

Implémentation de solutions intégrées pour la gestion de l'information dans les chantiers de construction

par

Mohamed Yassine BEN JEMAA

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
COMME EXIGENCE PARTIELLE À L'OBTENTION DE LA MAITRISE
AVEC MÉMOIRE EN GÉNIE DE LA CONSTRUCTION
M. Sc. A.

MONTRÉAL, LE 5 JUIN 2017

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

©Tous droits réservés, Mohamed Yassine Ben Jemaa, 2017

©Tous droits réservés

Cette licence signifie qu'il est interdit de reproduire, d'enregistrer ou de diffuser en tout ou en partie, le présent document. Le lecteur qui désire imprimer ou conserver sur un autre media une partie importante de ce document, doit obligatoirement en demander l'autorisation à l'auteur.

PRÉSENTATION DU JURY

CE MÉMOIRE A ÉTÉ ÉVALUÉ

PAR UN JURY COMPOSÉ DE :

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

M. Conrad Boton, codirecteur de mémoire
Département du génie de la construction à l'École de technologie supérieure

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

M. James Lapalme, membre du jury
Département du génie de la production automatisée à l'École de technologie supérieure

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

LE 17 MAI 2017

À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

AVANT-PROPOS

Ce mémoire de recherche présente les travaux menés entre le mois de Janvier 2016 et le mois de Février 2017 dans le cadre de la maîtrise en Sciences appliquées (M.Sc.A.) à l'École de technologie supérieure (ÉTS) à Montréal. Les travaux présentés dans ce mémoire constituent la troisième phase d'une étude plus générale réalisée par le Groupe de Recherche en Intégration et Développement Durable (GRIDD) sur les Technologies Mobiles (TM) et qui commencé en 2012.

Cette étude sur les TM a été initiée dans sa PHASE I par les travaux de Sébastien Frenette, étudiant à la maîtrise qui a mené une investigation sur l'utilisation des TM dans l'industrie de la construction au Québec. Ses travaux sont présentés dans son mémoire de fin d'études qui est intitulé « Améliorer les processus de communication sur les chantiers de construction à l'aide des technologies mobiles et des technologies infonuagiques » et ont mené à la publication du guide « Construction 2.0 : L'efficacité par le numérique » publié par le CEFRIO.

Ces travaux préliminaires ont été complétés dans la PHASE II par les travaux de Manon Pouteau étudiante à la maîtrise et qui a produit le mémoire intitulé « De nouvelles plateformes pour améliorer la gestion de l'information sur le chantier ». Cette deuxième phase du projet de recherche sur les TM s'est concrétisée par la publication du guide « construction 2.0 : Guide des Technologies Mobiles » en octobre 2015 par le CERACQ, et qui présente une trousse à outils destinés aux professionnels pour le choix et l'évaluation des applications mobiles.

La recherche présentée dans ce mémoire constitue la PHASE III du projet de recherche sur les TM et elle s'inscrit donc dans la continuité des travaux précédents. En effet, ce mémoire explore l'introduction des TM dans les organisations et à la transformation organisationnelle qui en découle. Pour les besoins de cette recherche, un partenariat a été mené avec une entreprise de construction générale localisée à Montréal et où un projet de recherche a été

mené entre les mois de Février et Novembre 2016. L'étudiant chercheur a accompagné cette entreprise dans ses premières expériences avec les TM en menant un processus d'analyse de solutions technologiques et d'essais sur chantier. Les apprentissages tirés de cette étude de cas ont pour objectif de compléter les recherches précédentes du GRIDD.

Bonne lecture.

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier mon directeur de recherche Daniel Forgues pour m'avoir offert cette opportunité de recherche au sein du GRIDD et pour m'avoir introduit à l'univers de la recherche. Je le remercie également pour son encadrement, pour son support ainsi que pour ses précieux conseils qui ont su me guider et m'orienter dans ce travail. Je tiens également à remercier mon co-directeur de recherche Conrad Boton pour son appui et son apport qui se sont avérés d'une très grande valeur ajoutée dans l'élaboration de ce travail.

Je tiens aussi à remercier tous les employés du partenaire industriel avec lequel ce projet de recherche a été mené pour leur participation, pour leur patience, ainsi que pour leur apport précieux à ce mémoire. Sans leur collaboration et bonne volonté ce travail de recherche n'aurait jamais pu être mené à terme.

Également je voudrais remercier tous mes collègues et amis du GRIDD pour les agréables moments passés au laboratoire, et pour toutes les discussions passionnées. Je citerais en particulier Samer Jarmak pour son aide précieuse dans ce projet ainsi que pour les innombrables heures passées à m'aider dans ce travail de recherche. Je voudrais aussi remercier Jean-François Fortin-Tam pour tout le soutien technique et toute sa disponibilité, et Souha Tahrani pour m'avoir encadré et aidé au démarrage du projet, qui fût de loin l'étape la plus critique. Je remercie également Mathieu Dupuis, Laurent Miossec, Isabelle Jutras, Mathieu Fokwa Soh, Imen Chikhi, Valérie Bergeron, ainsi que tous les autres étudiants que je n'ai pas cité dans le présent texte et avec qui j'ai eu le plaisir de partager d'agréables moments au laboratoire.

Pour finir, je tiens à remercier ma conjointe Sara pour son soutien inconditionnel et sa patience, ainsi que toute ma famille et amis sans qui cette maîtrise n'aurait pas été possible.

IMPLÉMENTATION DE SOLUTIONS INTÉGRÉES POUR LA GESTION DE L'INFORMATION DANS LES CHANTIERS DE CONSTRUCTION

Mohamed Yassine BEN JEMAA

RÉSUMÉ

La construction est une industrie où les projets sont tributaires de l'efficacité avec laquelle l'information peut circuler entre les intervenants. La faible productivité de l'industrie que l'on constate aujourd'hui pourrait être expliquée en partie par la fragmentation de l'information dans les projets. De plus, l'industrie de la construction se caractérise par l'unicité des produits livrés. Ceci implique que les projets devront être gérés et réalisés avec des organisations temporaires qui perdurent rarement au delà d'un projet unique.

Là où des technologies comme le DAO (Dessin Assisté par Ordinateur) ont été généralisées dans l'industrie depuis plus de deux décennies et où de nouvelles technologies comme le BIM (Building Information Modeling) sont en train de prendre une part de plus en plus importante du marché, les chantiers sont aujourd'hui les derniers à profiter des nouvelles technologies de l'information, et en dépit du fait qu'ils sont sujets à des échanges d'information importants, le support dominant reste encore le papier.

L'évolution des Technologies Mobiles dans les dernières années offre plusieurs nouvelles pistes d'amélioration au niveau de la gestion de l'information sur les chantiers de construction. Les technologies infonuagiques offrent plusieurs possibilités de centralisation et de partage d'information, et certaines entreprises innovantes ont commencé à intégrer plusieurs de ces technologies mobiles dans leurs pratiques sur chantier.

Ce mémoire présente les résultats d'une étude de cas exploratoire d'une année qui vise à investiguer l'introduction et l'adoption des Technologies Mobiles (TM) dans les organisations de la construction. Ce projet a exploré le processus d'analyse de solutions technologique, d'essais et d'activités pilotes sur chantier dans un contexte industriel et dans les premières étapes d'un projet d'implémentation. L'objectif derrière cette recherche exploratoire est de tirer des apprentissages au sujet du déploiement et de l'implémentation des TM au sein des organisations.

Mots-clés : Technologies Mobiles (TM), Gestion de l'information, Chantier de construction, Implémentation.

IMPLEMENTING INTEGRATED SOLUTIONS FOR CONSTRUCTION FIELD INFORMATION MANAGEMENT

Mohamed Yassine BEN JEMAA

ABSTRACT

Construction is an industry where the success of a project relies on an efficient information transfer between project stake-holders. The low productivity of the industry can be attributed partly to the fragmentation of project information. Besides, the industry is characterized by the oneness of the delivered products which implies that projects have to be managed and delivered by TPOs (Temporary Project Organizations) which will rarely persist beyond a single project.

While some technologies like CAD (Computer-Aided Design) have become widespread over the industry for over two decades and while some new technologies like BIM (Building Information Modeling) have become more and more prevalent in the recent years, the construction sites are the last part of the industry to take advantage of the new information technologies, and despite the fact that the construction site is where the most crucial information exchanges occur, paper forms are still the industry standard for the most part.

The evolution of mobile technologies over the past years is offering many areas for improvement for the field information management. Mainly, cloud services offer a wide array of tools for centralizing and sharing the project information and some innovative companies have already implemented many of these mobile solutions in their field practices.

This research paper presents the results of a one-year exploratory case study aiming to investigate the introduction and adoption of field technologies (FT) within construction organizations. This project explored the process of analyzing field technological solutions and conducting testing and piloting activities within an industrial context, in the early stages of an implementation project. The goal of this exploratory research is to learn about the deployment and the implementation of Field Technologies in the context of organizations.

Keywords : Field Technology (FT), Information management, Construction site, Implementation.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 REVUE DE LITTÉRATURE.....	5
1.1 Les enjeux actuels de l'industrie de la construction	5
1.1.1 L'environnement du projet de construction.....	5
1.1.2 L'amélioration de la productivité.....	7
1.1.3 La révolution BIM	10
1.2 La gestion de l'information sur chantier.....	12
1.2.1 La fragmentation de l'information du chantier.....	12
1.2.2 L'enjeu du BIM sur les chantiers.....	15
1.2.3 Les interfaces hardware	16
1.2.3.1 Les tablettes tactiles	16
1.2.3.2 Les ordinateurs de chantier	18
1.2.4 L'infonuagique et les applications mobiles	20
1.3 Les problématiques liées à l'implémentation des TI	21
1.3.1 L'environnement organisationnel	21
1.3.2 Les défis technologiques.....	23
1.3.3 La problématique de la réingénierie des processus d'affaire (RPA)	25
1.3.4 Les TI : entre activateurs et conducteurs du changement ?	26
1.3.5 Les variables de l'implémentation de décisions stratégiques	28
1.3.6 La difficulté d'implémenter les TM dans l'industrie.....	33
1.3.6.1 Les enjeux des implémentations de TM	33
1.3.6.2 Les étapes de d'implémentation proposées.....	34
1.3.6.3 Les degrés de maturité des outils mobiles	36
1.3.7 L'incertitude dans les processus liés aux nouvelles technologies	38
1.3.7.1 Les échelles de maturité BIM comme moteur de l'amélioration organisationnelle	39
1.3.7.2 La difficulté d'implémenter les pratiques BIM	41
1.4 Discussion.....	43
1.4.1 La nécessité d'investiguer les dynamiques organisationnelles d'un projet d'implémentation de TM.....	43
1.4.2 La nécessité de définir un cadre de référence pour la maturité.....	45
CHAPITRE 2 MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE	47
2.1 L'étude de cas exploratoire.....	47
2.2 Le contexte du projet	51
2.2.1 Analyse du profil et des besoins	52
2.2.1.1 L'analyse de la documentation d'entreprise	52
2.2.1.2 Les entrevues	52
2.2.1.3 Analyse des besoins	54
2.2.2 Le choix des outils technologiques.....	55

2.2.3	Le plan d'implantation.....	56
2.2.4	Les activités pilotes.....	57
2.2.5	L'évaluation et la communication des résultats de l'intervention	57
2.3	L'analyse des résultats du projet.....	58
2.4	Conformité du projet aux exigences qualitatives des études de cas	59
CHAPITRE 3 L'ÉTUDE DE CAS.....		60
3.1	L'organisation du partenaire industriel.....	60
3.1.1	Le contenu stratégique.....	61
3.1.2	Les motivations du changement organisationnel.....	62
3.2	L'analyse du profil et des besoins.....	63
3.2.1	Les problématiques organisationnelles.....	64
3.2.1.1	Les problèmes de coordination interdisciplinaire	64
3.2.1.2	L'accessibilité de l'information	65
3.2.1.3	La problématique de la gestion des changements.....	66
3.2.1.4	La gestion tardive des déficiences	68
3.2.2	La fragmentation des flux de travail.....	69
3.2.3	L'inconsistance dans les pratiques.....	71
3.2.4	L'analyse des besoins organisationnels	73
3.3	Le choix d'outil technologique	75
3.4	La planification de l'implantation.....	77
3.4.1	L'élaboration du plan d'action.....	77
3.4.2	La communication sur le changement	78
3.4.3	L'impact du projet d'implémentation du BIM.....	78
3.5	Les activités pilotes.....	80
3.5.1	Les trois chantiers pilotes.....	80
3.5.2	Les objectifs.....	84
3.5.3	Les ressources affectées au projet.....	85
3.5.4	Les dynamiques de la relation utilisateur-fournisseur	87
3.5.4.1	Le degré de polyvalence du fournisseur de logiciel TI.....	88
3.5.4.2	L'importance du modèle d'affaires du fournisseur.....	88
3.5.4.3	La vision du fournisseur.....	90
3.6	L'évaluation de l'intervention.....	91
3.6.1	Les bénéfices liés à l'utilisation des TM.....	91
3.6.2	Les obstacles à l'implémentation.....	93
3.6.3	L'impact des introductions de TM sur les rôles et responsabilités.....	93
3.6.4	Les implications culturelles	95
3.6.5	L'inconsistance de l'utilisation effective des outils mobiles.....	96
3.6.6	L'évolution de la maturité TM du partenaire industriel.....	97
3.6.7	L'importance du facteur d'intégration	98
3.7	Les conclusions de l'implantation	100
CHAPITRE 4 LES APPRENTISSAGES		103
4.1	La temporisation de la décision stratégique.....	103
4.2	Les enjeux de la hiérarchie organisationnelle.....	104

4.3	La communication comme facilitateur du changement organisationnel	105
4.4	Les enjeux de la planification de l'intervention.....	106
4.5	La difficulté d'évaluer les solutions technologiques	108
4.6	Les enjeux liés aux partenaires externes de l'organisation.....	109
4.7	La rigidité des systèmes d'information.....	111
4.8	Les contraintes liées aux personnes	113
4.9	L'intégration comme transformation organisationnelle ultime	115
4.10	Les variables de la maturité d'utilisation des TM.....	118
CHAPITRE 5 DISCUSSION		121
CHAPITRE 6 PROPOSITIONS		125
6.1	Proposition d'un cadre d'implémentation.....	125
6.2	Proposition d'un cadre pour la maturité d'utilisation des TM.....	127
CONCLUSION.....		133
RECOMMANDATIONS		137
ANNEXE I	PROTOCOLE DE COLLECTE DES DONNÉES DES ORDINATEURS DE CHANTIER.....	139
ANNEXE II	QUESTIONNAIRE D'ENTREVUE POUR CHARGÉ DE PROJET	141
ANNEXE III	QUESTIONNAIRE D'ENTREVUE POUR ADJOINT(E) TECHNIQUE DE PROJET	143
ANNEXE IV	QUESTIONNAIRE D'ENTREVUE POUR SURINTENDANT	145
ANNEXE V	PROTOCOLE DE CODAGE DES ENTREVUES	147
ANNEXE VI	DURÉES DE COUVERTURES DES THÉMATIQUES (CODAGE AUDIO DES ENTREVUES)	149
ANNEXE VII	POURCENTAGE DE COUVERTURES DES THÉMATIQUES (CODAGE TEXTE DES ENTREVUES).....	151
ANNEXE VIII	TABLEAU DES TERMES LES PLUS RÉCURRENTS DANS LES ENTREVUES	153
ANNEXE IX	DESCRIPTION DU SITE D'INTERVENTION N° 1	157
ANNEXE X	DESCRIPTION DU SITE D'INTERVENTION N° 2	159
ANNEXE XI	DESCRIPTION DU SITE D'INTERVENTION N° 3	161

