains projets de construction requièrent la langue française alors que toutes les applications mobiles ne sont pas disponibles dans cette langue, et il en va de même pour les notices d'utilisation ou le soutien de la part du fournisseur. Les besoins de l'industrie AECO québécoise ne sont donc pas des besoins universels mais bien des besoins particuliers à prendre en compte. Les travaux de recherche et les guides pour l'implémentation des TM dans les entreprises de construction se concentrent également beaucoup sur les États-Unis (Garrett Jr et Sunkpho, 2000; Irizarry et Gill, 2009), le Royaume-Uni (Bowden et al., 2004; Chen et Kamara, 2011) et l'Asie (Kim et al., 2013; Le et al., 2015; Son et al., 2012) et peu sur le Canada, encore moins sur le Québec.

Le marché des applications mobiles est très implanté et il continue de se développer. Les québécois ont déjà franchi le virage vers les TM puisque 52% d'entre eux possèdent un téléphone intelligent en 2014, contre 44% en 2013 et 32% en 2012, et 39% d'entre eux possèdent une tablette numérique en 2014 contre 26% en 2013 et 13% en 2012 (Beaudoin, Bourget et Mallette-Vanier, 2015). Les entreprises font preuve d'enthousiasme à l'égard des applications mobiles pour la gestion de projets.

En résumé le contexte est là, les conditions du Québec sont favorables à l'implantation des TM pour la gestion de l'information dans l'industrie de la construction et des **besoins** de changement dans la réalisation des projets de construction existent. Ces besoins peuvent effectivement être comblés par l'utilisation des TM et mener à des **retombées** positives, mais cela uniquement si une **stratégie** réfléchie et adaptée encadre cette utilisation qui, dans le cas contraire, se heurte à des **défis**. Cette logique a mené à l'établissement des quatre axes de discussions suivis pour les entrevues semi-dirigées de ce mémoire :

- besoins (Identifier les besoins qui ont poussé l'entreprise à vouloir introduire une TM dans ses processus de gestion) ;
- stratégie (Quelle démarche stratégique l'entreprise a-t-elle employée pour réussir la mise en place de la TM ?) ;
- défis (À quels problèmes l'entreprise s'est-elle heurtée lors de l'implémentation et l'utilisation ?) ;
- retombées (Quelles retombées positives conséquentes au nouveau mode de fonctionnement ont pu être mesurées ?).

Le chapitre suivant présente la démarche de recherche qui a été employée pour ce mémoire et décrit la méthodologie suivie pour la collecte des données grâce aux entrevues semi-dirigées.



## CHAPITRE 2

### MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

Ce projet de recherche se situe dans le domaine des sciences de la conception (Design Science). Le concept de Design Science est apparu dans les années 60 (Fuller et McHale, 1965) et a évolué au fil des décennies, notamment vers les sciences de la conception pour les systèmes d'information (March et Storey, 2008; Peffers et al., 2007) qui cherchent à élargir les frontières des capacités humaines et organisationnelles en créant ou en améliorant des artefacts de façon innovante (Hevner et al., 2004; Wieringa, 2009). La recherche en sciences de la conception se base sur le cycle régulateur décrit dans la figure ci-dessous :

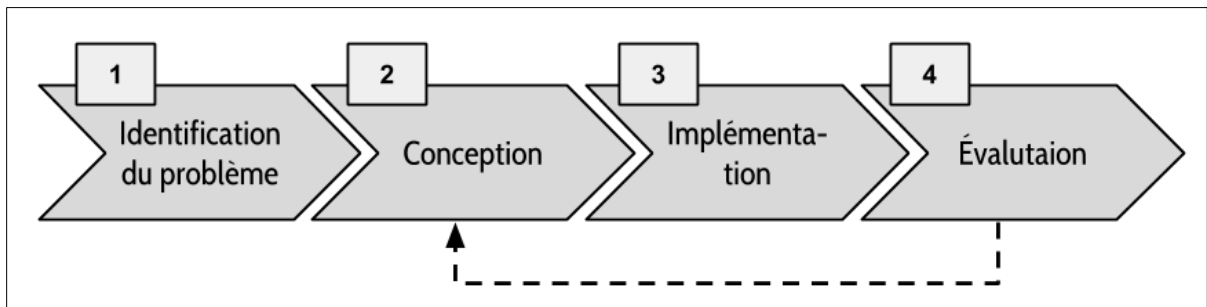


Figure 2.1 Cycle régulateur de la recherche en sciences de la conception pour les systèmes d'information  
Adaptée de Bilandzic et Venable (2011) et de Wieringa (2009)

Les quatre étapes simples (identification du problème, conception de la solution, implémentation et évaluation) du modèle ont été mises en évidence à plusieurs reprises dans les travaux de recherche sur les sciences de la conception et permettent de s'appuyer sur une procédure de recherche commune et d'exposer clairement ses résultats. La méthodologie employée pour ce projet de recherche repose donc sur les quatre étapes du cycle régulateur.

L'étape de conception du cycle régulateur de ce projet se base sur des études de cas composées d'entrevues. En effet, les recherches sur le sujet de l'adoption des TM ou des TI

et du BIM en construction se basent très souvent sur des entrevues (Aziz, Anumba et Pena-Mora, 2009; Chen et Kamara, 2011; Chen et Kamara, 2008; Ferrada et al., 2014; Forgues, Tahrani et Frenette, 2014; Gajendran et Brewer, 2012; Gu et London, 2010; Olofsson et Emborg, 2004), et sur des études de cas (Bowden et al., 2006; Chen et Kamara, 2011; Chen et Kamara, 2008; Ferrada et al., 2014; Frenette, 2014). Ces dernières sont adaptées au contexte industriel de ce type de recherche, et notamment les entrevues semi-dirigées peuvent fournir des données qualitatives fiables et comparables (Cohen et Crabtree, 2006) puisqu'elles permettent de suivre la même ligne de discussion pour toutes les entrevues. L'analyse des données d'entrevues s'est appuyée sur le modèle de l'étude de Gu et London (2010), dans laquelle les chercheurs ont fait un croisement entre le contenu des discussions et le profil des participants (architecte, ingénieur, entrepreneur, etc.), ce qui permet de dégager les problèmes clés liés à l'adoption du BIM. Cette méthode est utilisée ici pour identifier les problèmes clés liés à l'adoption des TM.

Ce chapitre présente la vue d'ensemble de la méthodologie de recherche employée pour ce projet, puis une description détaillée de chaque partie.

## **2.1 Vue d'ensemble de la méthodologie**

L'approche méthodologique permettant d'atteindre les objectifs de ce mémoire se scinde en trois grandes parties.

La **Partie I** est la conduite de sept études de cas auprès de professionnels mettant en place une TM dans leur entreprise. Les données des études de cas ont été récoltées à l'aide d'entrevues et d'observations sur le chantier. Les résultats de ces études de cas ont servi à l'établissement d'un guide pour l'implantation d'une TM au sein d'une entreprise. Une partie de ce guide est constituée de la cartographie de plusieurs processus. La méthodologie utilisée pour la cartographie des processus est expliquée dans la seconde partie de ce chapitre.

La **Partie II** est donc la cartographie de plusieurs processus afin de mettre en évidence l'amélioration de ceux-ci après l'implantation d'une TM. Les processus « initiaux » (i.e. avant la mise en place de la technologie) sont comparés aux processus « finaux » (i.e. après la mise en place de la technologie)

Enfin, la **Partie III** consiste en un projet pilote où le Guide des Technologies Mobiles a été appliqué afin de répondre aux besoins d'une entreprise souhaitant mettre en place une TM sur la globalité d'un projet de construction afin de promouvoir la collaboration entre tous les intervenants.

La Figure 2.2 résume les grandes étapes de la méthodologie de recherche :

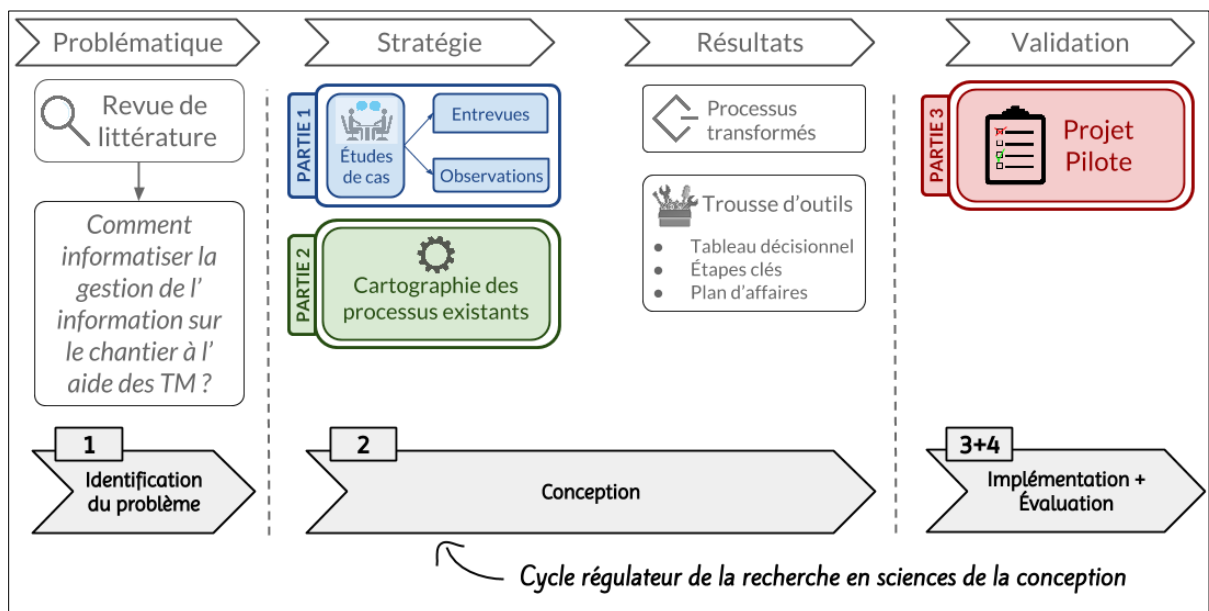


Figure 2.2 Vue d'ensemble de la méthodologie de recherche employée et répartition des étapes de recherche dans le cycle régulateur de la recherche en sciences de la conception

Les sections suivantes décrivent plus en détail les parties I, II et III de la méthodologie de recherche qui sont respectivement représentées en bleu, vert et rouge sur la Figure 2.2 ci-dessus.

## 2.2 Partie I : Études de cas

Le but des études de cas est de développer par la suite un guide d'implémentation des TM pour les entreprises de construction. **Sept** études de cas impliquant 16 personnes ont été conduites auprès d'entreprises de la construction (architectes, ingénieurs, entrepreneurs, etc.) ayant décidé de mettre en place une TM pour la gestion de l'information dans les projets de construction.

Chaque étude de cas se compose d'au moins une entrevue semi-dirigée avec une ou plusieurs personne(s) de l'entreprise. Les données ont parfois été complétées par une seconde entrevue et/ou des observations sur le terrain de l'utilisation de la TM. Par exemple, pour une entreprise en début d'implantation ou de projet pilote, une seconde entrevue semi-dirigée en fin de test ou plus tard dans l'implémentation a permis de voir l'évolution de la situation, et d'avoir des données plus riches. La Figure 2.3 en page suivante décrit les caractéristiques des participants aux sept études de cas et précise quelles études de cas ont fait l'objet d'observations sur le terrain.

		Personne 1	Personne 2	Personne 3	Personne 4	Personne 5	Personne 6	Personne 7	Personne 8	Personne 9	Personne 10	Personne 11	Personne 12	Personne 13	Personne 14	Personne 15	Personne 16	observations sur le terrain
Type d'entreprise	EDC 1 : Firme d'architecture 1 *	X	X	X														oui
	EDC 2 : Firme d'architecture 2 *				X	X												oui
	EDC 3 : Firme d'ingénierie						X											non
	EDC 4 : Entrepreneur 1							X	X									non
	EDC 5 : Entrepreneur 2 *									X	X	X						oui
	EDC 6 : Fabricant-concepteur												X					non
	EDC 7 : Gestion immobilière *													X				non
	Développeur 1 *														X			
	Développeur 2 *																X	
	Développeur 3 *																	X
Fonction	Gestionnaire de projet									X	X	X	X	X				
	Technologue					X												
	Architecte		X	X	X													
	Chargé de projet		X															
	Resp. innovations technologiques				X													
	Coordonnateur innovations	X					X		X									
	Gestionnaire BIM							X										
	Représentant outil technologique														X	X	X	
Profil	Décideur	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	Utilisateur		X	X		X	X			X	X	X	X	X				
	Développeur/vendeur														X	X	X	
		* Lorsque les cases sont de la même couleur, cela signifie que l'entreprise met en place la technologie du développeur correspondant.																

Figure 2.3 Description des participants aux sept études de cas

Le but de ces entrevues étant de récolter des données sur l'aspect stratégique de l'implémentation, les participants avaient majoritairement un profil de « décideur » dans l'entreprise. Cependant certains utilisateurs ont aussi été interrogés, et, lorsque cela était possible, nous nous sommes aussi entretenus avec les développeurs de la technologie mise en place. Trois profils de participants (décideur, utilisateur et développeur) ont donc été identifiés et ont servi par la suite à l'établissement des questionnaires d'entrevues. Les trois

profils de participants ont en effet suggéré trois questionnaires différents, adaptés au contexte de l'interlocuteur. En revanche, les trois questionnaires suivent les mêmes axes de discussion (**besoins, stratégie, retombées et défis**), seules quelques questions changent de formulation. Cela permet de garder une structure claire dans le classement des données et de pouvoir les comparer. Les trois questionnaires d'entrevue sont présentés en ANNEXE I, ANNEXE II et ANNEXE III de ce mémoire. Tong, Sainsbury et Craig (2007) soulignent le fait qu'il est important que le lecteur d'une étude puisse en juger des résultats en toute connaissance de cause sur l'obtention de ceux-ci. En effet, il est difficile d'assurer l'absence totale de biais dans la recherche qualitative, tant les données sont subjectives et le contexte hétérogène. Cependant, plus le lecteur peut prendre connaissance de ces biais en étant informé sur la démarche de collecte et d'analyse des données, plus il aura un réel intérêt à lire les résultats. Les figures 2.4, 2.5 et 2.6 ci-après répondent à une série de 20 questions sur le contexte des entrevues semi-dirigées conduites pour cette étude, afin de fournir un rapport clair et explicite au lecteur, et de résumer la démarche de recherche.

		EDC 1		EDC 2		EDC 3	EDC 4	EDC 5			EDC 6	EDC 7
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
Équipe de recherche	<b>1 Intervieweur(s)</b> <i>Qui a conduit l'entrevue ?</i>	ST, MP	MP	ST, MP	ST, MP	ST, MP	ST, MP	SF	SF	SF	ST, MP	MP
	<b>2 Relation établie</b> <i>L'équipe de recherche avait-elle déjà établi une relation avec les participants avant l'étude ?</i>	non	non	non	non	oui	oui	oui	oui	oui	oui	non
	<b>3 Connaissance participant/intervieweur(s)</b> <i>Quelles étaient les connaissances des participants à propos des intervieweurs ?</i>	Description du laboratoire de recherche et du projet envoyé aux participants, ainsi qu'une entente de confidentialité										
<p>* MP : Manon Pouteau, étudiante à la maîtrise, laboratoire du GRIDD, ÉTS Montréal. Expérience en entrevues avant cette étude : novice</p> <p>ST : Souha Tahrani, PhD, associée de recherche, laboratoire du GRIDD, ÉTS Montréal. Expérience en entrevues avant cette étude : habituée</p> <p>SF : Sébastien Frenette, M.SC.A, laboratoire du GRIDD, ÉTS, Montréal. Expérience en entrevues avant cette étude : novice</p> <p>** Ces entrevues ont été conduites antérieurement par un autre élève du laboratoire du GRIDD (sur la base d'un questionnaire similaire à celui utilisé pour les entrevues de cette étude), d'où l'absence de réponse pour certaines questions.</p>												

Figure 2.4 Contexte des entrevues semi-dirigées : équipe de recherche

		EDC 1		EDC 2		EDC 3	EDC 4	EDC 5			EDC 6	EDC 7
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
Conception de l'étude	<b>4 Échantillonnage</b> <i>Comment les participants ont-ils été sélectionnés ?</i>	Les participants ont été sélectionnés d'abord parmi les contacts du laboratoire de recherche, puis d'autres entreprises de la région de Montréal ont été approchées, toutes ayant en commun le fait d'être innovantes et d'avoir décidé de mettre en place une TM pour la gestion de l'information dans leurs projets.										
	<b>5 Méthode d'approche</b> <i>Comment les participants ont-ils été approchés ? (en personne, téléphone, e-mail, etc.)</i>	e-mail	e-mail	e-mail	e-mail	Tel.	e-mail	-	-	-	e-mail	e-mail
	<b>6 Nombre de participants</b> <i>Combien de personnes ont participé à l'étude ?</i>	2	3	1	1	1	2	1	1	1	1	1
	<b>7 Non-participation</b> <i>Combien de personnes ont refusé de participer ou ont abandonné ? Raisons ?</i>	Il n'y a eu aucune non-participation										
	<b>8 Lieu de la ou des entrevue(s)</b> <i>Où les données ont-elles été récoltées ? (LT = lieu de travail des participants)</i>	LT	LT	LT	LT	ÉTS	LT	-	-	-	LT	LT
	<b>9 Date de la ou des entrevue(s) (2015)</b>	13/04	01/07	16/04	02/06	14/04	22/04	-	-	-	02/04	16/09
	<b>10 Présence de non-participants</b> <i>Y-avait-il d'autres personnes présentes que les chercheurs et les participants pendant les entrevues ?</i>	non	non	non	non	oui	non	non	non	non	non	non
	<b>11 Guide d'entrevues</b> <i>Les intervieweurs ont-ils fourni des questions ou des sujets à aborder lors des entrevues ?</i>	Les entrevues étaient semi-dirigées selon quatre grands axes de discussion et quelques sous-points à aborder. La parole était beaucoup laissée aux participants afin de capter les idées qu'ils jugeaient importantes										
	<b>12 Enregistrement audio</b> <i>Les entrevues ont-elles été enregistrées pour la collecte des données ?</i>	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	non
	<b>13 Prise de notes</b> <i>Des notes ont-elles été prises pendant les entrevues ?</i>	oui	non	oui	oui	oui	oui	-	-	-	oui	non
	<b>14 Durée</b> <i>Quelle était la durée des entrevues ? (min)</i>	45	45	45	45	45	90	35	35	35	45	45
	<b>15 Saturation des données</b> <i>La saturation des données a-t-elle été discutée ?</i>	La saturation des données n'a pas été discutée. En effet, l'étude s'intéresse à des technologies et des pratiques innovantes dans une zone géographique précise, ce qui restreint automatiquement le nombre de participants										
	<b>16 Retour des données aux participants</b> <i>Les données d'entrevues ont-elles été renvoyées aux participants pour commentaires et/ou corrections ?</i>	oui	oui	oui	oui	oui	oui	-	-	-	oui	oui

Figure 2.5 Contexte des entrevues semi-dirigées : conception de l'étude

		EDC 1		EDC 2		EDC 3	EDC 4	EDC 5			EDC 6	EDC 7
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
Analyse et résultats	<b>17 Source des thèmes d'analyse</b> <i>Les thèmes ont-ils été identifiés à l'avance ou ont-ils découlé des données ?</i>	Les thèmes d'analyse correspondent aux axes de discussions et aux profils des participants, ils ont donc été identifiés à l'avance										
	<b>18 Logiciel utilisé</b> <i>Quel logiciel a été utilisé pour coder/ analyser les données ?</i>	Le logiciel Nvivo 10 a été utilisé pour coder et analyser les données										
	<b>19 Commentaires des participants</b> <i>Les participants ont-ils donné leur avis sur les résultats ?</i>	non	non	non	oui	non	oui	-	-	-	oui	non
	<b>20 Présentation de citations</b> <i>Les thèmes/résultats ont-ils été présentés grâce à des citations de participants ? Chaque citation a-t-elle été identifiée à son participant ?</i>	Les résultats ont été exposés et appuyés grâce à des citations de participants pour lesquelles chaque participant ayant accepté d'être cité a été identifié										

Figure 2.6 Contexte des entretiens semi-dirigés : analyse et résultats

Les données des entretiens semi-dirigés ont été codées selon les quatre axes de discussion afin de faire ressortir le contenu de ces axes en fonction du profil des personnes interrogées, ou du type de discipline qu'elles représentent. L'encodage des données a été fait avec le logiciel NVivo et a permis de faire des croisements de données, à savoir :

- axes de discussion en fonction du profil (décideur, utilisateur ou vendeur) ;
- axes de discussion en fonction de la discipline (architecte, entrepreneur/fabricant ou vendeur d'application).

Les résultats de cette analyse ont ensuite conduit à la détermination des principaux avantages et défis liés à l'implémentation des technologies mobiles ainsi que les points stratégiques importants et déterminants de l'implémentation, et de développer le Guide des Technologies Mobiles.

### **2.3      Partie II : Cartographie des processus**

Afin de compléter le guide d'implémentation mis en place à partir des études de cas, certains processus courants des projets de construction ayant le potentiel d'être fortement améliorés à l'aide des TM ont été cartographiés. La visualisation des processus de gestion de l'information avant et après implémentation des TM va permettre aux entreprises de voir plus clairement quels changements sont impliqués par la mise en place des TM, afin de mieux en mesurer les bénéfices, mais surtout afin de mieux s'y préparer.

Cette partie de la recherche s'appuie notamment sur les travaux de Bowden et al. (2004) qui ont conduit une étude sur la cartographie de plusieurs processus de construction dans le même objectif d'implantation d'une technologie mobile. Plusieurs processus « avant/après » ont été cartographiés dans un mode de représentation graphique simple afin que tous les intervenants puissent percevoir rapidement les mécanismes du processus y compris les personnes n'étant pas habituées à la cartographie des processus.

La méthodologie pour la cartographie des processus sera donc de s'appuyer à la fois sur les travaux déjà réalisés en cartographie des processus, mais aussi sur les études de cas auprès des professionnels afin de représenter clairement le processus courant de gestion de l'information pour trois acteurs clés des projets de construction :

- entrepreneur ;
- architecte/ingénieur ;
- client/promoteur immobilier.

Les étapes de cette partie de la recherche sont les suivantes :

**Étape 1 :**

Pour chacun des trois acteurs, mettre en évidence les objectifs visés dans la réalisation d'un projet de construction, puis choisir un processus dans la gestion de l'information ayant un fort potentiel d'amélioration de ces objectifs par les TM.

**Étape 2 :**

Cartographier de façon simple le processus choisi pour chacun des trois acteurs.

**Étape 3 :**

Identifier les zones des processus pouvant être informatisées et optimisées grâce aux TM

**Étape 4 :**

Cartographier les processus après mise en place des TM et mettre en évidence les étapes optimisées.

## **2.4 Partie III : Validation**

Les études de cas et la cartographie des processus ont conduit au résultat du Guide des Technologies Mobiles, comprenant :

- étapes clés de l'implémentation ;
- tableau décisionnel (choix technologique) ;
- plan d'affaires ;
- processus avant/après.

Un projet pilote conduit auprès d'un entrepreneur général a permis de valider plusieurs éléments du guide, à savoir les premières étapes clés de l'implémentation, le tableau décisionnel pour le choix technologique de la solution et le processus avant/après implémentation.

Les étapes pour cette partie de la recherche sont les suivantes :

**Étape 1 :**

Sélection d'une entreprise exprimant le souhait d'améliorer sa gestion de l'information par l'implantation d'une TM.

**Étape 2 :**

Mise en place du guide d'implémentation et du tableau décisionnel pour faire le choix technologique le plus adapté à la situation.

**Étape 3 :**

Évaluer l'amélioration grâce à la cartographie des processus.

Les rencontres ont eu lieu dans les locaux de l'entreprise de façon bimensuelle sur huit mois.

La partie validation aura permis de confronter le Guide des Technologies Mobiles à la réalité d'un projet de construction. Le chapitre suivant présente l'analyse de l'ensemble des données récoltées pendant ce projet de recherche (études de cas).



## CHAPITRE 3

### ANALYSE DE LA SITUATION EXISTANTE

Les études de cas ainsi que la revue de littérature et la cartographie des processus ont permis d'obtenir une vue d'ensemble de la situation du Québec face à l'adoption des TM dans la gestion de l'information des projets de construction. La gestion du changement doit se faire en harmonisation sur le plan **procédural**, **technologique** et **organisationnel** (Forgues et al., 2014).

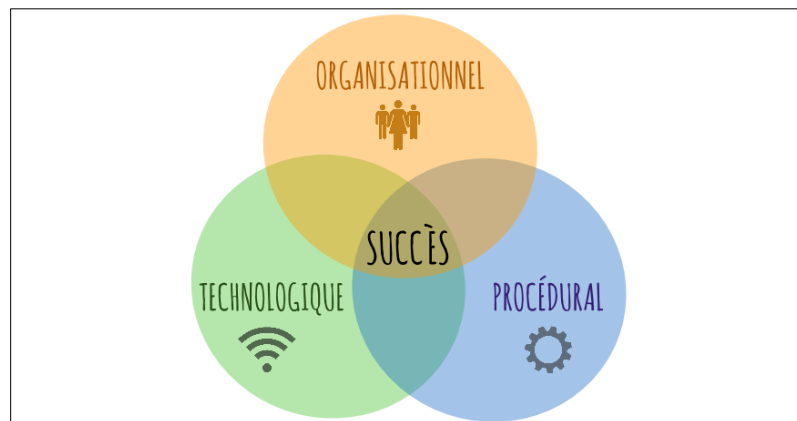


Figure 3.1 Gestion du changement basée sur les trois piliers : procédural, technologique et organisationnel

Ce chapitre décrit dans un premier temps la situation existante sur le plan **procédural** en détaillant trois processus courants de gestion de l'information selon un mode de réalisation traditionnel. La représentation graphique de ces processus permettra de les comparer par la suite à des processus améliorés avec les TM. La situation **technologique** est présentée dans une deuxième section à travers un tableau comparatif de plusieurs applications mobiles commercialisées au Québec en 2015. Pour terminer, la troisième section expose les choix **organisationnels** des entreprises québécoises les plus innovantes, faisant état des besoins exprimés, des stratégies employées et des retombées et défis rencontrés par ces entreprises à l'égard de la mise en place d'une TM dans leurs projets de construction. Ce chapitre présente donc les données de référence sur lesquelles s'appuie la proposition de changement exposée au CHAPITRE 4.

### 3.1 Processus traditionnels de gestion de l'information

Comme il a été vu précédemment, les méthodes traditionnelles encore utilisées dans l'industrie de la construction sont à la source de gaspillages dans le processus de gestion de l'information. Dans cette section, trois processus liés à la gestion de l'information ont été sélectionnés pour être cartographiés dans le but de documenter leur potentiel d'optimisation. Chacun des trois processus est lié à un acteur particulier du projet (entrepreneur général, architecte et client) et à ses objectifs. Les relations entre les acteurs du projet sont dépendantes du mode de réalisation de celui-ci. Le mode de réalisation le plus souvent utilisé dans le bâtiment est le mode conception-soumission-construction (design-bid-build). Ce mode est souvent qualifié de traditionnel puisqu'il scinde les relations entre intervenants tandis que de nouveaux modes plus récents comme la conception-construction (design-build), ou la gérance de construction (construction management) autorisent plus de collaboration entre les intervenants. La Figure 3.2 représente de façon simplifiée les relations existant entre les acteurs dans les modes de réalisation les plus courants.

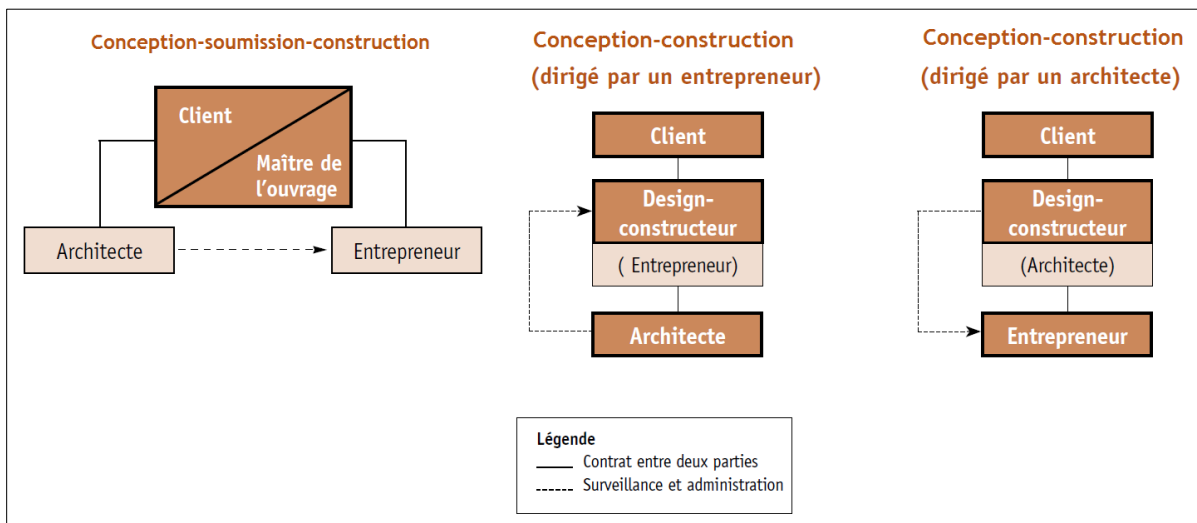


Figure 3.2 Relations entre acteurs dans les modes de réalisation courants  
Tirée de (Brown et al., 2009)

Cette figure aide à comprendre les objectifs de chaque acteur. L'architecte a par exemple un rôle de surveillance vis-à-vis des travaux réalisés par l'entrepreneur, en d'autres termes son

mandat est d'assurer la conformité des travaux par rapport aux plans et devis. Pour chaque acteur, la sélection du processus à cartographier s'est faite sur la base de ses objectifs de projet. Le Tableau 3.1 ci-dessous présente le processus sélectionné pour chacun des trois acteurs clés.

Tableau 3.1 Description du processus choisi pour chaque acteur

	<b>Entrepreneur général</b>	<b>Architecte ou ingénieur</b>	<b>Client</b>
Objectif ciblé	Optimiser la construction pour respecter le budget et l'échéancier	Assurer la conformité des travaux aux plans de conception	Obtenir un bâtiment durable et facilement exploitable
Processus choisi	Partage des plans	Détection d'une non-conformité	Recherche d'information pour la maintenance

### 3.1.1 Entrepreneur général

L'entrepreneur général gère l'ensemble de phase de construction du projet et il est le centre des échanges entre l'équipe de conception, le client et la main d'œuvre sur le chantier, que celle-ci soit rattachée directement à lui ou qu'elle soit celle d'un sous-traitant. Lorsque le client décide de modifier un élément, ou lorsque des conflits sont détectés entre les disciplines (architectes, ingénieurs structure, ingénieurs mécaniques, etc.) de nouveaux plans sont réémis et l'entrepreneur général doit s'assurer que les travaux soient désormais conduits en suivant ces nouveaux plans. La gestion des plans dans un projet de construction est un pilier à la réussite des travaux en termes de délais et de budget. Une mauvaise gestion des plans pourra entraîner des retards si la main-d'œuvre est en attente des nouvelles consignes, voire même des reconstructions si la main-d'œuvre n'a pas été avisée des changements. Or l'objectif principal de l'entrepreneur général dans un projet de construction est de faire des

bénéfices en optimisant la conduite des travaux, en respectant les délais et en évitant le gaspillage. Par conséquent, la gestion des plans est souvent le premier processus que les entreprises décident d'automatiser grâce aux TM.

La Figure 3.3 représente le processus de partage et de stockage des nouveaux plans entre les intervenants dans un mode traditionnel. Chaque nouveau plan généré par un intervenant de conception (architecte, bureau d'étude structure, bureau d'étude plomberie, bureau d'étude électricité, bureau d'étude mécanique...) est transmis au bureau de l'entrepreneur général où l'adjoint technique se charge de la transmission du plan au chantier et de l'archivage de celui-ci dans le serveur de l'entreprise ainsi que dans les dossiers papier. Le surintendant du chantier reçoit alors une version électronique par courriel ainsi qu'une version papier qui nécessite un déplacement. Il enregistre la nouvelle version du plan et la transmet par courriel aux sous-traitants concernés et il conserve une version papier qu'il archive sur le chantier et une autre qu'il utilise pour communiquer les changements sur le terrain. Le sous-traitant imprime lui-aussi au moins une version papier pour son archivage et éventuellement une version pour donner à sa main-d'œuvre.

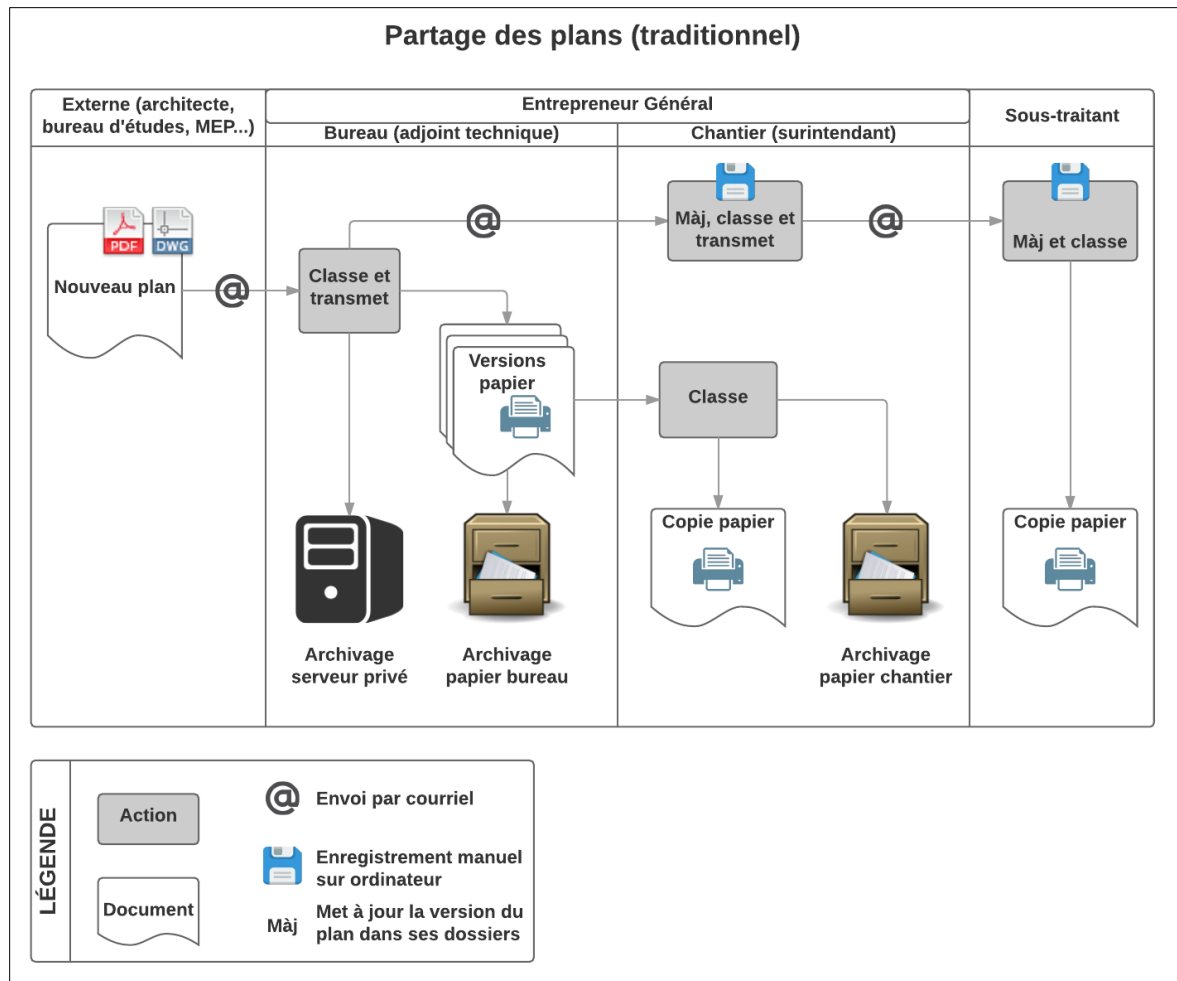


Figure 3.3 Processus de partage des plans (méthode traditionnelle)

Sur cette figure, on peut identifier plusieurs éléments pouvant être automatisés comme la transmission des plans par courriel, ou l'enregistrement du nouveau plan. En outre, on remarque qu'un seul plan génère au moins trois impressions papier pour l'archivage et l'acheminement de l'information sur le terrain. La mise en place d'une TM pourrait permettre non seulement de rendre instantanées les mises à jour, mais aussi de donner au personnel sur le chantier la possibilité d'y accéder directement sur tablette (ou sur téléphone intelligent suivant le niveau de détail nécessaire) au lieu d'être dépendant de l'acheminement du plan papier depuis les bureaux jusque sur le terrain.

### 3.1.2 Architecte

L'architecte a entre autres pour objectif pendant la phase de réalisation du projet de s'assurer que l'entrepreneur général exécute les travaux conformément aux plans et devis. Pour cela, l'architecte effectue régulièrement (la plupart du temps de façon hebdomadaire) une visite de chantier afin de s'assurer du bon avancement des travaux et de la conformité des travaux effectués aux plans de conception.

La Figure 3.4 représente le processus de communication mis en place lorsqu'un élément a été noté comme non conforme par l'architecte pendant une visite de chantier, selon la méthode traditionnelle. L'architecte qui détecte une non-conformité sur le chantier va prendre des notes de façon manuelle et éventuellement des photos, puis de retour au bureau il rédige un rapport et l'envoie par courriel à l'entrepreneur général. Ce dernier, selon s'il est responsable de l'erreur ou si c'est son sous-traitant qui a mal effectué les travaux, lui demande un devis pour refaire les travaux ou lui demande de réparer l'erreur à ses frais. S'il y a un devis, une fois un accord trouvé sur le prix, le sous-traitant corrige l'erreur. Une fois l'erreur corrigée, l'architecte peut constater de la conformité des travaux lors de sa prochaine visite.



### 3.1.3 Client

Le client a pour objectif la livraison de son projet dans le respect de l'échéancier afin de démarrer l'exploitation de l'ouvrage, mais avant tout il est à son avantage que la construction soit durable et facilement exploitable. À partir de la livraison des travaux, les garanties démarrent et le client doit s'occuper de la maintenance de l'ouvrage. Les données sur le « tel que construit » sont alors indispensables et l'accès à ces données sera un facteur déterminant pour la facilité d'entretien et la durabilité. Dans un mode de réalisation traditionnel n'utilisant ni le BIM ni les TM pour gérer l'information de projet, les données dont le client a besoin après réception sont généralement situées à différents emplacements et constituent une quantité d'information dans laquelle il est compliqué de s'y retrouver.

La Figure 3.5 représente le processus de recherche d'information pendant la phase d'exploitation d'un bâtiment dans un mode traditionnel. Lorsqu'un problème survient ou lorsqu'on veut effectuer un changement et que l'on a besoin d'information sur le bâtiment existant, il faut alors rechercher dans les plans de récolement, les dessins d'ateliers, les résultats des tests et expertises qui ont été conduits (qui ne sont parfois archivés qu'au format papier), toutes les fiches techniques des éléments de mobilier, de plomberie d'électricité, les manuels d'entretiens fournis par l'entrepreneur, etc. De plus, il n'existe généralement pas de système d'enrichissement de la base de données. Par conséquent, lorsque l'information cherchée n'est pas disponible et qu'elle doit être recherchée ailleurs, la nouvelle information trouvée est perdue, ou bien elle est conservée de façon individuelle mais n'est pas mise en commun.