ANNEXE XII	ATELIER DE CONSOLIDATION DES BÉNÉFICES DE L'INTERVENTION SUR LE SITE 3	163
ANNEXE XIII	LES DIFFÉRENTS NIVEAUX D'UTILISATION OBSERVÉS POUR LE PROCESSUS DE GESTION DES DÉFICIENCES	167
ANNEXE XIV	TABLEAU D'ASSOCIATION PROCESSUS-VARIABLES ORGANISATIONNELLES	171
ANNEXE XV	EXEMPLE D'APPLICATION DU CADRE DE MATURITÉ	173
	LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	177

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1.1 Facteurs affectant la productivité en construction dans la littérature.....	9
Tableau 1.2 Variables d'implémentation selon la littérature.....	29
Tableau 1.3 Variables de l'implémentation de décisions stratégiques	32
Tableau 1.4 Synthèse des recommandations pour l'implémentation du BIM	42
Tableau 2.1 Cédule du projet.....	51
Tableau 2.2 Échantillon des entrevues.....	53
Tableau 2.3 Thématiques discutées dans les entrevues	54
Tableau 2.4 Outils et références pour l'analyse des besoins	55
Tableau 2.5 Sources de données pour la recherche d'applications mobiles.....	55
Tableau 2.6 Les trois niveaux d'analyse des données	58
Tableau 2.7 L'adéquation du projet aux critères de qualité.....	59
Tableau 3.1 Applications utilisées pour la gestion des QRT avant l'intervention.....	70
Tableau 3.2 La perception des priorités de l'intervention dans l'organisation	73
Tableau 3.3 Perception du projet d'implémentation par les chargés de projet.....	74
Tableau 3.4 Critères d'évaluation des outils technologiques	75
Tableau 3.5 Les motifs de choix d'outils technologiques lors de la planification.....	76
Tableau 3.6 Outils et critères d'évaluation des solutions technologiques.....	76
Tableau 3.7 Récapitulatif des trois sites d'intervention	81
Tableau 3.8 La réponse aux objectifs sur les sites d'intervention (<i>between case analysis</i>)	84
Tableau 3.9 Utilisation observée en dehors des objectifs (<i>between case analysis</i>)	85
Tableau 3.10 Ressources affectées au projet (<i>cross-case analysis</i>).....	86

XVIII

Tableau 3.11 Bénéfices perçus par les utilisateurs (<i>between case analysis</i>)	92
Tableau 3.12 Obstacles à l'intervention exprimés par les participants (<i>between case analysis</i>)	93
Tableau 3.13 Paramètres de maturités perçus sur les sites d'intervention	98
Tableau 3.14 Temps d'utilisation du kiosque d'information par application	99

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1.1 Productivité du travail, secteur des entreprises au Québec, 2000-2010	8
Figure 1.2 Le flux d'informations vers les travailleurs de la construction.....	13
Figure 1.3 Un assistant personnel PDA Treo 300 datant de l'année 2003	17
Figure 1.4 Le kiosque à information (i-booth)	18
Figure 1.5 Le concept du kiosque à information	19
Figure 1.6 La relation récursive entre les TI et la RPA	26
Figure 1.7 Les cinq niveaux de transformation organisationnelle activée par les TI	28
Figure 1.8 Cadre théorique d'implémentation de décisions stratégiques.....	30
Figure 1.9 Étapes d'implémentation proposées pour les TM.....	35
Figure 1.10 Type d'usage de TM au Québec	36
Figure 1.11 Échelle de maturité des applications mobiles.....	37
Figure 1.12 Modèle de maturité BIM	41
Figure 2.1 Les différents types d'études de cas Tirée de Yin (2013)	50
Figure 3.1 Organigramme simplifié de l'organisation du partenaire industriel.....	61
Figure 3.2 La gestion des QRT telle que décrite par les intervenants (cas d'utilisation)	69
Figure 3.3 Cadre idéal de gestion des QRT avec TM (cas d'utilisation).....	71
Figure 3.4 Nuage de mots les plus récurrents dans les entrevues - discussion autour des rôles et responsabilités des adjointes techniques	72
Figure 3.5 Les champs d'action des deux innovations BIM et TM dans l'organisation.....	79
Figure 3.6 Utilisation des tables à plan numériques dans les roulottes de chantiers	83
Figure 3.7 Utilisation des tablettes sur les chantiers du partenaire industriel.....	84

Figure 3.8 Utilisation des tablettes pour l'accès à l'information sur chantier	101
Figure 4.1 La perception de la transformation organisationnelle dans le projet.....	117
Figure 5.1 Relation entre les activités d'implémentation et les variables stratégiques	122
Figure 5.2 Proposition d'un cadre d'implémentation pour les Technologies Mobiles	125
Figure 5.3 Les contextes d'évaluation de la maturité.....	127
Figure 5.4 La maturité dans l'utilisation des Technologies Mobiles	129

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

BIM	Building Information Modeling
MDB	Modélisation des données du bâtiment
TM	Technologies Mobiles
TI	Technologies de l'information
SI	Systèmes d'information
ERP	Entreprise Ressource Planning
QRT	Questions Réponses Techniques
ODC	Ordre de changement
ODP	Organisation de projet
CP	Chargé de projet

INTRODUCTION

Les projets de construction sont caractérisés par des flux d'information intensifs et dont la maîtrise est cruciale pour le succès des projets. Disposer d'une information inadéquate pendant la phase de construction d'un projet fait partie des causes principales qui contribuent à la faible productivité, et qui mènent aux reprises des travaux, aux conflits dans la construction et aux dépassements de coûts et de cédulas (Matthews et al, 2015). Outre les problèmes liés à l'information, l'un des facteurs principaux qui a été pendant longtemps pointé du doigt par les chercheurs comme étant une source affectant la productivité et la compétitivité est celui de la fragmentation de l'industrie (Howard et al, 1989), et cette fragmentation n'arrive pas aujourd'hui à se défaire d'une caractéristique propre à l'industrie, à savoir, la nature temporaire des projets et à l'unicité des livrables qui sont aussi des facteurs contribuant à la faible productivité de celle-ci (Forgues, Tahrani et Frenette, 2014).

Le potentiel des technologies de l'information pour améliorer la communication, la coordination, l'automatisation et la prise de décision a été mis en évidence depuis trois décennies (Howard et al, 1989), et les technologies de l'information ont été définies dès lors comme des solutions prometteuses à la fragmentation de l'industrie. Cependant la fragmentation ne se limite pas uniquement à la structure de l'industrie, et elle touche aussi la circulation de l'information entre les organisations et au sein même des organisations de projet (Hewage et Ruwanpura, 2009). Les technologies infonuagiques ont aujourd'hui la capacité de centraliser l'information et d'offrir un accès en tout temps à tous les outils et données nécessaires (Forgues, Tahrani et Frenette, 2014) et les Technologies Mobiles (TM), profitant des potentialités offertes par l'infonuagique peuvent améliorer l'efficacité avec laquelle est véhiculée l'information entre les intervenants d'un projet de construction.

Bien que les chantiers de construction représentent les points névralgiques où les échanges d'information sont les plus intensifs, où la plupart des délais et surcoûts ont lieu, ils sont

encore loin d'avoir pleinement profité des nouvelles technologies de l'information, et le support dominant pour l'échange d'information reste encore le papier dans la grande majorité des chantiers (Frenette, 2015). C'est cet aspect paradoxal qui soulève et appuie aujourd'hui la problématique de l'implémentation des technologies mobiles (TM) sur les chantiers, de plus que, par ailleurs dans l'industrie beaucoup d'efforts ont été concentrés sur des technologies comme le BIM (Building Information Modeling). Le BIM ou MDB (Modélisation des données du bâtiment) a bien profité à la réduction des conflits entre disciplines ce qui a amélioré l'efficacité des processus et permis un meilleur partage de l'information (Azhar, 2011). Cependant le BIM reste essentiellement utilisé en phase d'étude, et la pénétration des technologies dans les chantiers est encore limitée. Ceci est dû en partie au fait que les technologies BIM, sont complexes à appréhender pour la plupart des intervenants, et nécessitent des ressources bien formées au niveau technique pour manipuler ces technologies

C'est dans cette optique qu'est formulé aujourd'hui dans l'industrie le besoin d'avoir des Technologies Mobiles sur les chantiers, pouvant être appréhendées très facilement par les acteurs de la gestion des chantiers, et pouvant automatiser les processus les plus courants tout en assurant un accès rapide, fiable et en temps réel à l'information la plus pertinente. Cependant l'introduction de ces nouvelles technologies fait face à diverses problématiques qui retardent la généralisation de ces pratiques dans l'industrie, les deux facteurs principaux limitants définis dans l'étude provinciale menée par le CERACQ¹ sur l'industrie Québécoise en 2014, sont le manque de temps pour l'évaluation des solutions logicielles et la résistance aux changements (Forgues, Tahrani et Frenette, 2014). En effet, les technologies mobiles sur le chantier représentent une innovation de rupture car elles impliquent l'abandon du support papier, et nécessitent la mise à niveau des processus dans l'industrie. Un changement aussi radical dans la manière de travailler des individus implique qu'un effort d'intégration doit donc être fourni en amont afin de réussir les implantations de technologies dans les organisations de projets.

¹ CERACQ : Centre d'études et de recherches pour l'avancement de la construction au Québec

L'autre problématique à laquelle doivent faire face les TM dans l'industrie Québécoise est celle du manque de lignes directrices pour leur mise en place dans les entreprises de la construction. Pouteau (2016) désigne ce manque comme facteur principal empêchant la pleine exploitation des TM dans l'industrie, et suggère que par conséquent toute implémentation de TM devrait être accompagnée d'un référentiel qui servirait de guide et de repère pour en améliorer l'utilisation et l'appropriation par les industriels.

Pour pallier à ce manque, la recherche de Pouteau (2016) a proposé des artéfacts pour les organisations souhaitant adopter le virage pour les TM et a mis en place un référentiel permettant l'évaluation des solutions technologiques, l'analyse des besoins et la planification des introductions de TM dans une organisation. Ce mémoire de recherche vise donc principalement à tirer des apprentissages ayant pour but d'aider les entrepreneurs à maîtriser les projets d'introduction de TM et permettant de les intégrer de manière durable dans les organisations de projet. Il propose donc de répondre à la question de recherche suivante :

Qu'est ce qu'on peut tirer comme leçons et apprentissages sur la question de l'adoption des TM dans la construction en conduisant dans un contexte industriel un processus d'analyse, d'évaluation et de test de solutions mobiles dans le terrain réel d'une entreprise de construction et cela conformément aux prescriptions du référentiel théorique de Pouteau pour l'introduction des TM dans les organisations ?

Ce mémoire présente les résultats d'une étude de cas exploratoire de 12 mois qui a été menée avec une entreprise de construction Québécoise. Cette entreprise a été accompagnée par l'étudiant chercheur à travers ses premières expériences avec les Technologies Mobiles de chantier aussi bien au niveau stratégique qu'au niveau opérationnel.

L'intention principale de cette recherche est d'explorer l'introduction des technologies mobiles de chantier dans le contexte des entreprises de construction Québécoises. L'objectif est d'apporter une meilleure compréhension des dynamiques qui entrent dans le processus d'implémentation des TM. De plus, pour faciliter l'exploitation des TM par les organisations, les résultats du projet seront également agrémenté d'un référentiel préliminaire pour

l'évaluation de la maturité inhérente à l'utilisation des TM et pour l'évaluation de la maturité organisationnelle qui en découle. Ce référentiel s'inspire humblement des réflexions post-projet de l'étudiant-chercheur.

Ce mémoire va explorer dans son premier chapitre les problématiques inhérentes à la gestion de l'information sur les chantiers de construction et comment les nouvelles technologies peuvent résoudre ces problématiques. La revue de littérature aborde également les problématiques liées à l'implémentation des systèmes d'information d'une manière générale dans les environnements organisationnels. Le deuxième chapitre quant à lui présente la méthodologie de l'étude de cas exploratoire. Ensuite, sera présenté dans son troisième chapitre le projet d'intervention, et dans son quatrième chapitre les apprentissages issus de l'étude de cas. Pour finir le cinquième chapitre présente une discussion sur la problématique d'implémentation des TM dans les organisations et le sixième chapitre présente des propositions de l'auteur et qui consistent en un cadre d'implémentation et d'un outil pour évaluer la maturité d'utilisation des TM.

CHAPITRE 1

REVUE DE LITTÉRATURE

1.1 Les enjeux actuels de l'industrie de la construction

La présente section dresse un portrait de l'industrie de la construction. Elle traite des facteurs particuliers de cette industrie qui lui confèrent des caractéristiques uniques, à savoir l'environnement spécifique du projet de construction, ainsi que des facteurs pouvant affecter sa performance et des enjeux liés à la productivité.

1.1.1 L'environnement du projet de construction

L'industrie de la construction est caractérisée par une très grande fragmentation structurelle, et surtout par la prévalence des très petites entreprises. D'après la Commission de la Construction du Québec (CCQ) l'industrie québécoise avait 25704 employeurs en 2015 avec un nombre mensuel moyen de salariés par employeur de 4,6. L'autre chiffre saillant avancé par la CCQ est que 83% des employeurs de l'industrie en 2015 avaient 5 salariés ou moins (CCQ, 2016). Ce chiffre est resté stable et il n'a quasiment pas varié entre 2006 et 2015.

Cette tendance n'est pas spécifique au Québec. Egan (1998) avance que le premier facteur inhibant l'amélioration de la productivité de l'industrie de la construction au Royaume-Uni est le nombre très important des très petites compagnies. En effet, dans un environnement aussi fragmenté et dynamique que celui de la construction, l'intégration des informations provenant des différentes organisations, des différents systèmes d'information et sources, est cruciale pour une gestion efficace des processus (Dave et al., 2014). Le nombre important de petites compagnies et l'absence de standardisation rendent cette intégration difficile.

L'industrie de la construction a connu d'une manière globale une augmentation croissante dans la complexité du design et des spécifications des produits et des processus de la construction au cours du vingtième siècle, et cela s'est traduit par l'apparition de plusieurs

nouvelles spécialités d'ingénierie ainsi que par l'apparition de nouveaux lots de construction de plus en plus spécialisés, d'où l'augmentation de la sous-traitance dans l'industrie (Jones, 2005).

La complexité croissante des projets de construction a donc participé à l'augmentation du nombre d'intervenants impliqués dans les projets de construction, et par conséquent à l'augmentation des flux d'information qu'il est nécessaire de gérer dans un projet, ainsi que des interfaces qu'il est nécessaire de gérer dans les organisations de projet. De plus, l'industrie de la construction au Québec possède certains aspects législatifs uniques qui lui confèrent un fonctionnement distinct. Dans les propositions formulées par la FCCQ² pour améliorer le fonctionnement de l'industrie de la construction, elle est citée comme étant « *la plus réglementée en Amérique du Nord* » (FCCQ, 2014, p2).

Plus particulièrement, Descôteaux (2010) cite les réglementations spécifiques aux métiers et les certifications obligatoires comme étant les causes principales du phénomène qu'il a qualifié de cloisonnement de l'industrie par métiers. Ce cloisonnement est cité comme étant responsable de la prolifération d'un nombre important de sous-traitants spécialisés dans un seul métier (FCCQ, 2014), ce qui empêche non seulement la polyvalence des industriels, mais accentue également la fragmentation de l'industrie, et rajoute un défi supplémentaire à la gestion des flux d'information des projets de construction.

D'autre part le facteur de l'unicité des livrables de construction et la discontinuité des flux dans les projets sont parmi les caractéristiques intrinsèques de l'industrie opposant un défi majeur à l'amélioration de la chaîne d'approvisionnement, car ils constituent un obstacle à la standardisation, la modularisation et à l'application des principes du gain d'échelle (Souza et Koskela, 2012). C'est ce même facteur, qui, associé à la nature complexe des projets de construction amène l'industrie à s'organiser en organisations temporaires (Hartmann et al, 2009), ce qui amène un défi supplémentaire quant à l'intégration des pratiques de gestion. En

² FCCQ : Fédération des Chambres de Commerce du Québec

effet, il devient très difficile de standardiser et d'intégrer les informations provenant des différents intervenants des projets quand l'industrie fonctionne en organisations temporaires qui survivent rarement au-delà d'un projet unique.

1.1.2 L'amélioration de la productivité

Les années 1990 ont vu beaucoup d'intérêt porté à l'amélioration de la productivité de la construction sous l'initiative de gouvernements et ont mené à la publication de rapports et recommandations tels que « Rethinking Construction » (Egan, 1998). S'en est suivi, une littérature extensive sur la productivité dans la construction, et plusieurs études ont traité de la question de la productivité à des niveaux de granularité très différents, en abordant des approches très diverses.

Les facteurs liés à l'environnement unique de l'industrie de la construction, tels que discutés d'une manière non-exhaustive dans le chapitre précédent affectent sa productivité. Diverses comparaisons ont été faites entre l'industrie de la construction et d'autres industries et ont mis en évidence sa faible productivité. Dans le cas particulier du Québec, l'étude de Deslauriers et Gagné (2012) a clairement montré que l'industrie de la construction dispose d'une productivité nettement inférieure à celle du secteur manufacturier tel qu'illustré dans la Figure 1.1.

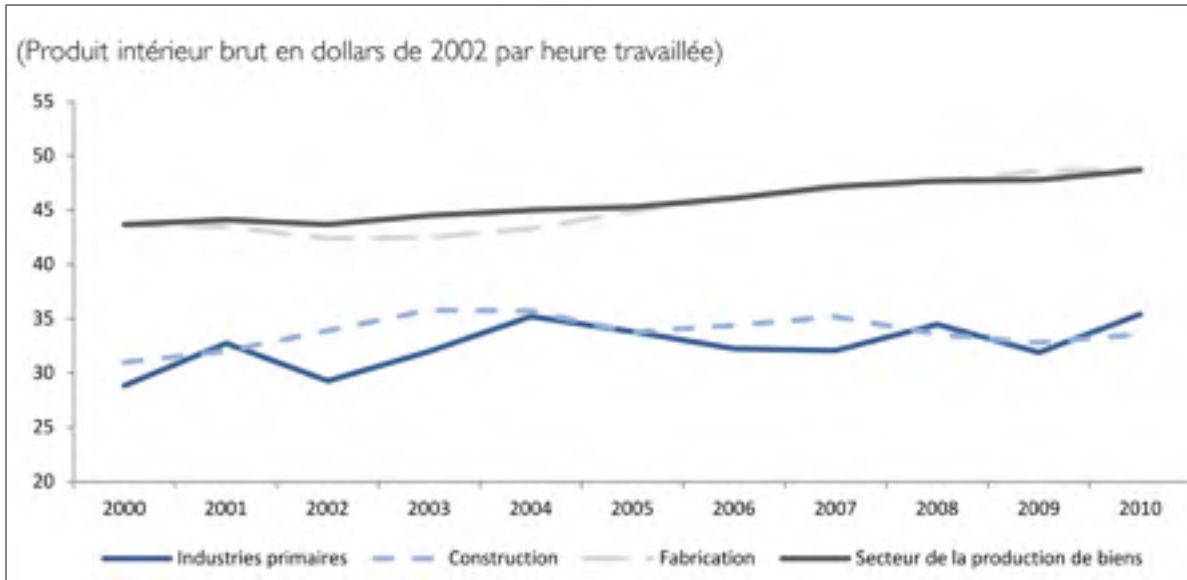


Figure 1.1 Productivité du travail, secteur des entreprises au Québec, 2000-2010
Tirée de Deslauriers et Gagné (2012)

L'amélioration de cette productivité a souvent été au centre des préoccupations, et dans les propositions faites par la Fédération des Chambres de Commerce du Québec pour améliorer le fonctionnement de l'industrie de la construction au Québec, la forte syndicalisation de l'industrie a été identifiée comme l'une des raisons principales empêchant l'industrie de changer et de s'adapter aux conjonctures économiques changeantes, ce qui cause une déconnexion entre les conditions de travail de l'industrie et la réalité économique du marché. (FCCQ, 2014). La syndicalisation de l'industrie est donc clairement vue comme un frein à la compétitivité.

D'autre part, le cloisonnement de l'industrie par métiers au Québec est cité comme l'une des causes principales de prolifération de la sous-traitance, ayant pour conséquence d'alourdir la gestion des chantiers et des projets, et qui a un impact négatif sur la productivité de l'industrie. (Descôteaux, 2010)

Cependant la faible productivité ne peut pas être imputée aux facteurs structurels de l'industrie à eux seuls. Tel que décrit dans le tableau 1, on peut définir 5 catégories de

facteurs affectant la productivité de la construction : (i) les facteurs environnementaux, (ii) les facteurs liés à l'industrie (structure et régulation, et marché), (iii) les facteurs organisationnels, (iv) les facteurs de projet, (v) et ceux liés aux individus (Poirier, 2015).

Tableau 1.1 Facteurs affectant la productivité en construction dans la littérature
Adapté de Poirier (2015)

Facteurs environnementaux : Evènements / désastres naturels / imprévus / météo
Facteurs liés à l'industrie : Relation d'adversité / disponibilité de la main d'œuvre qualifiée / économie / régulations / conditions du marché / « population-base »
Facteurs organisationnels : Réputation de l'organisation / Technologies de l'information / Culture organisationnelle / Recherche & Développement / Taille de l'organisation
Facteurs liés au projet : Compétences de l'organisation temporaire du projet / constructibilité / méthodes de construction / prédictibilité des coûts / paiement / contrat et mode de réalisation / Taille du projet et complexité / Finances du projet / Qualité du design / Reprises de travaux / Portée et changements de design / Conditions du site et localisation / Disposition du site / Intégration des sous-traitants / Unicité / Utilisation des technologies de l'information
Facteurs liés aux individus : Gestion / interaction des activités et séquences de travail / Approbations et réponses / Gestion du changement / Interférence du maître d'ouvrage / Communication / « Crowding » / Coordination des flux et travaux / Compétences de gestion et qualité de la gestion / Gestion des équipements et des matériaux / Taille des équipes / Planification / Gestion des sous-traitants / Ordonnancement (compression des cédules) / Empilement des métiers / Supervision / Autorité de supervision / Consistance de la supervision / Coordination, gestion de la performance et contrôle / Tolérance aux erreurs / Inspections / Contrôle qualité / Qualité de supervision / Agent de sécurité / Ancienneté / Main d'œuvre / Absentéisme / Age / Bénéfices / Coopération / Responsabilisation / Expérience / Fatigue / Récompenses / Courbe d'apprentissage / Disponibilité des matériaux et équipements / Motivation / Quarts multiples / Temps supplémentaire / Problèmes personnels / Limitations physiques / Reconnaissance / Relations entre travailleurs / Sécurité / Satisfaction / Adéquation des outils et équipements / Formation et éducation / Distance avec le lieu de travail / Traitement / Confiance dans la hiérarchie / turnover / Type de travail / Compréhension du projet / Adhésion aux syndicats / Taux horaires / Affectations de travail / Conditions de travail

La productivité en construction peut donc être considérée comme une problématique aux variables et facteurs multiples où les axes d'intervention et pistes d'amélioration possibles sont très nombreuses. A ce sujet, Kenley (2014) insiste sur la complexité des interactions

entre les activités dans un projet de construction afin de suggérer que la recherche sur la productivité soit catégorisée selon les niveaux suivants : (i) le niveau de l'industrie (ii) le niveau de la firme (iii) le niveau du projet et (iv) le niveau de l'activité. Il suggère également que les systèmes de production proposés pour l'amélioration de la productivité à l'instar du Lean Construction soient confrontés à ces quatre niveaux de granularité, dans une approche systémique et beaucoup plus stratégique que la simple mesure de la productivité. Il est donc nécessaire qu'une approche stratégique d'amélioration de la productivité tienne compte de l'ensemble des niveaux sur lesquelles celle-ci peut être évaluée. Ceci amène beaucoup de complexité à l'évaluation de la productivité du secteur et indirectement à son amélioration.

1.1.3 La révolution BIM

Dès le début des années 1960, un enthousiasme fut porté sur les ordinateurs et leur potentiel à supporter les outils nécessaires à la conception et à la construction. Cependant les coûts liés au matériel informatique et les limitations technologiques de l'époque ont été un frein à ce potentiel, et il a fallu attendre la moitié des années 1980 pour que les ordinateurs personnels commencent à pénétrer l'industrie de la construction (Sun et Aouad, 2000). Cependant, depuis plus de deux décennies, Howard (1989), qui a pointé la fragmentation de l'industrie comme étant l'un des facteurs principaux affectant la productivité et la compétitivité de celle-ci, a suggéré que l'utilisation potentielle des TI pour la communication, la coordination, l'archivage, la résolution des problèmes, l'automatisation et la prise de décision pouvait pallier à cette fragmentation, améliorer l'efficacité et réduire les coûts.

Après la généralisation des technologies CAO (Conception assistée par ordinateur) à partir des années 1990, la révolution du BIM a commencé progressivement à pénétrer l'industrie au milieu des années 2000. Le BIM est défini dans NBIMS (2007) comme étant la représentation digitale des caractéristiques physiques et fonctionnelles d'un bâtiment. Contrairement aux technologies CAD qui ont utilisé les ordinateurs comme supports pour le dessin, le BIM a été un changement de paradigme, car il se traduisait par la modélisation intégrale d'un projet.

Les bases théoriques du BIM ont été définies très tôt par Eastman et al (1974) par la conceptualisation du système général de description du bâtiment ou BDS (Building Description System). Ce système a été défini pour répondre aux faiblesses du format papier en tant que média pour la conception, la construction et l'opération, et il a défini les principaux usages potentiels de la modélisation des données du bâtiment dans une base de données informatique, dont les principaux sont :

- la capacité à générer des dessins à partir du modèle;
- l'utilisation du modèle pour les analyses quantitatives;
- la visualisation 3D;
- le métré;
- l'opération et la maintenance.

Les limitations techniques de l'époque ont fait que le système BDS a dû attendre l'amélioration des caractéristiques techniques des supports informatiques pour que des applications pratiques puissent avoir lieu dans l'industrie. Aujourd'hui, avec les avancées technologiques qu'ont connues les ordinateurs personnels, la généralisation du BIM dans l'industrie s'oppose aujourd'hui à d'autres obstacles. Forgues et al. (2011) citent les défis suivants à une plus grande adoption du BIM dans l'industrie : (i) le degré d'implication des intervenants ; (ii) le niveau de maturité BIM ; (iii) le manque de ressources ayant une expertise suffisante ; (iv) la résistance au changement ; (v) le manque de coordination des efforts ; (vi) le manque de compréhension du BIM et ; (vii) la difficulté de démontrer les bénéfices qui découlent du BIM.

Relever ces obstacles permettrait l'avènement d'un changement majeur dans l'industrie car le BIM est considéré comme une innovation de rupture par rapport aux pratiques traditionnelles. Forgues et al. (2011) ont d'ailleurs suggéré que les principaux bénéfices de la modélisation des données du bâtiment étaient : (i) une meilleure coordination, (ii) une augmentation de la productivité, (iii) une meilleure communication, et (iv) ; un meilleur contrôle de la qualité.

1.2 La gestion de l'information sur chantier

La phase de réalisation d'un projet de construction est celle où la majorité des échanges d'information a lieu, et où le papier est encore le support dominant pour la saisie (Forgues et al, 2014a). Löfgren (2007) a identifié l'inadéquation entre les besoins en information et les pratiques liées à la communication comme facteur pouvant expliquer en partie l'écart de productivité entre la construction et les autres industries. Ce chapitre aborde les enjeux et les problématiques de la gestion de l'information du chantier, et ensuite dresse un portrait des différentes solutions technologiques destinées au chantier.

1.2.1 La fragmentation de l'information du chantier

La fragmentation dans l'industrie de la construction ne touche pas uniquement la structure de l'industrie comme il a été discuté précédemment dans ce mémoire (sous-section 1.1.1) et on retrouve ce même problème de fragmentation au niveau de l'information des projets et en particulier celle destinée aux chantiers. En effet, bien que la phase de réalisation d'un projet de construction soit celle où les échanges d'information sont les plus intenses, le support dominant pour l'échange d'information reste le papier (Frenette, 2015).

En effet, Dave et al. (2010) expliquent que l'industrie souffre d'une ségrégation au niveau du traitement et de l'intégration de l'information entre les membres d'une organisation de projet. Cette ségrégation peut en partie être expliquée par le manque de standardisation, et par le fait que l'information du projet doit parfois transiter entre les acteurs d'un projet sur des plateformes différentes et dans des formats différents.

La fragmentation de cette information est parfaitement illustrée dans le cas de la planification de projet avec les méthodes LEAN. Ces méthodes étant conçues pour optimiser la planification de chantier, Dave et al (2014) insistent qu'au niveau de la planification de production, l'équipe de chantier nécessite des informations très précises sur les tâches et les ressources, et que cette information se trouve souvent éparpillée dans des systèmes disparates, qui ne sont pas toujours accessibles au personnel du site, et que les flux de cette

information doivent faire face aux problématiques d'interopérabilité ³ mentionnés précédemment dans ce mémoire. La Figure 1.2, qui présente schématiquement la circulation de l'information des chantiers illustre très bien la fragmentation de cette dernière, et plus particulièrement aux travailleurs de la construction.