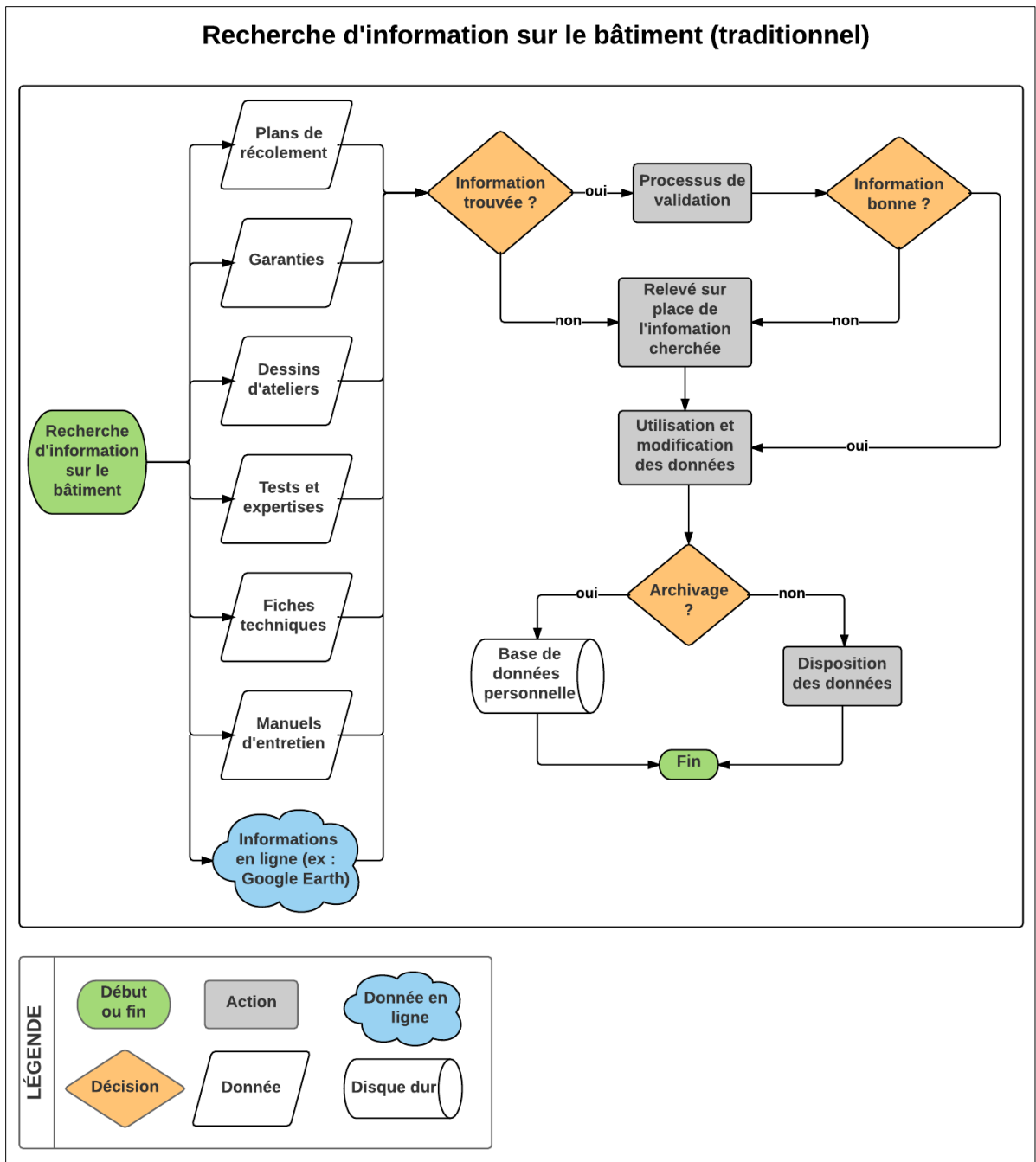


Figure 3.5 Processus de recherche d'information sur le bâtiment (traditionnel)  
Adaptée de Dao et Forgues (2013)

La Figure 3.5 met en avant la complexité de la recherche d'information pour l'exploitation du bâtiment. D'une part les données sur l'ouvrage sont éparpillées dans plusieurs endroits différents, mais aussi, comme il n'existe traditionnellement pas de système d'enrichissement

des données, ou en d'autres termes que l'information n'est jamais mise à jour, cette dernière doit systématiquement être vérifiée avant d'être utilisée car on n'est pas assuré de son exactitude. Cela rajoute un processus de validation à chaque fois qu'une information est trouvée dans les bases de données. Les TM utilisées seules ou en complément du BIM pourraient permettre une mise en commun de cette information sur une base de données unique et une mise à jour systématique, et ainsi faciliter la recherche d'information. Le processus traditionnel présenté ici a donc un fort potentiel d'amélioration qui pourrait faciliter et améliorer la qualité de l'exploitation de l'ouvrage pour le client.

### 3.2 Applications mobiles disponibles sur le marché

L'intérêt des professionnels de la construction pour les applications mobiles est grandissant (Ferrada et al., 2014; Ningshuang Zeng, Li et Xu, 2014) et par conséquent le marché des applications dédiées à l'industrie AECO l'est également. Il est alors difficile pour les entreprises de s'y retrouver dans le flot d'applications commercialisées sans élément de comparaison. Comme il a été vu dans le CHAPITRE 1, plusieurs travaux de recherche ont proposé une classification des applications mobiles pour la construction. Ce mémoire s'appuie sur les recherches de Frenette dans lesquelles une échelle de maturité a été développée en quatre niveaux. Les niveaux dans l'ordre croissant correspondent à une utilisation de la moins poussée à la plus poussée des TM dans les projets de construction. Le niveau 4, le plus élevé, correspond à une gestion de projet tandis que les niveaux inférieurs correspondent à une simple communication ou du partage d'information. Ce mémoire s'intéresse uniquement à l'utilisation des outils de niveau 4 sur l'échelle de maturité puisque celui-ci se base sur un contexte de collaboration et de travail intégré, ce qui est l'objectif visé ici. Les études de cas ont donc été conduites auprès d'entreprises ayant adopté une TM de niveau 4, et les observations ont fait ressortir une tendance parmi ces applications qui a suggéré une subdivision du niveau 4 en deux sous-niveaux. La Figure 3.6 explique la répartition des quatre niveaux de maturité et des deux sous-niveaux qui ont émergé des études de cas. En effet, les applications les plus utilisées par les entreprises innovantes québécoises semblaient se ranger dans deux catégories qui ont été séparées comme suit :

#### **Niveau 4.1 :**

Application de gestion intuitive, pour petit ou moyen budget, dont l'interface offre une flexibilité réduite mais dont l'apprentissage et la mise en place peuvent être très rapides et ne nécessitent pas d'embaucher un gestionnaire.

#### **Niveau 4.2 :**

Application de gestion très complète, dont l'interface peut se programmer pour être personnalisée selon l'utilisateur, et qui offre plus de fonctionnalités que le niveau 4.1, mais

qui nécessite par conséquent plus d'apprentissage et un gestionnaire pour administrer l'implémentation et le suivi.

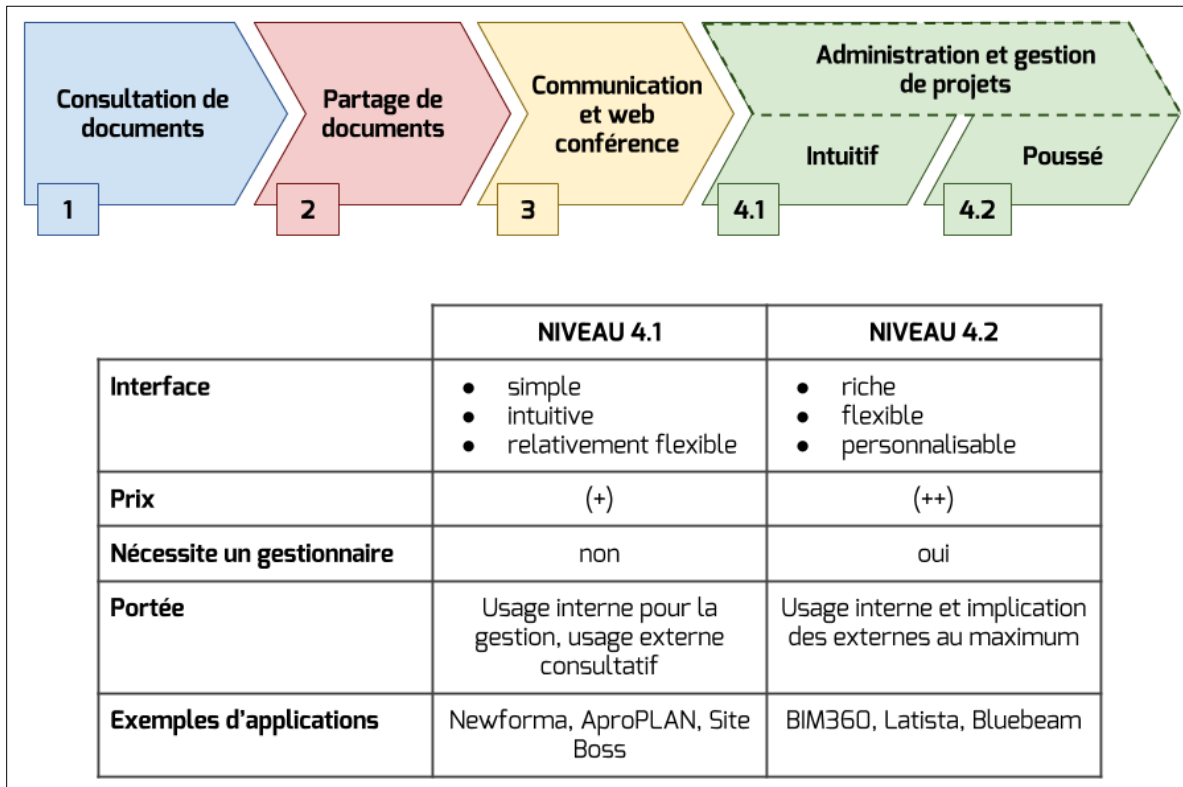




Figure 3.6 Échelle de maturité des applications mobiles et description des deux nouvelles subdivisions

Plus le niveau de maturité de l'application est élevé, plus la collaboration est obligatoire dans le projet de construction. Les entreprises qui veulent aller vers des projets intégrés, avec un partage des objectifs finaux, une grande communication et moins de rapports d'opposition entre les intervenants ont tendance à se tourner vers des applications de niveau 4.2 sur l'échelle de maturité.

La Figure 3.7 présente un comparatif de 14 applications mobiles de gestion de projet de construction. Le choix des applications s'est fait d'une part parmi celles choisies par les entreprises innovantes des études de cas, et d'autre part parmi les applications similaires les plus populaires au Canada dans les magasins d'applications d'Apple et Android.

Application	Compatibilité		Niveau de gestion	Niveau de maturité	Principales fonctionnalités	3D	Cible	Langue	Prix*	Licence**	Note /5 (et nb de votes)	
	Android	iOS									App Store	Google Play
 BIM 360 Field	●		Projet	4.2	Listes de déficiences, contrôle qualité et sécurité, mises en service, annotations de plans, surveillance main d'œuvre, météo	●	Entrepreneurs généraux et sous-traitants	Anglais	gratuit	Sur demande	★★★	155
 LatiSta	●		Projet	4.2	Gestion de la qualité, sécurité, mise en service, punchlists, inspections	●	Entrepreneurs généraux et sous-traitants	Anglais	gratuit	Sur demande	★★★★	52
 Bluebeam Revu	●		Projet	4.2	Lecture, annotation de PDF, création de rapports, collaboration en temps réel et différé, mesures et comparaison	●	Entrepreneurs généraux et sous-traitants	Anglais	11.99\$	Entre 143\$ et 367\$ par utilisateur pour la version standard avec maintenance	★★★★	131
 SmartUse	●		Projet	4.1	Lecture et annotation de PDF, salle de plans virtuelle, collaboration		Entrepreneurs généraux et sous-traitants, donneurs d'ouvrage	Anglais Français	gratuit	Sur demande	★★★★	5
 Inktronic			Projet	4.1	Distribution de dessins, consultation et annotation des dessins en ligne, collaboration sur des projets		Entrepreneurs, donneurs d'ouvrage, fabricants concepteurs, gestionnaires immobiliers	Anglais Français		Sur demande (mensuel par utilisateur + achat d'appareils + options supplémentaires)		
 AproPLAN	●		Projet	4.1	Transport de plans et documents sur la tablette et création de rapports automatiques		Entrepreneurs Architectes Ingénieurs Donneurs d'ouvrage	Anglais Français	gratuit	Pro: 20\$ ou 30\$/mois Expert: 40\$ ou 55\$/mois Entreprise: sur mesure		
 SiteWorks	●		Projet	4.1	Lecture et annotation de PDF, punchlists, statistiques de chantier, collaboration entre acteurs du projet		Entrepreneurs généraux et sous-traitants	Anglais Français	45.99\$		★★★★	13
 Dalux Field	●		Projet	4.1	Supplément punch list, annotations sur plans 2D ou modèles Revit, listes de contrôle	●	Entrepreneurs Architectes Ingénieurs Donneurs d'ouvrage	Anglais Français	gratuit	Sur demande	★★★★	52
 BuildoZAIR	●		Projet	4.1	Lecture et annotation de plans, stockage de tous les documents de chantier, levés des réserves et DPR, création de rapports		Entrepreneurs Architectes Ingénieurs Donneurs d'ouvrage	Anglais Français	gratuit	Opérationnel : 25.68\$/mois Collaboration : 66.24\$/mois Entreprise: sur mesure	★★★★	22
 ArchiPod	●		Projet	4.1	Suivi de chantier, punch list, réserves, rapports		Architectes	Anglais Français	799.99\$		★★★★	38
 Site Boss	●		Chantier	4.1	Journal quotidien, ordres de changement, minutes de réunion, RFI, bons de commande, report d'incident...		Artisans, sous-traitants	Anglais Français	139.99\$ ou 119.02\$		★★★★	5
 Opti chantier	●		Chantier	4.1	Gestion du temps de travail, achat de matériaux, paiements clients		Artisans, sous-traitants	Anglais Français	gratuit	3.99\$/mois	★★★★	61
 Matterport	●		Projet	4.1	Relevés 3D de salles, peu spacieuses, modèle 3D généré en ligne	●	Firmes d'ingénierie	Anglais	gratuit	(Caméra : 567\$) Basic : 62\$/mois Professionnel : 125\$/mois Business : 188\$/mois +19\$/modèle		
 SketSha			Projet	4.1	Studio Digital Collaboratif, visio-conférence, interaction graphique, partage de documents.	●	Architectes	Anglais Français		Sur demande (abonnement mensuel + prix fixe pour le Studio Digital : plusieurs milliers)		

\* Prix d'achat en CAD dans le store (App Store ou Google Play Store dans cet ordre) en date du 25/05/2015  
\*\* Prix en CAD en date du 25/05/2015. Consulter le site web du produit pour plus de détails

Figure 3.7 Comparatif de 14 applications utilisées au Canada pour la gestion de projets de construction (2015)

### **3.3 Études de cas : utilisation des TM chez les entreprises innovantes.**

Cette section présente l'ensemble des résultats directement issus des études de cas (avant analyse et exploitation). Les professionnels rencontrés font partie des plus innovants du Québec en termes de TM, il est donc pertinent de dégager les raisons qui les ont poussés à investir dans les TM, ainsi que les problèmes auxquels ils se sont heurtés, les retombées qu'ils ont constatées et surtout les éléments de leur stratégie de mise en place, qui seront la base de l'élaboration du guide d'implémentation. Les résultats sont présentés dans trois paragraphes principaux qui identifient les besoins, puis les stratégies les plus employées et enfin les retombées et défis.

#### **3.3.1 Prérequis**

Comme expliqué dans le CHAPITRE 2, les participants aux entrevues semi-dirigées ont été dispersés dans trois types de profil : décideur, utilisateur et vendeur. Ils ont également été associés à une discipline suivant l'entreprise pour laquelle ils travaillaient : architecte, ingénieur, entrepreneur/fabricant ou vendeur d'application. Sachant que les données récoltées auprès de ces différents profils et différentes entreprises n'ont pas exactement la même signification, cette section présente la quantité de données relative issue de chaque profil, en fonction des axes de discussion lors des entrevues (besoins, stratégie, défis, retombées), puis la quantité de données relative discutée pour chaque type d'entreprise. Ces deux graphiques donnent au lecteur une meilleure connaissance du contexte de la récolte des données afin qu'il puisse mieux aborder les résultats présentés dans la section suivante

### 3.3.1.1 Axes de discussion en fonction du profil

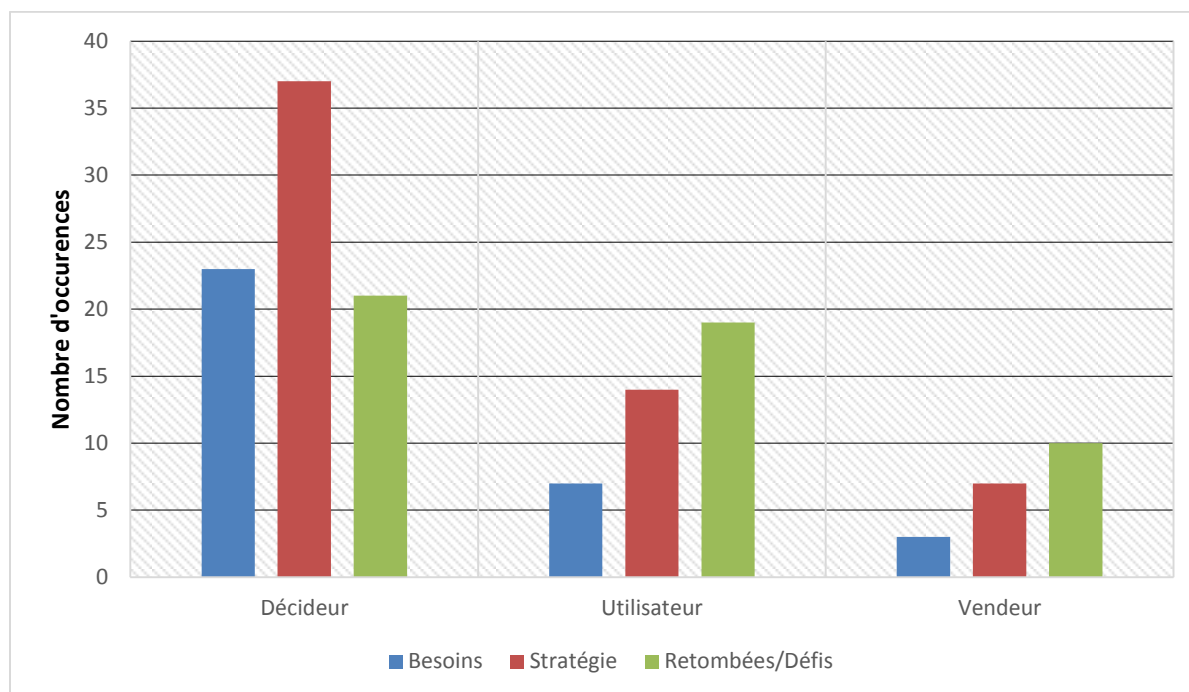


Figure 3.8 Répartition des axes de discussion parmi les profils de participants

La stratégie d'implémentation a logiquement été discutée principalement avec le décideur, qui fait partie de la direction, du département BIM ou du département des innovations. Les besoins ont également été discutés plus avec le décideur, tandis que les retombées et les défis ont été discutés de façon assez équitable entre les trois profils (il est à noter que la quantité de personnes interrogées est la même entre décideur et utilisateur, mais elle est un peu inférieure pour le profil vendeur, d'où la quantité d'information un peu inférieure).

### 3.3.1.2 Axes de discussion en fonction de la discipline

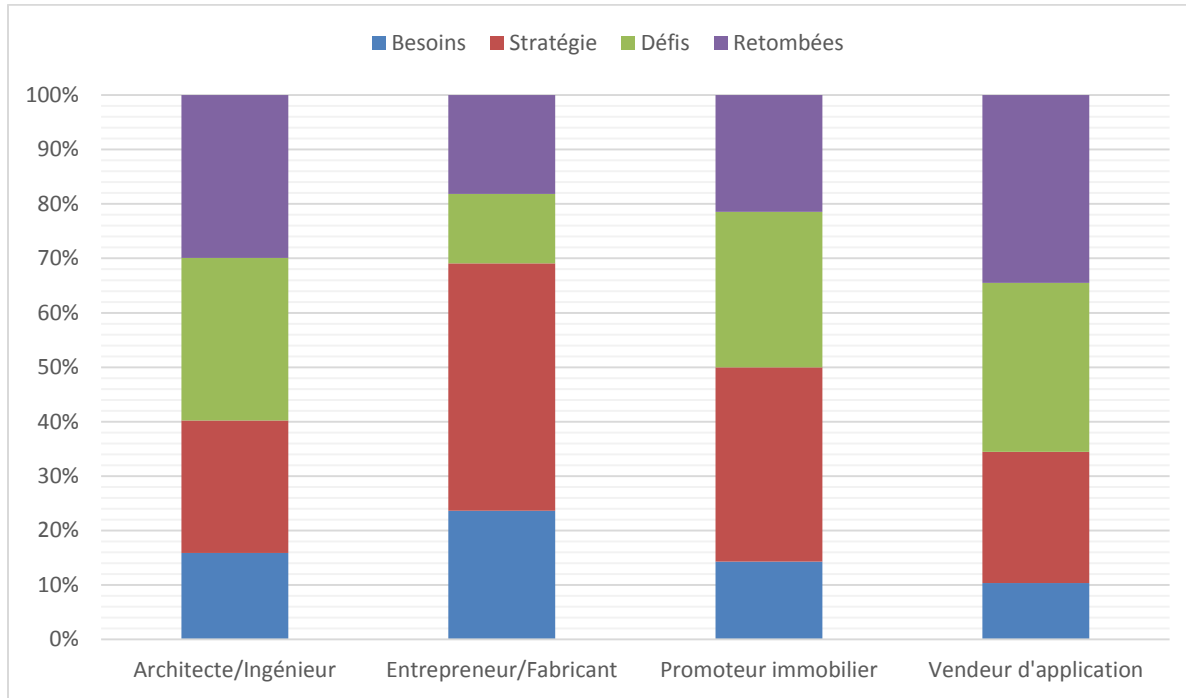


Figure 3.9 Répartition des axes de discussion pour chaque discipline interrogée

Le nombre de personnes interrogées n'étant pas homogène parmi les disciplines contrairement aux profils dans la section précédente, la quantité d'information est présentée en proportion pour chaque discipline, ce qui est beaucoup plus représentatif. On remarque notamment ici que les entrepreneurs sont beaucoup préoccupés par la stratégie tandis que les architectes/ingénieurs en comparaison ont beaucoup plus discuté les retombées et défis de l'adoption des TM. Le vendeur d'application parle aussi logiquement plus des retombées positives pour la firme que du reste.

### 3.3.2 Besoins exprimés par les entreprises québécoises

Le nuage de mots ci-dessous représente les 25 mots les plus fréquemment évoqués par les personnes interrogées sur les besoins à l'origine de la mise en place d'une TM.



Figure 3.10 Les 25 mots les plus utilisés par les professionnels pour parler de leurs besoins

Les professionnels mettent en effet en place les TM dans le but premier d'améliorer la **gestion** de leur(s) **chantier(s)** et de leurs **projets**. Les **plans** sont un élément très récurrent et sont généralement la première chose que les entreprises veulent informatiser. Les professionnels sont à la recherche d'outils capables de classer leurs plans, de les relier entre eux, de les annoter et de les partager sans avoir à les imprimer systématiquement. L'un des besoins les plus soulignés est aussi une **technologie facilement utilisable / facilement acceptée**. Les applications intuitives sont les plus recherchées car elles offrent une courbe d'apprentissage rapide et moins de résistance de la part des utilisateurs. Le gain de **temps** est également une requête courante des professionnels qui sont contraints par des échéanciers serrés à respecter. Finalement, il y a une forte demande d'outils capables de gérer les **déficiences**, car le processus traditionnel de gestion des déficiences implique un travail assez fastidieux et à faible valeur ajoutée.

### 3.3.3 Stratégies employées pour la mise en place des TM

La Figure 3.11 ci-dessous représente les différentes stratégies adoptées par les entreprises interrogées pour mettre en place les TM. Une case pleine signifie que l'entreprise a appliqué la stratégie. Le processus stratégique a été découpé en trois phases chronologiques, à savoir le choix de l'outil technologique, puis la préparation à l'implémentation et enfin la phase d'implémentation. On peut aussi distinguer sur cette figure le type d'entreprise et le niveau de maturité de l'application mise en place.

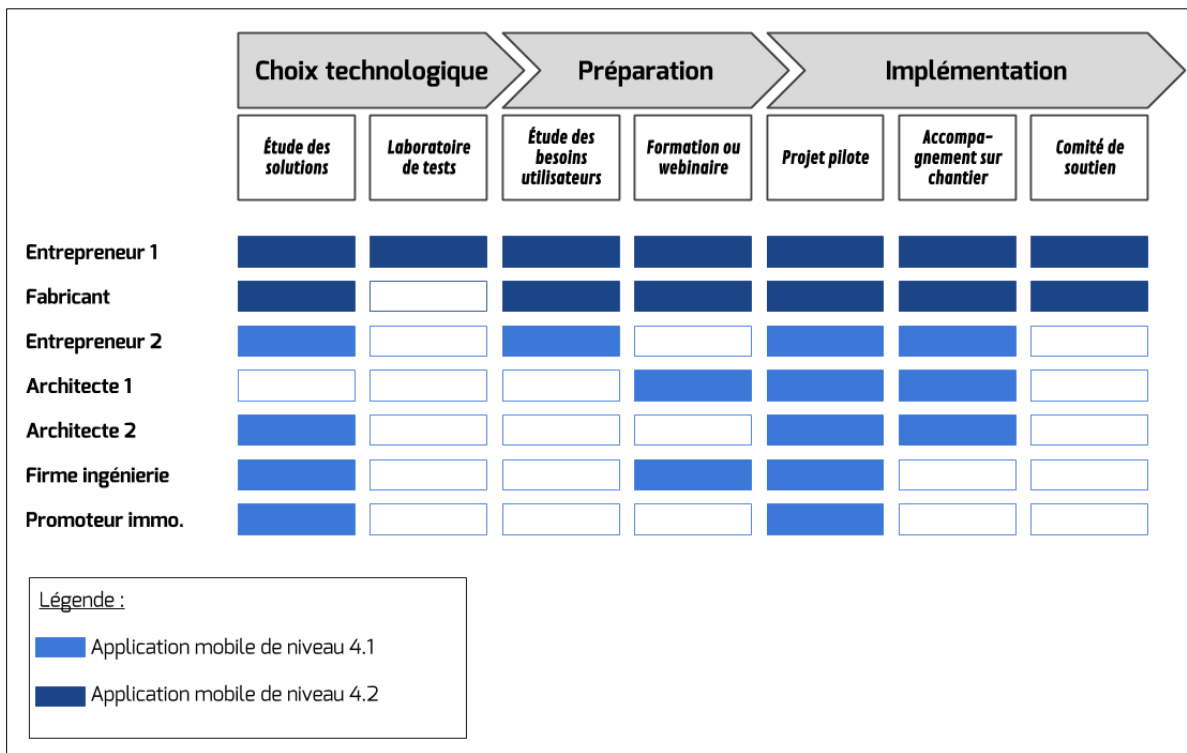


Figure 3.11 Les différentes stratégies mises en place par les entreprises interrogées pour l'adoption des TM

On remarque sur cette figure que toutes les entreprises ont opté pour un projet pilote pour l'implémentation de leur TM tandis qu'une petite proportion d'entre elles seulement a analysé les besoins des utilisateurs avant la mise en place. Toutes les entreprises ont prévu un accompagnement soit pendant la préparation soit pendant l'implémentation, mais elles n'avaient pas toutes prévu les deux. Finalement, les deux entreprises ayant mis en place une

application de niveau de maturité 4.2 (le plus élevé) sont logiquement celles qui ont le plus mis l'accent sur la stratégie d'implémentation car ce type d'application demande plus de travail de mise en place que les applications de niveau 4.1.

### 3.3.4 Défis et retombées de l'adoption des TM

Concernant les défis et les retombées dont ont témoigné les professionnels interrogés, les données récoltées sont assez homogènes. Peu de défis observés étaient particuliers à une entreprise, sauf certains problèmes techniques ou liés directement au fonctionnement de l'application. Par exemple, culturellement, les défis rencontrés étaient communs à la quasi-totalité des entreprises. De la même façon, les retombées observées par les entreprises après l'adoption des TM tendaient à aller vers des mêmes conclusions. La Figure 3.12 présente les défis les plus évoqués par les personnes interrogées et la Figure 3.13 présente les retombées les plus évoquées.

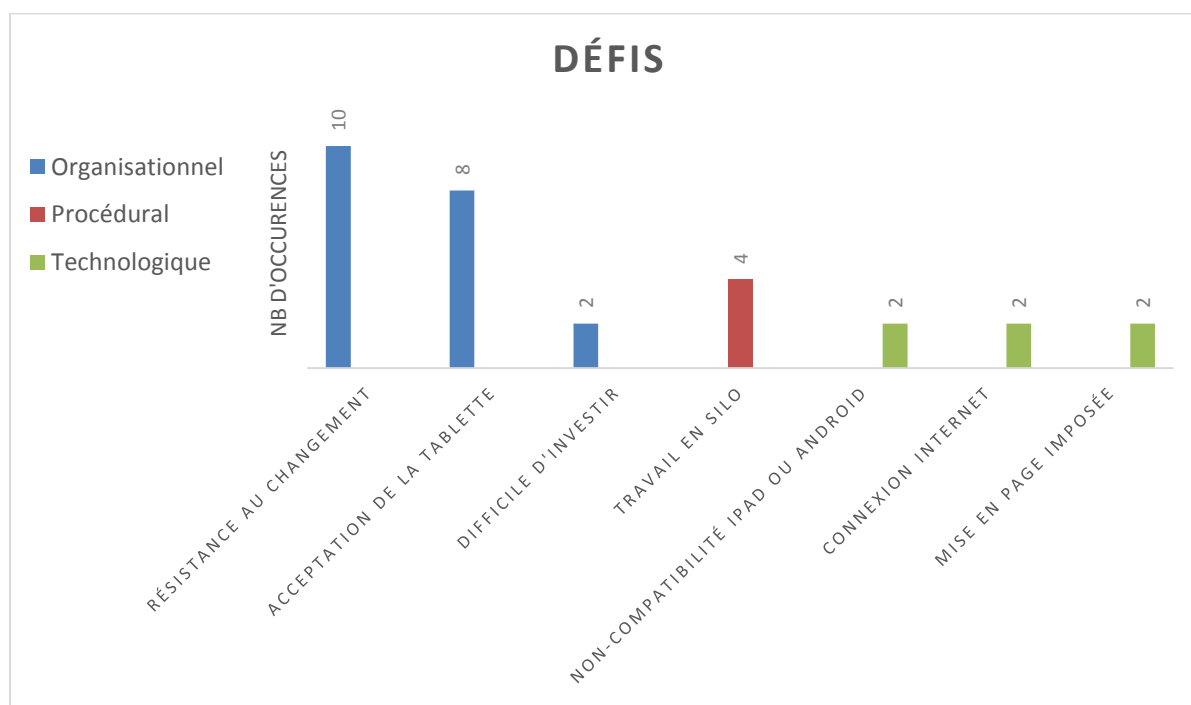


Figure 3.12 Les sept défis rencontrés lors de l'adoption des TM les plus cités par les professionnels interrogés

Presque toutes les entreprises ont été témoins à plus ou moins grande échelle d'une résistance au changement de la part des utilisateurs. En effet, il a été soulevé que les personnes sont généralement attachées à leurs habitudes de travail et aux méthodes employées, et qu'il est par conséquent difficile de les convaincre de l'utilité d'un changement. La tablette sur le chantier n'est pas toujours bien acceptée ou elle nécessite un petit apprentissage. Enfin l'un des défis les plus cités est également le travail en silo dans les projets de construction. Plus précisément, les personnes interrogées ont constaté que le manque de collaboration entre les intervenants du projet constituait souvent un frein à l'adoption des TM car chacun a ses propres intérêts à défendre et bien souvent ses propres normes de classement, ses propres outils de travail, et il est difficile de synchroniser tout le monde sur l'utilisation d'une même application.

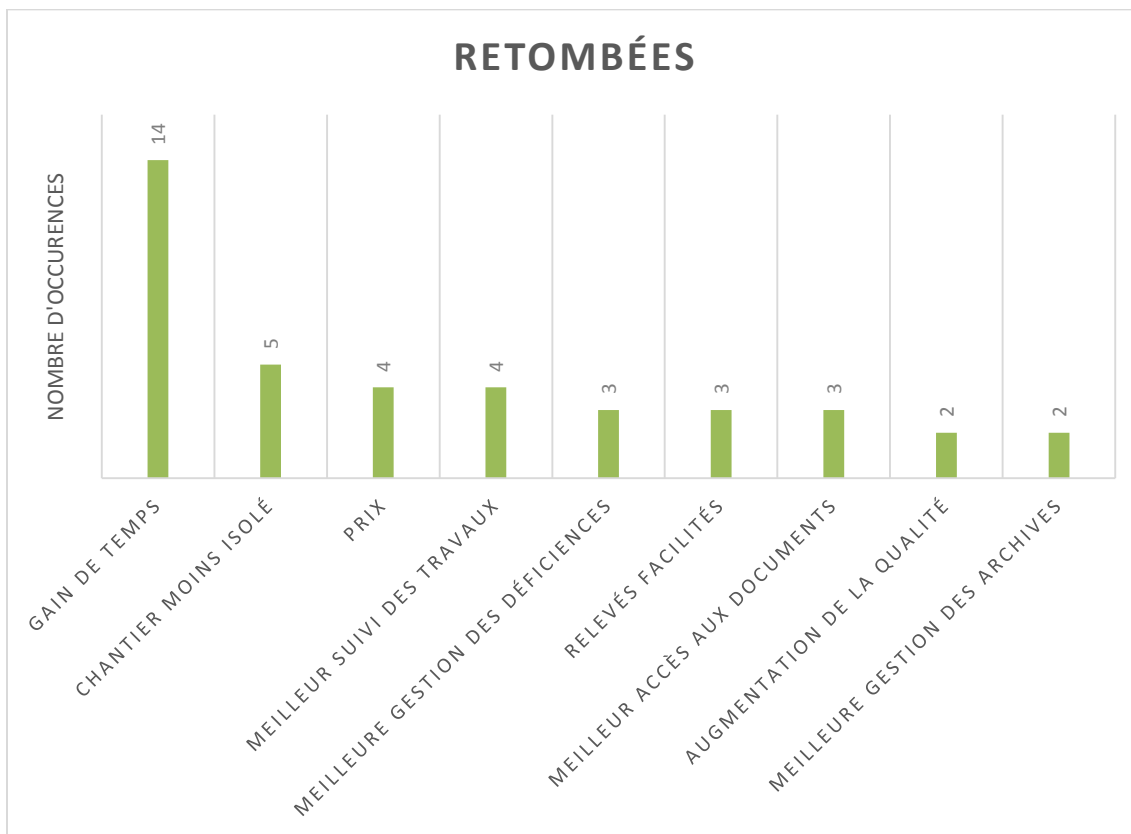


Figure 3.13 Les retombées de l'adoption des TM les plus citées par les professionnels interrogés

Le gain de temps dans la gestion des projets est une retombée directe que tous les professionnels ont observée. Sans exception, toutes les entreprises ont pu constater un gain de temps de différentes façons : en temps de rédaction de rapports réduit, en temps de présence sur le chantier augmenté, en temps de déplacements réduits, etc. La plupart a aussi constaté que l'adoption d'une TM rendait le chantier plus connecté au reste du projet et au reste des intervenants. Enfin, certains avaient déjà pu constater des résultats au niveau financier et un meilleur suivi des travaux de façon générale.

### **3.4 Conclusion**

La situation existante révèle un paradoxe entre les processus traditionnels qui laissent percevoir des zones à optimiser, les entreprises qui expriment des besoins d'amélioration, et les solutions mobiles à disposition sur le marché. En effet, malgré une grande quantité d'outils mobiles adaptés à chaque profil d'entreprise de la construction, les processus traditionnels sont encore appliqués, les entreprises expriment des besoins d'amélioration de leur productivité, et le virage vers les TM ne se fait pas encore, ou les entreprises se heurtent à des défis récurrents. On constate que la stratégie d'implémentation varie d'une entreprise à l'autre, bien que certaines pratiques soient largement appliquées comme la conduite d'un projet pilote. D'autres stratégies sont moins largement appliquées mais font suite à des implémentations réussies chez les entreprises innovantes. Dans le chapitre suivant, les processus traditionnels sont optimisés grâce aux TM, et une trousse d'outils est proposée aux entreprises. Cette trousse d'outils cherche à répondre à leurs besoins et à leur permettre d'éviter les défis auxquels elles font habituellement face, en proposant une stratégie d'implémentation destinée à maximiser le retour sur investissement de l'adoption.



## **CHAPITRE 4**

### **PROPOSITION DE CHANGEMENT**

Après avoir pris connaissance de la situation existante vis-à-vis de l'adoption des TM par l'industrie AECO québécoise, une proposition de changement a été mise en place. En effet, l'absence d'éléments de comparaison, de guides, de lignes directrices et de standards pour l'implémentation des TM peut empêcher les entreprises d'en exploiter le plein potentiel. Si le travail de recherche, de comparaison et d'expérimentation doit systématiquement être repris de zéro lors d'une implémentation et que les connaissances et les expériences ne sont pas mises en commun, alors l'industrie n'avance pas aussi vite qu'elle le pourrait. Il est important de mettre les connaissances en commun pour que l'innovation induise une réelle évolution. Ce chapitre propose différents outils destinés aux professionnels de la construction, afin de les guider dans le choix et l'implémentation d'une TM en suivant la ligne directrice de l'harmonisation entre procédure, organisation et technologie. La première section se concentre sur l'aspect procédural avec l'optimisation des trois processus traditionnels présentés dans le chapitre précédent grâce à l'introduction des TM. La deuxième section présente une trousse d'outils composée d'un guide d'implémentation, d'un tableau décisionnel et d'un gabarit de plan d'affaires.

## **4.1 Processus transformés**

La section 3.1 de ce mémoire présente la cartographie de trois processus traditionnels de gestion de l'information liés respectivement à l'entrepreneur, à l'architecte et au client. Cette section présente les trois processus optimisés grâce à la mise en place d'une TM. Pour chacun des trois acteurs, l'optimisation du processus permettra d'atteindre plus facilement l'objectif fixé dans la section 3.1 (respect des échéanciers et du budget pour l'entrepreneur, conformité des travaux aux plans de conception pour l'architecte, et réception d'un bâtiment durable et facilement exploitable pour le client)

### **4.1.1 Entrepreneur général**

Il a été vu précédemment que le processus traditionnel de partage des plans dans un projet de construction impliquait une grande quantité d'échanges de courriels mais aussi d'impressions. Cette transmission répétée de l'information entraîne un risque d'égarement ou de confusion de l'information par chacun des intervenants et rend l'acheminement de cette dernière relativement long entre l'externe et le chantier. La Figure 4.1 ci-après représente le processus de partage des plans géré par une application mobile infonuagique. Ce type d'application est commercialisé et permet de donner accès à tous les intervenants à une plateforme virtuelle commune qui contient tous les plans du projet.

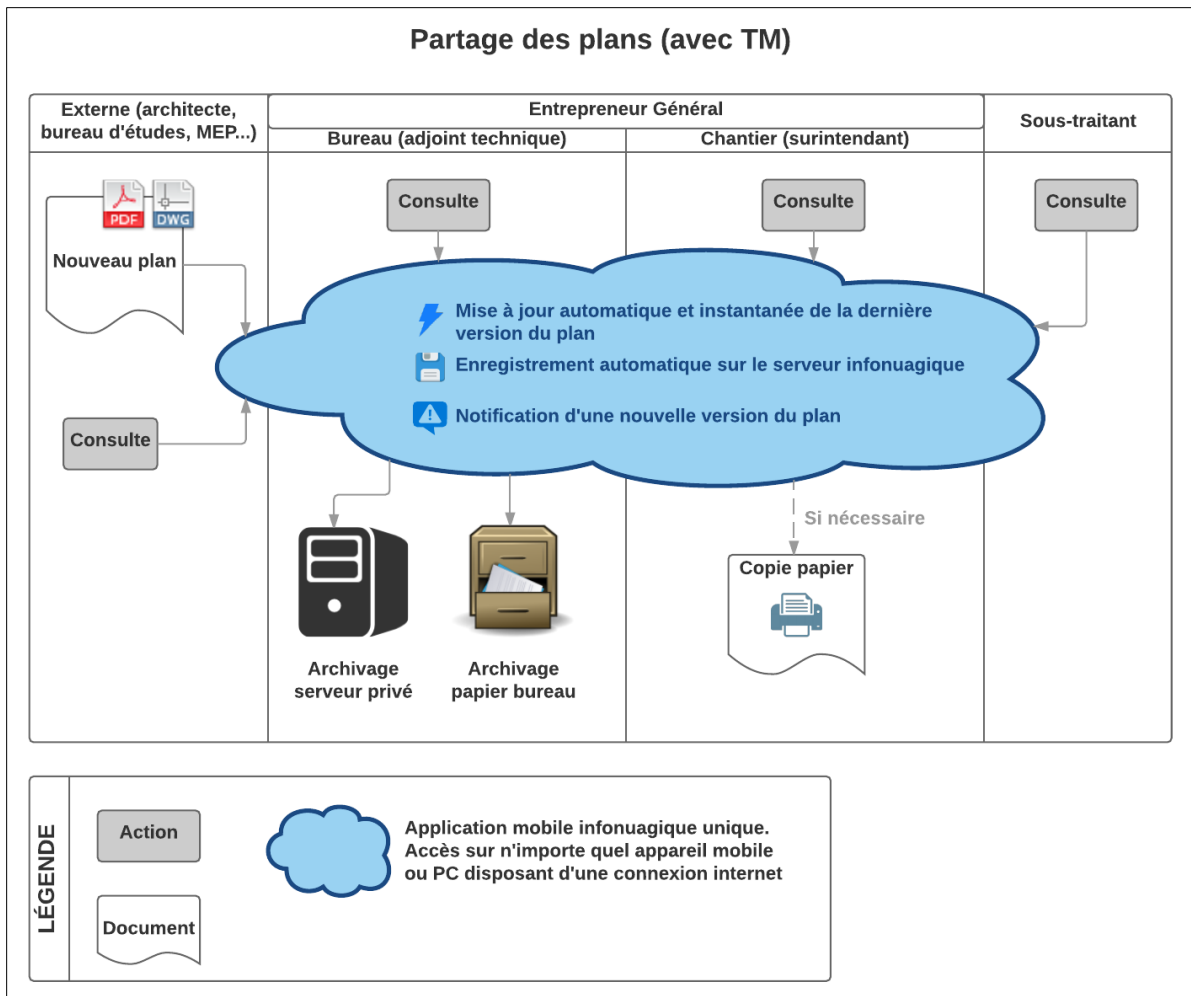


Figure 4.1 Processus de partage des plans entre les intervenants de projet (après implémentation d'une TM)

L'application infonuagique utilisée ici (des dizaines de produits similaires sont disponibles sur le marché) permet la mise à jour automatique du plan dans une base de données commune à tous les intervenants. En effet, l'intervenant de conception va aller chercher l'emplacement de la version précédente et téléverser la nouvelle version au même emplacement. La plupart des applications permettent de superposer et de comparer les versions de plans. Dans un second temps, l'entrepreneur général et le sous-traitant sont notifiés instantanément de la présence d'une nouvelle version du plan et ont accès depuis leur appareil mobile ou leur ordinateur au document au format pdf ou dwg. L'adjoint technique n'a alors plus qu'une seule tâche à effectuer qui sera éventuellement de sauvegarder une

copie du plan sur le serveur de l'entreprise pour plus de sécurité, sachant qu'une copie est déjà sauvegardée sur le serveur infonuagique sécurisé. Le surintendant de chantier n'a plus besoin de transmettre le plan au sous-traitant puisque celui-ci est notifié automatiquement par l'application. Enfin, le chef de chantier, sur le terrain avec sa tablette ou son téléphone intelligent, a lui aussi été notifié de la nouvelle version du plan par l'application et peut communiquer à ses ouvriers les travaux à effectuer.