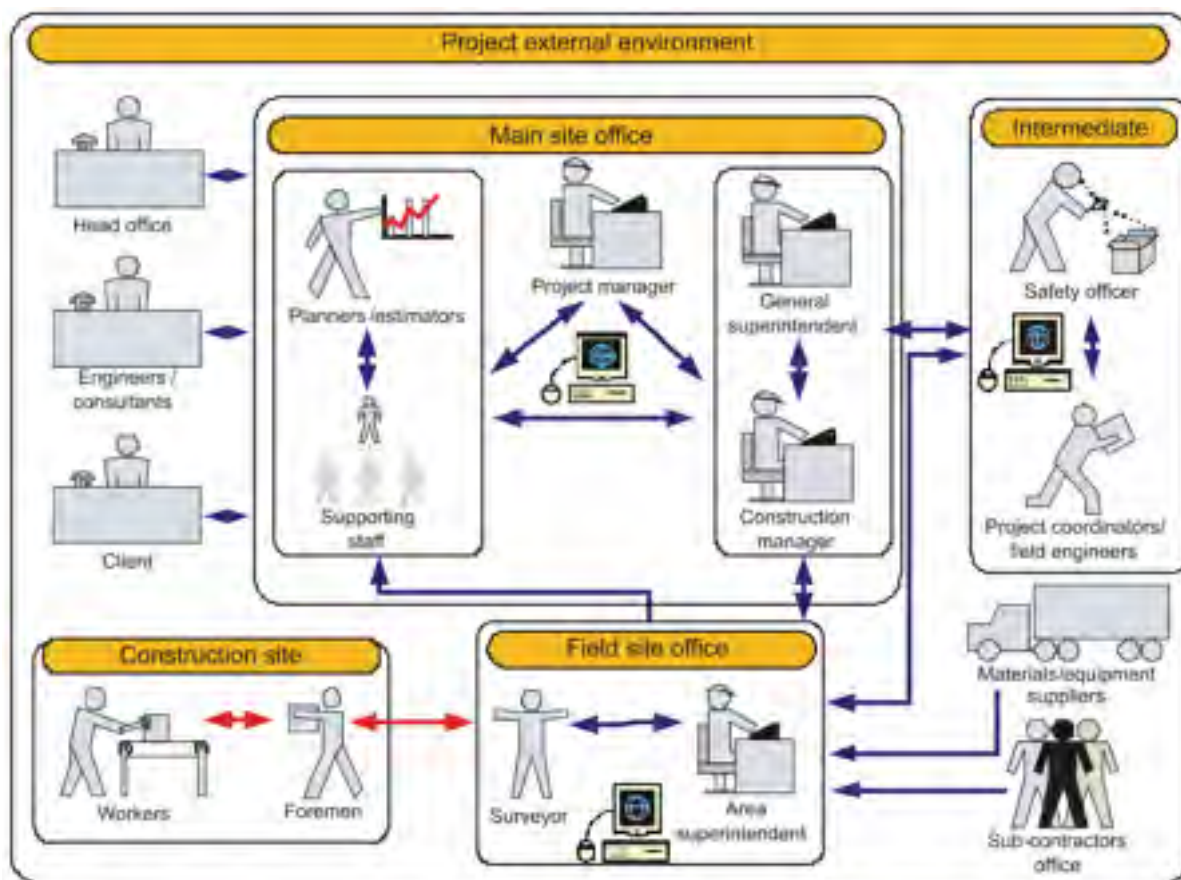


Figure 1.2 Le flux d'informations vers les travailleurs de la construction
Tirée de Hewage et Ruwanpura (2009)

L'intégration de l'information et la limitation de la fragmentation sont des facteurs essentiels étant donné que la construction est un processus faisant intervenir une multitude d'organisations et de personnes et où l'information est primordiale au succès des projets. La

³ Interopérabilité : Nous définissons l'interopérabilité comme étant la capacité des systèmes d'information à communiquer avec d'autres systèmes d'information à travers des formats standardisés

Figure 1.2 décrit les quatre zones où l'information des chantiers est produite ainsi que les flux d'information qui les relient. L'une de ces 4 zones, à savoir le niveau des exécutants de chantier, n'est pas connectée à l'intégralité des autres zones où est produite l'information nécessaire à la construction, et toute l'information qui leur est destinée doit transiter par le bureau de chantier. Si on veut améliorer la qualité de l'information sur les chantiers il est donc essentiel de reconcevoir cette structure à quatre zones qui isole et marginalise les exécutants dans la matrice d'échange et de production d'information.

Le manque d'information et la mauvaise qualité de l'information disponible au chantier sont problématiques dans l'industrie de la construction, et à ce sujet Dawood, Akinsola et Hobbs ont défini trois caractéristiques de qualité pour l'information des chantiers et qui sont (i) la précision de l'information (ii) la consistance de l'information et (iii) l'accessibilité de l'information ; la précision de l'information étant définie comme la capacité de l'information à retenir sa valeur à travers les instances spécifiques pour lesquelles elle est destinée, et la consistance comme étant la capacité de l'information à retenir sa signification après avoir été échangée.

Le potentiel des TI en tant que support fiable pour répondre à ces exigences de qualité a été mis en évidence depuis des décennies et la littérature sur le sujet a défini trois fonctionnalités essentielles qui doivent être prise en charge par les systèmes de gestion de la construction et qui sont le suivi en temps réel des travaux (Pena-Mora & Dwivedi, 2002), l'accès à l'information nécessaire sur les tâches et les ressources (Son et al, 2012) et le partage d'information en temps réel entre les intervenants de projet (Bowden et al, 2006).

A ce propos Kim et al. (2013) suggèrent que les avancées technologiques des téléphones intelligents et de l'informatique mobile représentent une occasion sans précédent pour améliorer les processus de gestion de construction. En offrant un accès permanent et rapide aux informations cruciales, celles-ci peuvent en effet d'un côté pallier au problème de l'accessibilité de l'information sur les chantiers et d'un autre côté répondre aux trois fonctionnalités définies ci-haut.

1.2.2 L'enjeu du BIM sur les chantiers

Les enjeux du BIM et ses bénéfices pour l'industrie ont été discutés précédemment dans ce mémoire. Cependant le constat de l'industrie est qu'aujourd'hui le BIM commence à s'intégrer dans les phases de conception, mais qu'il a du mal à faire son entrée sur les chantiers de construction, en dépit du fait que le BIM peut être considéré comme une technologie permettant de créer un pont entre la conception et la construction (Eastman et al., 2011).

L'une des causes souvent présentées par les chercheurs comme étant un frein à l'adoption du BIM sur les chantiers de construction est l'expertise nécessaire pour la manipulation des outils BIM (Forgues, Tahrani et Schmitz, 2013). La complexité de ces mêmes outils a pour conséquence principale que l'expertise des outils BIM dans les organisations des constructeurs est encore exclusivement limitée aux ressources spécialisées tels que les gestionnaires BIM, coordinateurs BIM ou autres modélisateurs BIM. De plus, ces mêmes outils ne disposent pas toujours d'interface intuitive et facile à utiliser, et ne répondent pas au besoin des intervenants de chantier qui ont besoin d'outil permettant un accès rapide et mobile à l'information pertinente (Frenette, 2015). La complexité des outils BIM implique qu'un accent particulier doit être mis sur la formation des intervenants avant qu'ils ne puissent les exploiter.

Bien qu'aujourd'hui plusieurs outils BIM existent en version mobile, le constat est que ces dernières font face à la limitation technologique des interfaces mobiles⁴. En effet d'après Forgues, Staub-French et Tahrani (2014), le BIM nécessite l'utilisation d'ordinateurs puissants, et ceci est l'un des facteurs freinant son adoption sur les chantiers. En effet, les versions mobiles existantes des outils BIM disposent généralement de capacités limitées par rapport aux versions pour ordinateur.

⁴ Il est d'usage que les logiciels de modélisation ou de coordination BIM nécessitent l'utilisation d'ordinateurs puissants (*workstations*) qui possèdent de hautes capacités en mémoire vive, et des processeurs graphiques très performants car ils doivent dans certains cas manipuler des modèles 3D très volumineux (*de l'ordre de plusieurs giga-octets*).

L'imperméabilité des chantiers au BIM n'explique pas à elle seule l'inefficacité et les gaspillages dans la gestion de la construction. Dawood et al (2002) affirment que l'intégration des processus de conception et de construction ne peut pas améliorer la productivité et la performance à elle seule et les mêmes auteurs insistent également sur l'importance d'améliorer également les processus de communication et d'installer des moyens efficaces pour l'échange de l'information de chantier, d'où la complémentarité entre l'approche BIM et les technologies mobiles de chantier. Il est donc nécessaire que des innovations telles que le BIM et les TM soient amenées de pair dans une organisation de projet.

1.2.3 Les interfaces hardware

Il existe aujourd'hui plusieurs interfaces logicielles et matérielles au service de l'information des chantiers. Cette sous-section fait état des différentes technologies existantes pour l'industrie de la construction.

1.2.3.1 Les tablettes tactiles

La première génération de tablettes mobiles grand public est apparue à la fin des années 1980, et fut suivie dans les années 1990 par plusieurs générations successives d'assistants personnels numériques ou PDA (*Personal Digital Assistant*), ordinateurs de poches proposant des écrans tactiles et des fonctionnalités basiques telles que la prise de notes, ou la gestion de calendrier (Wiggins, 2004).



Figure 1.3 Un assistant personnel PDA Treo 300 datant de l'année 2003
Tirée de commons.wikimedia.org (Consulté le 9 Janvier 2017)

La recherche a investigué la possibilité d'utilisation des PDA pour l'industrie de la construction et a mis en évidence le potentiel de ces derniers pour une utilisation sur chantier de construction mais plusieurs facteurs technologiques ont ralenti cette innovation à l'époque, les principaux étant :

- la lenteur des réseaux mobiles d'époque (Kajewsk et al., 2001);
- les capacités physiques limitées des appareils, tel que la capacité de stockage, la vitesse des processeurs, ou les écrans d'époque (Saidi, Haas et Balli, 2002).

Ces limitations n'ont pas offert le terrain nécessaire pour que les potentialités identifiées dans la recherche puissent se traduire par des solutions concrètes pour l'industrie de la construction, et il a fallu attendre l'avènement d'une nouvelle génération de tablettes mobiles tactiles et multifonctionnelles à partir de l'année 2010 et l'avènement de l'iPad notamment, pour que les tablettes commencent à se dédouaner des limitations techniques citées plus haut, et pour qu'un éventail d'applications destinées à la productivité des chantiers soit développées pour l'industrie de la construction. Cependant, la pénétration des TM dans la construction reste limitée à ce jour, ce qui suggère que ces limitations techniques n'expliquent pas à elles seules ce retard d'adoption.

1.2.3.2 Les ordinateurs de chantier

Le chantier est un environnement rude nécessitant des ordinateurs à l'épreuve de conditions d'exploitation extrêmes. Dans cette optique ont été développées plusieurs solutions pour informatiser les chantiers de construction et des tables à plan numériques ont vu le jour, et permettent en utilisant les applications adéquates de remplacer le support papier dans les roulottes de chantier. Ces tables à plan numériques profitent aujourd'hui des innovations technologiques des écrans récents, peuvent proposer des résolutions et un confort de lecture très élevés et peuvent aujourd'hui constituer un substitut au plan papier.

Outre les tables à plan numériques qui constituent principalement un substitut au plan papier, l'utilité d'avoir un ordinateur de chantier est d'avoir un outil fiable et polyvalent permettant d'acheminer l'information au niveau opérationnel avec une plus grande efficacité. D'après Forgues et al. (2014a), seuls 20% de l'information totale d'un projet de construction est acheminée aux chantiers, d'où la nécessité de donner un meilleur accès à l'information à ces derniers.

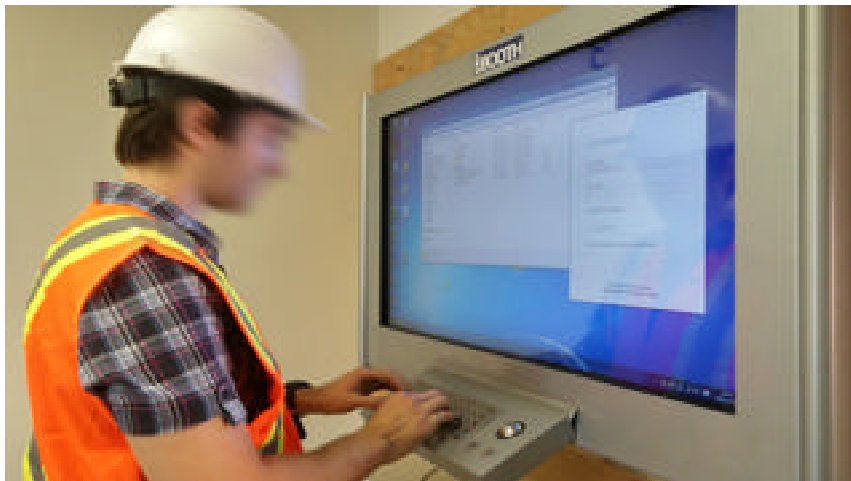


Figure 1.4 Le kiosque à information (i-booth) ⁵

⁵ Photographie prise par l'auteur dans le cadre des activités de ce mémoire

C'est dans cette optique qu'a été conceptualisé le kiosque à information « i-booth » par Hewage et Ruwanpura (2009). La Figure 1.5 illustre le concept du kiosque à informations qui se présente comme étant une réponse à la fragmentation de l'information du chantier, et comme étant un outil permettant l'acheminement de l'information vers les travailleurs de la construction d'une manière plus efficace.

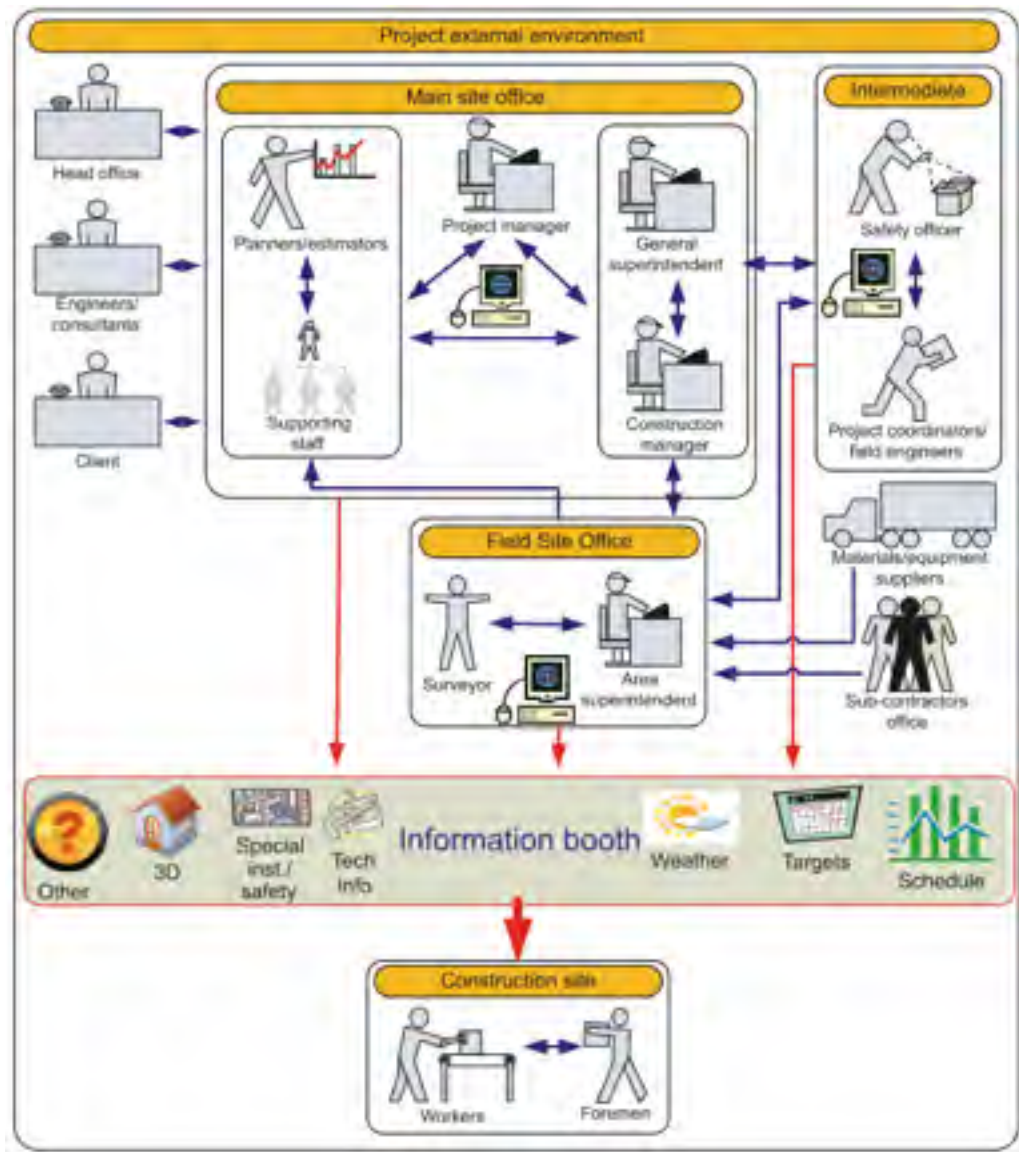


Figure 1.5 Le concept du kiosque à information
Tirée de Hewage et Ruwanpura (2009)

Comme il a été discuté dans 1.2.1, la structure d'échange d'information traditionnelle dans un chantier de construction (Figure 1.2) est problématique dans le sens où elle isole les exécutants de chantier et ne leur amène pas l'information de manière efficace. Le concept du kiosque d'information de Hewage et Ruwanpura (2009) vise à résoudre cette problématique car il joue le rôle d'interface entre les quatre zones de production et d'échange d'information. Le kiosque d'information implique donc une restructuration de l'échange d'information sur le chantier, car le niveau des exécutants devient directement connecté à l'intégralité des intervenants du contexte externe du projet de construction. L'étude de ces mêmes auteurs (Hewage et Ruwanpura, 2009) a démontré un gain de productivité de 17% sur un chantier quand des travailleurs de la construction ont pu profiter de cet outil pour avoir accès à l'information pertinente du projet directement sur leur lieu d'opération, ce qui confirme l'idée que la structure d'information décrite dans la Figure 1.2 est problématique et que sa reconfiguration pourrait améliorer la productivité des chantiers.