Comparativement au processus traditionnel, le gros point d'amélioration est non seulement la délivrance instantanée de l'information, mais aussi la réduction de l'utilisation du courriel et de nombreuses impressions papier comme supports de transmission de l'information. Pour que ce processus automatisé fonctionne correctement, il est nécessaire de configurer l'application dès le démarrage du projet, par exemple en reliant chaque sous-traitant aux plans qui le concernent, afin qu'il ne soit notifié que par les changements qui affectent son travail. Il y a donc un travail préliminaire en amont qui est un « investissement » de temps vite rentabilisable. On voit également dans ce processus que la mise en commun de l'information va contribuer à faciliter la livraison du projet en réduisant le travail de regroupement des plans.

#### **4.1.2 Architecte**

Plusieurs applications mobiles existent dans le commerce pouvant faciliter le rôle de surveillance de l'architecte dans la phase de construction d'un projet. Le processus traditionnel implique pour l'architecte chargé de projet une grande quantité de travail fastidieux comme la rédaction et la mise en page de rapports de visite à partir de notes et de photos. Ce travail est long et n'exploite pas les compétences et expertises de l'architecte dans le domaine de la construction. L'introduction d'une TM dans le processus de détection et de production de rapport de non-conformités sur le chantier peut permettre de supprimer la partie fastidieuse du travail afin d'exploiter pleinement les capacités spécifiques de l'architecte et de lui permettre de valoriser son travail.

En introduisant une application mobile infonuagique sur laquelle l'architecte peut prendre ses notes et ses photos directement depuis son appareil mobile, il est possible d'automatiser une grande partie du processus de gestion des non-conformités. La Figure 4.2 décrit le processus après introduction d'une TM.

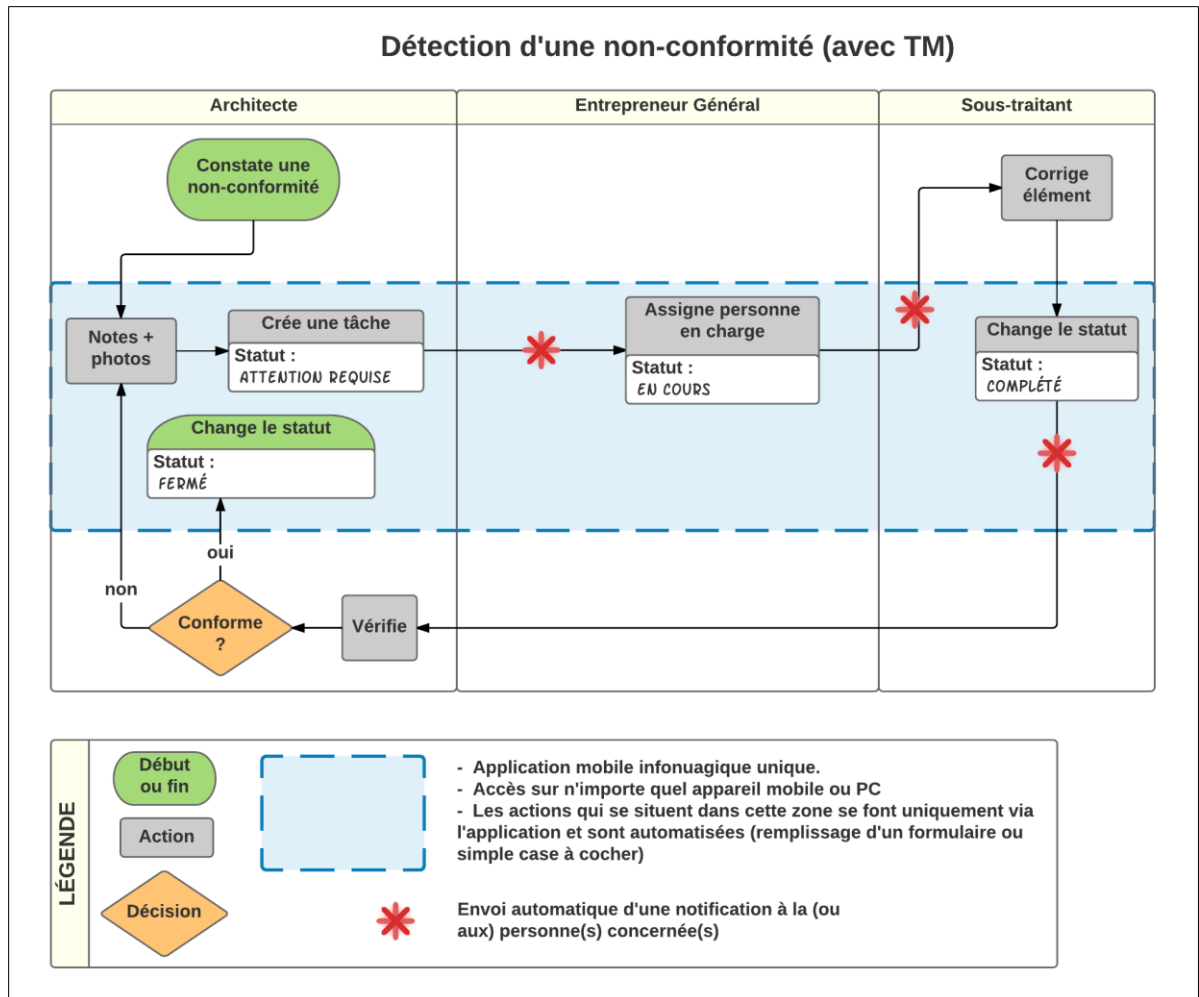


Figure 4.2 Processus de détection et correction d'une non-conformité détectée par l'architecte lors d'une visite de chantier hebdomadaire (après implémentation d'une TM)

Chaque non-conformité peut être répertoriée sur l'application mobile sous forme interactive : l'architecte crée une nouvelle tâche, y associe notes, photos, localisation, date d'échéance, etc. L'entrepreneur est alors notifié de la présence d'une nouvelle tâche requérant son attention. Il inspecte l'élément sur place et assigne alors la tâche au sous-traitant concerné

pour que celui-ci la corrige, tout en changeant le statut de la tâche de « attention requise » à « en cours ». Le sous-traitant est ensuite notifié et peut corriger l'élément puis changer le statut de la tâche de « en cours » à « complété », ce qui notifie automatiquement l'architecte qui peut vérifier la conformité de l'élément corrigé et fermer la tâche. Lorsque l'architecte fait sa visite hebdomadaire, il crée ou ferme de nouvelles tâches, et un rapport automatique peut être généré et envoyé à l'entrepreneur indiquant toutes les tâches en cours, leur statut et leur date d'échéance.

L'avantage est évident pour l'architecte qui se débarrasse de la rédaction et la mise en page des rapports de visite. Cette optimisation peut représenter plusieurs heures de gagnées par semaine pour un chargé de projet. Par exemple, les chargés de projets interrogés lors des études de cas ont témoigné un gain de temps à la fois au niveau du transport des plans sur le chantier qu'au niveau de la rédaction des rapports de visite et de réunion. Le suivi des non-conformités et de leur correction est aussi largement plus clair puisqu'il est accessible par tous en temps réel. Aussi, ce suivi centralisé a un avantage légal puisqu'il permet de garder une trace de toutes les corrections demandées et effectuées durant les travaux.

#### **4.1.3 Client**

Comme il a été vu dans la section 3.1.3, le client devenu propriétaire de l'ouvrage passe traditionnellement par un long processus de recherche et de validation lorsqu'il s'agit de retrouver de l'information nécessaire à la maintenance de son ouvrage. Pour être efficace, l'introduction des TM doit ici être faite en amont du processus présenté et non pas uniquement dans ce processus. En effet, la centralisation des données pour le client n'est possible que si elle est faite tout au long de la phase de construction. La centralisation des données est facilitée si l'ouvrage est construit en BIM mais elle est tout de même possible si des TM ont été introduites pour gérer les documents de projet. La Figure 4.3 illustre deux cas possibles de centralisation des données à la fin du chantier.



Figure 4.3 Centralisation des données du bâtiment avec BIM (en haut) et sans BIM (en bas)

Que le projet ait été réalisé en BIM ou pas, il est possible de faciliter la phase d'exploitation pour le client en commençant à centraliser les données dès le début de la réalisation :

- soit l'ouvrage a été réalisé en mode BIM : dans ce cas, toutes les données du bâtiment se trouvent dans le modèle 3D (modèles architecturaux, structurels et mécaniques du « tel que construit » permettant de visualiser l'inaccessible, fiches techniques, propriétés, manuels d'utilisation et d'entretien associés à chaque élément, etc.) ;
- soit l'ouvrage n'a pas été réalisé en mode BIM mais les plans, dessins d'ateliers, fiches techniques et autres documents de projet ont été partagés dès le début des travaux via une application mobile infonuagique (comme dans la section 4.1.1) : dans ce cas, les plans de récolement sont directement prêts et centralisés à la fin du chantier, ainsi que les documents techniques, résultats de tests, etc. Les manuels d'entretien et les documents de garantie peuvent alors être rajoutés sur le même serveur mais le travail de regroupement des documents pour la livraison des travaux est quasiment fait.

Dans les deux cas les données sont facilement accessibles. Dans le cas d'un modèle BIM cependant, la recherche est plus intuitive car une donnée se trouve toujours à l'emplacement correspondant dans le modèle 3D.

La Figure 4.4 présente le processus optimisé de recherche documentaire dans le cas où une centralisation des données a été mise en place en amont de la livraison des travaux (avec ou sans BIM). Dans le nouveau processus, les données sont plus rapidement accessibles, plus fiables car elles ont été mises à jour à un unique emplacement tout au long du projet et en accord parmi toutes les disciplines, et étant centralisées, les mises à jour peuvent continuer tout au long du cycle de vie du bâtiment, à chaque intervention de maintenance. Par conséquent, une information trouvée dans la base de données est fiable et n'a pas besoin d'être validée. La validation est donc une étape qui a été supprimée par rapport au processus traditionnel.

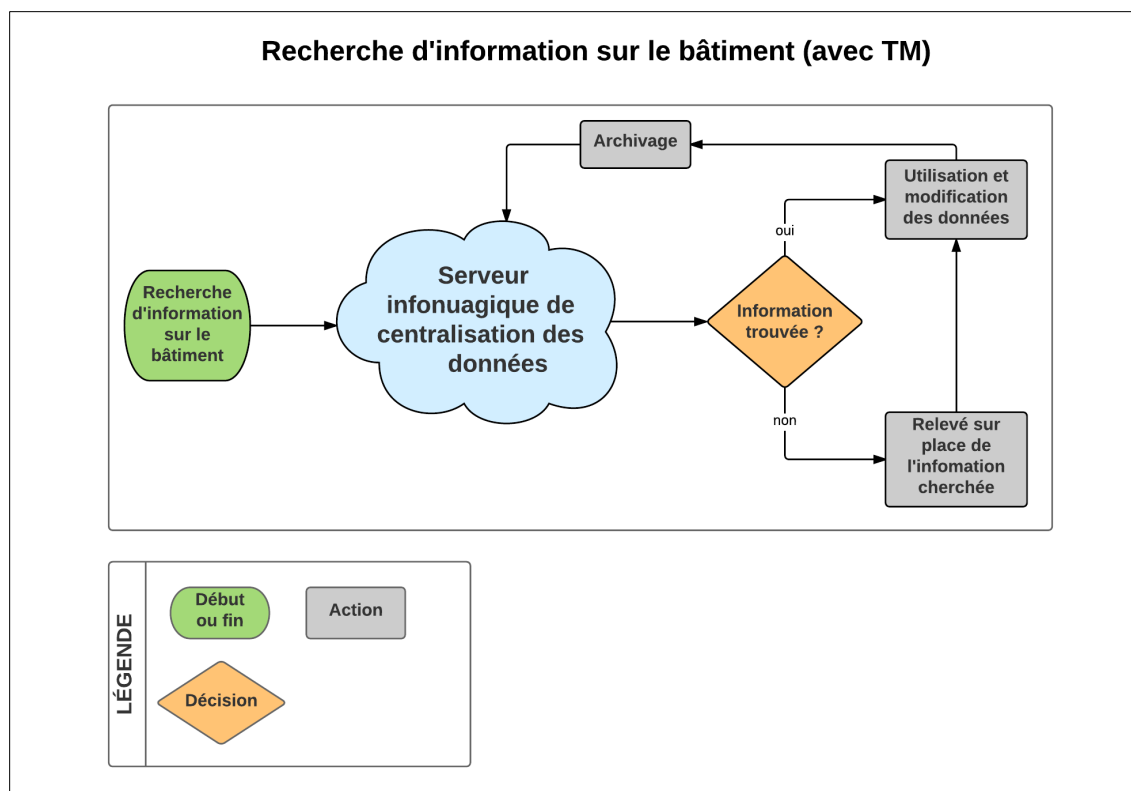


Figure 4.4 Processus de recherche d'information sur le bâtiment  
(après implémentation d'une TM)

Le nouveau processus permet au client de gagner en temps mais aussi en qualité. On remarque qu'il y a un cycle contrairement au processus traditionnel qui est linéaire, ici l'information est continuellement mise à jour.

#### 4.1.4 Discussion

Les trois processus qui ont été optimisés ici ne représentent pas l'ensemble de la gestion de l'information dans un projet de construction. Néanmoins, ce sont des processus fondamentaux pour chacun des acteurs puisqu'ils leur permettent de répondre à leurs objectifs principaux. De plus, les processus traditionnels qui ont été choisis l'ont aussi été pour leur « universalité » à travers les projets de construction de plus ou moins grande envergure, et de natures différentes. Par conséquent, ce sont les processus que les professionnels choisissent le plus souvent d'automatiser à l'aide des TM, le choix s'est donc

logiquement porté sur eux afin qu'ils soient utiles au plus grand nombre. Finalement, bien qu'ils aient été présentés ici de façon individuelle et distincte, il ne faut pas oublier que ces trois processus font partie d'une seule et même entité qui est la réalisation d'un projet de construction, et qu'ils sont liés entre eux. En effet, tant le partage des documents pour l'entrepreneur, que le suivi des non-conformités pour l'architecte contribuent à la centralisation des données qui sera utile pour la maintenance du bâtiment et donc pour le client. Aussi, bien que chacun des trois processus aient été associé à un acteur central, il est évident que les processus de l'entrepreneur et de l'architecte sont également bénéfiques aux autres intervenants impliqués. Les processus avant/après peuvent être comparés visuellement en **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

## 4.2 Trousse d'outils

La trousse d'outils développée à partir des études de cas fait partie du projet *Construction 2.0 : Guide des Technologies Mobiles*<sup>4</sup> réalisé grâce au programme Mitacs, et en partenariat avec le Centre d'Études et de Recherche pour l'Avancement de la Construction au Québec (CERACQ). Il constitue le deuxième volet du projet « Construction 2.0 » :

- premier volet : Forgues, Tahrani et Frenette, « Construction 2.0 : L'efficacité par le numérique » (CEFRIQ 2014) ;
- deuxième volet : Forgues, Tahrani et Pouteau, « Construction 2.0 : Guide des Technologies Mobiles » (CERACQ 2015).

La trousse d'outils comporte trois éléments dont un guide d'implémentation décrivant les six étapes clés à ne pas négliger pour tirer le meilleur parti des TM, un tableau décisionnel pour guider le choix technologique parmi le flot d'applications disponibles et un gabarit de plan d'affaires suggérant les dépenses et recettes à prendre en compte pour le calcul de la rentabilité de l'outil.

### 4.2.1 Guide d'implémentation

Comme il a été vu dans le CHAPITRE 1, la stratégie d'implémentation est l'élément clé de la réussite d'une adoption réussie des TM. Le guide d'implémentation propose de décomposer cette stratégie en six étapes clés dont le contenu est détaillé dans cette section. Le guide se base essentiellement sur les leçons apprises des implémentations menées par les professionnels rencontrés, à savoir les pratiques stratégiques mises en place avec succès, mais aussi les défis les plus couramment rapportés. Le guide se base également sur les résultats des travaux de recherche antérieurs sur le thème de l'adoption des TM ou des technologies de l'information et du BIM. L'application de toutes les étapes du guide

---

<sup>4</sup> Le guide des technologies mobiles est téléchargeable en ligne : <http://ceracq.ca/technologies-mobiles/>

demande plus ou moins de temps selon l'ampleur de l'implémentation, la puissance de l'application, le nombre de fonctionnalités, le nombre de procédés qu'elle va automatiser, le nombre et la variété d'utilisateurs qu'elle va impliquer, etc. Cependant, ce temps est un investissement à ne pas négliger puisqu'il va contribuer à l'harmonisation sur le plan procédural, organisationnel et technologique nécessaire à une bonne gestion du changement. Les six étapes du guide d'implémentation forment un cycle d'amélioration continue comme le montre la Figure 4.5 ci-dessous. La Figure 4.7 en fin de section résume également chacune des six étapes de façon plus détaillée.

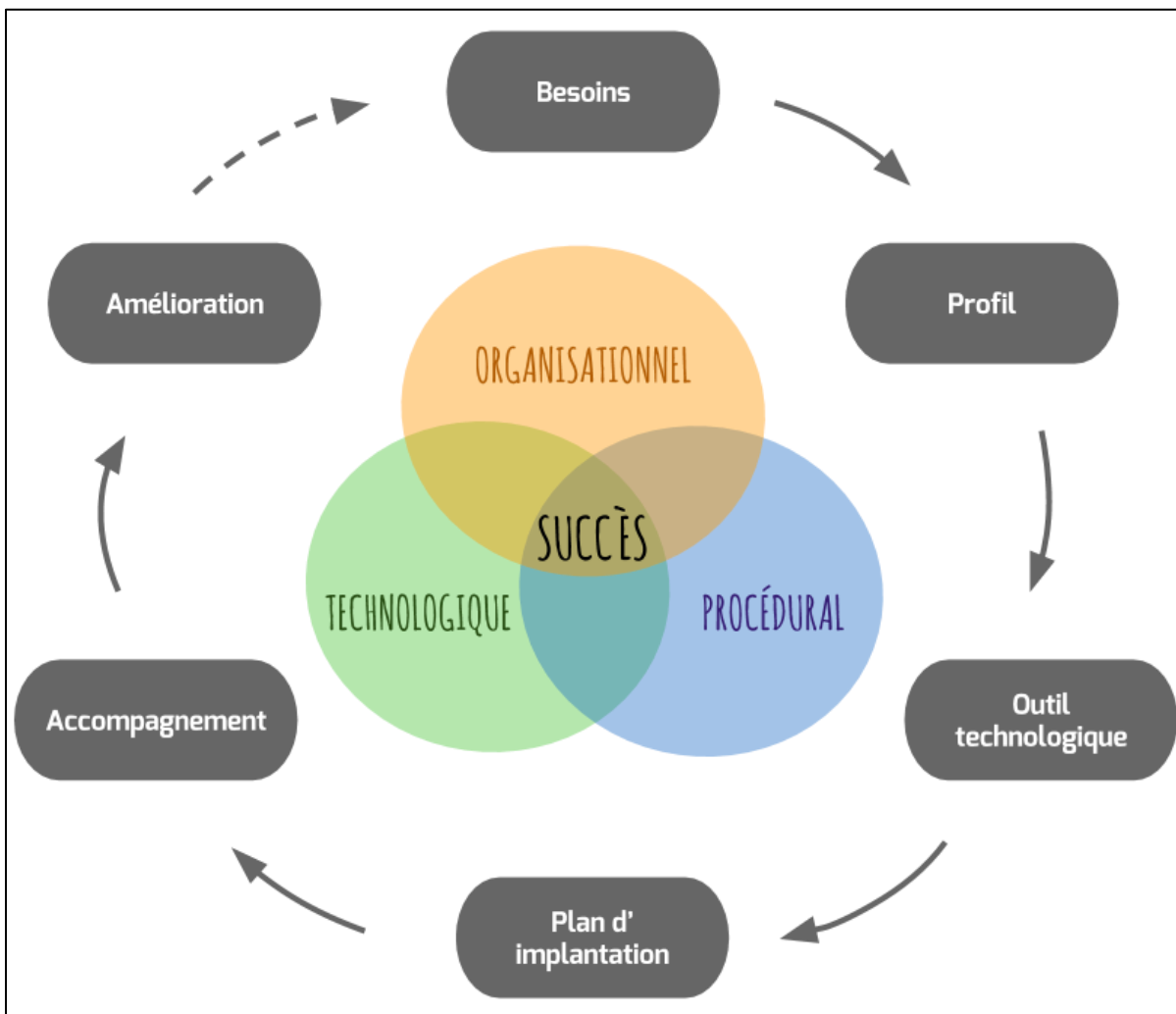


Figure 4.5 Les 6 étapes clés du guide d'implémentation

## 1. Définition des besoins et des attentes

Une entreprise décide d'investir dans une technologie mobile lorsqu'elle ressent le besoin d'automatiser certaines tâches ou qu'elle a remarqué que certains processus pouvaient et devaient être améliorés (Kang et al., 2013). Il est important de bien définir ces processus ainsi que les **besoins** spécifiques de l'entreprise quant aux tâches visées, afin de décider d'objectifs réalistes. La définition d'objectifs clairs servira notamment à pouvoir mesurer le succès de l'implémentation après la mise en place, par la réalisation, l'échec ou le dépassement des objectifs fixés. Par exemple l'entreprise peut définir ses besoins comme étant l'automatisation de la gestion des déficiences, et par la cartographie du processus déterminer que l'objectif à atteindre est un gain de temps de 8 heures par semaine par chargé de projet. L'avis du personnel sur le terrain est important sur ce sujet car ce sont les personnes les mieux placées pour estimer le potentiel gain de temps grâce à l'outil. D'autre part, une définition claire des besoins va permettre d'affiner la recherche d'outils mobiles adaptés.

Les **attentes** face à la technologie doivent également être mises au clair. Il peut s'agir d'attentes relatives au fournisseur de la technologie (attitude, service client, durabilité de l'entreprise). Un service client très présent, à l'écoute et réactif pourra certainement faire la différence et contribuer à la bonne implémentation. La sécurité de l'information dépendra aussi du sérieux du fournisseur et de son mode de stockage, souvent infonuagique mais pas toujours chez le même hébergeur. Les attentes peuvent aussi concerner le type d'application (sur appareils iOS ou Android, le type de tarification, etc.).

*« En décembre 2013, le choix de solution qui permettait de gérer les mises en service, les plans, les travaux à compléter, les déficiences, et les listes de vérifications était limité. Il y avait BIM Field 360, Latista, PlanGrid... Un des critères important dans le choix, était d'investir dans une solution fiable et fonctionnelle, qui allait évoluer et dont le développeur était solide et connu. Pour nous Autodesk répondait à ce critère. De plus il y avait possibilité de bâtir une relation d'affaire à long terme. »*

## **2. Profil et capacités**

Une application mobile vise généralement une clientèle par discipline (architecte, entrepreneur général, sous-traitant, ingénieur, promoteur immobilier, fabricant...) même si certaines tendent à être généralistes, et chacune correspond à une fourchette de budget. En prenant en compte la discipline, la recherche d'outils est donc déjà affinée.

En outre, le budget disponible pour l'investissement doit être défini à l'avance car il peut vite être dépassé si on ne prend pas tous les critères en compte. En effet, derrière le prix d'achat de l'application et de sa licence peuvent se cacher des dépenses à la fois nécessaires et significativement lourdes sur le coût total de l'investissement. Certaines applications nécessiteront notamment des heures de formation, et suivant l'ampleur du changement, une campagne de promotion de l'outil à l'interne, voire une personne à temps plein pour l'administration et la gestion, et des programmeurs pour paramétrer les différentes fonctionnalités. Il faut aussi ajouter à cela l'achat éventuel de tablettes et de téléphones intelligents compatibles avec l'application.

Enfin, il est pertinent d'évaluer la capacité des futurs utilisateurs à utiliser l'outil ainsi que leur motivation, et à intégrer ce critère dans le choix. Il a été montré que l'aspect culturel est un élément très important à prendre en compte lors de l'implantation d'une nouvelle technologie dans la phase de mise en place (Gajendran et Brewer, 2012). Des jeunes peuvent, par exemple, être plus enclins à utiliser la technologie, la courbe d'apprentissage sera donc moins étalée et on pourra se permettre de choisir une application qui implique un plus gros changement des habitudes de travail.

En résumé, il existe assez de produits sur le marché pour satisfaire tous les profils et les tailles de budget, d'où l'importance de faire une bonne analyse avant de prendre une décision, afin de profiter de cet avantage.

*« La structure de prix de BIM 360 Field est vraiment dispendieuse. Il faut payer tant par personne par année. La plupart des gérants de projet vont l'utiliser 6-7 mois par année, une à deux journées par semaine. C'est rare qu'ils aient des projets en chantier toute l'année. Pour ce qu'on fait, ça ne se justifie pas. Pour un entrepreneur qui l'utiliserait tous les jours, ça pourrait valoir la peine. [...] AproPLAN est une application peu couteuse donc ça pourrait plus facilement se rentabiliser. »*

*Coordonnatrice partage des connaissances, Cabinet d'architecte (2015/04/13)*

### **3. Choix technologique**

Une fois les besoins, les attentes, le profil et les capacités mis à plat, il est temps de faire un choix face à la quantité d'applications disponibles sur le marché. Bien que les critères préparés permettent de réduire les possibilités, certaines applications concurrentes resteront à départager. Les témoignages de ses semblables s'ils existent peuvent alors s'avérer d'une précieuse aide. La popularité des applications dans les différents magasins d'applications (Google Play, App Store...) reflète également la satisfaction des clients via des notes et des commentaires.

Pour un investissement de grande ampleur, une étude de marché plus poussée avec un calcul de rentabilité semble nécessaire. Cela peut s'appuyer sur des projets pilotes sur des durées raisonnables ou des tests en laboratoire, qui permettront de tester à la fois l'application et ses fonctionnalités, mais aussi de se rendre compte de la réactivité du service client, ou de l'efficacité des mises à jour du produit et des dépenses réelles liées à la mise en place.

*« Chez nous, avant d'acheter un équipement il faut justifier. Il faut avoir des exemples, montrer pourquoi on en a besoin. Si on n'avait pas présenté le besoin ils n'auraient pas acheté l'appareil, il faut mettre en évidence qu'on a perdu de l'argent quelque part ou qu'on perd une certaine compétitivité en n'ayant pas les bons outils. »*

*Coordonnatrice aux innovations et technologies 3D, Firme d'ingénierie (2015/04/14)*

### Exemple de cas pratique :

Une firme d'architecture d'une cinquantaine d'employés veut mettre en place une technologie mobile qui permettrait d'automatiser le processus d'inspection des façades. Depuis la mise en place de la loi 122, cette procédure est très rigoureuse, et en devient fastidieuse. En effet, l'architecte doit inspecter chaque pierre de la façade de l'édifice, ce qui constitue un travail répétitif et long, donc facilement automatisable. La Figure 4.6 décrit la démarche suivie pour les trois premières étapes du guide d'implémentation pour cet exemple.

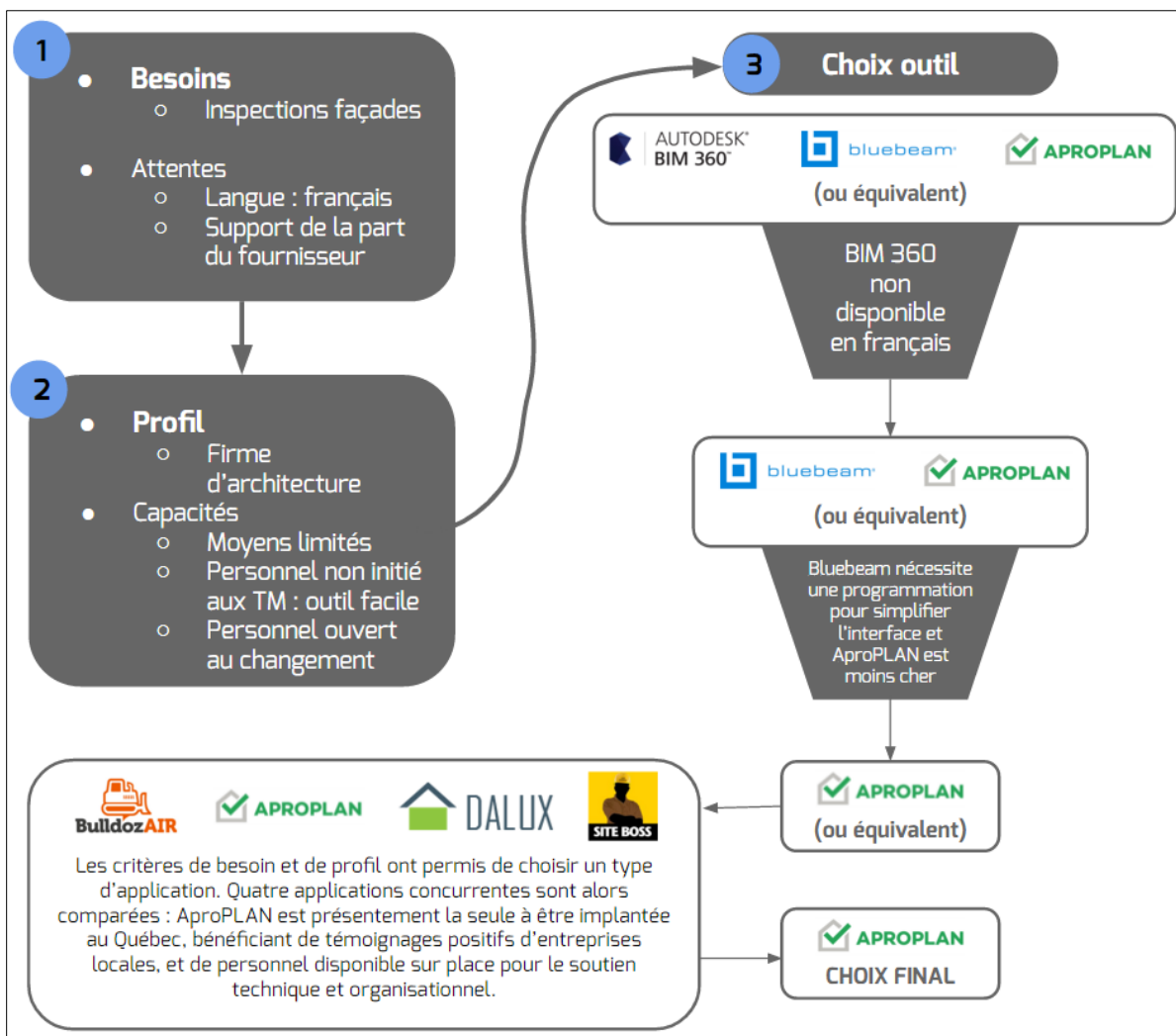


Figure 4.6 Les trois premières étapes du guide d'implémentation mises en pratique dans une firme d'architecture de taille moyenne

#### 4. Plan d'implantation

L'élaboration du plan d'implantation est l'étape indispensable de préparation à la mise en place de la technologie. Cette étape est cruciale quelle que soit l'échelle et l'ampleur du changement. Cependant, plus l'application a un niveau de maturité élevé et implique un grand nombre d'utilisateurs, plus elle demandera d'effort et d'investissement.

Que l'implémentation des TM fasse sur une approche ascendante, dite « bottom-up » (par exemple sur suggestion d'une technologie de la part des personnes sur le terrain) ou sur une approche descendante, dite « top-down » (technologie imposée par la direction), il est important d'informer toute la hiérarchie de la venue du changement. L'enthousiasme des équipes de travail pour l'implantation de la nouvelle technologie sera un moteur de réussite. Comme il a été vu au **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et également constaté dans plusieurs autres études, la résistance au changement est un gros défi rencontré par les entreprises lors de l'adoption d'une TM (Forgues, Tahrani et Frenette, 2014; Usman et Said, 2012). Il est donc primordial d'assurer l'engagement initial de toutes les personnes concernées par le changement pour éviter au maximum la résistance. Certaines personnes seront ouvertes au changement et à l'aise avec la technologie tandis que d'autres seront plus réticentes.

*« On a un surintendant de chantier qui a 67 ans. Au moment de la mise en place, il n'était pas familier avec les tablettes, mais on savait que ce monsieur-là aimait le golf... Donc on lui a donné l'iPad avec une application de golf, juste pour pratiquer puis là il s'est mis à s'en servir. »*

*Gestionnaire de projets, Entreprise de fabrication-conception (2015/04/02)*

Avant même de démarrer l'implantation sur un vrai projet, les utilisateurs peuvent se familiariser avec l'outil du changement (tablette, téléphone intelligent...) ainsi que la technologie (application, logiciel) (Usman et Said, 2012). Ils doivent également être tenus informés des enjeux du changement (quelles tâches seront modifiées ? quelle est la nouvelle procédure à suivre ?). Les utilisateurs ne font pas forcément tous partie de l'entreprise qui est

à l'origine de la mise en place (un entrepreneur général voulant impliquer ses sous-traitant, un promoteur immobilier imposant l'outil aux équipes de conception et de construction, etc.), par conséquent la promotion de l'outil ne se fait pas toujours uniquement à l'interne. Aussi, pour des implantations à grande échelle, il est intéressant de cartographier l'arbre des personnes concernées afin de gérer les profils et les autorisations de chacun, ainsi que la maintenance par la suite.

En plus de préparer les utilisateurs et toutes les personnes concernées, il est important de préparer l'outil en lui-même. En effet, beaucoup d'applications ont une interface personnalisable, il faudra donc configurer celle-ci selon les besoins spécifiques de son futur utilisateur. Voici une liste synthétisant les points importants du plan d'implantation (tous les points ne sont pas toujours nécessaires)

- préparer les utilisateurs :
  - donner accès aux appareils mobiles à l'avance ;
  - inciter la familiarisation avec les appareils mobiles (installer des applications utiles au travail ou en rapport avec les centres d'intérêts de la personne) ;
  - diffuser la nouvelle du changement à toute la hiérarchie (pamphlets, affiches, courriels, réunions d'information, etc.) ainsi qu'à l'externe ;
  - permettre aux utilisateurs d'utiliser l'application avec un projet « démo » ;
  - organiser des sessions de formation, webinaires, vidéos de présentations, etc. pour apprendre à utiliser l'application ;
  - cartographier et diffuser les processus affectés par le changement ;
  - cartographier l'arbre des utilisateurs.
  
- préparer l'outil :
  - créer le projet et les comptes utilisateurs nécessaires, attribuer les autorisations de chaque personne (consultation seule, modification, administration...) ;
  - programmer l'interface et les fonctionnalités disponibles en fonction des besoins de l'utilisateur.

On remarque que certains cas de figure nécessiteront d'employer une, voire plusieurs personnes pour gérer toutes les étapes de l'implémentation puis du suivi. Le calcul de rentabilité de l'outil est alors indispensable, et celui-ci sera d'autant plus réaliste que le plan d'implantation est précis.

## **5. Accompagnement**

Lorsque l'utilisation de l'outil en chantier démarre (projet pilote ou utilisation définitive), il est important de continuer l'effort de soutien auprès des utilisateurs. Il a en effet été montré que le soutien de la haute direction est un élément qui affecte particulièrement la qualité d'une adoption technologique dans un projet de construction (Sargent, Hyland et Sawang, 2012).

Le fournisseur de l'application mobile propose parfois un accompagnement personnalisé, et s'engage à aller régulièrement sur le chantier avec les utilisateurs pour leur porter soutien dans le lancement de l'utilisation. Dans d'autres cas il devra être effectué à l'interne. La durée varie toujours en fonction de la personne et de son autonomie, et même une fois l'utilisateur complètement autonome, un suivi régulier permet de faire une utilisation optimale de l'outil. À ce niveau, le choix du fournisseur se fait ressentir puisqu'il sera parfois le seul à pouvoir régler les problèmes des utilisateurs, et sa réactivité sera un atout. L'accompagnement permet de garder un regard objectif et un contrôle sur l'utilisation réelle de l'outil.

Si les visites volontaires aux utilisateurs sont utiles, il en va de même pour la disponibilité de l'équipe d'implémentation à répondre à leurs questions. En effet, qu'il existe un vrai « comité de soutien » ou que cette fonction soit occupée par le fournisseur ou une personne en interne, la disponibilité d'une personne désignée comme contact « officiel » pour le support technique et organisationnel est un gros atout pour les utilisateurs qui seront plus confiants et plus motivés à se servir de l'outil.

*« On garde toujours un contact [avec les utilisateurs], on a un comité de support à l'interne. S'il y a des questions ils nous les envoient, c'est comme un forum »*

*Gestionnaire de projets, Entreprise de fabrication-conception (2015/04/02)*

## **6. Amélioration**

Les meilleures pratiques passent par l'amélioration continue. En effet, le suivi comme évoqué plus haut permet de collecter les retours sur expérience, d'ajuster et de changer les stratégies. En particulier, pour une application à interface « programmable » comme BIM 360, c'est en l'utilisant que le surintendant ou le gérant de projet va faire ses choix de préférences pour les modules, et que ceux-ci seront ajustés en conséquence. Il est donc important que la direction prenne l'initiative de faire le suivi auprès des utilisateurs, non seulement pour faire ces améliorations à l'interne ou en faire part au fournisseur, mais aussi pour valider les retours sur investissement, et justifier le renouvellement d'une licence s'il y a lieu. Essayer de tirer de réels chiffres de rentabilité permet de renouveler ou non l'expérience, ou bien de changer pour une technologie plus adaptée, et ces chiffres ou données qualitatives ne pourront être obtenus qu'après avoir testé et mis en place la technologie dans un environnement réel (Garrett Jr et Sunkpho, 2000; Menzel, Keller et Eisenblätter, 2004). De plus, être capable de donner ces chiffres et conclusions aux organismes de recherche et aux fournisseurs d'application permet l'amélioration continue du domaine des technologies en construction, ce qui mène à une meilleure adoption de la part de l'industrie (Gu et London, 2010).

*« Suite aux retours des utilisateurs, nous avons modifié certaines commandes dans l'application [...] Ceci va leur permettre de gagner beaucoup de temps. [...] Ceci nous a été demandé par un grand nombre d'utilisateurs. »*

*Gestionnaire des ventes, Fournisseur d'application (2015/05/05)*

<b>1 BESOINS ET ATTENTES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Processus et tâches à automatiser</li> <li>Résultats visés</li> <li>Attentes fournisseur (service client accompagnement, etc.)</li> <li>Compatibilité appareils mobiles souhaitée</li> <li>Type de stockage des données</li> </ul>
<b>2 PROFIL ET CAPACITÉS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Discipline</li> <li>Budget total</li> <li>Budget achat initial</li> <li>Budget mensuel/annuel licence</li> <li>Budget support</li> <li>Niveau informatique des futurs utilisateurs</li> <li>Volonté/motivation des futurs utilisateurs</li> </ul>
<b>3 CHOIX TECHNOLOGIQUE</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Niveau de maturité désiré</li> <li>Témoignages sur les outils présélectionnés</li> <li>Note et commentaires sur les magasins d'application</li> <li>Résultats des tests en laboratoire/projets pilotes</li> <li>Plan d'affaires</li> </ul>
<b>4 PLAN D'IMPLANTATION</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Diffusion information du changement <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pamphlets, affichage roulottes de chantier</li> <li>- Courriels</li> <li>- Réunions d'information</li> <li>- Conditions dans appel d'offre</li> </ul> </li> <li>Formation/préparation des utilisateurs <ul style="list-style-type: none"> <li>- Distribution des appareils mobiles à l'avance</li> <li>- Pré installation d'applications pertinentes</li> <li>- Sessions de formation</li> <li>- Webinaires, vidéos libre accès, présentations PowerPoint...</li> <li>- Diffusion des nouveaux processus</li> </ul> </li> <li>Préparation de l'application <ul style="list-style-type: none"> <li>- Création projet, comptes, accès et autorisations</li> <li>- Programmation interface personnalisée à chaque utilisateur</li> </ul> </li> <li>Cartographie de l'arbre des utilisateurs</li> </ul>
<b>5 ACCOMPAGNEMENT</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Visites de démarrage sur chantier</li> <li>Visites régulières de suivi</li> <li>Mise à disposition du contact de support</li> </ul>
<b>6 AMÉLIORATION</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Système de documentation des retours sur expérience</li> <li>Communication avec le fournisseur</li> <li>Rapport annuel de rentabilité</li> <li>Réunions régulières pour l'innovation</li> </ul>

Figure 4.7 Liste synthétique des étapes du guide d'implémentation des TM

#### 4.2.2 Tableau décisionnel

La section suivante propose un tableau aidant à la prise de décision pour le choix d'application. Les applications proposées dans ce tableau ne figurent pas toutes dans le tableau comparatif de la section 3.2. Afin de rendre possible la généralisation à tous les cas, les critères pris en compte ici sont uniquement les besoins généraux, le budget et le profil.