1.2.4 L'infonuagique et les applications mobiles

Les services infonuagiques ⁶ ouvrent aux organisations opérant dans la construction tout un portail de possibilités et services, et leur permettent surtout de centraliser dans un service unique toute l'information de leur projet. Frenette (2015), suggère que l'utilisation des TM compilée à l'infonuagique aurait deux implications majeures pour l'industrie de la construction : (1) automatisation des processus de recensement, de traitement, d'accès et de partage de l'information ; et (2) facilitation des échanges d'information sur les chantiers et diminution des redondances de l'information.

D'autre part, du fait que l'information est saisie directement sur chantier, les TM permettent aux intervenants de chantier de saisir une information plus cohérente et mieux structurée (Bowden, 2005). Les services infonuagiques permettent un relai instantané de cette

⁶ Infonuagique ou « cloud computing » : désigne une technologie de délocalisation de l'infrastructure informatique. Elle permet d'utiliser à partir d'un terminal (ordinateur ou appareil mobile) des ressources informatiques localisées sur un serveur distant.

information aux autres membres de l'équipe du projet, d'où un transfert plus efficace de l'information à l'intérieur de l'organisation de projet. Ceci s'avère un atout majeur pour rendre la prise de décision plus rapide dans les situations critiques d'un projet. De plus l'utilisation d'applications mobiles pour la gestion de projet résout plusieurs problèmes d'interopérabilité, car l'une des idées de ces applications est que plusieurs lots de projets qui étaient gérées à travers de multiples applications seront gérés dorénavant à travers une seule plateforme.

1.3 Les problématiques liées à l'implémentation des TI

L'implémentation des TI dans une organisation est souvent problématique car elle soulève plusieurs défis liés à l'environnement de celle-ci, des défis liés à la technologie et peut imposer une refonte des processus de l'organisation. Kornakaew (2012) définit cinq catégories de problèmes auxquels peut s'opposer l'implémentation des TI dans une organisation, à savoir, les problèmes liés aux processus de gestion, les problèmes liés à l'environnement organisationnel, les problèmes liés à l'esprit d'initiative et de leadership, les problèmes techniques, et les problèmes individuels. Ce chapitre aborde l'implémentation des systèmes d'information et les différents aspects et les défis qui y sont liés.

1.3.1 L'environnement organisationnel

L'environnement organisationnel est souvent très structuré et codifié et il ne s'adapte pas facilement aux changements, ce qui se traduit par un temps d'adaptation nécessaire à toute transition d'un système à un autre. De plus, cet environnement est régi par des échéanciers de livraison de produit et par des contraintes de productivité. Par conséquent, la transition vers un nouveau système d'information (SI) est perçue comme problématique car elle occasionne des perturbations du fonctionnement de l'organisation. Le défi consiste à faire transiter une organisation d'un système à un autre sans perturber les projets en cours, ou déstabiliser l'organisation (Kronke, 2011). Miller et al. (1997) insistent sur l'importance de la stabilité de l'environnement organisationnel comme facteur d'efficacité corporative. Ils suggèrent qu'il est important de diagnostiquer la situation et de confronter les bénéfices issus de la

stabilité organisationnelle à ceux qui peuvent être potentiellement tirés d'un quelconque changement organisationnel. Il est donc important de bien mesurer le besoin de changement et de bien évaluer ses bénéfices avant d'entamer toute réforme au sein d'une organisation.

Vu l'aspect délicat des changements organisationnels, des efforts doivent également être mis en amont au niveau de la formation du personnel et de l'intégration et les ressources nécessaires doivent y être consacrées. Cependant, les coûts associés au changement ne doivent pas contrebalancer les bénéfices découlant du changement.

Et étant donné que l'implémentation de systèmes d'information (SI) implique un changement parfois radical dans la manière de travailler des individus, il est fort possible que ces derniers fassent résistance à ce changement. Afin de minimiser la résistance des individus au changement, il est nécessaire de les impliquer le plus tôt possible dans le processus, afin de leur laisser le temps de s'adapter et de s'ajuster (Erdogan et al, 2014). En partant de ce principe, il est donc clair que le changement nécessite un investissement dans le temps.

L'avènement d'un changement ne peut donc pas ignorer les systèmes sociaux d'une organisation, et il doit aller de pair avec la culture de l'organisation. En effet, quand une technologie est introduite dans une organisation, elle affecte par inadvertance les structures formelles et les structures informelles, les activités organisationnelles et les personnes (Love et Gunaseken, 1997). Il est essentiel pour la réussite du changement que ce dernier suive une approche socio-technique et qu'il concilie la compréhension des interactions entre les individus, leurs valeurs, besoins et normes avec les aspects techniques du système.

L'un des exemples d'implémentation de SI qui est récurrent dans la littérature est celui de l'implémentation des systèmes ERP. Ces implémentations sont problématiques car elles doivent se faire à l'échelle de toute une organisation et à travers des unités d'affaire très différentes. Akkermans et Van Helden (2002) ont statué que le facteur le plus important pour la réussite d'une implémentation ERP était le support de la haute direction pendant les premières étapes du projet, vu la dimension « envahissante » et le changement radical qu'implique ce type de projet. Cependant ceci peut être problématique dans le sens où un

autre équilibre intervient dans la mécanique d'implémentation de TI dans une organisation. D'un côté il est essentiel d'avoir une bonne implication du leadership pour permettre l'avènement d'un changement stratégique, et il est essentiel que les décideurs tiennent compte des besoins des individus dans leur stratégie, mais d'un autre côté la structure pyramidale et la hiérarchie des organisations ne permet pas toujours de bien remonter les besoins des individus aux preneurs de décision, d'où un risque de déconnexion entre le cadre de direction d'une organisation et les employés. Dans l'avènement d'un changement aussi stratégique que celui de l'implémentation des SI, il est donc nécessaire que la haute direction de l'organisation soit bien impliquée dans le processus.

1.3.2 Les défis technologiques

L'implémentation des TI fait face au problème de l'inadéquation des solutions technologiques existantes aux besoins des organisations. Dans l'industrie, rares sont les organisations qui font développer des systèmes d'information sur mesure et la grande majorité vont acheter des produits sous-licence qui ne sont jamais adaptés parfaitement aux besoins de l'organisation, ce qui génère un décalage entre les besoins de l'entreprise et les capacités offertes par le produit (Kroenke, 2011). Ceci aura pour conséquence qu'un effort d'intégration supplémentaire devra être fourni pour combler ce décalage : Soit qu'on doive procéder à un changement dans les pratiques de l'organisation pour s'adapter au produit, soit des changements coûteux devront être apportés au produit pour l'adapter aux besoins de l'organisation (Kroenke, 2011).

Dans l'industrie de la construction en particulier, la problématique actuelle est que les applications développées sont spécifiques à seulement certains processus, aspects ou phases d'un projet, et il y a un manque flagrant d'outils pouvant supporter l'intégralité du cycle de vie d'un projet. D'après Gu et London (2010), ceci pose un obstacle à l'adoption des TI comme le BIM dans l'industrie car il soulève des défis d'intégration entre les différentes applications. Selon Forgues et al. (2015) ceci peut freiner l'adoption des TI par les firmes qui

souhaitent standardiser leurs procédures dans un environnement de projets caractérisés par de la collaboration entre des intervenants différents et ayant des exigences différentes.

Selon Poirier et al. (2014), l'industrie de la construction possède aujourd'hui une forte dépendance vis-à-vis des TI qui ne fait que croître depuis l'adoption du BIM, et ceci s'est traduit par l'accentuation des problèmes d'interopérabilité entre les systèmes et les organisations. Encore selon le même auteur, ceci peut être expliqué en partie par le manque de standardisation, et se traduit par un faible niveau d'interopérabilité qui empêche la création de valeur, et qui crée des gaspillages au niveau des données.

La standardisation peine donc à pénétrer l'industrie de la construction, et cette difficulté a un lien direct avec sa nature intrinsèque, car selon Forgues et al (2015), il y a une contradiction entre la nature unique des projets de construction et la volonté de standardisation. Par exemple, les applications mobiles pour la construction doivent trouver un équilibre délicat entre standardisation et les possibilités de personnalisation qu'elles offrent aux usagers. En effet chaque projet possède son lot de contraintes uniques et d'intervenants qui ont chacun une manière spécifique de fonctionner et il est aussi essentiel que les TM aient la souplesse nécessaire pour s'adapter à des contextes différents.

Bien que l'intégration entre les différentes plateformes et les processus est problématique dans l'industrie, elle n'est cependant pas la seule condition pour le succès de l'utilisation des TI. Forgues et Staub-French (2011, p17) suggèrent que l'alignement stratégique est tout aussi important que l'intégration fonctionnelle des TI, et que « *l'une des conditions pour connaître le succès dans l'utilisation de TI est de passer d'une utilisation opérationnelle à une utilisation stratégique de la technologie.* Ceci dénote la relation d'interdépendance qui existe entre les défis technologiques et les défis stratégiques qui sont liés à l'environnement organisationnel.

1.3.3 La problématique de la réingénierie des processus d'affaire (RPA)

Une implémentation de TI dans une organisation implique très souvent la réingénierie des processus d'affaire existants, pour les adapter au nouveau support offert par les technologies. D'après Dodaro et Crowley (1997) la RPA est définie comme une approche disciplinée et systématique d'amélioration, qui examine, critique, repense et reconçoit les processus de délivrance de produit dans le but d'améliorer dramatiquement les performances, là où c'est important pour les clients et les parties prenantes. Cependant, bien que l'introduction des TI dans les organisations modifie les processus, les fonctions et la manière dont le travail est organisé, la réingénierie des processus qui doit suivre en conséquence n'est pas systématique (Gagnon, 2008).

La RPA est une approche ayant vu le jour au tournant des années 1990, dans un contexte de changement radical de l'environnement d'affaires induit par les TI, les capacités offertes par les ordinateurs, les logiciels et les télécommunications. Dans le domaine du génie industriel, Davenport (1990) compare le changement induit par les TI à celui induit par le taylorisme au début du 20^{ème} siècle. Il définit la réingénierie des processus par les TI comme ayant 5 étapes-clé :

- 1) l'élaboration d'une vision, et des objectifs de processus;
- 2) l'identification des processus à reconcevoir;
- 3) la compréhension et l'évaluation des processus actuels;
- 4) l'identification des niveleurs de TI;
- 5) la conception et la construction d'un prototype du processus.

D'après Gagnon (2008) un changement technologique est « *une opération complexe où s'entremêlent des considérations liées au processus, à la technologie, au budget, à l'échéancier et aux ressources humaines* » (p75). Il suggère également trois leviers stratégiques clé pour la réussite du changement technologique, et qui sont : (i) l'état de la connaissance ; (ii) les logiques d'action ; et (iii) les dynamiques entre les intervenants. Par

conséquent, pour mettre en œuvre ces trois leviers stratégiques nécessaires pour l'avènement d'un changement, il devient essentiel de faire intervenir la collaboration de tous les acteurs d'une organisation afin de le rendre possible.

1.3.4 Les TI : entre activateurs et conducteurs du changement ?

Davenport (1990) suggère que les TI jouent un rôle important dans la RPA, qui dépasse le rôle de simple outil : Tel qu'illustré dans la Figure 1.6 , il explique aussi que la relation entre les TI et la RPA est une relation récursive. Par conséquent, la réflexion sur les TI doit tenir compte de comment celles-ci vont offrir l'infrastructure pour l'avènement de nouveaux processus, ou des processus reconçus, plutôt que d'être focalisée sur les fonctions d'affaire et les entités organisationnelles. Inversement, les processus reconçus doivent être directement issus des capacités et des potentialités offertes par les TI.

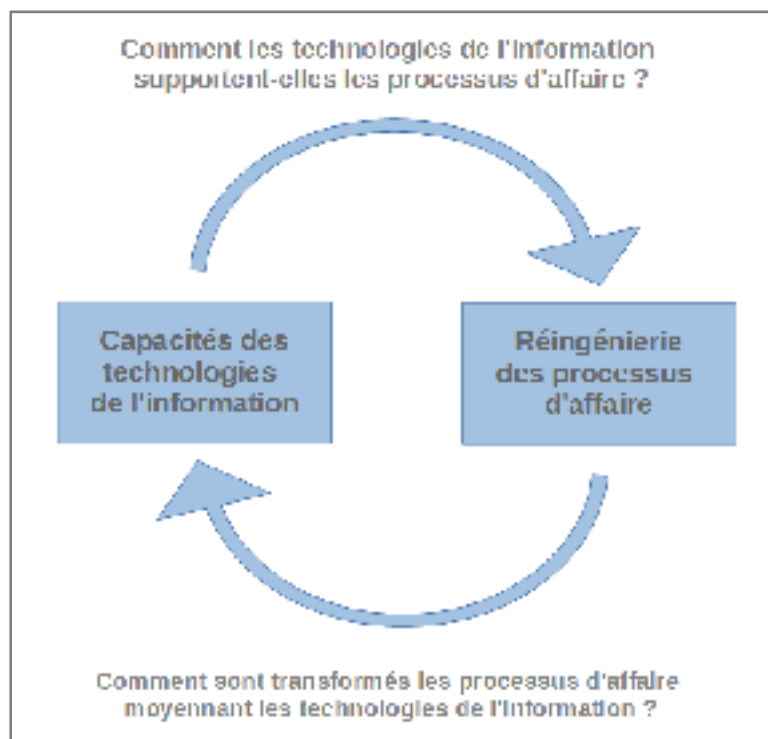


Figure 1.6 La relation récursive entre les TI et la RPA
Adaptée de Davenport (1990)

La relation entre la RPA et les TI a été aussi investiguée dans la littérature dans d'autres industries. Kowalkowski et Brehmer (2008) ont investigué les interfaces entre client et fournisseur et les interfaces internes entre guichet et arrière-guichet dans l'industrie manufacturière et ont insisté sur l'importance des TI comme activatrices et conductrices des changements organisationnels. Ils expliquent que les TI permettent d'un côté l'avènement de nouveaux services d'une part, et permettent d'autre part aux services existants d'être exécutés d'une manière nouvelle.