Les besoins ont été séparés en trois catégories :

Tableau 4.1 Les trois types de besoins

<b>Gestion de chantier :</b>	Gestion des heures de travail, du budget, des bons de commande, journal quotidien, ordres de changement, rapports d'incidents, etc.
<b>Gestion de documents :</b>	plateforme collaborative de gestion des plans, dessins d'atelier, documents administratifs et techniques, avec un système de mise à jour automatique et des options d'annotation
<b>Gestion de projet :</b>	Différentes options de fonctionnalités comme le partage et l'annotation de plans, la collaboration à distance, la création de rapports de visite ou de réunion, les mises en service, le contrôle de la qualité et de la sécurité, la surveillance de la main d'œuvre, etc.

Deux types de budget ont été pris en compte :

Tableau 4.2 Les deux types de budgets

\$	Budget réduit : entre quelques dollars et quelques dizaines de dollars par mois
\$\$	Budget important : une centaine de dollars par mois et plus

Selon ces critères, la Figure 4.8 propose des solutions d'applications, et en face de chacune, il est indiqué si elle est adaptée ou non à chacun des quatre principaux profils d'intervenants des projets de construction :

- architecte/ingénieur ;
- entrepreneur/fabricant ;
- sous-traitant ;
- client/promoteur immobilier.

Certaines applications seront plus ou moins adaptées au choix d'un client ou d'un promoteur qui veut imposer l'utilisation d'une TM à tous les intervenants. En effet, celle-ci doit d'abord être adaptée à tous et elle doit proposer un plan de financement adapté à cette situation qui requiert la participation d'un grand nombre d'utilisateurs. C'est pourquoi les applications qui proposent un plan tarifaire avec un nombre illimité d'utilisateurs ont été considérées comme mieux adaptées pour le client ou le promoteur immobilier.

Chaque entreprise est un cas particulier et la liste fournie constitue une suggestion type d'application. Le choix se précisera pour l'entreprise en fonction de ses propres critères, comme expliqué dans la section précédente. Aussi, chaque fournisseur est un cas particulier et offre un service et une relation clientèle différente qui sera un critère de choix déterminant. Ce tableau permet donc de diriger le choix de l'entreprise ou l'entité qui souhaite se tourner vers les TM, de donner des éléments de comparaison, pour ensuite faire un choix plus précis et adapté.

**Remarque :** On constate que les versions gratuites des applications proposent souvent un usage personnel ou un visionnage seul. Par conséquent, pour être à l'initiative d'une réelle collaboration entre intervenants, un partage, et un mode de travail intégré correspondant au dernier niveau de maturité, il faut prévoir un budget d'au moins une centaine de dollars par mois. Cependant, l'option « visionnage seul » offerte gratuitement permet par exemple à un entrepreneur de faire participer ses sous-traitants à moindre frais.

	GESTION DE CHANTIER	GESTION DOCUMENTAIRE	GESTION DE PROJET
\$	Site works OptiChantier	Newforma Plans Gratuit SmartUse Gratuit	ArchiPad Gratuit AproPLAN Gratuit BulldoZAIR Professional Newforma Suite Gratuit
\$\$	Site Boss	Inktronik (1) BIM 360 Docs (1) Newforma Plans SmartUse	ArchiPad AproPLAN BulldoZAIR Extended Enterprise Newforma Suite PlanGrid (1)
<b>Applications BIM</b>			
Aconex (1) BIM 360 (1) Latista			

**LÉGENDE**

Cible principale architecte/ingénieur	Adapté architecte/ingénieur
Cible principale entrepreneur/fabricant	Adapté entrepreneur/fabricant
Cible principale sous-traitant	Adapté sous-traitant
Tarif adapté client/promoteur	Adapté client/promoteur

(1) Ces applications proposent un tarif personnalisé avec nombre illimité d'utilisateurs, ce qui est intéressant pour le client ou le promoteur qui veut imposer l'outil

Figure 4.8 Tableau décisionnel pour guider le choix technologique

### **4.2.3 Gabarit de plan d'affaires**

Pour compléter le choix technologique, il est primordial de mesurer le plus précisément possible l'impact de son implantation dans les processus de l'entreprise avant de la mettre en place dans le but de s'assurer de la rentabilité et le potentiel du changement. Il est recommandé de préparer un plan d'affaires qui doit être mis à jour chaque année pour chaque projet afin de décider du renouvellement ou non de l'opération ou des ajustements nécessaires à faire. La Figure 4.9 présente un gabarit de plan d'affaires permettant de rappeler les possibles dépenses et recettes liées à la mise en place d'une technologie mobile et des changements de procédures associés.

Coûts				Bénéfices			
	Qté	P.U.	P. total		Qté	P.U.	P. total
<b>Technologie</b>				<b>Temps de travail</b>			
Achat application sur le portail		\$	\$	Surintendant		\$	\$
Abonnement mensuel ou annuel		\$	\$	Gestionnaire de projet		\$	\$
Options supplémentaires		\$	\$	Adjoint technique		\$	\$
Achat des appareils		\$	\$	Ouvrier		\$	\$
<i>Calculé directement d'après le choix technologique</i>				Chargé de projet		\$	\$
				Ingénieur		\$	\$
				Architecte		\$	\$
				Autre(s)		\$	\$
<b>Stratégie</b>				<b>Déplacements</b>			
<u>Pré-implantation</u>				Prix au km			
Promotion à l'interne et aux autres intervenants (pamphlets, affiches, vidéos, diffusions, etc.)		\$	\$	<i>Calculé grâce à la cartographie des processus</i>			
Préparation de l'interface de l'application (personnalisation propre au projet)		\$	\$				
Paiement d'un spécialiste		\$	\$				
<u>Formation</u>				<b>Autre</b>			
Séances de formation (salle, formateur, etc.)		\$	\$	Réduction des reprises		\$	\$
Temps de travail des utilisateurs en formation		\$	\$	Crédits d'impôt		\$	\$
Paiement d'un spécialiste pour la formation		\$	\$	<i>Les formations peuvent donner droit à des crédits d'impôt</i>			
<u>Soutien - suivi</u>					<i>Calculé sur la base du plan d'implantation</i>		
Service après-vente du fournisseur		\$	\$				
Paiement d'un spécialiste pour le soutien		\$	\$				
Sous Total			\$	Sous Total			\$
<b>TOTAL</b>							<b>\$</b>

Figure 4.9 Gabarit de plan d'affaires

## **CHAPITRE 5**

### **VALIDATION**

La dernière partie de la recherche concerne la mise à l'épreuve du Guide d'implémentation dans le but de valider la proposition de changement. Dans ce chapitre, une partie de la trousse d'outils a donc été confrontée à la réalité d'une entreprise de construction. Le processus de choix technologique du Guide d'implémentation (trois premières étapes) a été appliqué chez un entrepreneur général souhaitant mettre en place une application mobile de réalité augmentée sur ses chantiers pour accéder aux données du bâtiment.

#### **5.1 Présentation de l'expérimentation**

La réalité augmentée (RA) est la superposition du virtuel au réel, elle permet de contextualiser des données. Bien que de nombreux exemples soient liés à la vision, la réalité augmentée peut « augmenter » n'importe lequel des cinq sens<sup>5</sup>. Aujourd'hui les applications de réalité augmentée sont de plus en plus matures et polyvalentes (Chi, Kang et Wang, 2013). En effet, les possibilités d'utilisation de la RA sont nombreuses et prometteuses pour l'industrie de la construction. Les usages possibles peuvent s'étendre sur toutes les phases d'un projet de construction, depuis la promotion immobilière en passant par la conception, la construction et même la maintenance (Wang et al., 2013). Les outils mobiles sont parfaitement adaptés à l'application de la réalité augmentée puisqu'ils permettent de se déplacer à n'importe quel endroit et de superposer le virtuel au réel à travers leur caméra intégrée.

Dans le cadre de cette validation, un entrepreneur général a été rencontré et a fait part de ses intentions de mettre en application les dernières innovations en réalité augmentée sur ses chantiers de construction à des fins de gestion et de partage de l'information. La réalité augmentée est en effet à la fois un moyen très représentatif mais aussi très intuitif de partager

---

<sup>5</sup> Source : <http://www.augmented-reality.fr/cest-quoi-la-realite-augmentee/>

l'information, ce qui peut s'avérer attrayant pour le client et très confortable d'utilisation pour les professionnels travaillant sur le projet. La validation a donc consisté en l'application des trois premières étapes du Guide d'implémentation afin d'aider l'entreprise dans son choix technologique. Comme le suggère le Guide, les besoins et attentes, ainsi que le profil et les capacités de l'entreprise et des personnes qui la composent ont donc été analysés afin de faire une première sélection de solutions. Ces quelques solutions ont ensuite été testées et comparées pour arriver à une conclusion d'outil le mieux adapté.

## 5.2 Définition des besoins et attentes

Bien que l'entreprise ait déjà ciblé une utilisation précise des TM pour ses chantiers, à savoir la réalité augmentée, sa volonté de se tourner vers cette technologie repose sur des besoins particuliers liés aux possibilités qu'offre la réalité augmentée. Le Tableau 5.1 présente les besoins et attentes de l'entreprise selon les lignes directrices définies par le Guide d'implémentation.

Tableau 5.1 Besoins et attentes de l'entrepreneur général vis-à-vis des TM

<b>Processus/tâches ciblés</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- visualisation du projet pour le client ;</li> <li>- visualisation de l'existant inaccessible avant le début des travaux ;</li> <li>- comparaison du modèle BIM et du tel que construit sur chantier ;</li> <li>- accès aux données du bâtiment pour les mises en service ;</li> <li>- accès aux données du bâtiment pour la maintenance.</li> </ul>
<b>Résultats visés</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- gain de clients grâce à la visualisation et à l'outil de maintenance ;</li> <li>- réduction des erreurs grâce à l'outil de comparaison ;</li> <li>- gain de temps pour les mises en service.</li> </ul>
<b>Attentes fournisseur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- réactivité et prise en compte des suggestions utilisateurs</li> </ul>
<b>Compatibilité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tablettes iPad</li> </ul>
<b>Type de stockage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- infonuagique</li> </ul>

### 5.3 Caractérisation du profil

Le profil de l'entreprise a toujours son importance dans le choix technologique. Ici par exemple, l'entrepreneur général réalise ses projets sous différents modes contractuels qui peuvent lui donner différentes responsabilités et donc différents besoins technologiques. En effet, il peut agir en mode gestion de projet et l'administration de l'ouvrage s'arrêtera à la fin du chantier comme il peut prendre part à l'exploitation du bâtiment en mode gérance de construction. Dans les deux cas les besoins ne seront pas les mêmes en termes de tâches visées. Le Tableau 5.2 synthétise le profil et les capacités de l'entreprise.

Tableau 5.2 Profil et capacités de l'entrepreneur général vis-à-vis des TM

<b>Discipline</b>	Entrepreneur général pouvant agir en : - gérance de construction ; - gestion de projet ; - conception-construction.
<b>Budget</b>	L'entrepreneur possède déjà des licences pour différentes applications mobiles d'Autodesk et souhaite en priorité explorer les possibilités dans ces applications pour ne pas racheter de licence. Budget pour une autre application de quelques dizaines de dollars par mois de licence par utilisateur.
<b>Niveau informatique des utilisateurs</b>	Les utilisateurs ont un bon niveau informatique et notamment utilisent déjà des iPad sur les chantiers pour d'autres applications BIM.
<b>Motivation des utilisateurs</b>	En raison de leur expérience concluante avec les TM les utilisateurs ont un bon a priori sur l'introduction de nouvelles solutions. En outre, la RA est une technologie très intuitive et très visuelle, ce qui en fait un outil attractif.

## 5.4 Choix d'un outil adapté

À partir des besoins et du profil établis, différentes solutions de RA sur outils mobiles ont été envisagées et testées afin de trouver la mieux adaptée. Dans un premier temps, les applications répondant aux besoins en termes de tâches et de processus ont été sélectionnées, puis elles ont toutes été mises à l'épreuve sur un même projet fictif pour tester leur précision, réactivité, avantages et défauts.

### 5.4.1 Analyse des différentes fonctionnalités attendues de la RA

#### 1. Visualisation de la conception

La RA peut permettre de visualiser en lieu et place du futur bâtiment, le modèle 3D du projet en question, ce qui a pour avantage de placer le projet dans son contexte géographique réel et dans son environnement. La Figure 5.1 montre un exemple de réalité augmentée utilisée dans ce contexte. Ce type d'usage donne la possibilité de montrer au client un aperçu beaucoup plus réaliste du projet, ce qui n'était jusqu'alors pas possible en construction.



Figure 5.1 Utilisation de la RA pour visualiser la conception du futur projet en contexte réel  
Tirée de Errin (2011)

## 2. Pré-construction : visualisation de l'existant inaccessible

Dans un contexte de travaux urbains ou de travaux d'infrastructures, la RA peut permettre d'éviter de faire des sondages, sous réserve qu'un modèle 3D des infrastructures urbaines existantes soit disponible. En effet, en ayant connaissance de l'emplacement de certains conduits par exemple, les travaux de terrassement peuvent être guidés. La Figure 5.2 montre l'exemple de la ville de Las Vegas qui a décidé de modéliser toutes ses infrastructures afin de pouvoir accéder aux informations sur les équipements urbains sans effectuer de sondage.



Figure 5.2 Utilisation de la RA pour visualiser l'existant inaccessible avant le début des travaux  
Tirée de Zeiss (2013)

## 3. Confrontation du modèle BIM avec le produit réel

Lorsqu'un modèle BIM du projet est disponible, la réalité augmentée offre la possibilité de confronter ce qui était prévu avec ce qui a réellement été réalisé, au fur et à mesure de la construction. Cela rend alors beaucoup plus simple le contrôle de la qualité ou encore le suivi du planning du projet. La Figure 5.3 montre la superposition du modèle BIM avec la réalité sur le chantier.



Figure 5.3 Utilisation de la RA pour confronter le modèle de conception BIM avec le tel que construit  
Tirée de Fetterling (2013)

Une étude faite en 2012 (Park et al., 2013) montre l'utilité de la réalité augmentée pour le contrôle du travail sur le chantier : l'application détecte les différences existant entre le modèle BIM (ce qui était prévu) et la réalité (ce qui a effectivement été construit) et détecte ainsi les erreurs. Cette application restée au stade expérimental n'est pas commercialisée, elle permet cependant de mesurer le potentiel de la RA pour la construction.

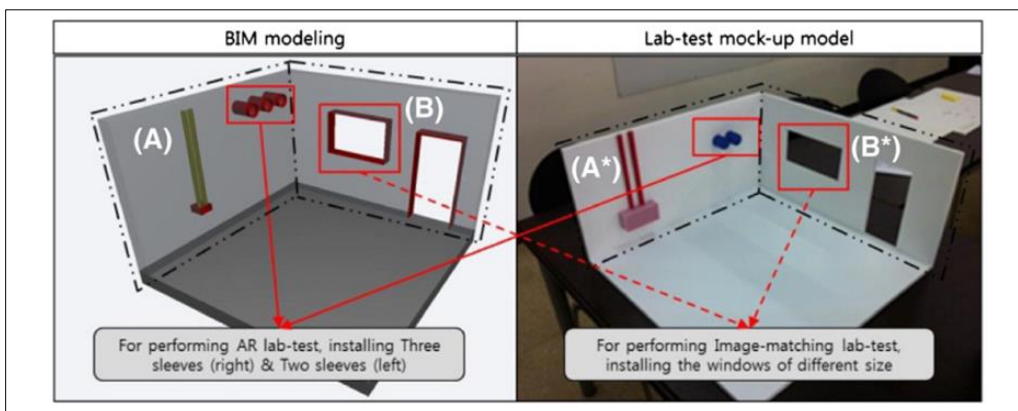


Figure 5.4 Prototype d'application de RA pour la détection de non-conformités entre le modèle BIM et le réel  
Tirée de Park et al. (2013)

#### 4. Post-construction : mise en service

La mise en service du bâtiment peut être accélérée et simplifiée grâce à la réalité augmentée : les informations concernant les éléments du projet sont disponibles en temps réel sans avoir besoin de les rechercher dans les rapports.

#### 5. Maintenance du bâtiment : accès à toutes les données

En supposant que le modèle BIM du bâtiment ait été mis à jour au fur et à mesure de l'avancement du projet, de sorte qu'un modèle BIM du tel que construit soit disponible, la réalité augmentée peut alors donner accès à toutes les données nécessaires à la maintenance, assurant ainsi une gestion optimale du cycle de vie. Pour les éléments se trouvant par exemple derrière les murs ou les faux-plafonds comme les conduits ou les installations électriques, il devient alors possible de savoir où ils se trouvent avant d'y accéder physiquement, et d'avoir accès à toutes leurs propriétés (matériaux, dimensions, etc.). La Figure 5.5 montre un exemple de visualisation des équipements inaccessibles après la construction.



Figure 5.5 Utilisation de la RA pour accéder aux données du bâtiment pendant la phase d'exploitation  
Tirée de Porwal (2015)

### 5.4.2 Comparaison de plusieurs solutions

La RA est une technologie émergente mais quelques applications sont déjà commercialisées pour la construction et en particulier pour les fonctionnalités attendues ici. Dans un premier temps, les pistes de solutions au sein d'Autodesk ont été poursuivies. En effet, la firme possède déjà les licences des produits Autodesk, l'entente avec ce fournisseur fonctionne bien, et les modèles BIM des projets sont réalisés avec le logiciel Revit d'Autodesk, ce qui facilitera la compatibilité. L'application la plus aboutie d'Autodesk en termes de RA est Infraworks 360 pour iPad. Après avoir chargé un modèle Revit dans le logiciel Infraworks 360 sur ordinateur, il est possible de visualiser celui-ci en contexte réel grâce à l'application iPad Infraworks 360. D'autres pistes de solutions ont été poursuivies pour comparaison : SightSpace 3D, Rendra O et BIManywhere.

La Figure 5.6 synthétise le comparatif des quatre applications et de leur capacité à répondre aux fonctionnalités demandées. Pour chacune d'entre elles, la RA a été testée à partir d'un modèle BIM des bureaux de l'entreprise. De cette façon, il était possible à chaque rendez-vous avec la firme de faire des tests de visualisation en contexte réel et de voir la réactivité et la précision de chaque application. Le principal critère qui a départagé les applications a été le type de géolocalisation. En effet, il a été vu que le GPS de l'iPad n'est pas assez précis pour visualiser des données à petite échelle (intérieur du bâtiment ou seulement quelques mètres de recul). Une étude a d'ailleurs montré que dans le cas d'un usage de la RA à l'aide du seul GPS de la tablette, la déviation des objets projetés dans 80% des cas d'une étude était de 5 à 6 mètres (Schmid et Langerenken, 2014). Certaines applications proposent donc des alternatives comme l'utilisation de la localisation par Wifi, la détection de marqueurs avec la caméra de l'iPad, ou encore le branchement d'un GPS externe plus précis. Enfin, d'autres critères de comparaison se sont avérés importants comme l'accès aux informations sur les objets, la superposition au réel avec la caméra de l'appareil, ou le prix de la licence.




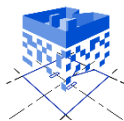
		 SightSpace® 3D		
<b>Nom</b>	<b>Infraworks 360</b>	<b>SightSpace 3D</b>	<b>Rendra O</b>	<b>BIManywhere</b>
<b>Fournisseur</b>	Autodesk	Limiteless Computing	Rendra	The Vault Inc.
<b>Compatibilité</b>	iPad	iPad et Android	iPad et Android	iPad
<b>Langue</b>	anglais et français	anglais et français	anglais	anglais, chinois
<b>Format(s) supportés</b>	.RVT	.SKP, .KMZ, .KML	.IFC	.NWD, .DWF
<b>Localisation</b>	GPS, wifi	GPS, wifi, GPS externe, marqueurs	manuelle	GPS, marqueurs
<b>Superposition au réel</b>	Oui	Oui	Non	Non
<b>Prix (USD) (u. = utilisateur)</b>	Sur demande	\$40/ 30 jours / 1 u. \$200/ 6 mois / 1u. \$400/ 1 an / 1 u. \$500 à vie / 1 u.	\$200/mois / 5 u. \$500/mois / 18 u. \$800/mois / 36 u. \$1800/mois / 72 u.	\$75/mois / 1 u. \$750/an / 1 u. <u>Si 10+ u. :</u> \$600/an / 1 u.
<b>UTILISATIONS</b>				
<b>Visualisation de la conception (extérieur)</b>	<b>+</b>	<b>++</b>	<b>+</b>	<b>++</b>
<b>Visualisation de la conception (intérieur)</b>		<b>+</b>	<b>+</b>	<b>++</b>
<b>Pré-construction: visualisation de l'existant inaccessible</b>		<b>++</b>		<b>+</b>
<b>Confrontation du modèle BIM avec le produit réel</b>			<b>+</b>	<b>++</b>
<b>Post-construction: mise en service</b>			<b>++</b>	<b>++</b>
<b>Maintenance du bâtiment: accès à toutes les données</b>			<b>+</b>	<b>++</b>

Figure 5.6 Comparatif entre 4 applications de RA testées sur un projet fictif commun

Pour chaque application testée sur le projet fictif, des avantages et des inconvénients ont été détectés. Malheureusement, les avantages des unes ont constitué les inconvénients des autres, mais aucune application n'a répondu à tous les critères demandés tandis que chaque critère a été retrouvé dans au moins une application. Le potentiel de la RA a donc bien été démontré, mais le marché ne propose pas encore d'application mobile vraiment aboutie pour la gestion de projets de construction.

Voici les avantages et les défauts qui ont été retenus pour chaque application :

Infraworks 360 a l'avantage d'être déjà en place dans l'entreprise (c'est aussi un logiciel de modélisation d'infrastructures civiles). De plus Infraworks permet l'importation directe de fichiers Revit depuis l'interface sur PC du logiciel Infraworks pour la visualisation en mode réalité augmentée dans l'application pour iPad. Cependant, elle requiert aussi un long processus pour arriver jusqu'à la visualisation en mode RA. Le mode RA s'appuyant sur une localisation via le GPS de l'iPad additionné d'une éventuelle connexion internet, la précision est de plusieurs mètres, ce qui rend la visualisation intérieure inadéquate, et la visualisation de l'extérieur peu précise (voir Figure 5.7). Il est ressorti de cette étude que ce logiciel est adapté pour un usage de **visualisation de la conception** avec plusieurs dizaines de mètres de recul, mais pas pour une visualisation intérieure ni pour tout autre usage attendu par l'entreprise. Les applications Autodesk sont en constante évolution et les suggestions des utilisateurs sont souvent mises en application, ce qui laisse la porte ouverte à une amélioration de cette application et à une compatibilité dans le futur entre les besoins de la firme et les solutions proposées par Autodesk.



Figure 5.7 Utilisation du mode RA d'Infracore 360 : la précision de la position des objets est de plusieurs mètres

L'application SightSpace3D ne supporte pas les fichiers .RVT qui sont ceux utilisés par la firme pour les modèles 3D des projets, cependant il est possible d'exporter un modèle Revit au format .KMZ ce qui peut être une solution pour la compatibilité entre Revit et l'application de réalité augmentée (manipulation plus longue). En revanche, l'utilisation d'un GPS externe ou de marqueurs pour le mode RA permet d'avoir une meilleure précision qu'avec Infracore 360. Ainsi les usages possibles de la RA seront plus larges : SightSpace 3D pourrait permettre un usage **extérieur et intérieur** de **visualisation de la conception** grâce aux marqueurs. De la même façon, il pourrait servir à la **visualisation de l'existant inaccessible** pour les infrastructures urbaines puisqu'il est nécessaire dans ce cas d'avoir une précision au-delà de l'ordre du mètre. En revanche, l'incompatibilité avec le format .RVT ou .IFC rend impossible l'utilisation en mode BIM, soit l'accès aux données du bâtiment et aux

informations de chaque objet. Les autres usages de la RA comme la confrontation du modèle BIM au produit réel ou l'utilisation pour les mises en service ne sont alors pas envisageables avec SightSpace 3D.

Rendra O permet de réellement travailler en BIM. D'abord, sa compatibilité avec le format .IFC la fait entrer dans les standards du BIM et l'application offre l'accès direct à toutes les données du bâtiment. Le téléchargement du modèle IFC dans l'application est très rapide et la navigation à travers les objets est très facile : il suffit de cliquer sur un élément pour voir apparaître sur le côté toutes ses propriétés. En revanche, la navigation dans le modèle pour cette application est manuelle (immersion dans le modèle 3D en cliquant sur l'endroit du plan où l'on se trouve), ce qui enlève à l'application sa vraie fonction de réalité augmentée : il s'agit alors plutôt de réalité virtuelle. Cependant, pour un usage de **visualisation de la conception**, intérieur ou extérieur, ou encore de **confrontation du modèle BIM avec le produit réel**, et même la **mise en service**, la navigation manuelle reste la façon la plus efficace de se déplacer dans le bâtiment. En effet, comme il a été vu plus haut, la localisation par GPS ou wifi n'est pas assez précise. Quant aux marqueurs, ils offrent une localisation beaucoup plus précise, mais ils exigent de scanner des objets avec la caméra pour mettre le modèle en place, or, lorsqu'on se déplace parmi les couloirs ou les étages d'un bâtiment, cela peut devenir fastidieux et résulter en une perte de temps. Pour des inspections nécessitant un déplacement, Rendra O serait donc la plus appropriée. En revanche, elle ne permet pas de superposer l'image de la caméra avec le modèle BIM, ce qui la rend incompatible avec la fonctionnalité de visualisation du projet en contexte réel pour le client.

L'application BIManywhere possède les mêmes avantages que Rendra O, avec l'option des marqueurs et du gyroscope (le déplacement de l'iPad entraîne un déplacement du point de vue) en plus, ce qui la fait se rapprocher davantage de la réalité augmentée. La seule fonctionnalité manquante qui empêche de comparer réellement l'existant au modèle sur l'écran de l'iPad est l'activation de la caméra lorsque le gyroscope est en route. Comme il est possible de ne sélectionner que certains objets à afficher, cette option permettrait par exemple de n'afficher que les conduits de plomberie qui ne sont pas encore construits et de les

superposer aux travaux déjà effectués pour s'assurer que l'espace sera suffisant pour les accueillir. Il reste tout de même très intéressant de pouvoir se retrouver immergé dans le modèle au bon emplacement en quelques secondes en scannant le QR Code placé sur le chantier. Tout comme Rendra O, l'absence de superposition réel/virtuel empêche la visualisation en contexte réel qui faisait partie des attentes de l'entreprise.

Finalement, bien que toutes les solutions étudiées soient prometteuses, aucune ne remplit toutes les attentes de la firme. Ce constat n'aurait pu se faire sans avoir testé les applications sur un projet fictif. En particulier, la précision de la géolocalisation n'est pas un critère que les fournisseurs d'application donnent dans la description de leurs produits. En outre, contrairement à ce que l'on pourrait croire, la fonctionnalité de superposition de l'image caméra avec le modèle n'est pas toujours évidente non plus dans les descriptions, d'où la nécessité de tester les applications. Les pistes de solutions pour l'entreprise se tournent maintenant vers de nouveaux outils comme l'application Pericept, qui permettrait à la fois la superposition du virtuel et du réel, et la détection d'objet pour une géolocalisation ultra précise. Cette application est en cours de développement et n'est pas encore disponible sur le marché mais semblerait constituer une solution prometteuse pour la firme. En outre, des suggestions d'améliorations ont été faites auprès d'Autodesk pour la précision de la localisation. Cette piste est encore envisagée puisque les licences sont déjà possédées par l'entreprise.

## **5.5 Discussion**

Bien que le choix de l'entreprise ne se soit finalement porté sur aucun produit, il est clair que l'étude qui a été faite a été bénéfique. Premièrement, l'entreprise sait exactement quel outil viser et lorsque celui-ci sera disponible à la commercialisation, elle pourra faire son choix beaucoup plus rapidement et sera assuré qu'il est adapté à ses besoins. Deuxièmement, comme il a été soulevé dans la section précédente, plusieurs critères déterminants concernant le fonctionnement des applications ne sont pas visibles dans la description qu'en fait le vendeur. L'étude a permis de mettre en lumière ces critères et de ne pas faire un achat non

fondé, qui aurait coûté de l'argent à l'entreprise sans vraiment répondre à ses besoins. Par conséquent l'utilisation de l'application aurait probablement été abandonnée. Une implémentation ratée représente une perte totale de l'investissement qu'elle représente, tandis qu'une étude apporte toujours des réponses, elle ne peut pas constituer une perte totale. Pour conclure, bien que ce cas extrême n'ait mené à aucun choix immédiat de solution, on remarque qu'il en résulte tout de même une situation bénéfique dans laquelle un achat non approprié a été évité, et où le terrain est préparé pour un achat futur, ce qui donne à la firme une longueur d'avance dans le domaine de la RA, dans lequel elle pourra faire partie des pionniers lorsque le moment sera venu. L'étude aura permis de diriger l'entreprise vers l'outil qui lui permettrait le meilleur rendement selon ses besoins, dans l'attente que celui-ci soit disponible sur le marché.

Finalement, par manque de temps les étapes 4, 5 et 6 du Guide d'implémentation n'ont pas pu être appliquées à l'industrie pour être mises à l'épreuve. En effet, l'entreprise dans laquelle ont été appliquées les étapes 1, 2 et 3 ne partant pas immédiatement vers la mise en place d'un outil, le processus du guide devait alors être réappliqué entièrement à une autre entreprise, ce qui constituait plusieurs mois voire années de travail. L'application de l'intégralité des étapes du guide dans une entreprise fait cependant partie des recommandations pour les futurs travaux de recherche.

## CONCLUSION

Ce mémoire visait à proposer une solution à l'informatisation de la gestion de l'information sur le chantier à l'aide des TM. Les études de cas ont confirmé qu'à cette fin, le manque d'importance accordée à l'aspect stratégique lors de l'adoption des TM par les entreprises québécoises de la construction devait être résolu. La revue de la littérature et les précédents travaux de Frenette qui constituent la base de ce mémoire avaient en effet clairement souligné ce problème et l'avaient placé au centre de la problématique de l'adoption des TM. En abordant la situation existante du triple point de vue technologique, organisationnel et procédural, la situation a été éclaircie et actualisée, et le problème stratégique a pu être abordé sur des bases claires et bien définies. Notamment, comme le suggéraient les recommandations de Frenette, le quatrième niveau de maturité des applications mobiles (administration et gestion de projets) a été scindé en deux sous-niveaux qui se sont logiquement séparés entre les applications simples et intuitives et les applications plus complètes et programmables.

L'apport principal de ce mémoire face au problème stratégique est le Guide d'implémentation inclus dans la trousse d'outils. Ce guide proposant une stratégie d'adoption en six étapes clés, destiné aux entreprises de la construction, s'est présenté comme la meilleure solution. En effet, cette solution aborde le problème stratégique du point de vue global, se présentant de façon chronologique et mêlant ainsi les trois thèmes clés « organisation », « technologie » et « procédure », sans les dissocier ni privilégier l'un d'entre eux. De cette façon il est possible non seulement de répondre aux défis exprimés par les entreprises québécoises dans le passé et dans le présent, mais aussi de prendre en compte et de faire partager les meilleures pratiques qu'elles ont su mettre en place, ainsi que d'inclure des données variées issues des fournisseurs d'applications, des magasins d'applications, de la littérature, etc. En résumé, le fait de se concentrer sur le schéma « organisation, technologie, procédure » en ne négligeant aucun des trois aspects, a permis d'élaborer une solution à la fois réaliste et généraliste. En effet, elle prend en compte une large gamme de données issues de cas réels et tend à s'adapter aux plus de cas possible dans

la diversité des intervenants des projets de construction. Ce guide apporte à l'industrie québécoise de la construction la synthèse d'une grande quantité de données, offrant aux entreprises la possibilité de réduire considérablement la partie « étude » de leur implémentation, de bénéficier de l'expérience des précurseurs dans l'adoption des TM, et de suivre des lignes directrices toutes tracées et fiables. S'appuyant en grande partie sur les entreprises innovantes du présent, et touchant à un domaine en rapide développement, ce guide se veut évolutif à mesure que le nombre d'entreprises innovantes évolue, que les applications s'améliorent et se développent, offrant de plus en plus de possibilités.

Le Guide d'implantation est donc l'apport central de la proposition de changement que fait ce mémoire tandis que les autres éléments de la proposition gravitent autour de ce Guide pour lui donner un soutien de second plan mais nécessaire. La cartographie des processus a donné une visualisation instantanée des changements de nature procédurale impliqués dans l'adoption d'une TM et a permis d'illustrer clairement les zones de la gestion de l'information qui pouvaient être informatisées bien que cette liste ne soit pas exhaustive. Le tableau décisionnel aura quant à lui clarifié la situation sur le plan technologique. Enfin, le gabarit de plan d'affaires synthétise les éléments financiers à prendre en compte, ce qui est souvent la question centrale pour une entreprise. Cette trousse d'outils et le premier apport de son genre pour les TM en construction. Elle apporte un travail de synthèse des solutions possibles et des manières de les implanter, et a la particularité de répondre spécifiquement aux besoins et au contexte des entreprises québécoises.

La validation des trois premières étapes du Guide d'implémentation (Besoins, Profil, Choix technologique) auprès d'un entrepreneur général a fait ressortir leur importance et leur pertinence. Il est clair qu'une partie du Guide seulement ait été mise à l'essai, et qu'il serait intéressant dans le futur d'appliquer toutes les étapes du Guide à l'industrie. Néanmoins, cette validation a déjà mis en avant des résultats qui n'auraient pas pu être obtenus sans la réalisation des trois premières étapes. Ces résultats ont permis de ne pas lancer un investissement « à l'aveugle » dans une technologie qui n'aurait pas été adaptée pour l'entreprise et qui aurait probablement constitué une perte. Dans le cas en question, le choix

de l'entreprise ne s'est porté sur aucune des technologies testées à la fin de l'étude. Ce cas a aussi montré que les TM ne sont pas systématiquement la solution « miracle ». La section 0 de ce mémoire présente les TM comme un outil au changement et non une solution. En effet, le fort potentiel d'amélioration via les TM dans la gestion de l'information des projets de construction a été démontré, mais le choix d'une TM se basant sur le contexte très particulier de l'entreprise, des personnes qui la composent et du projet en lui-même, il n'existe pas toujours un outil mobile parfaitement adapté. En résumé, la partie validation a bien illustré la pertinence des étapes du Guide, sans pour autant montrer que ce dernier était exhaustif. Il est clair que l'apport de plus de données et d'une plus grande variété pourrait contribuer à l'améliorer et à le compléter.

Ce mémoire apporte une documentation du retour sur expérience de l'industrie à travers l'analyse des précédents travaux de recherche, les études de cas de Frenette et les études de cas conduites pour ce projet. Il apporte également une solution évolutive au problème du manque de stratégie soulevé à de nombreuses reprises. Cette solution se veut généraliste à travers l'industrie de la construction, elle a été en partie validée auprès d'un entrepreneur et nécessite encore d'être mise à l'essai.



## **RECOMMANDATIONS**

Pour les futurs travaux de recherche, les suggestions sont les suivantes :

- appliquer toutes les étapes Guide d'implémentation à l'industrie afin d'en évaluer la pertinence et de le compléter ;
- mettre à niveau le Guide d'implémentation vis-à-vis de l'évolution de la situation des TM en construction au Québec ;
- travailler avec des entreprises de différents domaines dans le but de cartographier plus de processus avant/après adoption des TM.



## ANNEXE I

### Questionnaire d'entrevue semi-dirigée – Profil utilisateur

#### Introduction

- présentation du projet ;
- permission d'enregistrer l'entrevue ;
- formulaire de confidentialité.

#### Présentation de la personne interviewée

#### Questions

##### 1. Généralités

Quel est votre fonction dans l'entreprise/votre rôle dans le projet ?

Quelle est votre ancienneté dans l'entreprise et quelle est votre expérience dans le domaine de la construction ?

Depuis combien de temps utilisez-vous \_\_\_\_\_ ?

##### 2. Implantation : comment s'est déroulée l'implantation de \_\_\_\_\_ dans votre entreprise?

- stratégie d'implantation ;
- diffusion de l'information parmi les employés ;
- consultation des futurs utilisateurs ;
- appui de la part de la direction ;
- formation technique/théorique ;
- utilisation progressive ;
- formation autres intervenants.

Avez-vous été enthousiaste ou réticent à l'utilisation de cette nouvelle technologie ?

Pourquoi ? Qu'en est-il de l'appréciation générale ?

Est-ce que vous considérez que \_\_\_\_\_ est maintenant complètement intégré aux projets ?

**3. Difficultés rencontrées : Quelles sont les difficultés auxquelles vous avez fait face durant l'implantation de \_\_\_\_\_ ?**

- personnellement ;
- en général ;
- intervenants extérieurs ;
- légal ;
- recommandations.

**4. Travail collaboratif : quelle différences appréciez-vous par rapport au processus traditionnel ?**

- comparaison communication avant/après, courriels/\_\_\_\_\_ ;
- fluidité, simplicité...

**5. Retombées : quelles ont été les retombées de l'utilisation de \_\_\_\_\_ sur le chantier ?**

- budget ;
- échéancier ;
- qualité ;
- sécurité ;
- retour client satisfait ;
- prévu/réel ;
- chiffres.

**6. Conclusions**

Êtes-vous satisfait de l'utilisation de \_\_\_\_\_ dans vos projets ?

Quel est votre ressenti général concernant l'implantation de \_\_\_\_\_ dans votre entreprise ?

Avez-vous des remarques/questions supplémentaires ?

## ANNEXE II

### Questionnaire d'entrevue semi-dirigée – Profil décideur

#### Introduction

- présentation du projet ;
- permission d'enregistrer l'entrevue ;
- formulaire de confidentialité.

#### Présentation de la personne interviewée

#### Questions

##### 1. Généralités

Quand avez-vous décidé d'implanter une nouvelle technologie dans votre entreprise ?

Depuis combien de temps est-elle mise en place ?

Quelles sont les raisons qui vous ont poussé à adopter une nouvelle technologie ?

Pourquoi avoir choisi \_\_\_\_\_ en particulier ?

##### 2. Implantation : quelle a été votre stratégie d'implantation pour \_\_\_\_\_ ?

- diffusion parmi les employés ;
- formation technique/théorique ;
- changement de processus ;
- appui de la direction ;
- temps d'implantation ;
- niveaux d'utilisation – adoption progressive ;
- intervenants extérieurs – consultatif/participatif.

**3. Difficultés rencontrées : quelles sont les difficultés auxquelles vous avez fait face lors de l'implantation de la technologie ?**

- résistance au changement ;
- changement dans le processus de travail ;
- légal ;
- comparaison corps de métiers/adoption ;
- recommandations.

**4. Travail collaboratif**

Quel est le nouveau schéma de communication grâce à \_\_\_\_\_ ? (Centralisé ? moins dispersé ? moins de liaisons ? Le surintendant ou adjoint technique est-il déchargé ?)

**5. Retombées**

- budget ;
- échéanciers ;
- qualité ;
- sécurité ;
- retour satisfaction client ;
- attendues/réelles ;
- chiffres.

**6. Conclusions**

Quel est votre ressenti général concernant l'implantation de \_\_\_\_\_ dans votre entreprise ?

Avez-vous des remarques/questions supplémentaires ?

Serait-il possible de recueillir le témoignage des utilisateurs eux-mêmes ?

## **ANNEXE III**

### **Questionnaire d'entrevue semi-dirigée – Profil développeur**

#### **Introduction**

- présentation du projet ;
- permission d'enregistrer l'entrevue ;
- formulaire de confidentialité.

#### **Présentation de la personne interviewée**

#### **Présentation de l'application par le développeur**

#### **Questions - précisions**

##### **1. Présentation**

Comment se fait le stockage (sur l'appareil, sur un cloud, ...) ?

La licence est-elle valide par appareil ou par utilisateur (un compte sur plusieurs appareils) ?

Comment se fait la synchronisation (automatique ou non) ? Y a-t-il un mode « hors ligne » ?

Quelles sont les fonctionnalités ? (Consultation de documents, annotation de documents, partage de documents, ...)

##### **2. Historique**

Depuis combien de temps existe \_\_\_\_\_ ? Évolution des versions ? Nombre de clients ?

Concurrent principal ?

### **3. Cadre d'implantation**

Quels sont les clients visés ? (type, étendue géographique)

Quelles sont les conditions d'implantation usuelles pour cette technologie ? (prérequis, formation des utilisateurs, bouleversement des processus de travail,...)

Proposez-vous une stratégie d'implantation ou le client la met-il en place lui-même ?

Y a-t-il plusieurs niveaux d'utilisation possible ? (si oui, lesquels ?) Peut-on l'utiliser de façon évolutive/progressive ? (expliquer)

### **4. Retombées**

Quels sont les raisons qui sont à la source de la création de l'application ?

Quelles sont les retombées visées ? (budget, planning, qualité, sécurité,...)

Est-ce que des utilisateurs peuvent en témoigner avec des chiffres ? (si déjà commercialisé)

### **5. Difficultés rencontrées**

Quelles sont les difficultés rencontrées lors de l'implantation de la technologie ? (Résistance au changement, changement dans le processus de travail, etc.)