D'autre part, quand il advient qu'une réingénierie de processus est nécessaire à l'amélioration de la compétitivité et la performance d'une organisation, et que celle-ci s'impose, Love et Gunasekaran (1997) suggèrent que les TI font partie des activateurs (*enablers*) permettant qu'un changement radical puisse avoir lieu dans une organisation. Ils définissent également trois autres activateurs de changement, qui sont les facteurs organisationnels, les ressources humaines, et la gestion totale de la qualité (*TQM*) et suggèrent qu'une relation d'interdépendance existe entre tous les activateurs. Il est donc essentiel qu'une introduction des TI dans une organisation doive tenir compte de tous ces aspects, si on veut que les TI puissent remplir leur rôle d'activateur du changement organisationnel. Par conséquent, on peut considérer la relation entre le changement dans les organisations et les TI comme étant une relation symbiotique où l'interaction est bilatérale et où selon les cas, chaque partie peut induire un changement pour lequel l'autre partie offrira le terrain et l'infrastructure nécessaire.

Un autre aspect important de l'impact des TI sur les organisations, est que ces dernières ne sont pas affectées par les TI de la même manière. Venkatraman (1994) a défini cinq niveaux de transformations induites par les TI dans l'environnement organisationnel (Figure 1.7) et a offert des lignes directrices pour maximiser les bénéfices des TI pour chacun des niveaux de transformation qui ont été définis.

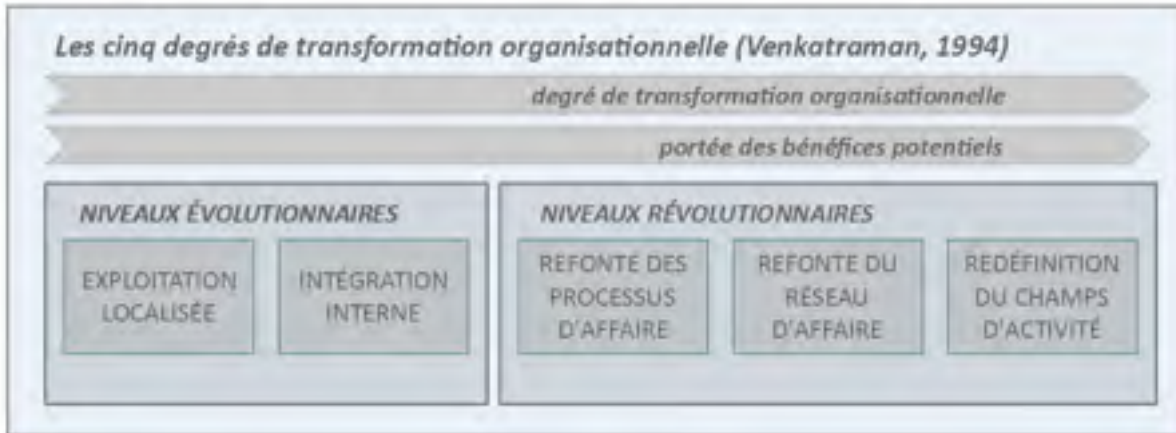


Figure 1.7 Les cinq niveaux de transformation organisationnelle activée par les TI
Adaptée de Venkatraman (1994)

Cependant, cette vision de l'auteur suggère que dans l'absolu, un niveau plus élevé de transformation de l'environnement organisationnel implique potentiellement de plus grands bénéfices. Cela se traduit inversement par l'importance de mesurer le degré de transformation de l'organisation induit par les TI afin d'en maximiser les bénéfices.

1.3.5 Les variables de l'implémentation de décisions stratégiques

Comme discuté dans les sections précédentes, il existe plusieurs variables différentes pouvant entrer en jeu quand on implémente une décision stratégique dans un contexte organisationnel. Ces variables ont été discutées dans la recherche d'une manière consistante. Le Tableau 1.2 présente une synthèse des recherches antérieures à Okumus (2001) ainsi que des variables d'implémentation discutées dans chacune d'entre elles.

Tableau 1.2 Variables d'implémentation selon la littérature
Tiré de Okumus (2001)

Variables clés	Environnement	Formulation stratégique	Structure	Leadership	Culture	Planification	Allocation de ressources	Individus	Communication	Suivi et contrôle	Résultats	Compagnies partenaires
Cadres conceptuels dans le domaine de gestion stratégique												
Stonich (1982)	*	**	**		**	**	**	**	*	*	**	
Hrebiniak & Joyce (1984)		**	**		*	*	*	**	*	**	*	
Galbraith & Kazanjian (1986)	*	*	**		*	**	*	**	**	*	**	
Aaker (1995)	*	**	**	*	**	*	**	**	**		*	
Thompson and Strickland (1995)	*	**	**	*	**	**	**	**	**	*	*	
Cadres développés ou testés empiriquement dans le domaine de la gestion stratégique												
Waterman et al. (1980)		**	**		**	*	**	**	**	*		
Hambrick & Cannella (1989)	**	**	**		*	**	**	**	**	*	*	
Pettigrew & Whipp (1991)	**	*	**	**	**	*	**	**	*	*		
Skivington & Daft (1991)	*	**	**		*	*	**	**	**	*	*	
Schmetzer & Olsen (1994)	**	**	**	*	**	**	**	*	**	**		
Miller (1997)	**	**	**	*	**	**	**	*	*	*	**	
Bryson & Bromiley (1993)	**	*	*		**	*	**	**	**	*	**	
Cadres dans le domaine de la gestion internationale												
Hrebiniak (1992)		**	**	**	**	*	**	*	**	**	*	**
Yip (1992)	*	**	**		**	*	*	**	*	*		
Roth et al. (1991)	*	*	**		**	*	*	*	**	**	*	

** : mentionnée comme variable-clé

* : variable incluse ou mentionnée dans les analyses

Mis à part la variable « compagnies partenaires » qui n'a été mentionnée qu'une seule fois dans les recherches antérieures considérées par Okumus (2001), on remarque que les auteurs sont substantiellement d'accord au sujet de la majorité des variables impliquées. De plus, on

remarque que cet accord sur les variables dépasse le cadre du domaine d'application unique et englobe aussi bien le domaine de la gestion stratégique ainsi que celui de la gestion internationale, et s'applique aussi bien aux cadres conceptuels qu'aux cadres développés et testés empiriquement.

Par la suite, le même auteur s'est appuyé sur l'analyse de plusieurs études de cas pour la construction d'un cadre théorique pour l'implémentation des décisions stratégiques dans un contexte organisationnel. La Figure 1.8 représente le cadre théorique produit par Okumus (2001).

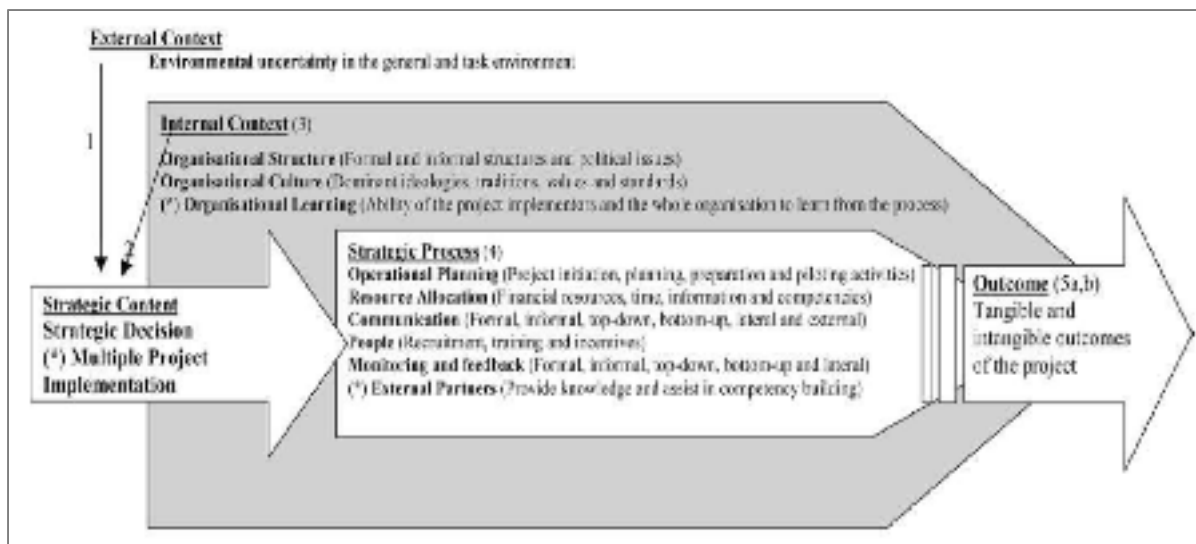


Figure 1.8 Cadre théorique d'implémentation de décisions stratégiques
Tirée de Okumus (2001)

L'auteur a ainsi classé les variables de l'implémentation dans 5 groupes selon leur contexte. Ces groupes de variables sont présentées dans ce qui suit :

1) Le contexte externe : Cette variable se matérialise dans l'incertitude de l'environnement, à savoir les facteurs externes ou les développements dans l'environnement qui peuvent avoir une influence sur la stratégie d'une organisation, et qui peuvent la forcer à adopter de

nouvelles initiatives. Cette variable se matérialise par l'incertitude en général et l'incertitude dans les tâches.

2) Le contexte de l'organisation : Le contexte organisationnel dans lequel le projet est implémenté. Ce groupe est composé de toutes les caractéristiques structurelles et non structurelles de l'organisation pouvant varier pour influencer le processus d'implémentation.

3) Le contenu stratégique : Il s'agit du contenu de la stratégie implémentée et qui est la résultante des deux groupes de variables précédents, à savoir le contexte externe qui influe sur l'organisation et qui la force la compagnie à prendre les décisions stratégiques, et le contexte de l'organisation d'où sont issus les problèmes et les inconsistances qui amènent une volonté de changement.

4) Le processus stratégique : Il s'agit du processus qui permet de mettre en opération une décision stratégique dans un contexte organisationnel.

5) Les résultats : Les résultats du projet d'implémentation ; Cette variable inclut aussi bien les résultats tangibles et mesurables que les résultats non mesurables.

Le Tableau 1.3 synthétise les variables du cadre théorique d'Okumus (2001) pour l'implémentation de décisions stratégiques, ainsi que leurs composantes.

Tableau 1.3 Variables de l'implémentation de décisions stratégiques
Adapté de Okumus (2001)

Groupe	Variables	Composantes
Contexte externe	L'incertitude de l'environnement	Incertitude dans les tâches Incertitude en général
Contexte interne	Structure organisationnelle	Structures formelles Structures informelles Problèmes de politique
	Culture organisationnelle	Ideologies dominantes Traditions Valeurs et standards
	Apprentissage organisationnel	Capacité à apprendre du processus d'implémentation
Contenu stratégique	Décision stratégique	n/a
	Implémentation de projets multiples	n/a
Processus stratégique	Planification opérationnelle	Initiation du projet Planification Préparation et activités pilotes
	Allocation de ressources	Ressources financières Temps Information et compétences
	Communication	Communication formelle Communication informelle TOP-DOWN / BOTTOM-UP Communication latérale et externe
	Personnes	Recrutement Formation Incentifs
	Suivi et retours d'expériences	Suivi formel Suivi informel TOP-DOWN / BOTTOM-UP Suivi latéral
	Partenaires externes	Apport de connaissances Assistance à l'élaboration de l'expertise
Résultat	Résultats du projet d'implémentation	Résultats tangibles Résultats intangibles

La recherche d'Okumus (2001) sur la question d'implémentation de décision stratégique s'appuie sur des références théoriques solides et permet de bien éclairer les dynamiques organisationnelles et les variables impliquées dans les processus d'implémentation stratégiques. Cependant il convient de vérifier la pertinence de cette recherche et des variables qu'elle suggère dans le contexte de l'industrie de la construction car, comme il a été discuté dans la section 1.1, il s'agit d'une industrie ayant des caractéristiques uniques et qui

se distinguent clairement des autres industries, et il se peut que des cadres développés dans d'autres contextes ne puissent s'y appliquer parfaitement. De plus, il s'agit d'une recherche datant d'une quinzaine d'années et qui ne tient pas compte de la problématique actuelle et particulière de l'implémentation des TI. Comme discuté dans la section 1.3, l'implémentation des TI rencontre des défis spécifiques et uniques à celle-ci et ces derniers sont complexifiés par l'avènement de la révolution technologique amorcée dans l'industrie de la construction.

1.3.6 La difficulté d'implémenter les TM dans l'industrie

Comme discuté dans les sous-sections 1.2.3 et 1.2.4, il existe aujourd'hui dans l'industrie un nombre grandissant d'applications et d'interfaces pour la gestion de l'information. Les applications sont inégales en fonctionnalités et la plupart sont aiguillées pour un usage particulier ou dédiées à un intervenant spécifique (architecte, ingénieur, entrepreneur...). C'est dans ce contexte que Forgues et al. (2015) ont produit un guide pour les TM permettant aux industriels de choisir l'outil adéquat. Cette sous-section décrit les principaux apprentissages tirés de ce guide.

1.3.6.1 Les enjeux des implémentations de TM

Les retombées principales de la décision d'opter pour les TM par Forgues et al. (2015) sont le gain de temps, l'amélioration de la qualité et de la sécurité, l'amélioration de la satisfaction, et l'avantage concurrentiel. Les mêmes auteurs font également l'énumération de plusieurs défis actuels à l'adoption de ces nouvelles technologies mobiles dans l'industrie de la construction :

- 1) au niveau contractuel et légal :** le mode d'octroi de contrat dominant au Québec est celui du plus bas soumissionnaire : ceci n'offre pas l'environnement collaboratif nécessaire pour le fonctionnement de ces nouvelles interfaces mobiles vu qu'elles sont axées sur le travail collaboratif;

- 2) **au niveau économique** : la fragmentation de l'industrie, qui a été discutée dans 1.2.1, fait que la majorité des entreprises au Québec sont de petite taille et ceci a pour conséquence que le coût lié à l'investissement représente un frein à l'adoption par les petites structures;
- 3) **au niveau culturel** : l'adoption des outils mobiles implique plusieurs changements majeurs dans les pratiques de travail des individus dans l'industrie et ils peuvent faire face à de la résistance au changement;
- 4) **au niveau technologique** : l'absence de solutions technologiques permettant de couvrir tout le cycle de vie d'un projet (conception, construction et opération) peut être vue comme un frein à la collaboration et à la standardisation.

Mis à part l'obstacle mentionné au niveau culturel, les trois autres niveaux cités ci-haut sont des niveaux qui ne relèvent pas du pouvoir de levier stratégique que pourraient avoir les décideurs dans une organisation. En effet, quand on fait face à des défis liés à des conditions de marché, tel que les considérations légales ou économiques, on fait face à des variables qu'on ne peut pas contrôler ou maîtriser à l'intérieur de l'environnement organisationnel car leur résolution relève plutôt du ressort de l'industrie dans son intégralité. Par conséquent il s'agit de défis face auxquels il faut adopter une stratégie de contournement ou d'évitement, ou de mitigation de conséquences.