Quelles sont vos recommandations pour faire face à ces difficultés ?

### **6. Travail collaboratif**

Comment cette application peut-elle s'adapter à un projet BIM s'il y a lieu ? Est-elle compatible avec d'autres plateformes ?

Peut-on communiquer ou interagir via l'application ? En direct, en différé ou les deux ?

Quel est le type d'utilisation ? Personnel, partage, collaboratif ?

### **7. Étude de cas**

Est-ce qu'une étude de cas dans le cadre de ce projet est envisageable ? (quelle entreprise/quel lieu)

Avez-vous des questions concernant notre projet ?

## **ANNEXE IV**

### **Guide des Technologies Mobiles**



# Construction 2.0

## Guide des technologies mobiles



**CERACQ**

Centre d'études et de recherches  
pour l'avancement de la construction au Québec

**GRIDD**

GRUPE DE RECHERCHE  
EN INTÉGRATION ET DÉVELOPPEMENT DURABLE  
EN ENVIRONNEMENT BÂTI

CHAIRE INDUSTRIELLE  
POMERLEAU



# Table des matières

---

Remerciements .....	3
Acronymes et Définitions .....	4
Résumé .....	5
<b>Introduction</b> .....	<b>7</b>
Les résultats de la 1ère phase .....	8
Les objectifs de la 2 <sup>nd</sup> e phase .....	11
<b>1. Situation actuelle des technologies mobiles</b> .....	<b>13</b>
La mobilité .....	13
Les plateformes .....	15
Les applications .....	16
<b>2. Mettre en place une technologie mobile : quels enjeux?</b> .....	<b>19</b>
<b>I. Retombées</b> .....	<b>19</b>
<b>II. Défis</b> .....	<b>23</b>
<b>3. Études de cas</b> .....	<b>26</b>
I. N.F.O.E. ....	27
II. DMA Architectes .....	29
III. CANAM .....	31
IV. EBC Inc. ....	33
V. CIMA+ .....	35
VI. Pomerleau .....	37
VII. Ædifica .....	39
VIII. Promoteur immobilier .....	41
<b>4. Trousse d'outils</b> .....	<b>43</b>
GUIDE D'IMPLÉMENTATION .....	44
TABLEAU DÉCISIONNEL .....	50
GABARIT DE PLAN D'AFFAIRES .....	55
Conclusions .....	58
Bibliographie .....	59

PRÉPARÉ PAR :

**Daniel Forgues**

Ph. D., professeur titulaire, Département de génie de la construction, ÉTS Montréal

**Souha Tahrani**

Ph. D., associée de recherche, ÉTS Montréal

**Manon Pouteau**

B. Ing., étudiante à la maîtrise, ÉTS Montréal

# Remerciements

---

L'équipe de recherche du GRIDD tient à remercier les organismes qui ont financé ce projet : Mitacs accélération et le Centre d'études et de recherches pour l'avancement de la construction au Québec (CERACQ), ainsi que la Chaire Industrielle Pomerleau qui apporte un financement au laboratoire de recherche du GRIDD de l'ÉTS Montréal. Nous remercions également les entreprises ayant participé à cette étude : Groupe CANAM, DMA Architectes, Consortech, NFOE, Pomerleau, Cima+, EBC Inc, Newforma & SmartUse, AproPLAN, MP Repro, ainsi que toutes les personnes qui nous ont informés, aidés, conseillés et accordé leur temps pour ce projet.

# Acronymes et Définitions

---

**Technologie Mobile (TM)** : Comme son nom l'indique c'est une technologie portable; cela réfère à tout appareil qui peut être transporté pour effectuer une large variété de « tâches » (un téléphone intelligent, une tablette ou encore un ordinateur portable) <sup>1</sup>

**Application mobile** : Souvent appelée “app”, est un type d'application logicielle conçu pour fonctionner sur un appareil mobile comme un téléphone intelligent ou une tablette. Les applications mobiles offrent souvent des services similaires à ceux accessibles sur un ordinateur (PC ou Mac)<sup>2</sup>.

**Industrie AEC** : L'industrie de l'architecture, de l'ingénierie et de la construction. Ce terme regroupe tous les joueurs impliqués dans un projet de construction. Même si aujourd'hui, ces joueurs sont encore trop séparés, l'apparition du terme AEC montre une avancée vers la vision intégrée des projets de construction.

**Building Information Modeling (BIM)** : est 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 une base fiable pour la prise de décisions pendant sa durée de vie, et ce, dès sa création<sup>3</sup>.

**GRIDD** : Groupe de Recherche en Développement Durable en environnement bâti. Notre groupe de recherche se trouve au sein de l'École de Technologie Supérieure de Montréal.

---

<sup>1</sup> Source : <http://www.strategicgrowthconcepts.com/growth/increase-productivity--profitability/mobile-technology-facts.html> [TRADUCTION LIBRE] (consulté le 01/07/2015)

<sup>2</sup> Source : <https://www.techopedia.com/definition/2953/mobile-application-mobile-app> [TRADUCTION LIBRE] (consulté le 13/10/2015)

<sup>3</sup> Source : National Institute of Building Sciences, 2007 (TRADUCTION LIBRE)

# Résumé

---

Initié en 2013, le projet « *Construction 2.0 : L'efficacité par le numérique* » a été réalisé en partenariat avec le Centre d'études et de recherches pour l'avancement de la construction au Québec (CERACQ) en deux phases. Le présent rapport correspond à la seconde phase du projet<sup>4</sup>.

Ce projet a eu pour but principal l'établissement d'un guide permettant aux entreprises de l'industrie de la construction de faire les meilleurs choix technologiques et stratégiques lors de l'adoption d'une technologie mobile (TM). Ce guide est destiné à tous les professionnels en lien avec les projets de construction (entrepreneurs généraux, sous-traitants, architectes, ingénieurs, gestionnaires immobiliers, fabricants, etc.) et il peut aussi informer les développeurs d'applications mobiles sur le contexte de l'industrie de la construction.

Pour mener à bien ce projet, les objectifs de la 1<sup>ère</sup> phase étaient les suivants :

- Mettre en lumière l'état de l'adoption des TM dans l'industrie de la construction au Québec, de façon absolue mais aussi relativement aux États-Unis et aux autres provinces canadiennes.
- Dégager grâce à des observations sur le terrain et une revue des travaux réalisés précédemment sur le sujet, les bénéfices et les défis qui se présentent lors de l'implémentation d'une technologie mobile dans une entreprise.

Les résultats de cette première partie ont montré que bien que certaines entreprises au Québec se montrent innovantes et se rapprochent d'une utilisation optimale des TM, en général l'utilisation des TM dans la construction au Québec se faisait de façon personnelle, individuelle. Ce point pouvait être amélioré en allant plus loin dans la collaboration et dans la gestion de l'information comme le font certaines entreprises aux États-Unis. Il a néanmoins été dégagé de nombreux effets positifs à l'utilisation des TM pour les entreprises innovantes, dont les plus cités étaient un meilleur accès à l'information, une augmentation de la productivité du personnel et un meilleur partage de l'information.

## Les objectifs de la 2<sup>nde</sup> phase:

- Informer sur les tendances sur le marché des TM en construction en 2015
- Mettre en lumière, grâce à huit études de cas auprès de professionnels et à une revue des précédentes recherches, les enjeux liés à l'implémentation d'une TM en entreprise.
- Produire en conséquence une trousse d'outils permettant de guider les entreprises dans leur implantation d'une TM.

Ce que contient la trousse d'outils :

- Un guide d'implémentation avec des conseils stratégiques
- Un tableau décisionnel pour guider le choix technologique
- Un gabarit de plan d'affaires pour calculer la rentabilité de l'investissement

---

<sup>4</sup> Le rapport 2014 correspondant à la 1<sup>ère</sup> phase est disponible ici : <http://www.cefrio.qc.ca/publications/numerique-entreprise/construction-efficacite-numerique/>

#### LES 4 FAITS SAILLANTS DE CE RAPPORT :

1. Les dernières années ont été témoin d'une croissance fulgurante des applications mobiles, et notamment pour la gestion du chantier : la transition vers le numérique en construction est bien amorcée au Québec.
2. Ces outils permettent d'automatiser un grand nombre de processus, ce qui a pour avantage majeur de gagner un temps précieux en construction, mais aussi d'offrir une meilleure satisfaction aux utilisateurs.
3. L'adoption d'une technologie mobile comme outil de gestion présente nécessairement des défis qui peuvent être surmontés en faisant un choix technologique adapté puis en établissant une stratégie d'implémentation solide et durable.
4. Le guide met en avant six grandes étapes à ne pas négliger pour une mise en place optimale des TM dans une entreprise. La Figure 1 résume ces étapes :

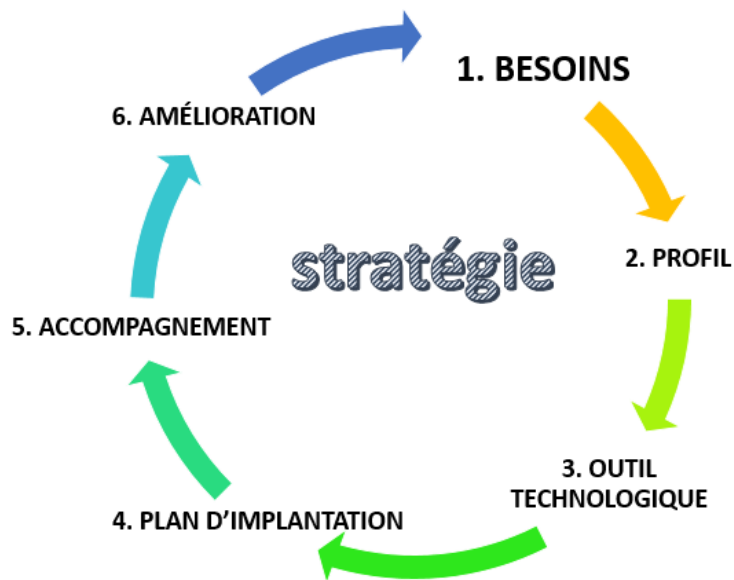


Figure 1 Les étapes de l'implémentation des TM

# Introduction

---

Les technologies mobiles ont un fort potentiel d'amélioration des projets de construction en permettant de réduire le coût de certaines opérations tout en facilitant le contrôle de qualité et sécurité. Ce constat a été fait à de multiples reprises et n'est plus la question centrale qui se pose actuellement [1-4]. Il s'agit alors de se demander de quelle façon serait-il le plus judicieux d'introduire ces technologies dans l'industrie AEC [5]. Après avoir mis en lumière les bénéfices et des défis les plus rencontrés lors de l'adoption des TM en construction, ce rapport vise à proposer aux entreprises québécoises des réponses à ces enjeux par le biais de recommandations. Le but est de permettre aux entreprises d'orienter leurs décisions et de tirer le meilleur profit des technologies mobiles qui s'offrent à elles sur le marché.

L'industrie de la construction se démarque des autres industries par le côté unique de chaque produit qu'elle engendre. Deux bâtiments ne seront jamais les mêmes, même deux tours jumelles auront des fondations différentes car elles ne reposent pas sur le même type de sol. C'est certainement l'une des raisons pour lesquelles l'automatisation a du mal à se mettre en place. En effet on constate bien une réticence de la part de l'industrie AEC à adopter de nouvelles technologies d'information et à s'automatiser comparativement aux autres industries [6-9]. Néanmoins, la technologie se fraye un chemin au milieu des chantiers de construction. D'ailleurs les deux dernières décennies ont été ponctuées d'avancées notables en termes de nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) pour la construction, notamment pour le BIM [6]. Cela repose certainement sur la prise de conscience du fait que les méthodes traditionnelles utilisées actuellement engendrent dans les projets de construction des délais supplémentaires pouvant aller jusqu'à 25% [10], des dépassements de budget de 10 à 15% [11] et une productivité faible [12].

Si la mobilité en construction devait se réduire à une seule image, pour caricaturer mais illustrer l'évidence de son utilité et de son potentiel d'amélioration, elle serait la suivante :



Figure 2 Du plan papier à la tablette mobile (Source image : GRIDD)

## Les résultats de la 1ère phase

Grâce à un sondage auprès de 700 répondants à l'échelle du Québec, et une étude auprès de 14 entreprises innovantes, quatre niveaux de maturité des applications mobiles ont été identifiés dans le premier volet. La Figure 3 montre la répartition des profils des 700 répondants à l'échelle du Québec (2,25% des personnes abordées).

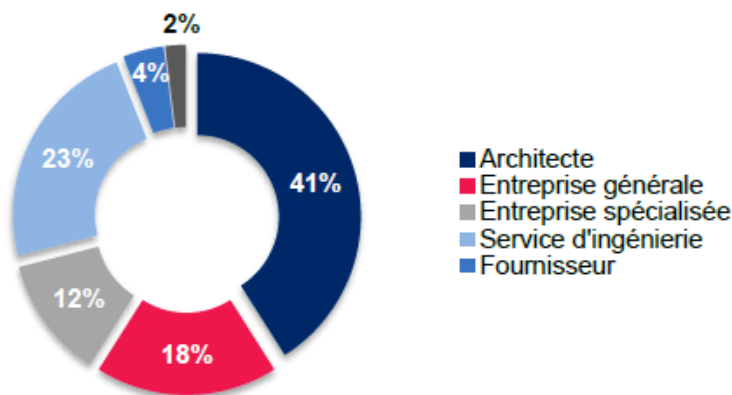


Figure 3 Répartition des participants du sondage à l'échelle provinciale [13]

Les quatre niveaux de maturité correspondent à un premier niveau consultatif (ex. : Adobe Reader), un second où entre en jeu le partage de documents (ex. : Dropbox), un troisième dans lequel il est possible de communiquer (ex. : Skype) et un quatrième et dernier niveau qui permet une réelle administration et/ou gestion des projets (ex. : Evernote). La Figure 4 décrit les quatre niveaux de maturité qui ont été mis en avant. Le dernier niveau est le niveau ayant la plus grande valeur ajoutée pour les projets de constructions parce qu'il permet le virage vers un mode de travail collaboratif et intégré des intervenants, et vers la gestion du flux d'information en chantier. Les résultats de la 1<sup>ère</sup> phase démontrent que parmi les entreprises de construction, le Québec en général se situait dans les niveaux 1 à 3, tandis que les entreprises innovantes du Québec étaient entre le niveau 3 et le niveau 4 et que les États-Unis se trouvaient au niveau 4.

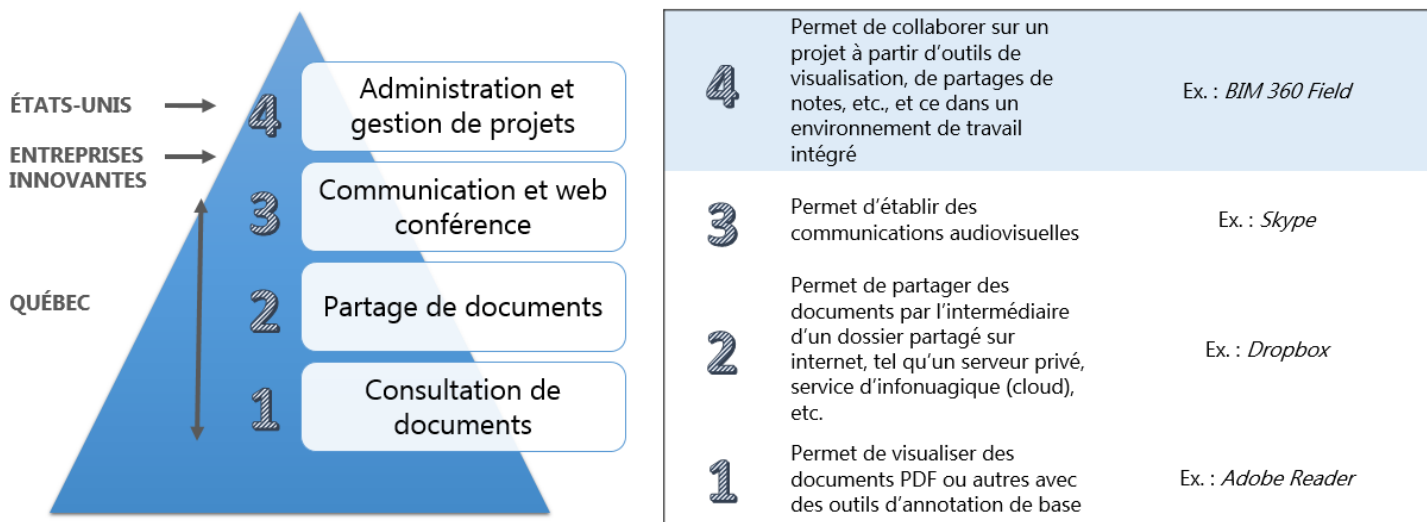
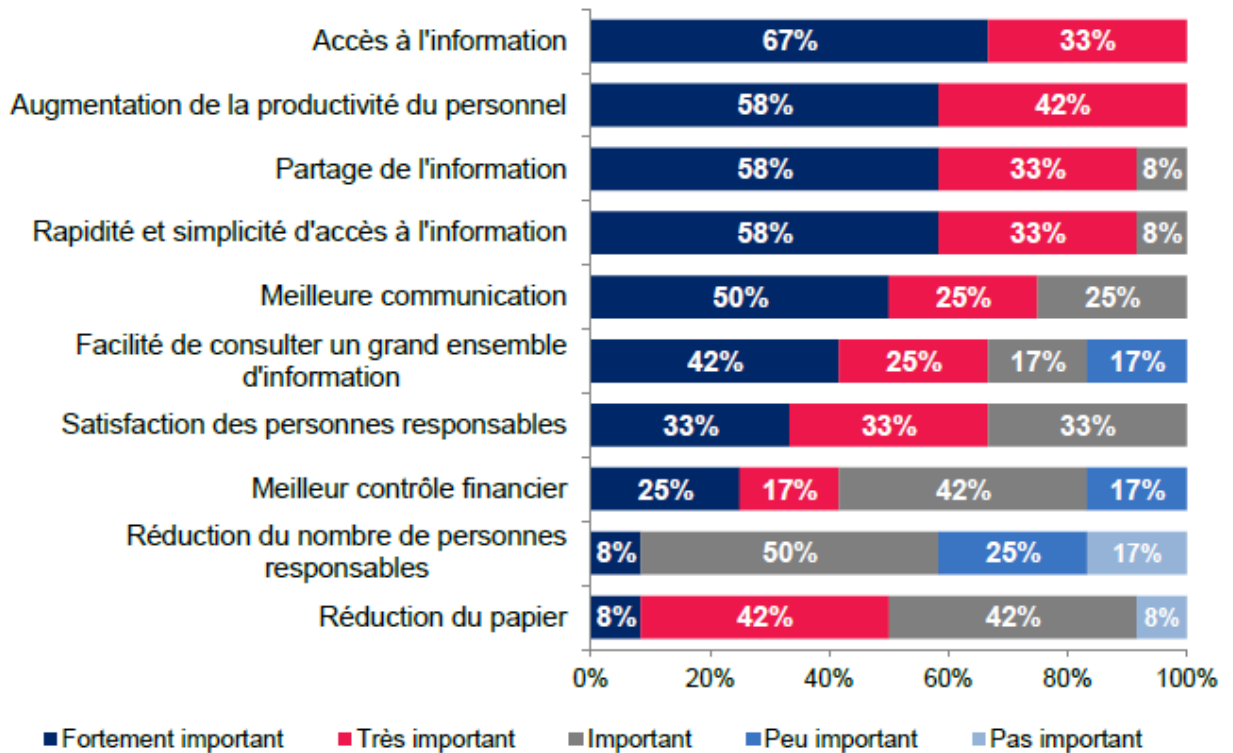


Figure 4 Les quatre niveaux de maturité d'utilisation des technologies mobiles [13]

Le sondage à l'échelle provinciale a montré que les technologies mobiles dans l'industrie de la construction au Québec servaient souvent à un usage personnel pour les employés, ce qui correspond au premier et plus faible des quatre niveaux d'utilisation. Suite à un étude plus spécifique auprès des entreprises innovantes, de nombreux effets positifs à l'utilisation des TM en construction ont été soulevés dont les principaux étaient un meilleur accès à l'information, une augmentation de la productivité du personnel et un meilleur partage de l'information (voir Figure 5).



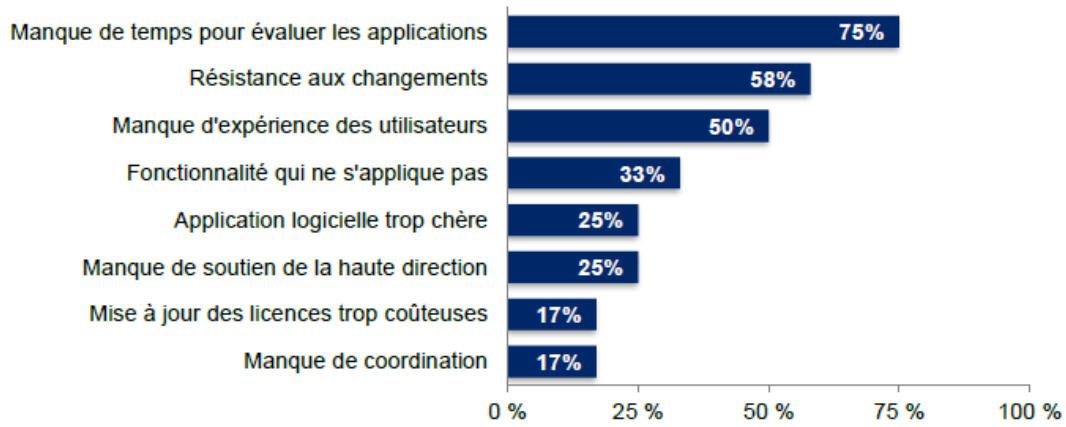
**Base :** 12 entreprises innovantes

**Question :** Quelle importance accordez-vous aux effets des technologies mobiles dans votre organisation?

Figure 5 Les effets de l'utilisation des TM chez les entreprises innovantes [13]

Les entreprises innovantes du Québec ont aussi été interrogées sur les principaux défis qu'elles rencontraient afin de documenter sur les freins à l'utilisation des technologies mobiles dans l'industrie de la construction Québécoise. Il est alors ressorti que malgré les intentions d'innovation de la construction au Québec, il y avait un manque du côté des technologies car les applications en 2013 étaient peu adaptées à la construction, notamment concernant la collaboration en temps réel.

En outre, bien que les entreprises les plus innovantes utilisaient des applications de niveau 4 (administration et gestion), elles ne semblaient pas avoir mis en place de stratégie pour intégrer ces technologies, puisqu'elles n'avaient pas défini les enjeux et les avantages qu'elles pourraient en tirer. Il est ressorti clairement que le choix technologique constituait un élément primordial et que face à un marché inondé d'applications mobiles, les entreprises manquaient de temps pour les évaluer et faire leur choix suivant leurs besoins (voir Figure 6).



**Base :** 12 entreprises innovantes

**Question :** *Quels sont les facteurs qui limitent votre pleine utilisation des nouvelles technologies de l'information et de la communication?*

Figure 6 Les facteurs limitant l'implantation des TM [13]

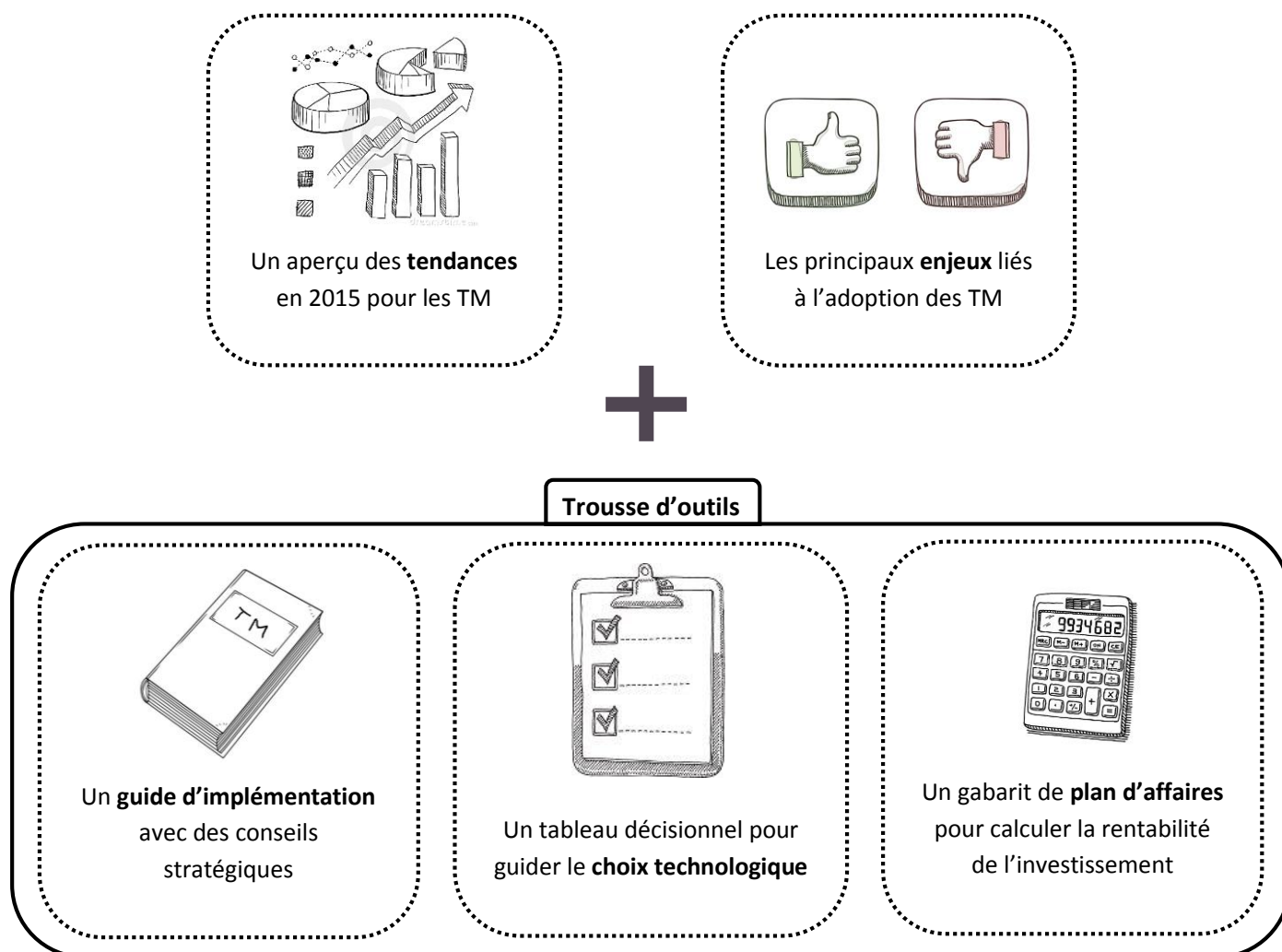
Le second volet est donc là pour répondre au problème soulevé lors du premier volet, à savoir l'absence d'une stratégie d'implantation pour les entreprises qui souhaitent mettre en place une technologie mobile.

## Les objectifs de la 2<sup>nd</sup>e phase

Les résultats du premier volet ont montré un manque sur le plan stratégique dans l'adoption des TM par les entreprises de construction québécoises. D'autre part, les études effectuées par le passé sur les TM dans l'industrie AEC, sont des études portant généralement sur une application particulière de l'informatique mobile [14] ou sur un aspect spécifique de la gestion de l'information en construction [15] mais proposent rarement une vision globale sur l'adoption des TM dans l'industrie de la construction. Chen et Kamara [16] ont cependant développé un cadre qui met en lumière les éléments à prendre en compte pour faire un choix de TM pour un chantier de construction (l'utilisateur, l'appareil, l'application et le type de réseau sans fil), et les liens existants entre ces éléments, afin d'aider à la prise de décision et de permettre aux industriels de faire un choix technologique adapté à leurs besoins. Néanmoins, les limitations de cette étude résident dans certains aspects n'ayant pas été pris en compte comme le coût ou le profil de l'entreprise.

La présente étude vient donc apporter de nouvelles contributions sur le sujet de l'adoption des TM pour la gestion de l'information sur le chantier en prenant en compte ces critères de prix et de profil pour le choix technologique, et en proposant des conseils stratégiques d'implémentation de l'outil après que le choix technologique a été fait. En outre, cette étude apporte une contribution pour l'industrie de la construction québécoise puisqu'elle se concentre de façon inédite sur le contexte québécois et sur ses particularités.

### Que fournit ce rapport<sup>5</sup> ?



<sup>5</sup> Sources images : [www.dreamstime.com](http://www.dreamstime.com), [www.spi-global.com](http://www.spi-global.com), [www.howwhywhere.com](http://www.howwhywhere.com), [www.gettyimages.com](http://www.gettyimages.com), [www.glogster.com](http://www.glogster.com)

## Par quels moyens ?

À travers 8 cas d'entreprises et des entrevues menées auprès de différents profils (coordonnateurs innovation, chargés de projets, spécialistes BIM/TI, développeurs,...), les principaux bénéfices et obstacles à l'implantation d'une TM dans une entreprise sont dégagés, ainsi que les pratiques émergentes, afin de développer un guide d'implémentation, visant à orienter les différentes entreprises (entrepreneur, sous-traitant, architecte, ingénieur...) dans leur choix technologique et stratégique, pour que l'amélioration soit plus intégrée, la technologie mieux acceptée et que ce changement donne de meilleurs résultats.



*Architecte*



*Fabricant  
Concepteur*



*Ingénieur*



*Entrepreneur  
Gestionnaire immobilier*



*Développeur  
Fournisseur d'application*

## Quelle est l'étendue de l'étude ?

L'étude s'est limitée au Québec et principalement à la phase de réalisation des projets de construction, qui est celle où la plus grande quantité d'information circule, et qui est la moins informatisée [13]. Cette information circulant bien souvent sur support papier, cela constitue un coût non seulement d'impression mais aussi de déplacement.

Les applications auxquelles ce rapport s'intéresse sont principalement des applications de niveau 4 dans l'échelle de maturité établie dans le premier volet (voir Figure 4).

# 1. Situation actuelle des technologies mobiles

## La mobilité

Les tablettes et téléphones intelligents font désormais partie du quotidien des québécois. La Figure 7 montre une étude réalisée par le CEFRIO qui met en avant la croissance de l'utilisation des appareils mobiles au Québec entre 2010 et 2014.

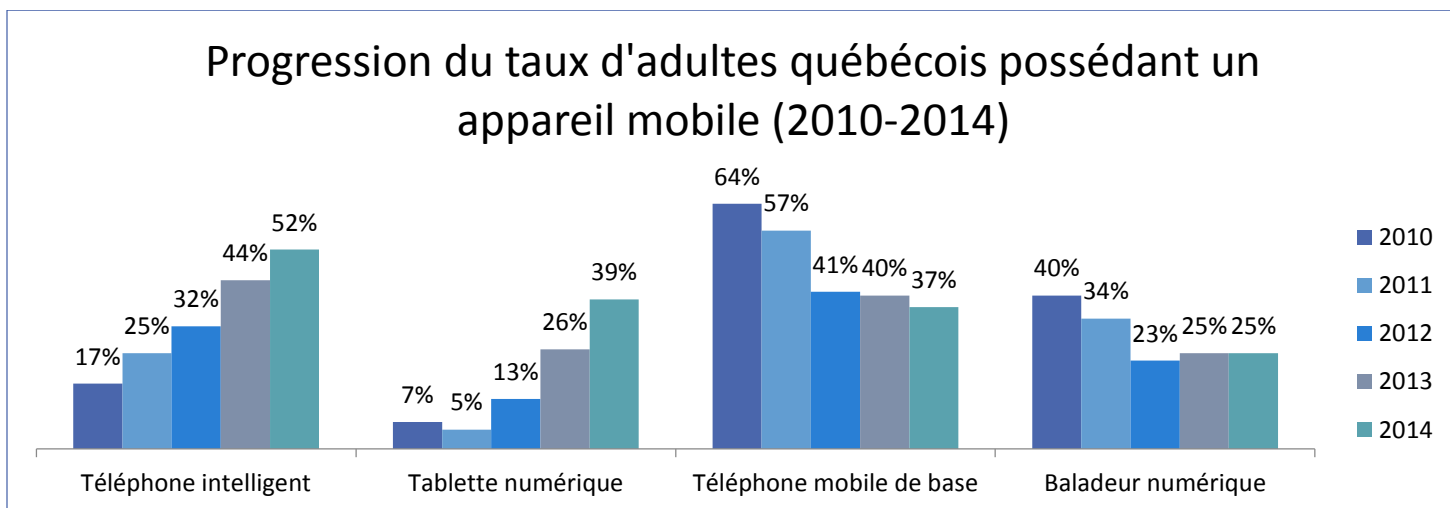


Figure 7 Évolution des appareils mobiles au Québec [17]  
Base : adultes québécois, n=1000 environ chaque année

Les téléphones de base sont de plus en plus délaissés pour les téléphones intelligents. Ces derniers offrent maintenant des possibilités de plus en plus étendues. Par exemple en quelques secondes, un téléphone intelligent peut informer sur les horaires d'ouvertures du supermarché le plus proche, et ce seulement par commande vocale. On imagine alors facilement toutes les perspectives que cela peut ouvrir si appliqué à la construction. Il en résulte en effet l'arrivée récente de nouvelles applications de gestion du chantier, notamment permettant de générer des rapports pour les réunions, les visites, les listes de déficiences... La mobilité prend place sur le chantier, notamment dans la gestion de l'information du bâtiment [15, 18]. Aux États-Unis, l'usage des TM sur le chantier est important, principalement pour la gestion de l'information. Une étude menée par Sage<sup>6</sup> identifie les usages les plus courants des TM dans l'industrie de la construction aux États-Unis en 2015 (voir Figure 8).

<sup>6</sup> Source : 2015 Sage construction technology survey <http://na.sage.com/~media/sage-job-ready/assets/2015-sage-technology-survey-infographic-final>

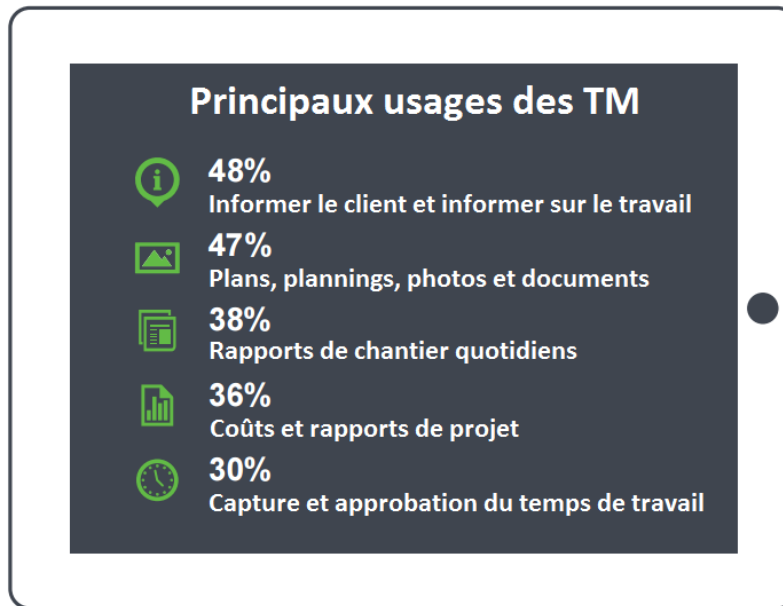


Figure 8 Les principaux usages des TM en construction aux USA  
 (Source : 2015 Sage construction technology survey [TRADUCTION LIBRE])

Ces usages correspondent à une utilisation de niveau 4 sur l'échelle de maturité puisqu'il y a de la collaboration entre intervenants et une réelle gestion de chantier. C'est vers cet exemple que l'industrie québécoise peut se tourner pour tirer meilleur profit des TM. Mais quelles sont les outils à la disposition des professionnels au Québec pour y parvenir ? Les deux sections suivantes présentent les différentes plateformes qui supportent ce type d'applications, puis des exemples d'applications de niveau 4 utilisées au Québec, classées selon deux sous-niveaux 4.1 et 4.2.

## Les plateformes

Les trois principales plateformes qui supportent des technologies mobiles actuellement sont les plateformes Android de Google, iOS d'Apple et Windows de Microsoft, cette dernière étant la moins répandue. Un certain nombre d'applications proposent aussi une interface web qui souvent permet plus de fonctionnalités au niveau administration, ou sert de plateforme de visionnage seul pour les collaborateurs n'ayant pas l'application.

La Figure 9 nous montre la répartition des plateformes utilisées par les québécois pour leurs appareils personnels entre 2013 et 2014 selon une étude menée par le CEFRIO.

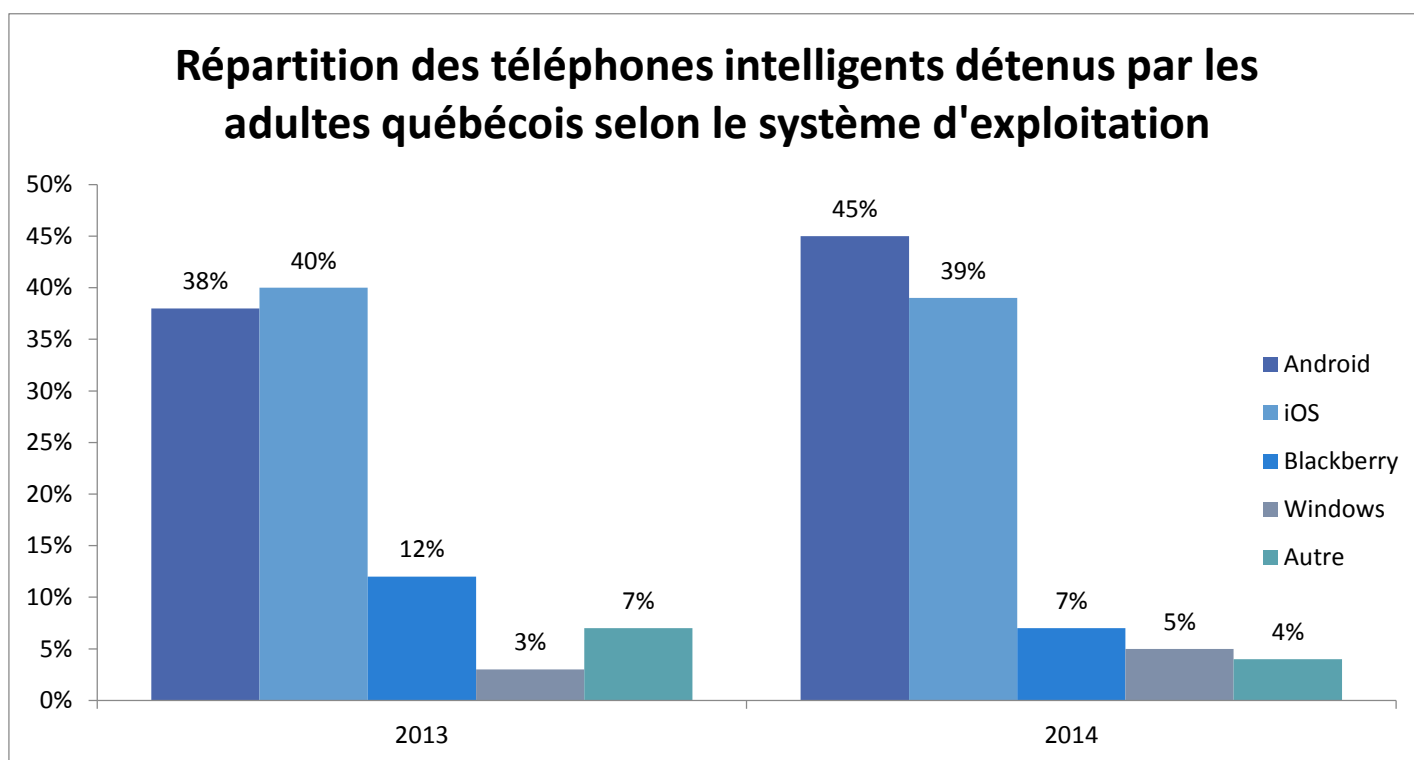


Figure 9 Popularité des différentes plateformes au Québec (Source : CEFRIO 2015)  
Base : adultes québécois (n=656 en 2014, n=530 en 2013)

Bien qu'Android soit de plus en plus populaire et que cette plateforme soit disponible sur une plus large gamme de prix d'appareils (tablettes ou téléphones intelligents), c'est vers iOS et les iPhone et iPad que se tournent la plupart des professionnels, ce qui incite les développeurs à rendre leurs applications disponibles uniquement sur cette plateforme. Mais la demande s'intensifiant sur Android, ceux-ci tendent à rendre leurs applications disponibles sur ces deux plateformes en versions équivalentes, et plus rarement, aussi sur Windows. En parallèle, Windows Phone sera bientôt capable de supporter les applications Android<sup>7</sup>. Ces constats poussent à penser que le mouvement global va vers la standardisation des TM. Cette standardisation est attendue car elle facilitera leur mise en place en supprimant les problèmes de compatibilité.

Quelle que soit la plateforme, ces applications fonctionnent toujours grâce au « cloud computing » ou infonuagique. Ce terme représente la mise en commun sur internet de ressources informatiques qui sont ensuite disponibles via l'application<sup>8</sup> (en l'occurrence ici les ressources réfèrent aux fonctionnalités de l'application et à l'espace de stockage).

<sup>7</sup> Source : <http://www.agenceecofin.com/mobile/0605-28750-les-windows-phone-s-ouvriront-bientot-aux-applications-android> (consulté le 01 juin 2015)

<sup>8</sup> Source : [http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id\\_Fiche=26501384](http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26501384)

# Les applications

## Différentes catégories d'applications

Le premier volet de Construction 2.0 décrivait les quatre niveaux de maturité des applications mobiles. Il avait été vu que le niveau 4 était celui représentant le plus fort potentiel dans l'amélioration de la communication et de l'échange d'information de projet. Cette catégorie à l'heure actuelle est peuplée par bien des exemples d'applications comme ceux présentés dans le tableau page 18, qui permettent diverses fonctionnalités (gestion des listes de déficiences, des visites de chantier, des mises en service, rapports automatiques, collaboration en temps réel, etc.).

Les huit études de cas menées auprès des professionnels ainsi qu'un survol d'un grand nombre d'applications présentes sur le marché ont permis de faire plusieurs constats concernant les applications de niveau 4 : certaines d'entre elles offrent de nombreuses fonctions parmi celles énoncées au paragraphe précédent, d'autres sont plus limitées, certaines sont d'utilisation intuitive et d'autres plus complexes, et enfin certaines sont standardisées et d'autres sont plus modulables. Chacun selon ses besoins, ses objectifs, son budget peut trouver « chaussure à son pied ».

Le niveau 4 de maturité a donc été scindé en deux sous-niveaux 4.1 et 4.2. Dans le premier se regrouperont les applications de gestion intuitives, à interfaces épurées, assez standardisées et qui sont souvent les moins coûteuses. Dans le second se regrouperont les applications de gestion plus poussées, offrant plus de fonctionnalités et d'adaptabilités, qui sont souvent plus coûteuses et qui sont programmables ou personnalisables et nécessitent donc un gestionnaire technologique responsable de la gestion de l'outil. La Figure 10 décrit la subdivision du niveau 4 de maturité.

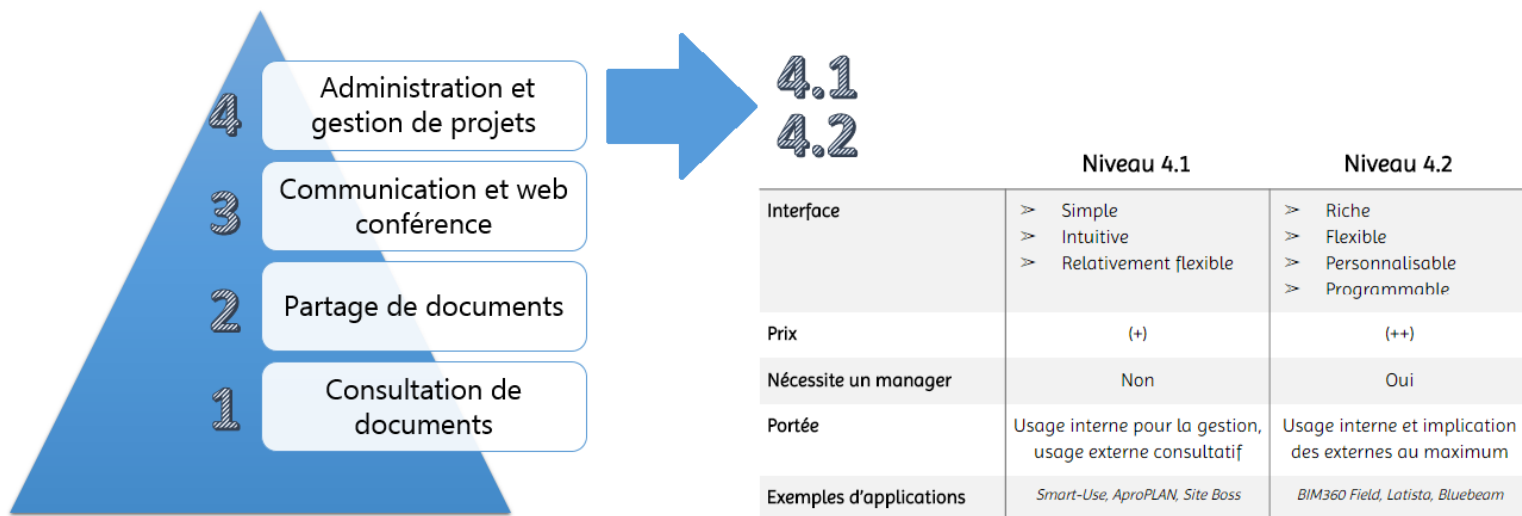












Figure 10 Subdivision du niveau 4

## *Quelques exemples d'applications*

Le tableau suivant présente 14 applications utilisées au Québec. Parmi elles, on retrouve les applications utilisées par les entreprises faisant l'objet des études de cas, ainsi que quelques exemples d'applications similaires qui se retrouvent en tête des résultats de recherche sur les portails iOS et Google Play au Canada. On peut distinguer deux grands types d'applications dans ce tableau : les applications de gestion de projet et celles de gestion de chantier. Les premières sont plutôt destinées aux cadres, ingénieurs, gestionnaires de projets, architectes... et se retrouvent dans les niveaux 4.1 ou 4.2 de maturité. Les secondes sont destinées aux chefs de chantier, artisans, sous-traitants... et se retrouvent dans le niveau 4.1 de maturité.

Les exemples présentés dans le tableau suivant sont uniquement des applications de niveau 4. Il est intéressant de garder à l'esprit que ces applications ne représentent qu'une petite proportion de ce que nous offrent les technologies mobiles : il existe aussi des outils basiques pratiques comme un convertisseur d'unités, un catalogue de normes d'acier, un agenda personnel ou encore une liste de tâches. Ces applications simples ne nécessitent pas une stratégie d'implantation et ne font donc pas l'objet de cette étude mais sont un bon moyen d'économiser du temps et de l'argent sur un chantier. Chaque individu peut créer son kit personnel d'applications adapté à ses besoins et ses préférences et ainsi se familiariser avec les TM, ce qui constitue un premier pas vers l'innovation.

	Application		Compatibilité			Niveau de gestion	Niveau de maturité	Principales fonctionnalités	3D	Cible	Langue	Prix*	Licence**	Note /5 (et nb de votes)	
			Android	iPad	iPhone									App Store	Google Play
Gestion à grande échelle	BIM 360 Field		●			Projet	4.2	Listes de déficiences, contrôle qualité et sécurité, mises en service, annotations de plans, surveillance main d'œuvre, météo	●	Entrepreneurs généraux et sous-traitants	Anglais	gratuit	Sur demande	★★★ 155	
	Latista		●	●		Projet	4.2	Gestion de la qualité, sécurité, mise en service, punchlists, inspections	●	Entrepreneurs généraux et sous-traitants	Anglais	gratuit	Sur demande	★★★★ 52	
	Bluebeam Revu				●	Projet	4.2	Lecture, annotation de PDF, création de rapports, collaboration en temps réel et différé, mesures et comparaison	●	Entrepreneurs généraux et sous-traitants	Anglais	11.99\$	Entre 143\$ et 367\$ par utilisateur pour la version standard avec maintenance	★★★ 131	
Table de plans	SmartUse			●		Projet	4.1	Lecture et annotation de PDF, salle de plans virtuelle, collaboration		Entrepreneurs généraux et sous-traitants, donneurs d'ouvrage	Anglais Français	gratuit	Sur demande	★★★★ 5	
	Inktronic					Projet	4.1	Distribution de dessins, consultation et annotation des dessins en ligne, collaboration sur des projets		Entrepreneurs, donneurs d'ouvrage, fabricants concepteurs, gestionnaires immobiliers	Anglais Français		Sur demande (mensuel par utilisateur + achat d'appareils + options supplémentaires)		
Gestion intuitive	AproPLAN			●		Projet	4.1	Transport de plans et documents sur la tablette et création de rapports automatiques		Entrepreneurs Architectes Ingénieurs Donneurs d'ouvrage	Anglais Français	gratuit	Pro : 20\$ ou 30\$/mois Expert: 40\$ ou 55\$/mois Entreprise : sur mesure		
	SiteWorks		●	●		Projet	4.1	Lecture et annotation de PDF, punchlists, statistiques de chantier, collaboration entre acteurs du projet		Entrepreneurs généraux et sous-traitants	Anglais Français	45.99\$		★★★★ 13	
	Dalux Field		●	●	●	Projet	4.1	Supervision, punch list, annotations sur plans 2D ou modèles Revit, listes de contrôle.	●	Entrepreneurs Architectes Ingénieurs Donneurs d'ouvrage	Anglais Français	gratuit	Sur demande	★★★★★ 6	★★★★★ 52
	BulldozAIR		●	●	●	Projet	4.1	Lecture et annotation de plans, stockage de tous les documents de chantier, levées des réserves et OPR, création de rapports		Entrepreneurs Architectes Ingénieurs Donneurs d'ouvrage	Anglais Français	gratuit	Opérationnel : 25.68\$/mois Collaboration : 66.24\$/mois Entreprise: sur mesure		★★★★★ 22
	ArchiPad			●		Projet	4.1	Suivi de chantier, punch list, gestion des OPR, levées de réserves, rapports		Architectes	Anglais Français	799.99\$		★★★★★ 38	
Chantier	Site Boss		●	●	●	Chantier	4.1	Journal quotidien, ordres de changement, minutes de réunion, RFI, bons de commande, report d'incident...		Artisans, sous-traitants	Anglais Français	139.99\$ ou 119.02\$			★★★★★ 5
	Opti chantier		●	●	●	Chantier	4.1	Gestion du temps de travail, achat de matériaux, paiements clients		Artisans, sous-traitants	Anglais Français	gratuit	3.99\$/mois		★★★★★ 61
Relevé 3D	Matterport			●		Projet	4.1	Relevés 3D de salles peu spacieuses, modèle 3D généré en ligne	●	Firmes d'ingénierie	Anglais	gratuit	(Caméra : 5675\$) Basic : 62\$/mois Professionnel : 125\$/mois Business : 188\$/mois +19\$/modèle		
Dessin	SketSha					Projet	4.1	Studio Digital Collaboratif: visio-conférence, interaction graphique, partage de documents.	●	Architectes	Anglais Français		Sur demande (abonnement mensuel + prix fixe pour le Studio Digital : plusieurs milliers)		

\* Prix d'achat en CAD dans le store (App Store ou Google Play Store dans cet ordre) en date du 25/05/2015

\*\* Prix en CAD en date du 25/05/2015. Consulter le site web du produit pour plus de détails

## 2. Mettre en place une technologie mobile : quels enjeux?

Cette section présente les avantages et les défis liés à l'adoption des TM dans un projet de construction. Ces observations sont basées sur les résultats des études de cas, compilés aux résultats de la 1<sup>ère</sup> phase de l'étude ainsi que ceux d'autres études publiées.

La 1<sup>ère</sup> phase de Construction 2.0 a tiré ses conclusions des données récoltées à l'échelle du Québec et des entreprises innovantes, ainsi que des observations directes de l'utilisation au niveau du terrain et des utilisateurs. La 2<sup>de</sup> phase se penche plus sur le côté stratégique en récoltant ses données auprès des décideurs qui sont des coordonnateurs aux innovations ou des gérants de projets, mais aussi des développeurs d'application et quelques utilisateurs directs. Les deux paragraphes suivants présentent d'une part les retombées liées à l'utilisation des technologies mobiles pour améliorer la capture et l'échange d'information dans la phase de réalisation des projets de construction, et d'autre part les défis qui sont fréquemment rencontrés par les entreprises, sur le plan légal, économique, culturel ou encore technologique.

### I. Retombées

La mise en place d'une nouvelle technologie dans une entreprise, bien qu'elle vienne changer brusquement les habitudes de travail des utilisateurs, a normalement la capacité de les satisfaire à plus ou moins court terme, et de générer des retombées positives pour la firme. Parmi ces retombées, les études précédentes ont pu relever la réduction des risques, la réduction du gaspillage de temps, un suivi rapide de l'avancement [4] mais aussi une meilleure compétitivité [7, 19] ou encore une meilleure productivité des équipes [20].

Bien souvent, les enjeux sont doublement positifs : un gain de temps sur une tâche va engendrer à la fois la satisfaction de l'utilisateur et un profit financier pour la firme. Dans le cadre des études de cas, différents bénéfices ont été identifiés au travers de nos rencontres avec les entreprises, notamment : avantage sur la concurrence, gain de temps, meilleures qualité et sécurité, satisfaction des utilisateurs. Le gain de temps reste le bénéfice le plus cité parmi les utilisateurs des technologies mobiles. Parmi un échantillon de douze personnes interviewées, toutes ont évoqué le gain de temps comme l'un des principaux bénéfices de l'implantation des technologies mobiles sur un projet de construction (voir Figure 11).

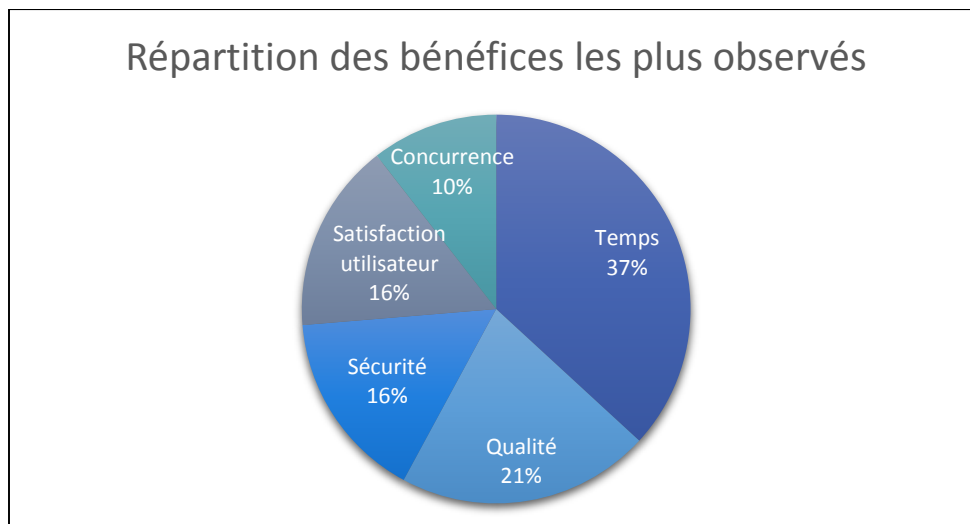


Figure 11 Les bénéfices observés suite à la mise en place des TM selon 12 professionnels interrogés

Ces résultats sont soutenus par ceux d'une précédente étude menée en 2014 : l'analyse des principaux bénéfices liés à l'implantation d'une application mobile<sup>9</sup> dans trois groupes de projets différents (entrepreneur général, consortium et donneur d'ouvrage) a fait ressortir en première position l'économie de temps et en seconde position le suivi de la qualité [1]. La Figure 12 montre les résultats de cette étude :

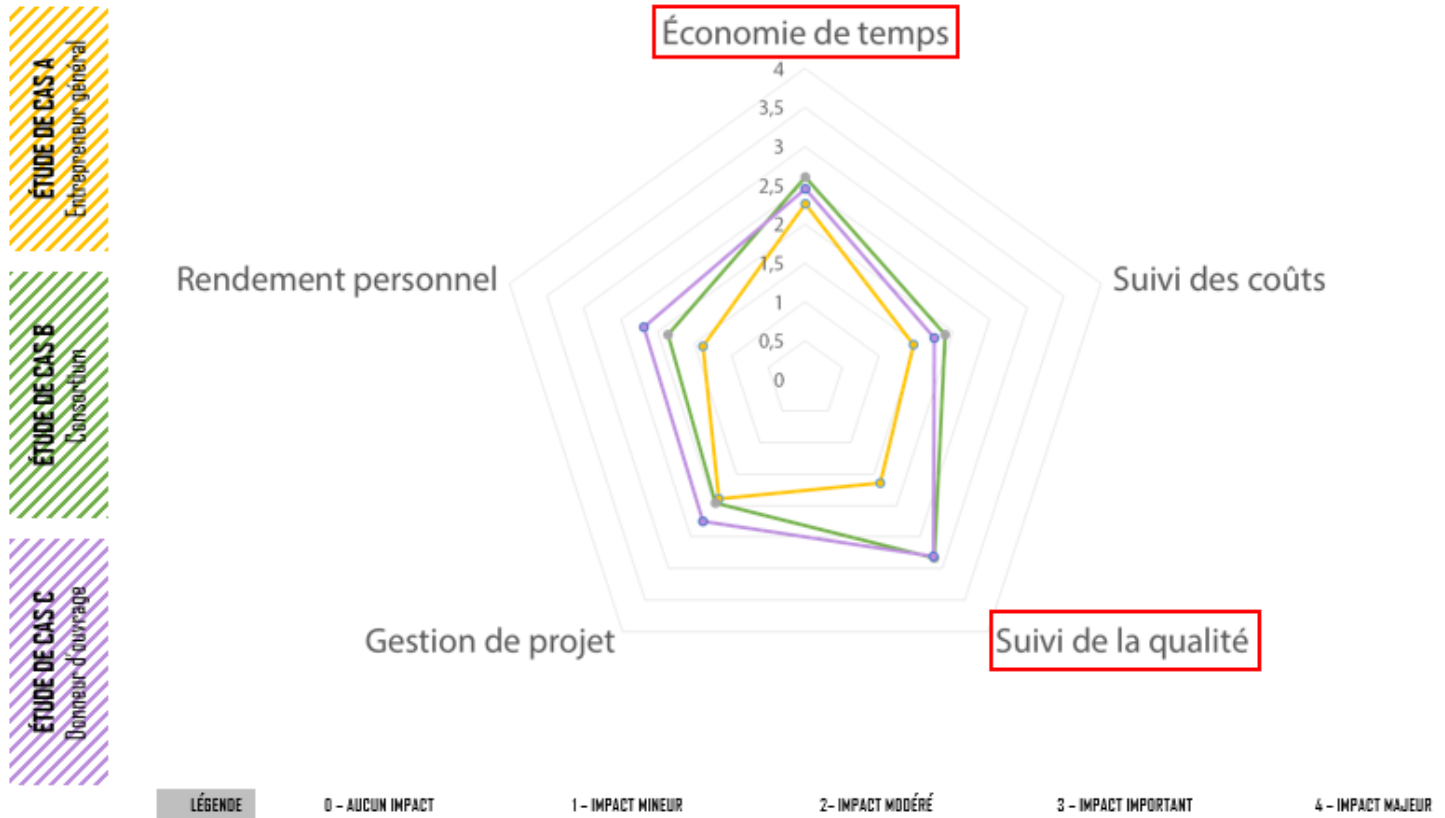


Figure 12 Bénéfices liés à l'implantation d'une TM dans trois études de cas [1]

Pour comparer aux États-Unis qui ont une longueur d'avance, une étude menée par le groupe Sage met en avant les bénéfices les plus recherchés en 2015 sont entre autres l'approche de nouveaux clients et la réduction du coût des matériaux<sup>10</sup>.

Les quatre paragraphes qui suivent montrent que ces bénéfices peuvent être atteints avec l'utilisation des TM. Les différents bénéfices présentés ont été identifiés grâce aux entrevues réalisées auprès des professionnels et sont aussi soutenus par les précédents travaux présentés dans la littérature.

<sup>9</sup> Les technologies étaient *SmartUse*, *Latista* et *Rétroaction de chantier*.

<sup>10</sup> Source : 2015 Sage construction technology survey <http://na.sage.com/~media/sage-job-ready/assets/2015-sage-technology-survey-infographic-final> (consulté le 01/07/2015)

## TEMPS ET EFFICACITÉ

Les TM automatisent les procédures dans le but de réduire le gaspillage par l'élimination de l'erreur humaine dans certains processus. Les retombées de l'utilisation d'une ou plusieurs applications mobiles dans une entreprise passent en premier lieu par le gain de temps [1, 7]. Ce gain sera autant global sur des délais de livraison respectés que plus spécifique à un utilisateur, ce qui se répercutera soit sur les délais du projet, soit comme une économie de main d'œuvre pour l'entreprise. L'outil peut permettre d'éviter des déplacements, ou la nécessité d'un expert, ou tout simplement du temps de recherche de documents. Quel que soit le profil de l'utilisateur, le gain de temps reste l'avantage principal qui ressort de l'utilisation des TM selon les personnes interrogées dans cette étude.

*« Le module de mises en services, devrait nous permettre de livrer les 310 unités de condo d'un de nos projet, en un mois et demi [...] Avec nos surintendants, nous avons calculé que l'utilisation de BIM 360 Field leur assurait 2h de présence sur le chantier de plus par jour. »*

*Nicolas St-Pierre, Gestionnaire BIM-Bâtiment, EBC Inc., 2015/04/21*

## QUALITÉ ET SÉCURITÉ

La standardisation des procédures aura aussi pour effet une meilleure qualité globale du travail et du produit final [1]. Non seulement le risque d'erreur est évidemment diminué lorsque le processus est automatisé, mais ce n'est pas là la seule source d'amélioration. Dans le cas d'un entrepreneur, le surintendant qui a une tablette passera beaucoup moins de temps à faire des allers-retours aux roulottes de chantier pour chercher de l'information dans les documents ou dans les plans, et par conséquent plus de temps sur le chantier, augmentant ainsi la sécurité et la qualité du travail des sous-traitants.

*« Nous avons récemment acquis un nouvel outil de capture 3D contrôlé par iPad : la caméra Matterport. Cela va permettre aux ingénieurs et techniciens d'effectuer des relevés plus rapidement, mieux structurés et de meilleure qualité. »*

*Julie Bétit, Coordonnatrice aux innovations et technologies 3D, CIMA+, 2015/04/14*

## SATISFACTION DES UTILISATEURS

*« Je n'ai plus besoin d'apporter mes plans sur le chantier, ni de retourner au bureau pour répondre à une question de l'entrepreneur, mes plans et documents de projets sont sur mon iPad dans AproPLAN »*

*Marie-Ève Labrie, Technologue, DMA Architectes, 2015/04/16*

La satisfaction des utilisateurs est aujourd'hui une préoccupation des entreprises, car un employé satisfait travaille plus efficacement. L'emploi des TM offre la possibilité aux utilisateurs de concentrer leur travail sur des tâches intéressantes et gratifiantes plutôt que sur des tâches répétitives qu'ils seraient obligés de faire en temps normal. Un surintendant, par exemple, passera beaucoup moins de temps à rechercher de documents ou envoyer des courriels car l'application le fera pour lui, ce qui lui permettra de passer plus de temps sur le chantier et au contact des gens. Un

architecte quant à lui évitera de passer de longues heures à taper ses rapports, qui seront générés automatiquement à partir des notes qu'il aura prises en visite de chantier.

## AVANTAGE CONCURRENTIEL

Les entreprises qui sont les plus innovantes savent que l'investissement qu'elles font leur apporte un avantage concurrentiel, et c'est souvent la raison principale pour laquelle elles s'y lancent et participent à des projets pilotes [7, 19]. L'avantage se présente non seulement au niveau de la communication puisque l'image d'une entreprise ayant innovée sera plus appréciée, mais aussi au niveau de la prestation puisque les retours sur investissement permettront d'offrir de meilleurs tarifs, une meilleure qualité de travail, voire même de nouvelles capacités, touchant ainsi un nouveau type de client.

*« On m'a même dit : Elio, si je travaille avec toi c'est parce que je sais que mon prix ça va être -5%, j'ai une soumission qui dit qu'avec BuildMaster et avec ce gérant de projet c'est -5%. »*

*Élio Perranzino, Gérant de Projet, CANAM, 2015/04/02*

## II. Défis

### CONTRACTUEL ET LÉGAL

Actuellement, les marchés sont décrochés par le plus bas soumissionnaire, et cela empêche un mode de réalisation intégré du projet. En effet, sans un objectif commun de qualité et de satisfaction du client, il est peu probable que le travail soit réellement collaboratif, ce qui rend plus difficile l'adoption des nouveaux processus de travail imposés par les TM, car ces derniers reposent sur la collaboration [12].

Sur le plan légal, la sécurité et l'archivage de l'information représentent aussi un défi à l'implantation des TM [4, 13, 19]. D'une

*« L'entrepreneur choisi est souvent le plus bas soumissionnaire [...] si l'administration des documents lui fait dépenser plus de temps, il va dire que ce n'est pas dans son mandat. Il faut un logiciel qui permette de travailler en collaboration avec l'entrepreneur et les ingénieurs, qui satisfait et qui fasse économiser du temps à tous les intervenants. »*

*Céline Bahl, Coordonnatrice partage de connaissances, N.F.O.E. et associés, 2015/04/13*

part, les données, qui sont stockées le plus souvent sur un serveur infonuagique par les fournisseurs, doivent rester absolument confidentielles. Or les entreprises sont parfois méfiantes vis-à-vis de cette sécurité. En réalité il suffit d'identifier le serveur infonuagique utilisé par le fournisseur de l'application pour savoir si celui-ci est reconnu comme étant fiable. D'autre part, l'information doit légalement être archivée et conservée afin de pouvoir être utilisée en justice le cas échéant. Il n'est pas toujours clair chez un fournisseur que les données rentrées dans l'application seront officiellement utilisables en justice et qu'elles pourront constituer des preuves. C'est pour ces

raisons qu'il est important que les développeurs travaillent en étroite collaboration avec les joueurs de l'industrie AEC, afin de combler non seulement leurs besoins, mais aussi de répondre à leurs obligations.

## ÉCONOMIQUE

Plus de 99% des entreprises de construction au Québec sont de petite taille (entre 1 et 99 employés)<sup>11</sup>. Les principaux exemples de réussite d'exploitation des technologies en construction sont des exemples de grandes entreprises. Les petites et moyennes entreprises ont forcément plus de mal et sont plus réticentes à investir dans une nouvelle technologie puisque le risque financier est plus important [21]. Pour certaines applications, il est nécessaire d'employer un coordonnateur à temps plein, et cela peut représenter un investissement considérable, voire impossible [6] mais aussi un risque financier. Certaines applications comme SmartUse ou AproPLAN constituent un très bon compromis, car elles sont très intuitives, ne nécessitent pas d'employer quelqu'un pour les administrer et sont peu coûteuses, ce qui permet d'avoir un retour rapide sur investissement. Il est intéressant de voir que certaines d'entre elles offrent aussi une option gratuite de consultation, ce qui permet à tous les acteurs de participer au projet sur l'application, même s'ils ne peuvent pas l'acheter.

*« L'un des défis est l'adoption des technologies par les PME. J'ai constaté que celles-ci hésitent ou n'ont pas les moyens d'investir dans les technologies qui pourtant pourraient leur être très utiles financièrement. Pour pallier à cette réticence, Pomerleau a pris de grands moyens sur certains chantiers en imposant contractuellement l'achat et l'utilisation de SmartUse pour accéder aux dernières versions des plans. Du coup, les PME doivent gérer financièrement cette dépense initialement lors de l'appel d'offre. »*

*Dominic Sévigny, Director of Customer Success, Newforma, Inc., 2015/04/21*

## CULTUREL

*« L'implantation est plus lente au niveau des adjoints de projet. Nous changeons leurs méthodes de travail et leurs outils. Il y a la peur de manquer de temps pour apprendre les processus, la peur de ne pas maîtriser l'outil, la peur de commettre des erreurs dans le système, bref la peur de ne pas être en mesure d'accomplir leur travail et de ne pas respecter les délais. Au final, leur travail sera allégé, mais en début de processus ils doivent maintenir deux systèmes de gestion. »*

*Nicolas St-Pierre, Gestionnaire BIM-Bâtiment, EBC Inc., 2015/04/22*

L'aspect culturel peut jouer un rôle important dans l'adoption, et notamment les habitudes des utilisateurs. Les gens sont en effet souvent bien attachés à leurs méthodes traditionnelles et une résistance au changement peut se faire sentir. L'appréhension de l'utilisateur face à la technologie peut aussi être un facteur frein [22]. Si le futur utilisateur ne voit pas au premier abord l'intérêt qu'il a à changer ses habitudes pour apprendre à se servir d'un nouvel outil, il sera difficile de le convaincre. Il est important d'encadrer au départ ses utilisateurs, de les accompagner dans le changement afin de leur montrer l'intérêt des technologies mobiles et le confort de travail qu'ils peuvent gagner une fois la

<sup>11</sup> Source : <https://www.ic.gc.ca/eic/site/061.nsf/fra/02804.html>

*« Les gens de la construction à Montréal sont moins au courant des technologies qu'à Toronto. Par exemple l'impression 3D a mis dix ans de plus à s'implanter à Montréal qu'à Toronto ! »*

*Carmela Martinez, Présidente, MP Repto, 2015/06/03*

courbe d'apprentissage dépassée. L'âge peut aussi être un frein à l'utilisation des tablettes en général. La génération proche de la retraite n'est pas familière avec les outils mobiles et il est parfois difficile de leur imposer un nouveau mode de travail.

## TECHNOLOGIQUE

Aujourd'hui il n'existe pas encore d'application au point qui permettrait de couvrir tous les besoins du cycle de vie d'un projet (Conception, construction, maintenance) [8]. Cela peut être un frein pour des firmes qui veulent avant tout collaborer et standardiser les procédures. Aussi, il faut souligner la contradiction qui peut exister entre la standardisation et le

côté unique de chaque projet de construction. Les applications mobiles aujourd'hui ont pour but d'automatiser les procédures, comme par exemple la création de rapport de visites, ce qui requiert un minimum de standardisation. Cependant, chaque client reste unique et impose parfois ses préférences de mise en page des rapports, ce que l'application doit alors permettre, car un retour ponctuel aux méthodes traditionnelles fera perdre du temps à l'utilisateur. D'un autre point de vue, si l'application n'est flexible que jusqu'à un certain point, il est aussi intéressant de voir le défi comme la réticence du client, qui deviendrait alors la personne à convaincre, dans le but de s'approcher encore une fois d'une vision intégrée et collaborative de la réalisation des projets.

*« Notre clientèle est diversifiée et leurs besoins sont diversifiés. Donc nos formulaires vont être très différents entre un projet privé et un projet public. Donc mon administration n'est pas la même. [...] Si l'application ne permet pas d'ouvrir et d'ajuster, d'adapter ces choses-là à l'intérieur de notre travail, ça ne sert à rien. »*

*Germain Mayrand, Chargé de projets, N.F.O.E. et associés, 2015/04/13*

### 3. Études de cas

L'éventail d'entreprises choisies pour les huit études de cas a été voulue la plus diversifiée possible, tant sur le plan de la taille que du type d'entreprise. Malgré une absence quasi systématique des PME dans la liste des entreprises qui adoptent une TM comme outil de capture et d'échange de l'information, certains cas d'implantation à petite échelle peuvent constituer des exemples très prometteurs pour ces dernières. Les technologies destinées à ces petite et moyenne échelles d'implémentation sont quant à elles florissantes.

Le Tableau 1 ci-dessous présente une vue d'ensemble des études de cas :

Tableau 1 Aperçu des études de cas

Entreprise								
Type	Concepteur/fabricant de structures métalliques	Entrepreneur général	Cabinet d'architecture	Cabinet d'architecture	Entrepreneur général	Firme d'ingénierie	Solutions numériques	Firme d'architecture
Nb employés	375	1300	61	47	500	2000	100	150
Technologie	Multiples  							
Fonction des personnes rencontrées	Gérant de projet	-Directrice BIM -Spécialiste sénior intégration BIM et LEAN	-Coordonnatrice partage des connaissances -Architecte chargé de projet -Architecte	Technologue	-Gestionnaire BIM Bâtiment -Coordonnateur BIM et technologies	Coordonnatrice innovations et technologies 3D	Présidente	Architectes
Raisons du choix de cette entreprise	-Faire un suivi par rapport au premier volet -Profil fabricant	-Faire un suivi par rapport au premier volet -Profil entrepreneur -Plus gros client de SmartUse, l'un des logiciels les plus répandus au Québec	-Profil architecte -Profil d'implantation à petite échelle (2 utilisateurs)	-Profil architecte -Base de comparaison avec le cas précédent (même profil, même technologie)	-Profil entrepreneur -Profil d'implantation à grande échelle avec des managers atitrés	-Profil ingénierie -Entreprise innovante	-Profil fournisseur -Expérience comparative en Ontario	-Première utilisation du produit

La section suivante détaille chaque cas en présentant rapidement l'entreprise, puis la technologie et les utilisateurs impliqués, et en mettant en lumière les besoins de l'entreprise, la stratégie d'implantation, les défis rencontrés, les retombées et enfin les conclusions tirées de l'étude.

Présentation de l'entreprise : N.F.O.E. est une firme d'architecture fondée en 1912 et qui comporte 61 employés. La firme propose des services d'architecture et d'architecture d'intérieur tels que la mise au point du concept architectural, la conception préliminaire, la conception détaillée, la revue de chantier et les mises en services.<sup>12</sup>

#### Technologie utilisée :

- ✓ Rapports de visite de chantier
- ✓ Compte rendus de réunion de chantier



#### Utilisateurs :

- ✓ Germain Mayrand, chargé de projet
- ✓ Érika Landry, adjointe au chargé de projet



Figure 13 AproPLAN en visite de chantier  
(Source : GRIDD)

#### **BESOINS :**

Les besoins de NFOE étaient d'avoir un outil permettant la gestion des réunions et des suivis de chantier, afin de gagner en temps et en efficacité, mais aussi de façon générale en fluidité dans la gestion de l'information. Il s'agissait aussi de s'adapter au côté de plus en plus nomade de l'architecte avec un iPad comme support principal à cette solution.

#### **STRATÉGIE :**

La stratégie d'implantation pour AproPLAN chez NFOE est assez simple puisqu'il s'agit d'une technologie intuitive impliquant seulement deux utilisateurs. Une formation est donnée aux utilisateurs par le fournisseur, puis ils sont accompagnés sur le chantier par ce dernier pour les premiers pas, le tout dans le cadre d'une période d'essai de deux mois qui permettra de prendre une décision d'achat ou non.

#### **DÉFIS :**

Les défis rencontrés ont été la difficulté de la double tenue des rapports liée au fait qu'AproPLAN ait été introduit en milieu de projet et la non disponibilité de l'application sur Android puisque les appareils Apple sont plus chers. Aussi, l'application ne montrait pas assez de flexibilité pour la mise en page des rapports du point de vue des projets conduits par NFOE.

---

*« Moi je suis équipée avec Android, donc mon accès est limité, je suis capable de faire un suivi depuis mon ordinateur au bureau, le but étant initialement de l'utiliser en chantier... »*

*Erika Landry*

---

<sup>12</sup> Source : <http://nfoe.com/fr>

### RETOMBÉES :

Grâce à l'automatisation des rapports de visite et de réunions, le chargé de projet n'a plus à les taper une fois de retour au bureau. Il se décharge aussi de tous ses plans lors de ses déplacements sur les chantiers, puisque ceux-ci sont dans l'iPad. Enfin la fonction permettant de lier les photographies à des sections de plans s'avère être un gain de temps appréciable lorsqu'elles sont consultées par la suite.

### CONCLUSIONS

La période d'essai de deux mois d'AproPLAN a montré que l'application offrait avant tout un confort dans le travail de l'architecte plus qu'un gain de temps. Au vu des quelques défis rencontrés, NFOE n'a finalement pas investi dans la licence. La bonne communication entre NFOE et le fournisseur a toutefois permis à ce dernier d'améliorer les points qui ont été des barrières à l'implantation, comme de nouvelles possibilités pour la mise en page (personnalisation de la page de garde, etc.) et le projet de rendre l'application disponible sur Android.

Présentation de l'entreprise : Firme d'architecte fondée en 1957, répondant aux mandats d'avant-projet et de services d'architecture subséquents. Leur domaine de compétence est la résolution programmatique et fonctionnelle des processus institutionnels, l'analyse de conformité aux lois et règlements du bâtiment et normes de construction, et la technologie de l'enveloppe qui informent leur processus de conception.<sup>13</sup>

#### Technologie utilisée :

- ✓ Rapports de visite de chantier
- ✓ Inspections de façades
- ✓ Suivi de l'avancement



#### Utilisateurs :

- ✓ Marie-Ève Labrie, Technologue
- ✓ 5 nouveaux utilisateurs + 5 en formation

#### **BESOINS :**

Les besoins de DMA étaient d'intégrer une nouvelle technologie permettant d'automatiser la procédure des rapports de visites, de réunions et de suivi d'avancement, et dans un second temps des inspections de façades qui est un processus répétitif. Le but était de réduire les manipulations requises au chantier puis au bureau.

#### **STRATÉGIE :**

Après avoir fourni des tablettes iPad aux 5 utilisateurs sélectionnés pour tester la technologie (les plus enclins et motivés), il leur a été donné une formation de deux heures. Marie-Ève Labrie a ensuite été la première à démarrer un projet test tout en étant accompagnée par le fournisseur à qui elle a donné ses retours qui ont permis une amélioration.

#### **DÉFIS :**

L'iPad ne permettant pas la connexion sur le chantier, il a fallu plusieurs visites avant de penser systématiquement à pré-charger les plans avant de partir pour les utiliser hors ligne. Aussi, la lecture des plans sur une tablette nécessite également un temps d'adaptation

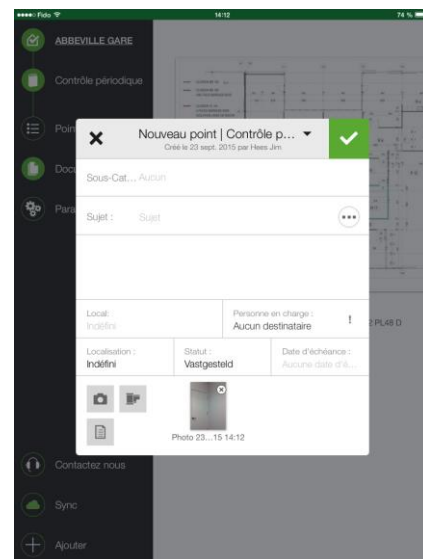


Figure 14 Interface d'AproPLAN sur iPad  
(source : AproPLAN)

*« Il a fallu répertorier chaque pierre une par une [...] quand on a entendu parler d'AproPLAN on a tout de suite fait le lien et compris que l'application aurait pu être efficace pour les inspections de façade.»*

*Marie-Ève Labrie, Technologue*

<sup>13</sup> Source : <http://www.dma-arch.com/>

### RETOMBÉES :

Il y a un gain de temps évident sur les visites de chantier et sur la communication avec l'entrepreneur (plus besoin d'attendre le retour au bureau pour répondre à ses questions), et un confort grâce au fait que les documents se trouvent tous au même endroit. D'autre part la recherche dans l'historique de suivi est largement facilitée car elle peut se faire par localisation sur les plans.

### CONCLUSIONS

L'expérience de test de DMA avec AproPLAN a été un succès. En effet on parle ici d'un faible investissement dans une technologie qui ne nécessite pas ou peu de formation, dépendamment des utilisateurs. Malgré quelques défis rencontrés au début de l'implantation, le ressenti global reste un gain de temps évident, meilleur confort pour les architectes et une meilleure communication avec l'entrepreneur.

Présentation de l'entreprise : Plus gros fabricant de composants métalliques pour l'industrie de la construction au Québec, Canam a été fondé en 1961 et compte 375 employés<sup>14</sup>. L'entreprise se spécialise dans la conception et la fabrication de produits et solutions sur mesure.

Technologies utilisées :



Utilisateurs :

- ✓ Tous les surintendants
- ✓ Tous les gérants de projet
- ✓ Relations de terrain
- ✓ Autres au cas par cas

**BESOINS :**

Groupe Canam avait développé sa propre application BuildMaster dans le but premier d'avoir un avantage sur la concurrence en étant innovant, plus efficace, plus rapide et plus sécuritaire. Le but était d'adopter une attitude LEAN. Par la suite, le développement de BuildMaster étant très coûteux, et un grand nombre d'applications étant déjà disponibles sur le marché, un « kit d'applications » a été mis en place, utilisant les meilleures fonctionnalités de chaque application.

**STRATÉGIE :**

Le kit d'applications ainsi mis en place a été introduit aux utilisateurs via une présentation Prezi expliquant à quelle application était reliée chaque tâche. Ces derniers ont aussi eu accès à des webinaires et des vidéos en ligne pour se former, mais surtout un accompagnement personnel, un comité de soutien et des projets pilotes

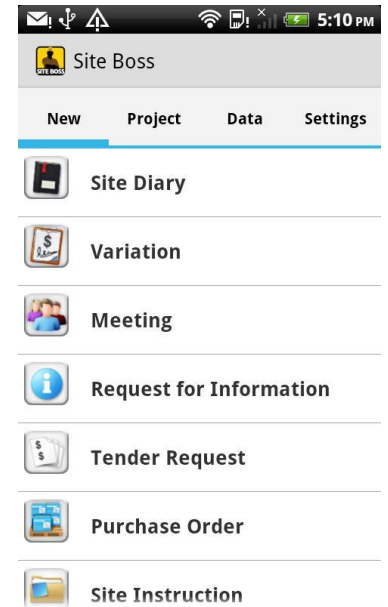


Figure 15 Interface Site Boss sur Android  
Source : play.google.com)

*« Même les petits s'impliquent, ce qu'on a pris ça ne coûte pas 200\$ par mois... La plus chère je pense est à 69,99\$ par mois. »*

*Élio Perranzino, Gérant de projet*

<sup>14</sup>Source : <http://www.ic.gc.ca>

### **DÉFIS :**

Le principal défi rencontré avant la création du kit d'application était le travail hors connexion, qui a été solutionné grâce à un choix d'applications capables de fonctionner hors ligne. Malgré quelques réticences dans l'utilisation de la tablette au niveau des utilisateurs, le fait d'aborder l'outil avec les centres d'intérêts de chacun a permis de faire face et de rendre les utilisateurs intéressés dans l'ensemble.