1.3.6.2 Les étapes de d'implémentation proposées

Le choix d'opter pour les outils technologiques mobiles est décrit dans « le guide des TM » comme une opération complexe possédant plusieurs facteurs. Par conséquent, les étapes recommandées pour l'implémentation des TM dans une organisation sont les suivantes :

- 1) **besoins** : définition des besoins de l'organisation ainsi que de ses objectifs et attentes par rapport à l'usage des TM;
- 2) **profil** : caractérisation du profil des utilisateurs et de leurs capacités;

- 3) **outil** : choix d'un outil technologique en fonction du besoin, des attentes, du profil et des capacités;
- 4) **implantation** : élaboration d'un plan d'implantation ou de déploiement;
- 5) **accompagnement** : suivi et support des utilisateurs;
- 6) **amélioration** : évaluation de l'intervention réitération et amélioration continue.

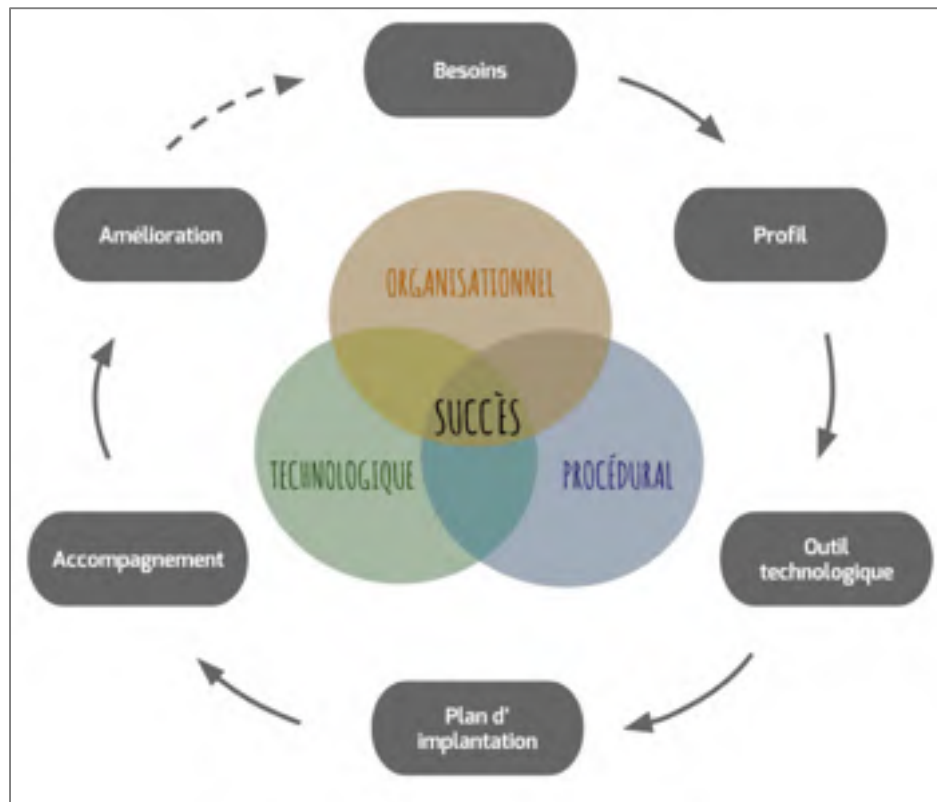


Figure 1.9 Étapes d'implémentation proposées pour les TM
Tirée de Pouteau (2016)

La Figure 1.9 illustre ces six étapes clés de l'implémentation. Le succès de l'opération de choisir et d'implémenter un outil mobile est mentionné comme étant tributaire de la maîtrise des variables organisationnelles, procédurales et technologiques. Ces trois composantes sont issues de la recherche menée par Staub-French et Khanzode (2007) et qui sera explicitée plus tard dans ce chapitre.

1.3.6.3 Les degrés de maturité des outils mobiles

Frenette (2015) a mené une enquête provinciale sur l'utilisation des TM dans l'industrie de la construction au Québec, et cette enquête a mis en évidence des écarts importants au niveau des usages inhérents aux TM. Il y a tout d'abord un écart au niveau des applications utilisées, qui se traduit aussi par un écart au niveau du type d'usage. Les entreprises innovantes vont utiliser les TM pour la gestion du projet, tandis que la moyenne des autres entreprises vont avoir une assez générique de l'outil mobile tel que l'accès aux courriels, la gestion des calendriers.

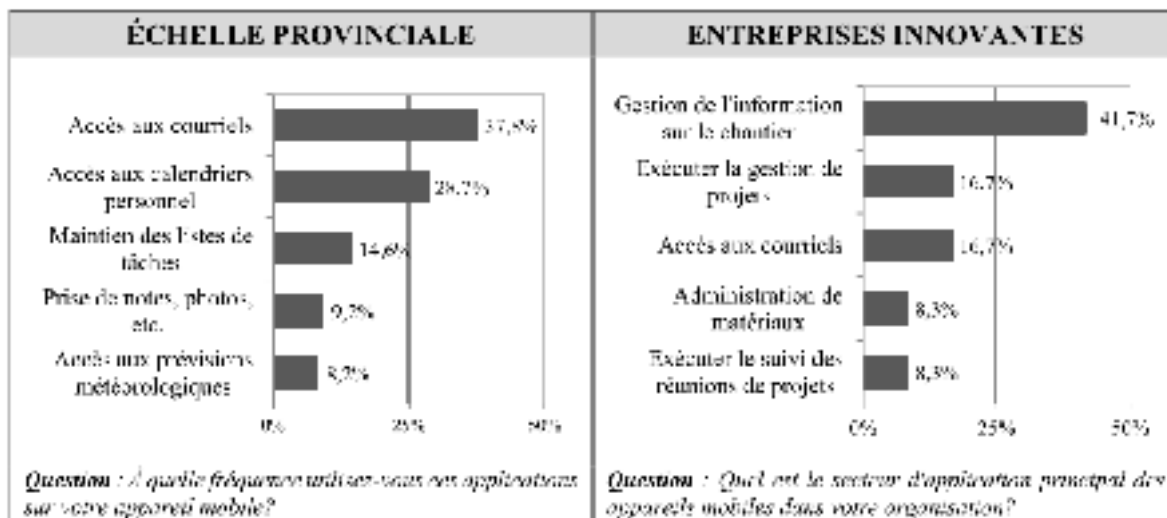


Figure 1.10 Type d'usage de TM au Québec
Tirée de Frenette (2015)

Ces écarts entre les entreprises innovantes et la moyenne de l'industrie, ont permis de dresser un cadre conceptuel pour l'appréciation de la maturité des TM, et des niveaux de maturité ont été définis par Frenette (2015) et complétés par Pouteau (2016). Ils consistent en quatre niveaux :

- 1) **consultation de documents** : usage personnel des TM dans un contexte passif, comme par exemple la consultation de documents et la prise de notes personnelles;

- 2) **partage de documents** : accès multi-usagers à une base de données. Aucune modification ou annotation ne peut être apportée aux documents partagés;
- 3) **communication et web conférence** : applications offrant un accès multi-usagers à une base de données centralisée. Des annotations peuvent être faites sur les documents et sont accessibles à tous les usagers;
- 4) **administration et gestion de projets** : accès multi-usagers demandant la mise en place de séquences d'opération pour la collecte, le suivi, la gestion et le traitement des données. Ce niveau se divise en deux sous-niveaux :
- 4.1) applications simples ne nécessitant pas de ressource dédiée à son administration et gestion;
- 4.2) applications riches, flexibles et personnalisables, et nécessitant une ressource dédiée à son administration et gestion.

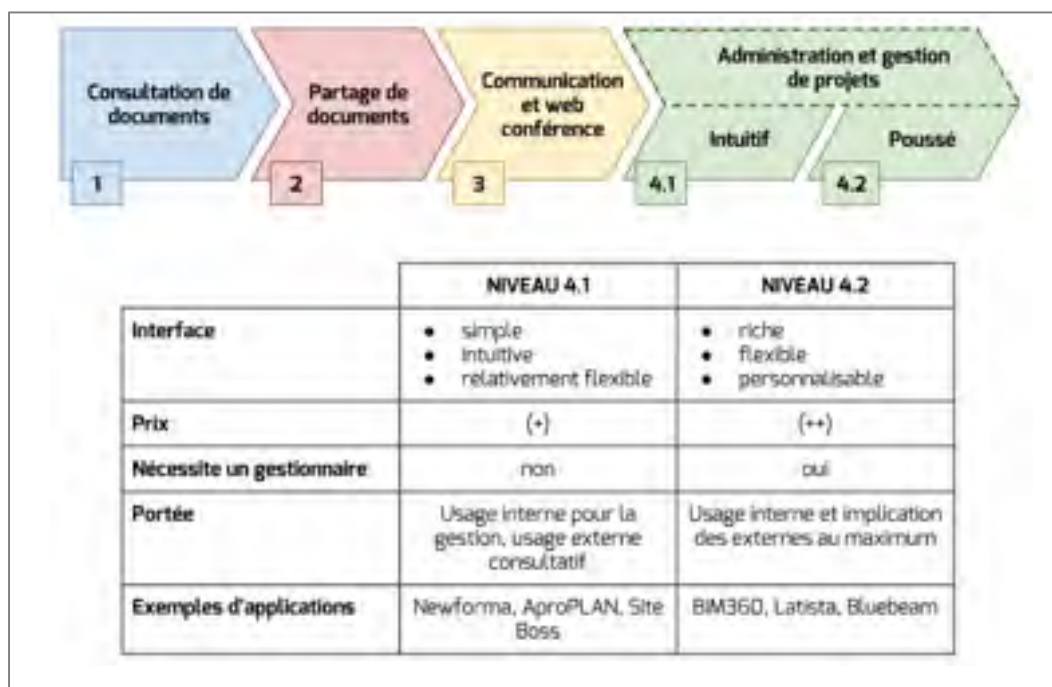


Figure 1.11 Échelle de maturité des applications mobiles
Tirée de Pouteau (2016)

Le positionnement des niveaux de maturité définis par rapport à l'étude provinciale est que les entreprises innovantes s'apparentaient à une utilisation de niveau 4 tandis que le reste de l'industrie avait une utilisation variant de 1 à 3. Selon cette définition, le passage d'une utilisation des TM pour la consultation, le partage de documents et la communication de projet vers une utilisation pour l'administration et la gestion de projet constituerait la ligne de séparation entre les entreprises innovantes et le reste de l'industrie.

Cet outil développé par Frenette (2015) et Pouteau (2016) permet de bien rendre compte de la différence entre les différentes applications du marché, et permet de bien décrire les différents degrés de complexité offerts par les outils technologiques, cependant, ils ne proposent pas de moyen permettant d'atteindre ce degré de complexité dans l'utilisation effective des outils mobiles.

1.3.7 L'incertitude dans les processus liés aux nouvelles technologies

Le nombre grandissant de firmes qui commencent à adopter les nouvelles technologies, fait que les environnements collaboratifs de projets doivent s'adapter à de nouveaux processus de communication et de partage de l'information et l'un des enjeux essentiels de l'introduction de nouvelles technologies dans l'industrie de la construction est lié au fait que ceux-ci amènent de nouveaux fonctionnements et de nouvelles pratiques.

Les nouvelles pratiques sont souvent caractérisées par l'incertitude et l'inconsistance, car il y a très souvent un décalage dans les pratiques surtout si les organisations n'ont pas eu le temps d'apprentissage et de maturation nécessaire dans l'utilisation des technologies. Il est nécessaire donc pour les organisations d'amorcer un cycle d'amélioration continue permettant de raffiner les usages et de les faire évoluer dans le sens désiré par les décideurs.

Harrington (1991, BPI) insiste sur l'importance du benchmarking comme méthode permettant d'amorcer le cycle d'amélioration continue dans une organisation. Il le définit

comme un processus ayant deux composantes, qui sont ; (i) la mesure ou l'évaluation de la situation ; et (ii) le produit ou processus qu'on cherche à améliorer.

Le même auteur insiste donc clairement sur l'importance de la mesure comme élément essentiel du processus de benchmarking. En effet, il explique que les organisations ont besoin de concevoir leur processus de benchmarking afin d'être en mesure de situer à la fois leur capacité actuelle ainsi que l'amélioration potentielle qu'ils peuvent aller tirer de leurs politiques d'amélioration continue. Par conséquent, les échelles de maturité sont importantes car elles permettent de mesurer la capacité organisationnelle par rapport à un cadre de référence, et par la suite de définir des objectifs qui permettent de faire évoluer l'organisation dans son processus d'amélioration continue. C'est dans cette optique qu'ont été développées des échelles de maturité de l'utilisation du BIM.

1.3.7.1 Les échelles de maturité BIM comme moteur de l'amélioration organisationnelle

Comme discuté précédemment dans ce mémoire, beaucoup de firmes de concepteurs et de constructeurs ont adopté le BIM dans une perspective d'amélioration des services et des livrables de leurs organisations. Dans plusieurs pays, tel que les USA, la Finlande ou l'Australie, ceci s'est traduit par l'émission de standards et guides pour l'implémentation du BIM. Cependant les définitions de la performance BIM restent hétérogènes et il y a aujourd'hui beaucoup d'incertitudes dans les stratégies d'adoption et dans l'utilisation du BIM dans l'industrie (Sebastian et Van Berlo, 2010).

Plusieurs outils et modèles différents permettant d'évaluer la maturité BIM existent dans l'industrie (Succar, 2010 ; BIWG, 2011; Giel et McCuen, 2014; Alaghbandrad et al. , 2015). Cependant, dans le cas du BIM en particulier, il faut différencier la capacité BIM et la maturité BIM ; Succar (2009) définit la capacité BIM comme l'aptitude à générer des livrables et services BIM tandis que la maturité est définie comme l'étendue, la profondeur, la qualité, la prédictibilité et la répétabilité de ces mêmes livrables et services BIM. Cette différence implique que la seule capacité BIM ne suffit pas à l'industrie pour répondre aux

exigences liées à une utilisation optimale et efficace des outils BIM. À l'égard des disparités et des inégalités au niveau de l'utilisation du BIM, Succar (2009) décrit 3 niveaux dans l'implémentation :

- 1) **la modélisation basée sur l'objet** : à ce niveau d'implémentation on migre de la représentation 2D à la modélisation 3D, cependant, le modèle reste mono-disciplinaire et les livrables consistent en des documents CAD;
- 2) **la collaboration basée sur le modèle** : à ce niveau les organisations adoptent la collaboration BIM et les modèles sont utilisés pour la coordination, et à ce niveau de collaboration des processus de communication sont requis entre les intervenants de projet;
- 3) **l'intégration des modèles** : à ce niveau il y a transition de la collaboration à l'intégration, les modèles deviennent pluridisciplinaires et permettent une coordination et des analyses complexes très tôt dans le processus de conception et les modèles livrables à ce niveau vont inclure d'avantage d'informations que les propriétés de l'objet.

La Figure 1.12 représente le cadre de maturité BIM défini dans (BIWG, 2011), qui est basé sur les 3 niveaux décrit plus haut.