### **RETOMBÉES :**

Grâce à ce kit, chaque application est utilisée pour ce qu'elle fait de mieux. Les gains en temps, sécurité et efficacité ont été observés, et globalement la tarification par rapport à la concurrence est de -5% du prix pour un projet.

### **CONCLUSIONS**

Cette implémentation nous montre un exemple particulier d'adoption des TM puisque les entreprises se lancent rarement dans l'utilisation de plus de deux applications. On voit néanmoins que c'est tout à fait possible lorsque l'implémentation est bien faite et que les utilisateurs sont solidement guidés dans le changement. D'autre part, le choix d'un kit d'application s'est fait de façon logique, basé sur des leçons apprises des expériences précédentes, dans le cadre d'une amélioration continue.

Présentation de l'entreprise : EBC est une entreprise de construction fondée en 1968 et comptant 1500 employés. Elle est active dans trois domaines principaux: bâtiment (hôpitaux, édifices à bureaux, complexes d'habitation, etc.), génie civil et terrassement (routes, ponts, viaducs, quais, aqueducs, égouts, pipelines, etc.) et mines (transport de résidus, excavation, remblai, dynamitage, etc.).<sup>15</sup>

Technologie utilisée :

- ✓ Gestion des plans
- ✓ Gestion des déficiences
- ✓ Gestion des mises en services
- ✓ Etc.



Utilisateurs :

- ✓ Surintendants
- ✓ Gérants de projets
- ✓ Adjoints techniques
- ✓ Sous-traitants qui le souhaitent



Figure 16 BIM 360 Field sur le chantier  
(Source : <https://www.qualityinconstruction.com>)

**BESOINS :**

EBC cherchait une application qui pouvait gérer les fonctionnalités énoncées plus haut, mais aussi facile d'utilisation. Elle recherchait un fournisseur avec lequel elle pourrait avoir une relation de confiance, avec un service client compétent, et lui assurant une sécurité de l'information.

**STRATÉGIE :**

Après 9 mois d'études et de simulations EBC a sélectionné l'outil BIM 360 Field d'Autodesk (face à Latista<sup>16</sup>), qui est un outil très complet mais dont l'interface est par conséquent plus lourde que les autres produits, il a fallu organiser efficacement l'implantation. Pour cela, Field a été mis en place sur 7 projets de bâtiments pour lesquels les chargés de projets et les équipes sont rencontrés systématiquement par le « département BIM/TI » pour cibler leurs besoins et façons de travailler, et ainsi programmer l'interface et les modules de Field spécifiquement à chaque projet. Puis pendant 4 à 6 semaines, les utilisateurs

*« BIM 360 Field n'existe pas en français. J'ai dû traduire (et mettre à jour) tous les manuels d'utilisation en français. »*

*André Roy, Coordonnateur BIM et technologies.*

<sup>15</sup> Source : <http://www.ebcinc.com/fr/a-propos/mot-de-la-presidente/>

<sup>16</sup> Voir « Construction 2.0 » partie 1 pour la description de Latista

reçoivent une formation générale et personnalisée et ont accès à des projets « démo ». Parallèlement, la configuration de Field pour le projet est ajustée jusqu'à ce qu'elle soit validée par l'utilisateur principal. Les sous-traitants sont aussi informés, l'outil leur est présenté et ils peuvent s'impliquer.

#### **DÉFIS :**

Les utilisateurs de Field au Québec se font encore rares, par conséquent EBC n'a pas pu bénéficier du témoignage d'autres entreprises. D'autre part l'outil n'est pas disponible en français, ce qui a obligé EBC à traduire tous les manuels d'utilisation. L'application ne s'ouvre aussi que sur iPad et pas sur iPhone, or les sous-traitants ont plus souvent un iPhone, cela freine donc un peu la collaboration. Finalement la résistance au changement s'est faite ressentir, notamment au niveaux des adjoints techniques qui se voient forcés pendant une période de mener de front les deux tableaux, à savoir la méthode traditionnelle et l'utilisation de l'application. Les utilisateurs ont montré aussi une certaine crainte d'être plus surveillés et contrôlés, et la haute direction reste méfiante quant à la sécurité des données sur le cloud.

#### **RETOMBÉES :**

Les retombées ont été évidentes en satisfaction des utilisateurs tout comme en chiffres pour l'entreprise. Notamment les heures gagnées par le surintendant ont un gros impact positif sur le projet : sa présence sur le chantier est augmentée et conduit à un travail plus sérieux des sous-traitants. Finalement l'automatisation réduit le risque d'erreurs dans la gestion et le suivi des déficiences, et globalement l'accès instantané pour tout le monde à la dernière version des plans est un atout.

#### **CONCLUSIONS**

On parle ici de la mise en place d'un outil complexe et à grande échelle. La réussite de cette implémentation repose sur une stratégie très solide, du personnel engagé spécialement pour la coordination de l'application, et de longues études de marché pour trouver l'outil le plus adapté. Il n'est pas donné à toutes les firmes de pouvoir mettre tous ces moyens dans une implantation mais cela reste le schéma idéal lorsqu'on implante à grande échelle, avec beaucoup d'utilisateurs et beaucoup de fonctionnalités.

Présentation de l'entreprise : CIMA+ est une société multidisciplinaire fondée en 1990 spécialisée en ingénierie, en gestion de projets, en urbanisme, en nouvelles technologies et en environnement qui propose une gamme complète de services dans les domaines suivants : infrastructures urbaines, génie civil, environnement, transport, bâtiment, industrie, énergie et hydroélectricité, télécommunications, informatique-géomatique et urbanisme. Elle compte plus de 2000 employés.<sup>17</sup>

#### Technologie utilisée :

- ✓ Capture 3D de l'environnement
- ✓ Modélisation 3D



#### Utilisateurs :

- ✓ Spécialistes
- ✓ Clients en autonomie

#### **BESOINS :**

La firme d'ingénierie recherchait un nouvel outil de capture 3D pour effectuer ses relevés, qui serait utilisable par tous, facilement et pour petits budgets.

#### **STRATÉGIE :**

Après avoir effectué une étude de marché approfondie pour comparer différents outils, le choix s'est porté sur la caméra Matterport, contrôlable depuis un iPad et facile d'utilisation. Par la suite la version de base de la caméra a été achetée pour être testée, des projets pilotes ont été conduits et une promotion à l'interne a été engagée avec l'information des utilisateurs via des PowerPoint et des webinaires. Les profils des technologies dans la firme sont tenus à jour, et la rentabilité doit être démontrée pour le réinvestissement annuel dans la licence.

#### **DÉFIS :**

Les défis de l'implantation de la caméra Matterport sont plutôt des limitations au niveau technique. En effet, la précision reste plus faible que d'autres outils déjà utilisés par Cima+, tout comme la portée qui empêche une prise extérieure. Par ailleurs l'outil est très sensible ce qui empêche une capture dans un environnement en mouvement. L'utilisation est principalement adaptée à des salles de mécanique.



Figure 17 Caméra Matterport contrôlée par iPad (Source : [www.fastcompany.com](http://www.fastcompany.com))

*« Les technologies qu'on utilise habituellement requièrent un expert, et il y avait beaucoup de projets où on ne pouvait pas utiliser ces technologies-là, on avait besoin d'un bon relevé mais à prix abordable. »*

*Julie Bétit, Coordonnatrice aux innovations et technologies 3D*

<sup>17</sup> Source : <http://www.cima.ca/fr/entreprise/CIMA>

### RETOMBÉES :

Matterport va permettre à Cima+ d'approcher un nouveau type de clients puisque l'utilisation ultra intuitive via l'iPad ne nécessite plus la présence d'un expert. Le client peut alors emprunter la caméra et faire son relevé lui-même. C'est l'opportunité d'avoir un relevé professionnel, précis mais à petit prix. Cela va aussi permettre aux ingénieurs et techniciens d'effectuer des relevés plus rapidement, mieux structurés et de meilleure qualité pour des projets déjà existants ou qui auraient été réalisés de manière traditionnelle.

### CONCLUSIONS

Cet exemple montre que l'utilisation des TM dans le domaine de la construction a certes des avantages récurrents qui sont le gain en temps et en efficacité, mais peut aussi parfois aller encore plus loin comme ici dans l'approche d'un nouveau type de clients. Les TM permettent donc non seulement l'amélioration des services mais aussi la création de nouveaux services et de nouvelles perspectives. Aussi on voit encore une fois que l'étude de marché qui précède le choix technologique a été un élément clé de l'implémentation.

Présentation de l'entreprise : Pomerleau est une entreprise de construction fondée en 1964 et comptant plus de 2600 employés au Québec. Ses services vont de la préconstruction à la mise en service des équipements, pour des projets institutionnels, industriels, commerciaux et d'ingénierie civile de moyenne et grande envergure à titre d'entrepreneur général, gestionnaire de projet et gestionnaire de construction<sup>18</sup>.

Technologie utilisée :

- ✓ Salle de plans virtuelle
- ✓ Annotation
- ✓ Mesures, superpositions
- ✓ Centralisation de l'information

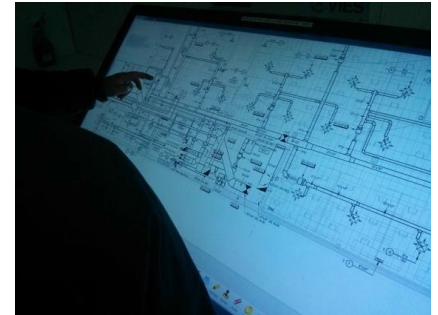


Figure 18 Utilisation de la table tactile par les intervenants de terrain (source : GRIDD)

#### BESOINS :

Pomerleau a une volonté d'être avant-gardiste et d'offrir des solutions de gestion de projets supérieure. Pour cela elle a entre autres déployé SmartUse comme outil de gestion de l'information sur les projets de construction. Le but de l'implantation était de réduire les erreurs de construction au chantier et de fournir aux équipes de construction un accès aux plans en temps réel.

#### STRATÉGIE :

Une équipe de recherche du GRIDD (Daniel Forgues, Souha Tahrani et Sébastien Frénette) a mené une étude sur l'utilisation de SmartUse chez Pomerleau en effectuant des entrevues et des observations sur différents chantiers.

#### DÉFIS :

Les utilisateurs ont davantage utilisé la table tactile dans la roulotte que les tablettes en chantier. Beaucoup d'efforts ont été portés sur la table tactile Smart-Use afin de reproduire les méthodes traditionnelles émanant de l'usage des plans papier, tandis que peu d'attention a été portée sur l'usage de Smart-Use sur le terrain. D'autre part comme les standards de collaboration avec les autres entreprises avaient été mis en place depuis plusieurs années, il fallait mettre en évidence l'intérêt d'utiliser SmartUse. Enfin, le manque de temps pour apprendre et mettre en place les TM a été mentionné comme étant un enjeu important et la réticence au changement a été ressentie.

*« Le gros défi, c'est qu'il y a une grosse discordance entre nos processus de communication et ceux des professionnels parce que leur méthode de faire est bâtie pour le papier et non pas vers l'usage du numérique »*

*Coordonnateur  
électromécanique*

<sup>18</sup> Source : <http://www.pomerleau.ca/construction-entrepreneur/3/Qui-nous-sommes.aspx> (consulté le 4 juillet 2015)

## RETOMBÉES :

Parmi les bénéfices dont ont témoigné les usagers sur les différents chantiers, le principal avantage à l'utilisation de SmartUse a été l'économie de temps. Plus précisément, SmartUse a permis d'améliorer la rapidité d'accès à l'information et l'acquisition de l'information en temps réel. Aussi, l'application a permis d'améliorer le suivi des coûts de projet en offrant la possibilité de résoudre les problèmes sur le chantier de façon plus systématique. En effet, SmartUse permet de minimiser le temps passé dans les bureaux et donc de maximiser le temps sur le terrain.

## CONCLUSIONS

L'étude de l'impact de l'utilisation de SmartUse sur les chantiers chez Pomerleau a montré un succès global. Malgré quelques réticences, qui se font de moins en moins ressentir au fur et à mesure que le nombre d'utilisateurs augmente, le confort de la table tactile et de la consultation des plans sur tablette ont permis d'harmoniser le travail sur le chantier. Il y a plus de contrôle sur la qualité, la sécurité et les coûts du travail, et parallèlement du temps est sauvé grâce à un accès instantané à une information mise à jour.

Présentation de l'entreprise : Fondée en 1979, Ædifica regroupe plus de 150 professionnels (architectes, designers, ingénieurs et spécialistes de la communication) et possède des bureaux à Montréal, St-Louis, New-York et Port-au-Prince.

Technologie utilisée :

- ✓ Collaboration à distance avec le Studio Digital collaboratif :
  - Visio conférence
  - Interaction graphique
  - Partage de documents
- ✓ Apprentissage rapide

# SketSha

## BESOINS :

Ædifica mise sur la spontanéité et les communications informelles pour maximiser la créativité. Ayant à développer des projets avec des équipes situées sur des sites souvent distants, Ædifica cherche à abattre les barrières imposées par les outils de communications traditionnels. Aussi, elle est à la recherche d'outils pour faciliter le travail collaboratif à l'interne.

## STRATÉGIE :

L'agence d'architecture Ædifica se démarque par une recherche d'innovation constante. L'agence a fait appel à l'équipe de recherche du GRIDD pour l'assister dans sa démarche pour identifier une plateforme technologique et développer un concept d'opération pour maximiser les retombées de la plateforme au niveau de la collaboration. Une expérimentation a été conduite avec une équipe de recherche composée par le GRIDD (ÉTS Montréal) et le LUCID (Université de Liège, développeur de la technologie SketSha). L'équipe R&D ainsi formée a accompagné les utilisateurs de SketSha pour la première utilisation en chantier du logiciel.

## DÉFIS :

L'aspect technique a été un frein à cette expérimentation. La qualité de la connexion au chantier a empêché une vraie interaction et la bande passante du réseau n'était pas assez importante pour les besoins de l'expérience. Les participants ont conclu que la vidéoconférence n'était pas nécessaire puis que l'audio était suffisant.

D'autre part certaines fonctionnalités manquaient selon les utilisateurs, comme un bouton « annuler », un clavier, la possibilité de mesurer, etc. Une certaine résistance au changement s'est aussi fait ressentir durant ce test.



Figure 19 Le Studio Digital Collaboratif  
(Source : GRIDD)

*« J'ai trouvé mon expérience enrichissante et intéressante [...] c'est un outil qui pourrait bien fonctionner pour de la coordination à l'extérieur [...] Si les ingénieurs structure avaient eu cet outil là ils auraient pu nous répondre en direct sur les possibilités de types de structures »*

*Architecte, Ædifica*

## RETOMBÉES :

L'outil a permis la communication informelle avec les partenaires extérieurs comme l'ingénieur structure ou l'entrepreneur et permettant de résoudre un problème immédiatement. L'utilisation de SketSha peut permettre de sauver du temps et de l'argent comme par exemple des déplacements inutiles. Ils ont aussi soulevé les avantages de flexibilité dans l'emploi du temps, de travail à distance et de contrôle de l'évolution du projet.

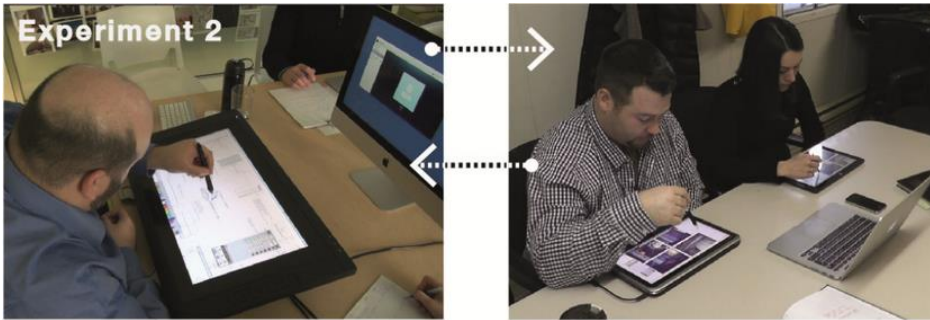


Figure 20 - Expérimentation entre le studio et le chantier de construction  
(Source : GRIDD)

## CONCLUSIONS

Tous les participants ont reconnu l'outil SketSha comme étant un moyen de démocratiser le travail conceptuel et de permettre à chacun d'intervenir et de communiquer efficacement ses idées. Les utilisateurs ont cependant ressenti le besoin d'un établissement de règles et d'un protocole pour utiliser l'outil. Bien que la communication difficile avec les parties externes à cause de la mauvaise connexion ait ralenti la pleine utilisation de SketSha, il y a eu une réelle amélioration dans la collaboration entre le studio et le chantier qui ont permis de mettre en avant les possibilités de l'outil

## VIII. Promoteur immobilier

Présentation de l'entreprise : Le promoteur immobilier concerné par cette étude de cas a souhaité garder l'anonymat. Le projet sur lequel a été implantée la technologie est un projet de construction d'une envergure de plus de 200 millions de dollars.

### Technologie utilisée :

- ✓ Gestion des documents de chantier
- ✓ Fermeture des projets



### Utilisateur :

- ✓ Gestionnaire de projet



Figure 21 Inktronic sur table tactile  
(Source : contech.qc.ca)

### **BESOINS :**

Après avoir travaillé en Ontario avec des technologies destinées à la gestion des documents de projet, le gestionnaire en charge du projet a décidé d'implanter à Montréal une technologie semblable afin de centraliser tous les documents de projets. Une fois approchée par la société MP Repro, la firme a opté pour leur solution Inktronic.

### **STRATÉGIE :**

Le département Technologies de l'Information (TI) a été en charge de s'assurer que la technologie Inktronic répondait aux attentes de l'entreprise, notamment en termes de sécurité. L'un des critères vis-à-vis de la sécurité est de travailler uniquement avec des fournisseurs canadiens. Un premier projet a été une initiation à Inktronic, tandis que pour un second de taille semblable, tous les documents de projet sont gérés grâce à la plateforme. L'entrepreneur s'il décide de s'impliquer dans l'utilisation de l'outil, est en charge lui-même de la formation des utilisateurs, avec l'aide du fournisseur MP Repro.

### **DÉFIS :**

L'un des défis rencontrés par le promoteur immobilier est de s'assurer que tous les intervenants rendent tous les documents disponibles sur la plateforme et que les nomenclatures coïncident pour que le classement soit cohérent. Chaque intervenant ayant son propre serveur FTP, il faut le convaincre d'utiliser la plateforme Inktronic en plus de ce dernier. En outre, le gestionnaire de projet remarque que dans l'ensemble, les personnes qui ne sont pas familières du BIM ont plus de réticence à utiliser Inktronic. Enfin, l'impossibilité d'engager un spécialiste rend le processus d'implantation plus lent.

---

*« Si on considère le prix d'une numérisation de plan à 2\$ et le temps d'envoi d'un courriel entre 10 et 15 secondes, l'outil est très rapidement rentable sur un projet de construction »*

*Carmela Martinez, Présidente,  
MP Repro*

---

### RETOMBÉES :

Le fait que les plans et documents soient à jour en tout temps est un avantage certain, et notamment cela permet de lancer des appels d'offres à différents stades d'avancement du projet et d'avoir un meilleur contrôle sur les coûts et les risques du projet. L'autre retombée ressentie a été la facilité à fermer les projets, puisque tous les dessins se trouvent de manière certaine sur la plateforme, ce qui évite un travail de rassemblement en fin de projet.

### CONCLUSIONS

Cette étude de cas a été la seule conduite auprès d'un promoteur immobilier. Le statut du promoteur immobilier a l'avantage de lui permettre d'imposer une technologie directement sur l'appel d'offre. Cela rend l'implantation commune à tous et évite une dispersion dans les outils de travail, qui pourrait résulter en une perte de temps en tentatives de coordination. Cependant, même si le promoteur impose l'outil, il revient à chaque sous-entité de gérer elle-même la stratégie d'implantation et son niveau d'implication. Le promoteur a donc intérêt à choisir un fournisseur qui assure un bon accompagnement pour que la mise en place de l'outil soit une réussite.

## 4. Trousse d'outils

---

Cette section comporte trois outils qui peuvent accompagner une démarche de mise en place d'une technologie mobile dans une entreprise, à savoir :

- Un guide d'implémentation décrivant les étapes décisives de l'adoption d'une TM dans l'entreprise
- Un tableau décisionnel permettant d'orienter le choix technologique
- Un gabarit de plan d'affaires



Comme il a été vu plus haut, la stratégie d'implémentation est l'élément clé de la réussite d'une bonne implémentation des TM. Cette stratégie passe par différentes étapes indispensables au bon fonctionnement de la technologie au sein des processus de l'entreprise. Toutes ces étapes prennent plus ou moins de temps selon l'ampleur de l'implémentation, la puissance de l'application, le nombre de fonctionnalités, le nombre de procédés qu'elle va automatiser, le nombre et la variété d'utilisateurs qu'elle va impliquer, etc. Cependant, ce temps est un investissement puisque, même si les recherches attribuant des bénéfices à l'utilisation des TI et des TM ne manquent pas, dans tous les cas ces bénéfices ne sont observés que dans un contexte d'implémentation particulier, ou la technologie se positionne en tant qu'outil et non en tant qu'objet du changement, et où les meilleures pratiques et un changement des processus sont alliés à cette implémentation [2].

## 4 ÉTAPES PRINCIPALES À RETENIR POUR L'IMPLÉMENTATION :

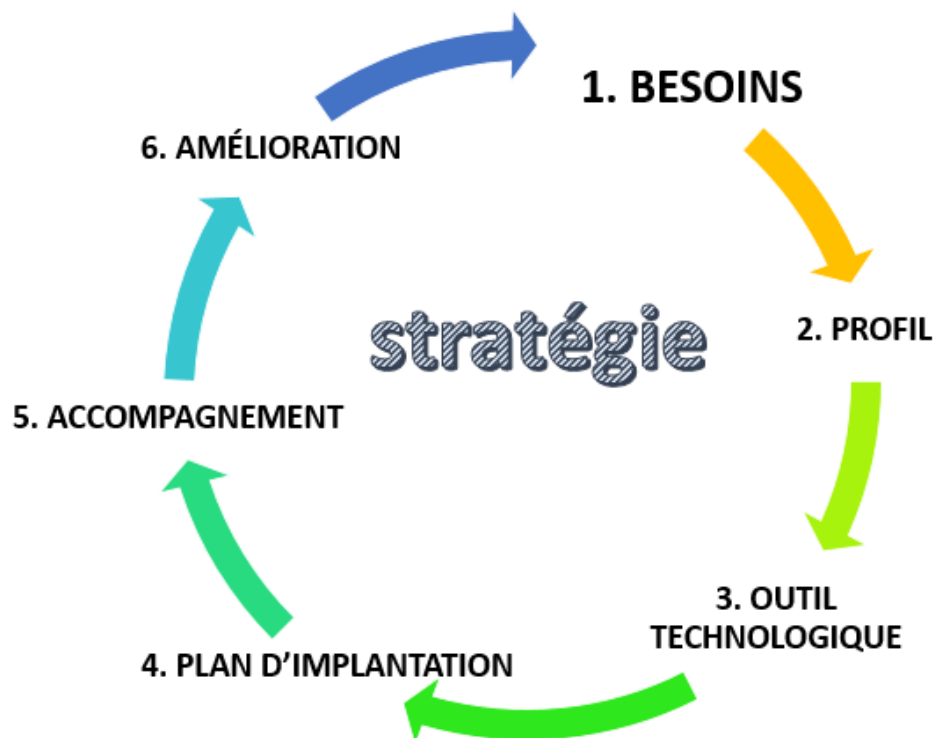
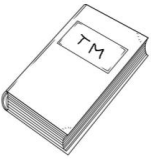


Figure 22 Les 4 étapes stratégiques pour l'implémentation d'une TM sur un projet de construction



## 1. Définir ses besoins, attentes et capacités

### **Pourquoi investir dans une technologie mobile ? Quelle ampleur donner à cette automatisation ? Les utilisateurs sont-ils prêts au changement ?**

Bien des questions sont à se poser avant toute démarche d'adoption d'une TM. Si une entreprise décide d'investir dans une technologie mobile, c'est qu'elle a remarqué que certains processus devraient être améliorés [2]. Il faut établir les limites de ses attentes face à la nouvelle technologie : quelles procédures à optimiser ? Quelles tâches à modifier ? (Par exemple : gestion des déficiences, gestion des mises en service). Une fois ces limites bien définies, les options de technologies disponibles seront déjà restreintes aux plus pertinentes.

Les attentes quant à l'attitude et les services offerts par le fournisseur sont aussi un point important pour une implantation réussie. Un service client très présent, à l'écoute et réactif pourra certainement faire la différence et contribuer à la bonne implémentation. La sécurité de l'information dépendra aussi du sérieux du fournisseur et de son mode de stockage, souvent infonuagique mais pas toujours chez le même hébergeur.

Enfin, il est pertinent d'évaluer la capacité des futurs utilisateurs à utiliser l'outil et à intégrer ce critère dans le choix. Il a été montré que l'aspect culturel est un élément très important à prendre en compte lors de l'implantation d'une nouvelle technologie dans les phases de design et de mise en place [23]. Des jeunes peuvent, par exemples être plus enclins à utiliser la technologie, la courbe d'apprentissage sera donc moins étalée.

En bref, cette étape qui est la première est aussi la plus importante. Elle est cruciale, puisque si ces questions sont maîtrisées, les moyens mis en œuvre pour y répondre seront eux aussi d'autant mieux maîtrisés et seront le reflet de la qualité de la démarche.

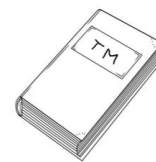
*« En décembre 2013, le choix de solution qui permettait de gérer les mises en service, les plans, les travaux à compléter, les déficiences, et les liste de vérifications était limité. Il y avait BIM Field 360, Latista, PlanGrid... Un des critères important dans le choix, était d'investir dans une solution fiable et fonctionnelle, qui allait évoluer et dont le développeur était solide et connu. Pour nous Autodesk répondait à ce critère. De plus il y avait possibilité de bâtir une relation d'affaire à long terme. »*

*Nicolas St-Pierre, Gestionnaire BIM-Bâtiment, EBC Inc. 2015/04/21*

## 2. Caractériser son profil

### **Quelle position ? Quels moyens financiers ?**

Ce sont globalement les deux questions qu'il faut se poser afin d'affiner ses recherches en termes d'outils. Chaque application vise son propre éventail de profils, chacune correspond à une fourchette de budget. Pour faire le choix d'une application pertinente, il faut éliminer celles qui ne correspondent ni à la discipline (architecte ? entrepreneur général ? sous-traitant ? ingénieur ? gérant immobilier ? fabricant ?) ni aux moyens de la firme. Il ne faut pas oublier que le prix d'achat de l'application et de sa licence n'est pas forcément le coût total ! Certaines applications nécessiteront des heures de formation



pour la promotion à l'interne, voire une personne à temps plein pour l'administration et la gestion, et des programmeurs pour paramétrer les différentes fonctionnalités. Des solutions plus simples peuvent permettre d'atteindre une grande partie de ces objectifs à moindre coût, d'où l'importance de faire une bonne analyse avant de prendre une décision.

*« La structure de prix de BIM 360 Field est vraiment dispendieuse. Il faut payer tant par personne par année. La plupart des gérants de projet vont l'utiliser 6-7 mois par année, une à deux journées par semaine. C'est rare qu'ils aient des projets en chantier toute l'année. Pour ce qu'on fait, ça ne se justifie pas. Pour un entrepreneur qui l'utiliserait tous les jours, ça pourrait valoir la peine. [...] AproPLAN est une application peu coûteuse donc ça pourrait plus facilement se rentabiliser. »*

*Céline Bahl, Coordonnatrice partage des connaissances, N.F.O.E. et associés, 2015/04/13*

### 3. Choisir l'outil adapté

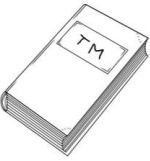
#### Quelles attentes ? Quelles options face à ces attentes ?

Une fois ces questions répondues, on peut être en mesure de dégager un nombre raisonnable d'outils parmi lesquels il faudra faire un choix. Ce choix peut se faire en se basant sur les témoignages de ses semblables s'ils existent, sur la popularité des outils dans les différents « stores » d'applications, mais aussi en faisant une étude de marché plus poussée, ou encore des projets pilotes sur des durées raisonnables qui permettront de tester à la fois l'application et ses fonctionnalités, mais aussi de se rendre compte de la réactivité du service client, ou de l'efficacité des mises à jour du produit.

*« Chez nous, avant d'acheter un équipement il faut justifier. Il faut avoir des exemples, montrer pourquoi on en a besoin. Si on n'avait pas présenté le besoin ils n'auraient pas acheté l'appareil, il faut mettre en évidence qu'on a perdu de l'argent quelque part ou qu'on perd une certaine compétitivité en n'ayant pas les bons outils. »*

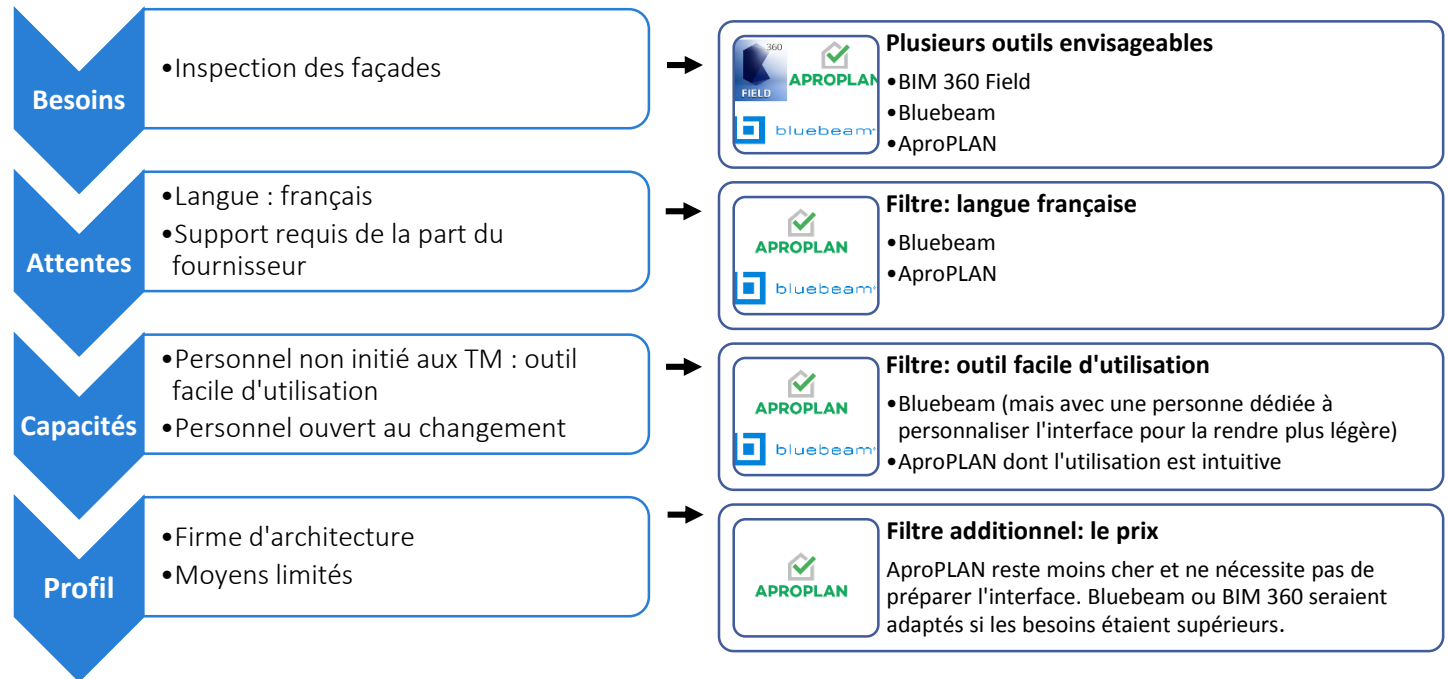
*Julie Bétit, Coordonnatrice aux innovations et technologies 3D, CIMA+, 2015/04/14*

En résumé, le choix technologique doit se faire de façon réfléchie et doit être adapté aux besoins de l'entreprise, c'est pourquoi il est indispensable d'analyser la faisabilité de l'investissement et de préparer un plan d'affaires avant d'entamer toute démarche d'adoption.



## En pratique !

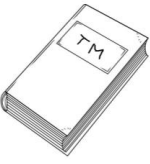
Une firme d'architecture d'une cinquantaine d'employés veut mettre en place une technologie mobile qui permettrait d'automatiser le processus d'inspection des façades. Depuis la mise en place de la loi 122, cette procédure est très rigoureuse, et en devient fastidieuse. En effet, l'architecte doit inspecter chaque pierre de la façade de l'édifice, ce qui constitue un travail répétitif et long qui semble être le cas idéal à standardiser.



**Remarque :** Comme le suggère le tableau de présentation des applications, d'autres applications sont comparables à AproPLAN en termes de prix et de fonctionnalités (BulldozAIR, Dalux, Site Works...). On peut alors se baser sur le fait qu'AproPLAN est déjà implanté au Québec avec du personnel disponible sur place, ce qui facilite le service client et l'accompagnement par rapport aux deux autres applications non moins compétentes.<sup>19</sup>

<sup>19</sup> Constat en date du mois de mai 2015

## 4. Planifier, préparer



La mise en place de la technologie peut demander plus ou moins d'efforts, nécessiter ou non des formations, de la promotion, mais dans tous les cas il est nécessaire d'avoir un plan d'implémentation.

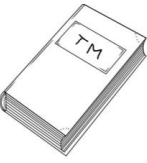
Dans un premier temps, si la décision vient de la direction, toute la hiérarchie doit être tenue informée de cette décision afin d'impliquer tout le monde dans le tournant que va prendre la firme avec ce changement. L'enthousiasme des équipes de travail pour l'implantation de la nouvelle technologie sera un moteur de réussite. La direction doit donc présenter aux employés l'outil (tablette, téléphone intelligent...) ainsi que la technologie (application, logiciel) [4] et les enjeux qu'elle implique (quelles tâches seront modifiées ? quelle est la nouvelle procédure ?). Il est primordial de rendre cet aspect clair pour tous les utilisateurs. La familiarisation avec l'outil pouvant être instantanée ou plus laborieuse, dans certains cas il faudra essayer d'attirer l'attention des utilisateurs sur l'outil par des moyens détournés, se concentrant par exemple sur leurs hobbies, leurs centres d'intérêts personnels pour leur faire apprécier la tablette ou le téléphone intelligent. Suivant les ambitions, cette promotion peut se faire à l'interne mais aussi à l'externe aux autres intervenants pouvant être impliqués dans l'utilisation de l'outil, et ce par différents moyens comme par exemple :

- Distribution de pamphlets
- Affichage dans les roulottes de chantier
- Vidéos de présentation
- Webinaires
- Sessions de formation
- Projets « démo »
- ...

*« Depuis un an on a donné des iPad à tous les surintendants, gérants de projets et on a dit voilà demain c'est ça. On leur a montré une présentation Prezi et on leur a dit " pour les rapports de chantier vous utilisez cette application, puis encore si vous faites un punchlist, utilisez ça, les checklists vous utilisez ça... " Puis on a passé une semaine avec chacun avec qui ça prenait plus de temps, pour les former. »*

*Élio Perranzino, Gérant de Projet, CANAM, 2015/04/02*

Dans certains cas comme pour l'utilisation de BIM Field, Latista ou Bluebeam il sera nécessaire de programmer l'interface en fonction des besoins et habitudes de travail de l'utilisateur pour ne pas se perdre dans les fonctionnalités. Ce genre d'outil est très puissant et peut vite devenir excessivement compliqué à utiliser s'il n'est pas bien configuré. Cette étape doit se faire en étroite collaboration avec les utilisateurs, elle doit être personnalisée et peut nécessiter un expert qui jouera un rôle crucial en s'assurant notamment de l'engagement continu de tous les utilisateurs dans l'adoption de la technologie.



## 5. Accompagner

Lorsque l'utilisation (projet pilote ou utilisation définitive) commence, même pour des applications basiques il est impératif d'accompagner les utilisateurs sur le chantier et que la hiérarchie se montre supportrice du changement [22]. Le fournisseur

*« Nous avons fait neuf mois d'études pour comparer Bim 360 Field et Latista : Vérification des règles de sécurité, études de prix, comité, tests en laboratoire, projets pilotes... Cette longue période de test nous a aussi permis de valider les cycles de mises à jour. »*

*Nicolas St-Pierre, Gestionnaire BIM-Bâtiment, EBC Inc.  
2015/04/21*

propose parfois cet accompagnement personnalisé, dans d'autres cas il devra être effectué à l'interne. La durée varie toujours en fonction de la personne et de son autonomie, et même une fois l'utilisateur complètement autonome, un suivi régulier permet de garder une utilisation optimale. À ce niveau le choix du fournisseur se fait ressentir puisqu'il sera parfois le seul à pouvoir régler les problèmes des utilisateurs, et sa réactivité sera un atout.

## 6. Améliorer

Les meilleures pratiques passent par l'amélioration continue. En effet, le suivi comme évoqué plus haut permet de collecter les retours sur expérience, d'ajuster et de changer les stratégies. En particulier, pour une application « programmable » comme BIM 360 Field, c'est en l'utilisant que le surintendant ou le gérant de projet va faire ses choix de préférences pour les modules, et que ceux-ci seront ajustés en conséquence. Il est donc important que la direction prenne l'initiative de faire le suivi auprès des utilisateurs, non seulement pour faire ces améliorations à l'interne ou en faire part au fournisseur, mais aussi pour valider les retours sur investissement, et justifier le renouvellement d'une licence s'il y a lieu. Essayer de tirer des chiffres permet de renouveler ou non l'expérience, de changer pour une technologie plus adaptée, ou bien de recommander pleinement la technologie adoptée, et ces chiffres ou à tout le moins données qualitatives ne pourront être obtenus qu'après avoir testé et mis en place la technologie dans un environnement réel [5, 24]. De plus, être capable de donner ces chiffres et conclusions aux organismes de recherche et aux fournisseurs d'application permet l'amélioration continue du domaine des technologies en construction, et une meilleure adoption de la part de l'industrie [8].

*« C'est sûr qu'on a un suivi, on a un business case chaque année qu'on tient à jour et il faut que ce soit rentable... »*

*Julie Bétit, Coordinatrice innovations, CIMA+, 2015/04/14*

*Suite aux retours de Marie-Ève et Germain, nous avons modifié certaines commandes dans l'application [...] Ceci va leur permettre de gagner beaucoup de temps. [...] Nous avons aussi simplifié la création de points, parce qu'un grand nombre d'utilisateurs faisait des erreurs sans le savoir. [...] Nous sommes actuellement occupés à terminer les Dashboard, ce qui permettra à tous les utilisateurs d'avoir des statistiques sur le chantier en temps réel [...] ceci nous a été demandé par un grand nombre d'utilisateurs.*

*Jim Hees, Sales manager, AproPLAN, 2015/05/05*



## TABLEAU DÉCISIONNEL

La section suivante propose un tableau aidant à la prise de décision pour le choix d'application. Après avoir choisi quels étaient les besoins parmi les quatre grandes catégories A, B, C et D, puis le profil de l'entreprise et le budget, le résultat obtenu permet de se diriger vers une liste d'applications, non exhaustive et seulement recommandées par ce guide. Les applications proposées dans ce tableau ne figurent pas toutes dans le tableau comparatif du chapitre 1. Leur prix et le prix des éventuels appareils associés se trouvent soit sur les portails d'application, soit en achat intégré à l'application de base gratuite, soit en ligne, soit dans certains cas sur demande auprès du fournisseur.

Les critères pris en compte sont ici les besoins, le budget et le type d'entreprise seulement. Chaque entreprise est un cas particulier et le choix se précisera en fonction de ces critères particuliers, comme décrit dans les recommandations du paragraphe précédent. Aussi chaque fournisseur est un cas particulier et offre un service et une relation clientèle différente qui sera aussi un critère de choix déterminant. Ce tableau permet donc de donner des idées ou de se diriger sur une piste pour faire ensuite un choix personnel adapté !



## 1. Quels besoins ?

<input type="checkbox"/>	<b>A</b>	Gestion de chantier globale : gestion des heures de travail, du budget, des bons de commande, journal quotidien, ordres de changement, rapports d'incidents, etc.
<input type="checkbox"/>	<b>B</b>	Gestion de chantier spécifique : gestion d'une tâche précise comme les audits, l'annotation de PDF, le calcul de charge pour une grue, les normes pour les engins de chantier, le calcul/la conversion d'unités, les normes d'acier, etc.
<input type="checkbox"/>	<b>C</b>	Gestion de projet globale : différentes options de fonctionnalités comme le partage et l'annotation de plans, la collaboration à distance, la création de rapports de visite ou de réunion, les mises en service, le contrôle de la qualité et de la sécurité, la surveillance de la main d'œuvre, etc.
<input type="checkbox"/>	<b>D</b>	Gestion de projet spécifique : gestion d'une tâche précise d'un projet comme la capture pour la modélisation 3D, la consultation et le partage de plans, le partage de notes écrites, vocales et images, etc.

## 2. Quel profil ?

<input type="checkbox"/>	<b>1</b>	Sous-traitant
<input type="checkbox"/>	<b>2</b>	Entrepreneur, donneur d'ouvrages, gérant immobilier, fabricant-concepteur
<input type="checkbox"/>	<b>3</b>	Architecte, ingénieur

## 3. Quel budget ?

<input type="checkbox"/>	<b>+</b>	Budget réduit : quelques dollars
<input type="checkbox"/>	<b>++</b>	Budget moyen : quelques dizaines de dollars par mois
<input type="checkbox"/>	<b>+++</b>	Budget important : plusieurs dizaines de dollars par mois

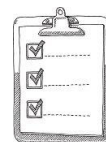
## 4. Nombre de points obtenus

		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>1</b>	<b>+</b>	1 pt	5 pts		
	<b>++</b>	2 pts	6 pts		
<b>2</b>	<b>+</b>	3 pts	7 pts	9 pts	14 pts
	<b>++</b>	4 pts	8 pts	10 pts	15 pts
	<b>+++</b>	4 pts	8 pts	11 pts	16 pts
<b>3</b>	<b>+</b>			12 pts	17 pts
	<b>++</b>			13 pts	18 pts
	<b>+++</b>			11 pts	16 pts

## 5. Résultats



Nombre de points	Résultat
1 pt	Pour un sous-traitant voulant une gestion complète du CHANTIER avec un budget réduit, des outils comme <i>Optichantier</i> (toutes plateformes) ou <i>Gestion chantier</i> (iOS) à quelques dollars par mois ou en version gratuite permettent de commencer à introduire les TM dans l'entreprise sans représenter un investissement, et de gérer les heures, les rapports journaliers, etc. et d'exporter ces données sous différents formats.
2 pts	Pour un sous-traitant qui veut gérer un CHANTIER avec un budget moyen, les outils comme <i>Site Boss</i> ou <i>Site Works</i> semblent appropriés et permettront de faire le journal quotidien, demande d'information, bons de commande, minutes de réunion, etc.
3 pts	Pour un entrepreneur, donneur d'ouvrage, gérant immobilier, fabricant-concepteur qui veut gérer un CHANTIER avec un budget réduit, les outils comme <i>Optichantier</i> ou <i>Site Boss</i> , semblent appropriés et permettront de faire le journal quotidien, demande d'information, bons de commande, minutes de réunion, etc.
4 pts	Pour un entrepreneur, donneur d'ouvrage, gérant immobilier, fabricant-concepteur qui veut gérer un CHANTIER avec un budget moyen ou large, des outils comme <i>Site Boss</i> , <i>Site Works</i> , <i>Bluebeam</i> ou encore ceux-cis agrémentés de multiples applications spécifiques comme <i>Construction Master 5</i> ou <i>EquipSpecs</i> semblent appropriés et survoleront un grand nombre de tâches liées à la gestion et à la tenue du chantier.
5 pts	Pour un sous-traitant voulant une gestion de tâche précise de CHANTIER avec un budget réduit, il existe de nombreux outils gratuits ou à quelques dollars comme <i>EquipSpecs</i> , <i>Acier Poids</i> , <i>sélecteur de clou et vis Hilti</i> , <i>Handy Construction Calculators</i> , <i>Woodcraft</i> , etc. et permettant de gérer différents aspects techniques du chantier.
6 pts	Pour un sous-traitant voulant une gestion de tâche précise de CHANTIER avec un budget moyen, les outils comme <i>Bluebeam</i> , <i>Go Payment</i> , <i>Invoice2go</i> , <i>HoursTracker Pro</i> , etc. sont abordables et permettent de gérer différentes obligations d'une petite entreprise comme recevoir des paiements, passer commande, compter les heures de travail...
7 pts	Pour un entrepreneur, donneur d'ouvrage, gérant immobilier, fabricant concepteur voulant une gestion de tâche précise de CHANTIER avec un budget réduit, il existe de nombreuses applications techniques comme <i>Construction Master 5</i> , <i>EquipSpecs</i> , <i>Acier Poids</i> , <i>sélecteur de clou et vis Hilti</i> , etc. mais aussi des applications de contrôle et gestion comme <i>iAuditor</i> , <i>Evernote</i> pour la prise de note, <i>SnagBricks</i> , <i>Newforma Field Notes free</i> , etc.
8 pts	Pour un entrepreneur, donneur d'ouvrage, gérant immobilier, fabricant concepteur voulant une gestion de tâche précise de CHANTIER avec un budget moyen ou large, on peut viser des applications plus coûteuses comme <i>Bluebeam</i> , <i>GEOTRACEUR Mobile</i> (pour tracer des engins de chantier), <i>Newforma Field Notes</i> , etc. ou rajouter des options payantes aux versions de base des applications.
9 pts	Pour un entrepreneur, donneur d'ouvrage, gérant immobilier, fabricant concepteur voulant une gestion globale de PROJET, avec un budget réduit, on peut envisager toute version gratuite des applications de gestion de projet de niveau de maturité 4.1 (du type <i>SmartUse</i> , <i>AproPLAN</i> , suite « OnSite », suite « Newforma », <i>BulldozAIR</i> , etc.).
10 pts	Pour un entrepreneur, donneur d'ouvrage, gérant immobilier, fabricant concepteur voulant une gestion globale de PROJET, avec un budget moyen, les applications de niveau de maturité 4.1 sont idéales, comme <i>SmartUse</i> , <i>Inktronic</i> , <i>AproPLAN</i> , <i>Site Works</i> , <i>BulldozAIR</i> , <i>Dalux Field</i> , ou toute application similaire. Ces applications offrent généralement deux niveaux de tarification dont le premier correspond à un budget moyen.



11 pts	Pour toute firme voulant une gestion globale de PROJET, avec un budget large, on peut citer toutes les applications de gestion de niveau 4.1 avec le niveau supérieur de tarification (permet en général un stockage illimité et/ou un nombre de projets illimité, ce qui implique une implantation à grande échelle) : <i>SmartUse, Inktronic, AproPLAN, Site Works, BulldozAIR, Dalux Field, ArchiPad</i> , etc. On peut aussi citer d'autre part les applications de niveau 4.2 comme <i>BIM 360 Field, Bim 360 Glue, Latista, Bluebeam Revu</i> , etc.
12 pts	Pour une firme d'architecture ou d'ingénierie voulant une gestion globale de PROJET, avec un budget réduit, on peut envisager toute version gratuite d'une application de gestion utilisée par l'entrepreneur (du type <i>SmartUse, AproPLAN</i> , suite « OnSite », <i>Bluebeam, BulldozAIR</i> , etc.) pour un suivi en lecture seule. <i>ArchiPad Lite</i> permet une gestion de projets en usage personnel.
13 pts	Pour une firme d'architecture ou d'ingénierie voulant une gestion globale de PROJET, avec un budget moyen, la solution la plus appropriée se trouvera dans des applications de gestion de niveau 4.1 comme <i>SmartUse, AproPLAN, Site Works, BulldozAIR, Dalux Field</i> , ou toute application similaire avec le niveau intermédiaire de tarification. On peut aussi ajouter comme exemple <i>ArchiPad</i> qui est plus dédié aux architectes.
14 pts	Pour un entrepreneur, donneur d'ouvrage, gérant immobilier, fabricant concepteur voulant une gestion de tâche précise de PROJET, avec un budget réduit, des applications comme <i>Evernote</i> pour faire des listes de tâches, des notes personnelles avec pièces attachées et partager ces notes, ou encore la suite « OnSite » : <i>OnSite Punchlists, OnSite Photo, OnSite Calendars, OnSite ToDos</i> , etc. (en version gratuite qui correspond à un usage personnel), <i>Bluebeam Vu</i> pour le visionnage et le classement des PDF, <i>iAuditor Free</i> pour les inspections, <i>Newforma Plans free, Newforma Tasks free</i> (un seul projet) etc.
15 pts	Pour un entrepreneur, donneur d'ouvrage, gérant immobilier, fabricant concepteur voulant une gestion de tâche précise de PROJET, avec un budget moyen, l'application <i>iAuditor pro</i> pour faire des inspections, <i>SmartUse, Newforma Plans</i> ou <i>Inktronic</i> pour une salle de plans virtuelle, <i>Newforma Tasks, Newforma Project Email, Bluebeam</i> pour l'annotation de PDF, etc. Pour un budget large on peut envisager une compilation de plusieurs de ces applications.
16 pts	Pour toute firme voulant une gestion de tâche précise de PROJET, avec un budget large, des outils comme <i>SketSha</i> avec son Studio Digital Collaboratif permettent la créativité collaborative à distance. La caméra <i>Matterport</i> permet des relevés 3D intuitifs grâce au contrôle par iPad. Un budget large peut aussi permettre d'acheter plusieurs applications de la suite <i>Autodesk</i> , pour la conception 2D et 3D architecturale, structurelle, civile, la visualisation ou la réalité augmentée, la plupart étant compatibles entre elles et permettant la collaboration et la fusion des différents types de modèles (design, mécanique, électrique, structure, etc.)
17 pts	Pour une firme d'architecture ou d'ingénierie voulant une gestion de tâche précise de PROJET, avec un budget réduit, des applications comme <i>Evernote</i> ou <i>Wonderlist</i> pour faire des listes de tâches, <i>OnSite Photo</i> pour faire des visites de chantier, des applications de visionnage, édition de fichiers CAO, scannage et édition de dessins comme <i>CAD Touch free</i> ou <i>CAD Touch pro</i> , ou encore des applications comme <i>Steel Canada, Handy Construction Calculators, Design Dimensions, iRhino 3D</i> , etc.
18 pts	Pour une firme d'architecture ou d'ingénierie voulant une gestion de tâche précise de PROJET, avec un budget moyen, on peut envisager des outils comme <i>Autocad 360, AutoQ3D CAD, SightSpace 3D</i> (réalité augmentée avec SketchUp), <i>BIMx pro</i> , etc.



**Remarque** : On constate que les versions gratuites des applications de gestion proposent souvent un usage personnel ou un visionnage seul. Par conséquent, pour être à l'initiative d'une réelle collaboration entre intervenants, un partage, et un mode de travail intégré correspondant au dernier niveau de maturité, il faut prévoir un budget moyen à large (à partir de quelques dizaines de dollars par mois d'abonnement). Le meilleur moyen de participer pour les sous-traitants ou les très petites entreprises est de participer au projet soit en visionnage seul, soit en version limitée à quelques mégaoctets de téléversement (ce qui peut parfois suffire), ou sous une licence payée par l'entreprise à l'origine de la mise en place de l'application. Cette dernière option est parfois choisie par les entrepreneurs importants, permettant ainsi une pleine collaboration et une standardisation de la gestion du projet qui a pour conséquence une optimisation de la réalisation du chantier.



## GABARIT DE PLAN D’AFFAIRES

Pour compléter le choix technologique, il est primordial de mesurer le plus précisément possible l’impact de son implantation dans les processus de l’entreprise avant de la mettre en place dans le but de s’assurer de la rentabilité et le potentiel du changement. Il est recommandé de préparer un plan d’affaires qui doit être mis à jour chaque année pour chaque projet afin de décider du renouvellement ou non de l’opération ou des ajustements nécessaires à faire. Cette section propose un gabarit de plan d’affaires permettant de rappeler les possibles dépenses et recettes liées à la mise en place d’une technologie mobile et des changements de procédures associés.

Coûts				Bénéfices			
	Qté	P.U.	P. total		Qté	P.U.	P. total
<b>Technologie</b>				<b>Temps de travail</b>			
Achat application sur le portail		\$	\$	Surintendant		\$	\$
Abonnement mensuel ou annuel		\$	\$	Gestionnaire de projet		\$	\$
Options supplémentaires		\$	\$	Adjoint technique		\$	\$
Achat des appareils		\$	\$	Ouvrier		\$	\$
				Chargé de projet		\$	\$
				Ingénieur		\$	\$
				Architecte		\$	\$
				Autre(s)		\$	\$
<b>Stratégie</b>				<b>Déplacements</b>			
<b>Pré-implantation</b>				Prix au km			
Promotion à l'interne et aux autres intervenants (pamphlets, affiches, vidéos, diffusions, etc.)		\$	\$			\$	\$
Préparation de l'interface de l'application (personnalisation propre au projet)		\$	\$				
Paiement d'un spécialiste		\$	\$				
<b>Formation</b>				<b>Autre</b>			
Séances de formation (salle, formateur, etc.)		\$	\$	Réduction des reprises		\$	\$
Temps de travail des utilisateurs en formation		\$	\$	Crédits d'impôt <sup>20</sup>			
Paiement d'un spécialiste pour la formation		\$	\$				
<b>Soutien - suivi</b>							
Service après-vente du fournisseur		\$	\$				
Paiement d'un spécialiste pour le soutien		\$	\$				
Sous Total			\$	Sous Total			\$
<b>TOTAL</b>				<b>TOTAL</b>			<b>\$</b>

<sup>20</sup> Voir les sections formation, innovation technologique, investissement sur le site du gouvernement : <http://www.revenuquebec.ca/fr/entreprises/impots/societes/credits/default.aspx>



Aux recettes « brutes » décrites dans ce tableau, il faut ajouter les recettes plus difficiles à chiffrer comme la réduction du risque d'erreurs qui peut être liée au fait que les dernières versions des plans sont toujours disponibles et connues de tous les intervenants, ou encore la réduction des erreurs de construction liée à une meilleure coordination entre les intervenants. Les gains ne sont pas seulement financiers mais aussi organisationnels, ils peuvent également résider dans la satisfaction des employés à travailler sous de nouvelles procédures. Il est aussi important de bien définir les changements procéduraux associés à l'adoption de la technologie. En effet, la technologie doit être un outil à ce changement et non l'inverse. L'amélioration des processus doit être à l'origine de la démarche de changement.

La Figure 23 montre un exemple simple de changement du processus de partage et d'échange des plans et dessins dans un projet de construction avec la méthode traditionnelle et avec l'implantation d'une technologie mobile infonuagique destinée à la gestion des plans de chantier. La Figure 24 donne des indications pour le remplissage du tableau dans le même cas d'implantation d'une technologie mobile de gestion des plans de chantier.

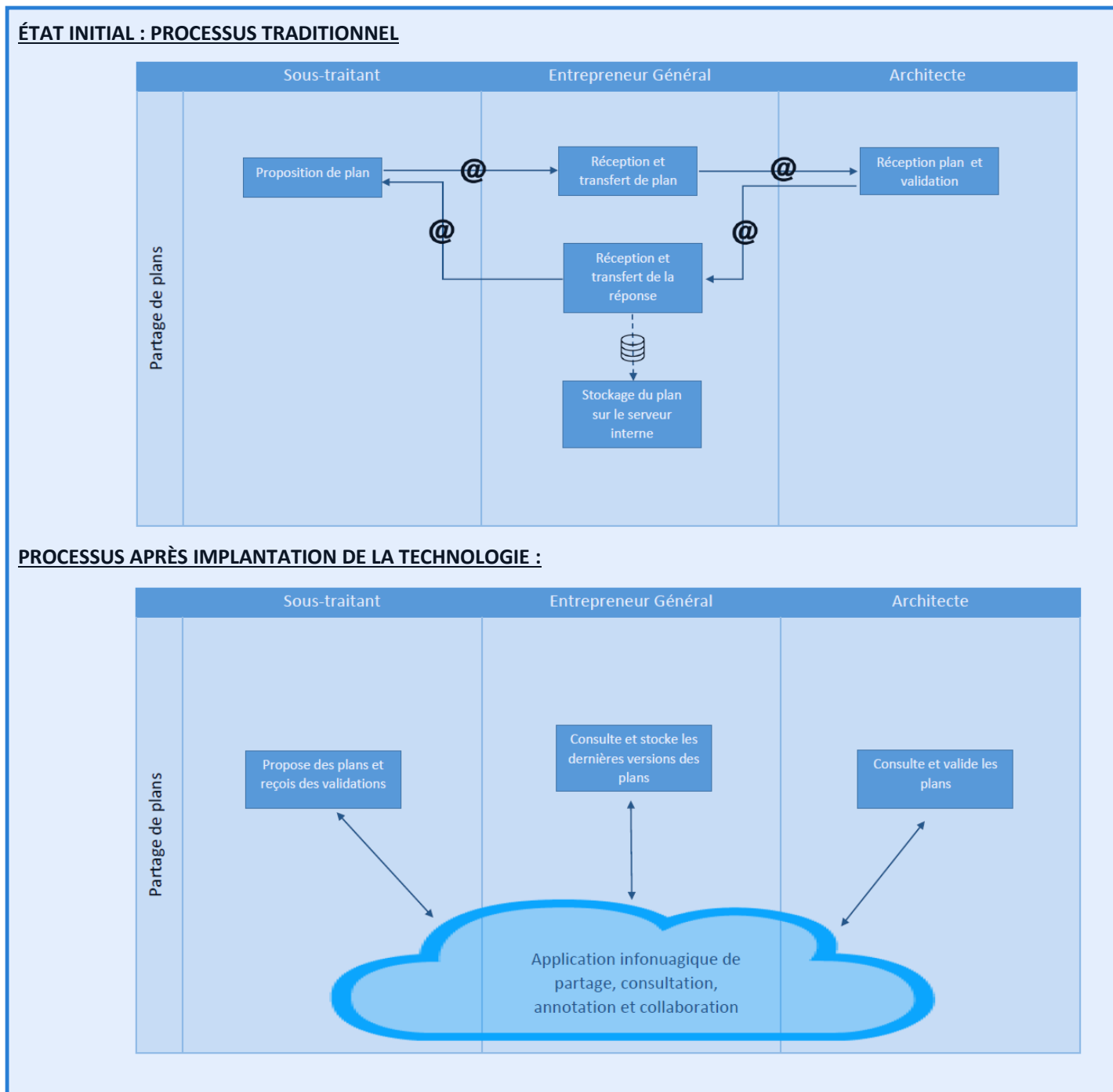


Figure 23 modification du processus de partage des plans avant et après l'adoption d'une TM



Coûts				Bénéfices			
	Qté	P.U.	P. total		Qté	P.U.	P. total
<b>Technologie</b>				<b>Temps de travail</b>			
Achat application sur le portail		\$	\$	Surintendant		\$	\$
Abonnement mensuel ou annuel		\$	\$	Gestionnaire de projet		\$	\$
Options supplémentaires		\$	\$	Adjoint technique		\$	\$
Achat des appareils		\$	\$	Ouvrier		\$	\$
Ex: spécialiste TI monopolisé 2h/jour à 30\$/h pour accompagner les utilisateurs sur chantier				Chargé de projet		\$	\$
				Ingénieur		\$	\$
				Architecte		\$	\$
				Autre(s)		\$	\$
<b>Stratégie</b>				<b>Déplacements</b>			
<b>Pré-implantation</b>				Prix au km			
Promotion à l'interne et aux autres intervenants (pamphlets, affiches, vidéos, diffusions, etc.)		\$	\$	Déplacements évités grâce aux visio-conférences : carburant auto + amortissement du véhicule ou prix de la location			
Préparation de l'interface de l'application (personnalisation propre au projet)		\$	\$				
Paiement d'un spécialiste		\$	\$				
<b>Formation</b>				<b>Autre</b>			
Séances de formation (salle, formateur, etc.)		\$	\$	Réduction des reprises		\$	\$
Temps de travail des utilisateurs en formation		\$	\$	Crédits d'impôt <sup>16</sup>		\$	\$
Paiement d'un spécialiste pour la formation		\$	\$	Ex: une partie de la formation prise en charge en crédit d'impôts			
<b>Soutien - suivi</b>							
Service après-vente du fournisseur		\$	\$				
Paiement d'un spécialiste pour le soutien		\$	\$				
Sous Total			\$	Sous Total			\$
<b>TOTAL</b>							\$

Prix sur App Store / Google Play Store  
 Prix/mois pour la version "pro" ou "premium", etc.  
 Prix pour rajouter des options (ex: option "réalité augmentée")

Ex: 3 iPad Air 16Go à 549\$

Ex: un surintendant passe 2h de plus sur le chantier par jour

Ex: spécialiste TI monopolisé 2h/jour à 30\$/h pour accompagner les utilisateurs sur chantier

Déplacements évités grâce aux visio-conférences : carburant auto + amortissement du véhicule ou prix de la location

Ex: une partie de la formation prise en charge en crédit d'impôts

Ex: formation de 2h pour 10 personnes pour l'utilisation des fonctionnalités de l'application = coût du formateur (2h x 30\$/h) + mobilisation des employés pour la formation (10 x 2h x 35\$/h)

Rentabilité du projet

Figure 24 exemple de remplissage du tableau dans le cas d'un outil de gestion des plans

# Conclusions

---

Les études de cas et les recherches précédentes sur le sujet des TM dans l'industrie AEC ont permis de développer un cadre pour l'implémentation d'une TM en vue d'améliorer la gestion du flux d'information dans la phase de réalisation des projets de construction. Les étapes clés de l'implémentation ont été isolées et développées dans ce rapport. Les études de cas ont aussi permis de mettre en avant l'importance dominante de certains critères dans la mise en place des TM, et notamment il est ressortie que le choix du fournisseur peut avoir un rôle crucial dépendamment de la qualité du service client, du support et de la formation offerts ou non, et de sa réactivité face à des requêtes. Il a été aussi constaté que, quel que soit le niveau de gestion (4.1 ou 4.2), il est primordial que l'interface soit simple pour les utilisateurs qui se lasseront d'un outil trop compliqué ou comportant simplement trop de fonctionnalités. C'est la raison pour laquelle les outils de la catégorie 4.2 vont nécessiter une personne en charge de la coordination, dont le rôle sera entre autres de rendre l'interface plus légère et agréable d'utilisation en supprimant des modules et ne gardant que ceux qui couvrent les besoins de l'utilisateur, et en rendant cette interface adaptée à sa façon de travailler. Cette personne doit être nommée dans l'entreprise ou embauchée spécialement, ce qui représente un coût implicite non négligeable.

De façon générale, un point important qui ressort de cette étude est la standardisation pour le gain de temps. La standardisation des processus est l'un des objectifs pour lesquels met en place une TM dans une entreprise. Parallèlement à cela, il semble clair que la standardisation joue aussi un rôle important au niveau des applications elles-mêmes : le choix d'application est effectivement facilité si le problème des plateformes et de la compatibilité ne se pose pas. Les applications et technologies éprouvent donc encore quelques problèmes d'interopérabilité et de normalisation qui vont aller en s'améliorant dans le futur.

# Bibliographie

---

1. Frénette, S., *Améliorer les processus de communication sur les chantiers de construction à l'aide des technologies mobiles et des technologies infonuagiques*, in *Génie de la construction*. 2014, École de Technologie Supérieure: Montréal. p. 233.
2. Kang, Y., et al., *Interaction effects of information technologies and best practices on construction project performance*. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2013. **139**(4): p. 361-371.
3. Rivard, H., *A survey on the impact of information technology on the Canadian architecture, engineering and construction industry*. *Electronic journal of information technology in construction*, 2000. **5**: p. 37-56.
4. Usman, N. and I. Said, *Information and communication technology innovation for construction site management*. *American Journal of Applied Sciences*, 2012. **9**(8): p. 1259-1267.
5. Menzel, K., M. Keller, and K. Eisenblätter, *Context sensitive mobile devices in architecture, engineering and construction*. 2004.
6. Childress, V.W., *Building construction and building information modeling.(RESOURCES IN TECHNOLOGY AND ENGINEERING)*. *Technology and Engineering Teacher*, 2013. **73**(4): p. 24.
7. Forgues, D. and S. Staub-French, *Improving efficiency and productivity in the construction sector through the use of information technologies*. 2011.
8. Gu, N. and K. London, *Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry*. *Automation in Construction*, 2010. **19**(8): p. 988-999.
9. Hewage, K.N. and J.Y. Ruwanpura, *A novel solution for construction on-site communication – the information booth*. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 2009. **36**(4): p. 659-671.
10. Undurraga, M. *Construction productivity and housing financing*. in *Seminar and Workshop, Interamerican Housing Union, Ciudad de Mexico, DF, Mexico*. 1996.
11. Australia, E., *Getting it right the first time*. Report by the Task Force of the Quality Panel of the Queensland Division of Engineers Australia, 2005.
12. Eastman, *BIM Handbook Introduction*, in *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, J.W. Sons, Editor. 2011. p. 640.
13. Forgues, D., S. Tahrani, and S. Frénette, *Construction 2.0 : l'efficacité par le numérique*. 2014.
14. Chi, H.-L., S.-C. Kang, and X. Wang, *Research trends and opportunities of augmented reality applications in architecture, engineering, and construction*. *Automation in Construction*, 2013. **33**(0): p. 116-122.
15. Ferrada, X., et al., *A lessons-learned mobile system for construction companies: motivation and design*. *Procedia Engineering*, 2014. **85**: p. 157-165.
16. Chen, Y. and J.M. Kamara, *A framework for using mobile computing for information management on construction sites*. *Automation in Construction*, 2011. **20**(7): p. 776-788.
17. Beaudoin, J., C. Bourget, and G. Mallette-Vanier, *Mobilité au Québec : La croissance se poursuit*. 2015.
18. Ningshuang Zeng, Y.L., X. Li, and B. Xu, *On-site construction management framework based on a real-time building information modeling system*. *eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction: ECPPM 2014*, 2014: p. 95.
19. Aigbavboa, C.O., T. W.D., and K.P. Lesito, *Information Communication Technology (ICT) usage in the South African construction professional practice : lessons learnt*. *Journal of economics and behavioral studies : JEBS*, 2013. **5**(10, (10)): p. 652-659.
20. Sacks, R., et al., *KanBIM workflow management system: Prototype implementation and field testing*. *Lean Constr. J*, 2013. **9**(1): p. 19-34.
21. Forgues, D., et al., *L'INÉVITABLE PASSAGE À LA MODÉLISATION DES DONNÉES DU BÂTIMENT (BIM) DANS L'INDUSTRIE DE LA CONSTRUCTION AU CANADA: SYNTHÈSE DE TROIS EXPÉRIMENTATIONS*.
22. Sargent, K., P. Hyland, and S. Sawang, *Factors influencing the adoption of information technology in a construction business*. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 2012. **12**(2).
23. Gajendran, T. and G. Brewer, *Cultural consciousness and the effective implementation of information and communication technology*. *Construction Innovation*, 2012. **12**(2): p. 179-197.
24. Garrett Jr, J.H. and J. Sunkpho. *Issues in delivering mobile IT systems to field users*. in *Proceedings: Int. Kolloquium ueber die Anwendung der Informatik und Mathematik in Architektur und Bauwesen (IKM)*. Weimar. 2000.





## LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aigbavboa, C.O., Thwala W.D. et K.P. Lesito. 2013. « Information Communication Technology (ICT) usage in the South African construction professional practice : lessons learnt ». *Journal of economics and behavioral studies : JEBS*, vol. 5, n° 10, (10), p. 652-659.
- Aziz, Z, C Anumba et F Pena-Mora. 2009. « A road-map to personalized context-aware services delivery in construction ».
- Aziz, ZUH, N Harun et N Alaboud. 2016. « Mobile computing applications within construction ».
- Bae, Hyojoon, Mani Golparvar-Fard et Jules White. 2013. « High-precision vision-based mobile augmented reality system for context-aware architectural, engineering, construction and facility management (AEC/FM) applications ». *Visualization in Engineering*, vol. 1, n° 1, p. 1-13.
- Bakens, Wim. 1997. « International trends in building and construction research ». *Journal of construction engineering and management*, vol. 123, n° 2, p. 102-104.
- Beaudoin, Josée, Claire Bourget et Guillaume Mallette-Vanier. 2015. « Mobilité au Québec : La croissance se poursuit ».
- Bilandzic, Mark, et John Venable. 2011. « Towards participatory action design research: adapting action research and design science research methods for urban informatics ». *The Journal of Community Informatics*, vol. 7, n° 3.
- Bowden, S, A Dorr, A Thorpe et CJ Anumba. 2004. « Mapping site processes for the introduction of mobile IT. eWork and eBusiness in Architecture ». *Engineering and Construction. Taylor and Francis Group, London*.
- Bowden, Sarah, Alex Dorr, Tony Thorpe et Chimay Anumba. 2006. « Mobile ICT support for construction process improvement ». *Automation in Construction*, vol. 15, n° 5, p. 664-676.
- Brandon, Peter, Martin Betts et Hans Wamelink. 1998. « Information technology support to construction design and production ». *Computers in Industry*, vol. 35, n° 1, p. 1-12.
- Brender, Nathalie, et Iliya Markov. 2013. « Risk perception and risk management in cloud computing: Results from a case study of Swiss companies ». *International journal of information management*, vol. 33, n° 5, p. 726-733.

- Brown, D. Gregg, Cathy Capes, Pierre Corriveau, Louis Lessard, Rick Linley, Robert J. Ojolic et Barbara Shipman. 2009. « Modes de réalisation des projets de construction ». In *Manuel canadien de pratique de l'architecture*, sous la dir. de Canada, Institut royal d'architecture du, 2.
- Chen, Yuan, et John M Kamara. 2011. « A framework for using mobile computing for information management on construction sites ». *Automation in Construction*, vol. 20, n° 7, p. 776-788.
- Chen, Yuan, et John M. Kamara. 2008. « Using mobile computing for construction site information management ». *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 15, n° 1, p. 7-20.
- Chi, Hung-Lin, Shih-Chung Kang et Xiangyu Wang. 2013. « Research trends and opportunities of augmented reality applications in architecture, engineering, and construction ». *Automation in Construction*, vol. 33, n° 0, p. 116-122.
- Childress, Vincent W. 2013. « Building construction and building information modeling.(RESOURCES IN TECHNOLOGY AND ENGINEERING) ». *Technology and Engineering Teacher*, vol. 73, n° 4, p. 24.
- Cisco, San Jose. 2013. « CA, "Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2012-2017" ». *Cisco Public Information*.
- Cohen, Deborah, et Benjamin Crabtree. 2006. « Qualitative research guidelines project ». In.
- Cook, Richard, et Stuart Eckblad. 2007. *Integrated Project Delivery: A Guide*. 62 p.
- Dao, Lieu, et Daniel Forgues. 2013. « Transformer la gestion des équipements avec la BIM: Une étude de cas ». *CSCE 2013*, p. 9.
- Dong, Andy, Mary Lou Maher, Mi Jeong Kim, Ning Gu et Xiangyu Wang. 2009. « Construction defect management using a telematic digital workbench ». *Automation in Construction*, vol. 18, n° 6, p. 814-824.
- Eastman. 2011. « BIM Handbook Introduction ». In *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, sous la dir. de Sons, John Wiley &. p. 640.
- Eastman, Chuck, Charles M Eastman, Paul Teicholz et Rafael Sacks. 2011. *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons.
- Egan, John. 1998. *Rethinking construction*. Department of Environment, Transport and the Region.

- Errin. 2011. « SightSpace 3D V. 1.3 Released: Google SketchUp, Google 3D Warehouse, and Google Earth viewer with Augmented Reality ». < <http://blog.limitlesscomputing.com/2011/12/sight-space-3d-v-1-3-released-google-sketchup-google-3d-warehouse-and-google-earth-viewer-with-augmented-reality/> >. Consulté le 18/04/2016.
- Ferrada, Ximena, Marcos Sepúlveda, Alfredo Serpell, Daniela Núñez et Andrés Neyem. 2014. « A lessons-learned mobile system for construction companies: motivation and design ». *Procedia Engineering*, vol. 85, p. 157-165.
- Fetterling, Jessie. 2013. « PODCAST Part I: McCarthy Awarded for Innovative Building Approach ». < <http://www.hconews.com/articles/2013/05/1/podcast-part-i-mccarthy-awarded-innovative-building-approach> >. Consulté le 18/04/2016.
- Forgues, Daniel, et Sheryl Staub-French. 2011. « Improving efficiency and productivity in the construction sector through the use of information technologies ».
- Forgues, Daniel, Sheryl Staub-French, Souha Tahrani et Erik Poirier. 2014. *L'inévitable passage à la modélisation des données du bâtiment (BIM) dans l'industrie de la construction au Canada : Synthèse de trois expérimentations*.
- Forgues, Daniel, Souha Tahrani et Sébastien Frenette. 2014. *Construction 2.0 : L'efficacité par le numérique*. CEFRIO.
- Forgues, Daniel, Souha Tahrani et Manon Pouteau. 2015. *Construction 2.0 : Guide des Technologies Mobiles*. CERACQ.
- Frenette, Sébastien. 2014. « Améliorer les processus de communication sur les chantiers de construction à l'aide des technologies mobiles et des technologies infonuagiques ». Mémoire. Montréal, École de Technologie Supérieure, 233 p.
- Frenette, Sébastien, Daniel Forgues et Souha Tahrani. 2014. « Les technologies mobiles, une révolution dans la communication et la coordination de projets de construction ». In *SCGC*. (Halifax, NS). Vol. 142, p. 1.
- Fuller, et McHale. 1965. *World Design Science Decade, 1965-1975*.
- Gajendran, Thayaparan, et Graham Brewer. 2012. « Cultural consciousness and the effective implementation of information and communication technology ». *Construction Innovation*, vol. 12, n° 2, p. 179-197.
- Garrett Jr, James H, et Jirapon Sunkpho. 2000. « Issues in delivering mobile IT systems to field users ». In *Proceedings: Int. Kolloquium ueber die Anwendung der Informatik und Mathematik in Architektur und Bauwesen (IKM)*. Weimar.

- Gu, Ning, et Kerry London. 2010. « Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry ». *Automation in Construction*, vol. 19, n° 8, p. 988-999.
- Gupta, Prashant, A Seetharaman et John Rudolph Raj. 2013. « The usage and adoption of cloud computing by small and medium businesses ». *International Journal of Information Management*, vol. 33, n° 5, p. 861-874.
- Hevner, Alan, Salvatore March, Jinsoo Park et Sudha Ram. 2004. « Design science in information systems research ». *MIS quarterly*, vol. 28, n° 1, p. 75-105.
- Hewage, Kasun N., et Janaka Y. Ruwanpura. 2009. « A novel solution for construction on-site communication – the information booth ». *Canadian Journal of Civil Engineering*, vol. 36, n° 4, p. 659-671.
- Horman, Michael J., et Russell Kenley. 2005. « Quantifying Levels of Wasted Time in Construction with Meta-Analysis ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 131, n° 1, p. 52-61.
- Irizarry, Javier, et Taran Gill. 2009. « Mobile applications for information access on construction jobsites ». In *International Workshop on Computing in Civil Engineering*. p. 24-27. ASCE Austin, TX.
- Kang, Youngcheol, William J. O'Brien, Jiukun Dai, Stephen P. Mulva, Stephen P. Thomas, Robert E. Chapman et David Butry. 2013. « Interaction effects of information technologies and best practices on construction project performance ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 139, n° 4, p. 361-371.
- Kim, Changyoon, Hyunsu Lim et Hyoungkwan Kim. 2011. « Mobile computing platform for construction site management ». In *Proceedings of 28th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Seoul, Korea*. p. 1164-1169.
- Kim, Changyoon, Taeil Park, Hyunsu Lim et Hyoungkwan Kim. 2013. « On-site construction management using mobile computing technology ». *Automation in construction*, vol. 35, p. 415-423.
- Kimoto, Kenji, Kazuyoshi Endo, Satoru Iwashita et Mitsuhiro Fujiwara. 2005. « The application of PDA as mobile computing system on construction management ». *Automation in Construction*, vol. 14, n° 4, p. 500-511.
- Le, Quang Tuan, Akeem Pedro, CR Lim, HT Park, CS Park et HK Kim. 2015. « A framework for using mobile based virtual reality and augmented reality for experiential construction safety education ». *Int. J. Eng. Educ*, vol. 31, n° 3, p. 713-725.

- March, Salvatore T, et Veda C Storey. 2008. « Design science in the information systems discipline: an introduction to the special issue on design science research ». *MIS quarterly*, p. 725-730.
- Mell, Peter, et Timothy Grance. 2011. « The NIST Definition of Cloud Computing ». < <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf> >. Consulté le 21/01/2016.
- Menzel, Karsten, M Keller et K Eisenblätter. 2004. « Context sensitive mobile devices in architecture, engineering and construction ».
- Mtibaa, Abderrahmen, Khaled A Harras, Karim Habak, Mostafa Ammar et Ellen W Zegura. 2015. « Towards mobile opportunistic computing ». In *Cloud Computing (CLOUD), 2015 IEEE 8th International Conference on*. p. 1111-1114. IEEE.
- Ningshuang Zeng, Yan Liu, Xiao Li et Bo Xu. 2014. « On-site construction management framework based on a real-time building information modeling system ». *eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction: ECPPM 2014*, p. 95.
- Nourbakhsh, Mehdi, Rosli Mohamad Zin, Javier Irizarry, Samaneh Zolfagharian et Masoud Gheisari. 2012. « Mobile application prototype for on-site information management in construction industry ». *Engineering, construction and architectural management*, vol. 19, n° 5, p. 474-494.
- Olofsson, Thomas, et M Emborg. 2004. « Feasibility study of field force automation in the Swedish construction sector ». *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, vol. 9, p. 285-295.
- Park, Chan-Sik, Do-Yeop Lee, Oh-Seong Kwon et Xiangyu Wang. 2013. « A framework for proactive construction defect management using BIM, augmented reality and ontology-based data collection template ». *Automation in Construction*, vol. 33, n° 0, p. 61-71.
- Peffer, Ken, Tuure Tuunanen, Marcus A Rothenberger et Samir Chatterjee. 2007. « A design science research methodology for information systems research ». *Journal of management information systems*, vol. 24, n° 3, p. 45-77.
- Porwal, Supriya. 2015. « How Blend Of Augmented Reality And Big Data Would Help In Energy Management? ». < <http://www.credencys.com/blog/how-blend-of-augmented-reality-and-big-data-would-help-in-energy-management.html> >. Consulté le 18/04/2016.
- Reinhardt, Jan, James H Garrett Jr et Raimar J Scherer. 2000. « The preliminary design of a wearable computer for supporting Construction Progress Monitoring ». In

*International Conference on the Application of Computer Science and Mathematics in Architecture and Civil Engineering (IKM 2000). Weimar, Germany.*

Ren, Kui, Cong Wang et Qian Wang. 2012. « Security challenges for the public cloud ». *IEEE Internet Computing*, n° 1, p. 69-73.

Sacks, Rafael, Ronen Barak, Biniamin Belaciano, Ury Gurevich et Ergo Pikas. 2013. « KanBIM workflow management system: Prototype implementation and field testing ». *Lean Constr. J.*, vol. 9, n° 1, p. 19-34.

Saidi, K, Carl T Haas et Nicole A Balli. 2002. « The value of handheld computers in construction ». *EVALUATION*, vol. 13, p. 14.

Sargent, Kimberley, Paul Hyland et Sukanlaya Sawang. 2012. « Factors influencing the adoption of information technology in a construction business ». *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, vol. 12, n° 2.

Schick, Shane. 2014. « Evans Data: Mobile developers now number 8.7 million worldwide ». < <http://www.fiercedeveloper.com/story/evans-data-mobile-developers-now-number-87-million-worldwide/2014-06-20> >.

Schmid, Falko, et Daniel Langerenken. 2014. « Augmented reality and GIS: On the possibilities and limits of markerless AR ».

Son, Hyojoo, Yoora Park, Changwan Kim et Jui-Sheng Chou. 2012. « Toward an understanding of construction professionals' acceptance of mobile computing devices in South Korea: An extension of the technology acceptance model ». *Automation in Construction*, vol. 28, p. 82-90.

Tong, Allison, Peter Sainsbury et Jonathan Craig. 2007. « Consolidated criteria for reporting qualitative research (COREQ): a 32-item checklist for interviews and focus groups ». *International Journal for Quality in Health Care*, vol. 19, n° 6, p. 349.

Toole, T. Michael. 2003. « Information Technology Innovation: A View of Large Contractors. ». In *ASCE Construction Research Congress*. (Honolulu).

Trollsås, Bo Christian. 2014. « Implementing BIM and IPD ».

Usman, Nuruddeen, et Ilias Said. 2012. « Information and communication technology innovation for construction site management ». *American Journal of Applied Sciences*, vol. 9, n° 8, p. 1259-1267.

Venkatraman, Sitalakshmi, et Pak Yoong. 2009. « Role of mobile technology in the construction industry-a case study ». *International Journal of Business Information Systems*, vol. 4, n° 2, p. 195-209.

- Voskoglou, Christina. 2013. « Sizing the app economy ». < <http://www.developereconomics.com/report/sizing-the-app-economy/> >. Consulté le 03/02/2016.
- Wang, Xiangyu, Peter E. D. Love, Mi Jeong Kim, Chan-Sik Park, Chun-Pong Sing et Lei Hou. 2013. « A conceptual framework for integrating building information modeling with augmented reality ». *Automation in Construction*, vol. 34, n° 0, p. 37-44.
- Wieringa, Roel. 2009. « Design science as nested problem solving ». In *Proceedings of the 4th international conference on design science research in information systems and technology*. p. 8. ACM.
- Wolstenholme, Andrew, Simon A Austin, Malcolm Bairstow, Adrian Blumenthal, John Lorimer, Steve McGuckin, Sandi Rhys Jones, Don Ward, David Whysall et Zoe Le Grand. 2009. « Never waste a good crisis: a review of progress since Rethinking Construction and thoughts for our future ».
- Wong, Andy KD, Francis KW Wong et Abid Nadeem. 2010. « Attributes of building information modelling implementations in various countries ». *Architectural Engineering and Design Management*, vol. 6, n° 4, p. 288-302.
- Zadeh, Puyan A., Sheryl Staub-French et Rachel Pottinger. 2015. « Review of BIM quality assessment approaches for facility management ».
- Zeiss, Geoff. 2013. « SPAR 2013: Developing an intelligent 3D model of above and below ground infrastructure for the City of Las Vegas ». < [http://geospatial.blogs.com/geospatial/digital\\_cities/page/3/](http://geospatial.blogs.com/geospatial/digital_cities/page/3/) >. Consulté le 18/04/2016.