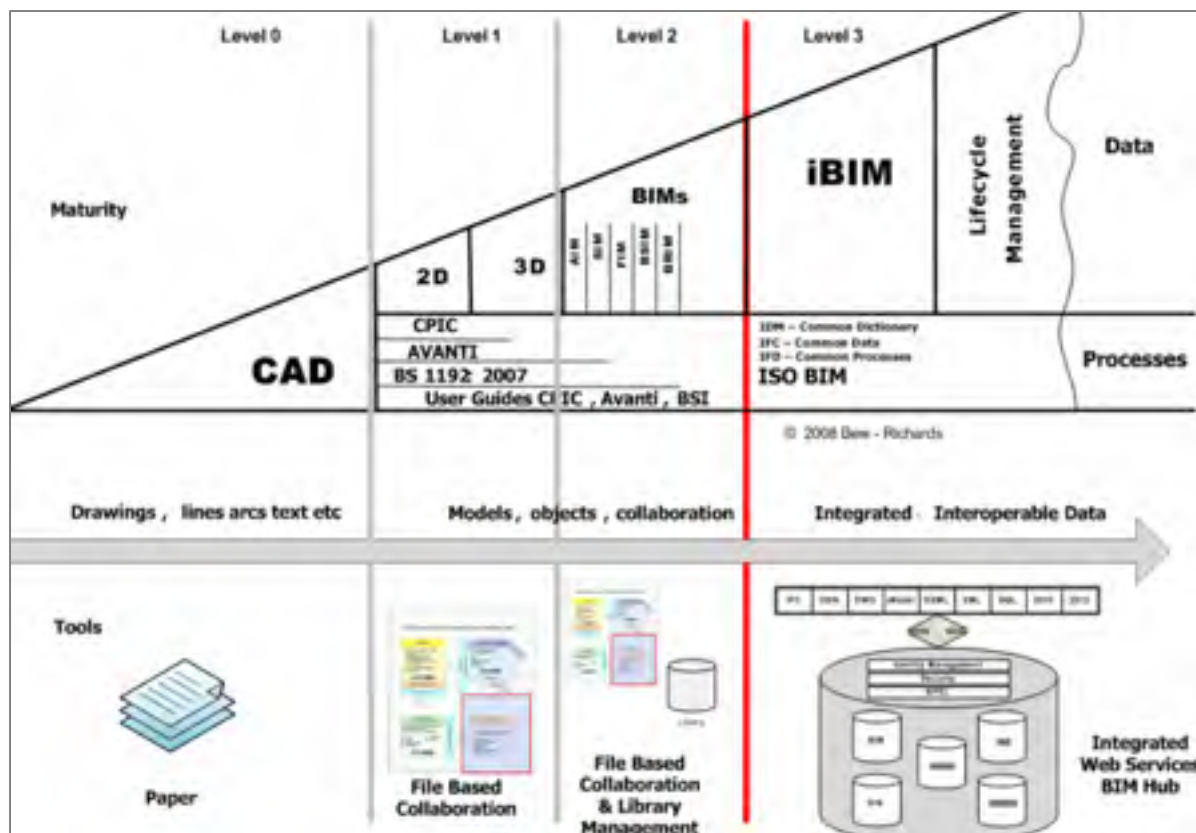


Figure 1.12 Modèle de maturité BIM
Tirée de BIWG (2011)

Sebastian et Van Berlo (2010) attribuent les inconsistances dans l'utilisation du BIM en partie au fait que les compagnies qui tentent d'améliorer leurs pratiques BIM ne trouvent pas suffisamment de guidage et d'orientation pour identifier et prioriser les différentes exigences. Ceci dénote l'importance des outils tels que les modèles de maturité, car ils offrent aux organisations souhaitant adopter l'amélioration continue, un outil permettant l'évaluation de leur situation d'un côté et aussi l'évaluation de l'amélioration potentielle de l'autre côté.

1.3.7.2 La difficulté d'implémenter les pratiques BIM

L'implémentation des pratiques BIM fait encore aujourd'hui face à plusieurs obstacles. Staub-French et Khanzode (2007) ont construit une série de recommandations pour l'implémentation des pratiques de coordination 3D et 4D articulées autour des volets

techniques, procéduraux et organisationnels. Le Tableau 1.4 résume les recommandations produites dans ce contexte.

Tableau 1.4 Synthèse des recommandations pour l'implémentation du BIM
Adapté de Staub-French et Khanzode (2007)

Recommandation pour l'implémentation des pratiques de coordination 3D
<ol style="list-style-type: none"> 1) rassembler les bonnes ressources de projet (ayant une compréhension du processus BIM); 2) recruter des ressources pour la conception ayant une expertise dans la construction; 3) pré-qualifier les membres de l'équipe du projet pour les capacités techniques requises; 4) affecter une ressource en charge des réunions de coordination; 5) intégrer tous les spécialités de la construction dans le modèle 3D; 6) mettre à jour les estimés et les contrats et accorder plus de temps et de ressources à la phase de conception; 7) mettre en place un processus de résolution de conflit; 8) fournir des plans 2D en parallèle au modèle 3D pendant la phase d'adoption du processus; 9) documentation des conflits dans un support abordable (en dehors du modèle 3D).
Recommandation pour l'implémentation des pratiques de gestion d'échéancier 4D
<ol style="list-style-type: none"> 1) déterminer la portée du modèle 4D en début de phase de conception, car le niveau de détail du modèle 3D en découle; 2) paramétrer le modèle 3D en fonction des exigences du modèle 4D; 3) mettre à jour le modèle sur une base journalière; 4) intégrer les supports traditionnels (dessins CAD intelligents); 5) identifier les exigences spatiales des corps de métier dans le modèle 4D pour la coordination de l'échéancier.

Dans les recommandations préconisées pour réussir le changement organisationnel induit par les nouvelles pratiques BIM, on trouve certaines recommandations qui s'apparentent au volet procédural tel que la mise en place d'un nouveau processus de résolution de conflit. On trouve aussi d'autres de ces recommandations qui s'apparentent au volet technique tel que la gestion des spécifications des modèles, tandis que certaines de ces mêmes recommandations comme le recrutement de ressources s'apparentent au volet organisationnel. Les mêmes auteurs insistent également sur l'importance de la construction d'un environnement collaboratif très tôt dès la phase de conception du projet, et beaucoup des recommandations sont liées directement à l'amélioration de la coordination et de la collaboration de projet. Nous suggérons donc que la création de l'environnement collaboratif nécessaire aux technologies est par conséquent tributaire de la maîtrise des trois volets cités plus-haut.

1.4 Discussion

1.4.1 La nécessité d'investiguer les dynamiques organisationnelles d'un projet d'implémentation de TM

Il existe aujourd'hui une multitude de solutions technologiques très diverses pour la gestion de l'information de chantier. Cependant, que ce soit au niveau des applications mobiles, technologies BIM ou des solutions hardware existantes, toutes les solutions bien qu'ayant des caractéristiques différentes semblent converger vers les concepts suivants :

- amélioration de la collaboration dans les organisations de projet;
- amélioration de l'accessibilité à l'information;
- centralisation des données du projet;
- automatisation des processus et gestion intégrée.

Bien que les outils semblent vouloir converger vers des qualités communes, les qualités recherchées par les utilisateurs dans les solutions varient d'une organisation à une autre, et les besoins varient en fonction de plusieurs facteurs. C'est dans ce contexte qu'a été produit le guide des technologies mobiles par Forgues et al (2015), où les auteurs ont offert une panoplie d'outils permettant aux organisations de mieux cerner leurs besoins et de choisir les outils qui y sont le plus adaptés.

Bien que le choix de l'outil est une étape décisive dans le processus d'implémentation de TM, réussir à choisir l'outil adéquat ou le mieux adapté au besoin ne suffit pas pour garantir le succès d'une implémentation, car comme il a été discuté dans la section « 1.3 – Les problématiques liées à l'implémentation des TI », les variables et les facteurs pouvant intervenir dans ce genre de processus peuvent être très variées et très complexes. L'implémentation d'une solution intégrée pour la gestion de l'information est donc une activité complexe nécessitant la maîtrise de plusieurs variables très différentes, et impliquant des interférences dans un environnement organisationnel où les contraintes d'ordre social et culturel sont omniprésentes. Il est donc nécessaire que la gestion de cette implémentation

tienne compte de toutes les variables impliquées, à savoir les variables humaines, culturelles, technologiques et organisationnelles.

Comme il a été discuté précédemment, la recherche menée par Staub-French et Khanzode (2007) a mis en évidence l'importance de trois facteurs qui interviennent dans la réussite de l'implémentation du BIM. Étant donné que le BIM et TM opèrent dans des contextes similaires, et qu'ils ont tous les deux une dimension collaborative omniprésente, nous suggérons par analogie que le changement organisationnel induit par les TM devrait aussi satisfaire les trois dimensions citées plus haut : à savoir les volets technologique, procédural et organisationnel.

Pour ce qui est des TM, le volet organisationnel reste celui qui nécessite un apport au niveau de la recherche, d'où la nécessité d'explorer l'implémentation l'introduction et l'implémentation des TM dans l'environnement organisationnel. Il est donc primordial par conséquent de cadrer le processus d'implémentation de ces nouvelles technologies par une meilleure compréhension des dynamiques organisationnelles car le choix d'une solution technologique et de l'analyse des besoins organisationnels nécessite la maîtrise de toutes les variables pouvant influencer sur le résultat de l'implémentation.

Comprendre les dynamiques organisationnelles des projets d'implémentation de TM est donc d'autant plus crucial que ces implémentations ne sont pas limitées à un environnement de bureau, et doivent pénétrer des environnements tels que le chantier. D'autre part, ces implémentations dépassent le cadre d'une seule organisation étant donné que les TM impliquent de la collaboration inter-organisationnelle. Dans une industrie où la collaboration inter-organisationnelle est souvent limitée au cadre de projet unique, ceci rend l'implémentation de méthodes communes de travail une activité encore plus complexe.

1.4.2 La nécessité de définir un cadre de référence pour la maturité

Comme il a été mis en évidence dans l'étude de (Forgues et al, 2014a) sur l'utilisation des TM dans l'industrie de la construction Québécoise, il y a d'importants écarts entre les différents compétiteurs. Certaines entreprises disposent d'une maturité élevée dans l'usage des nouvelles technologies tandis que d'autres ont encore recours à des méthodes traditionnelles tel que la collaboration en 2D ou le format papier sur chantier. Il est donc nécessaire de construire un cadre commun pour évaluer la maturité à travers l'industrie.

Bien qu'il existe des cadres pour l'évaluation de la maturité BIM ou pré-BIM, ou d'autres cadres pour l'évaluation des projets d'implémentation en général, il n'existe pas aujourd'hui un outil adapté au TM en particulier, outre les niveaux de maturité définis dans Frenette, (2015) puis dans Pouteau (2016). Il convient donc d'investiguer les variables de la maturité en confrontant ce même artéfact à un contexte d'implémentation dans une organisation. Il convient donc qu'il y a un besoin d'explorer l'utilisation des TM dans un environnement industriel afin de mieux comprendre les paramètres qui définissent la maturité qui en découle. En effet, une meilleure compréhension de l'utilisation des TM permet d'offrir aux organisations l'orientation nécessaire pour implémenter, mesurer, et ainsi réitérer leurs pratiques et instaurer en conséquence un cycle d'amélioration continue.

CHAPITRE 2

MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

Ce chapitre présente la méthodologie qui a été adoptée afin de répondre à la question de recherche, qui est la suivante :

Qu'est ce qu'on peut tirer comme leçons et apprentissages sur la question de l'adoption des TM dans la construction en conduisant dans un contexte industriel un processus d'analyse, d'évaluation et de test de solutions mobiles dans le terrain réel d'une entreprise de construction et cela conformément aux prescriptions du référentiel théorique de Pouteau pour l'introduction des TM dans les organisations ?

Il a été discuté dans 1.4 qu'il y a un vide dans la littérature autour de la question de l'introduction des TM dans les organisations. Ceci nous a amené à adopter une démarche exploratoire dans notre projet de recherche. Les détails de cette démarche sont présentés dans les sections ci-dessous.

2.1 L'étude de cas exploratoire

En fonction de la nature de la question de recherche, il convient de caractériser le projet de recherche et pour cet exercice il existe trois types de recherche possibles. Il y'a tout d'abord la recherche descriptive dont le but est d'approfondir la connaissance d'un phénomène peu connu et d'en fournir une image détaillée et très précise. Il y'a ensuite la recherche explicative dont le but est de tester les théories. Pour finir il y'a la recherche exploratoire pour les phénomènes peu ou pas documentés et dont le but est de générer de nouvelles idées ou des hypothèses.

Comme il a été discuté dans la revue de littérature, la question de l'adoption des TM dans l'industrie de la construction est une question complexe qui fait intervenir beaucoup de paramètres à la fois organisationnels et extra-organisationnels et il y a un vide dans la

littérature autour de cette question. De plus, la question du choix d'un outil technologique pour les organisations n'a pas été abordée dans un contexte de terrain réel et les artéfacts développés par Pouteau (2016) méritent donc une exploration supplémentaire. Étant donné que les recherches disponibles ne permettent pas encore de formuler d'hypothèse et qu'il y a un manque de connaissances sur ce sujet en particulier, nous avons adopté une méthodologie d'étude de cas exploratoire. Cette section vise donc à faire un état des concepts théoriques utilisés afin de construire la méthodologie de recherche de ce mémoire.

Selon Baxter et Jack (2008) l'étude de cas est une approche de recherche qualitative qui facilite l'exploration d'un phénomène, tel qu'un projet d'implémentation de TI, dans son contexte et en utilisant de multiples sources de données. Cette approche de recherche en particulier a pour avantage d'assurer que le phénomène est exploré à travers une vue multi-perspectiviste, qui permet d'en révéler et d'en comprendre plusieurs facettes à la fois. Cette caractéristique de la méthodologie donne une importance particulière à la collecte des données et aux sources de données qui doivent permettre de minimiser le biais et de tirer des apprentissages généralisables.

Pour les besoins de la recherche, nous avons donc mené un partenariat avec un entrepreneur général basé à Montréal au Québec qui souhaitait réformer ses pratiques organisationnelles et qui souhaitait implémenter des solutions mobiles pour la gestion de l'information de ses chantiers. Le projet qui a été mené entre les mois de Mars et Décembre 2016 a consisté à mener un processus d'analyse de solutions technologiques et d'activités pilotes sur chantier par l'étudiant chercheur dans un ce contexte industriel afin de mener ce partenaire industriel vers le choix d'une solution mobile et son implémentation à l'échelle de l'organisation. Cette intervention constitue donc les prémices d'un projet d'implémentation de nouvelles technologies dans un cadre organisationnel, et se présente comme une opportunité idéale pour mettre à l'épreuve du terrain les outils développés dans les recherches précédentes sur les TM.

Le phénomène à observer dans ce projet consiste à mener dans un milieu industriel un projet d'évaluation de solutions technologiques tout en appliquant le processus proposé par Pouteau (2016) afin de préparer le terrain à une implémentation de TM dans l'organisation.

En dépit de l'aspect interventionniste de ce projet, il ne constitue cependant pas un projet de recherche-action. En effet, là où une méthode comme cette dernière vise à savoir comment intervenir pour changer une réalité et est caractérisée par la nature itérative du cycle de recherche ainsi que par l'utilisation des modèles théoriques pour l'analyse des données et pour la planification des activités, ce projet consiste à intervenir en tant que simple aidant (un quasi employé) dans un milieu industriel pour tirer des connaissances du déroulement du projet et non de la participation de l'étudiant-chercheur en soi. Dans le présent document, ce processus est appelé intervention pour des raisons de clarté.

Selon Yin (2013), après avoir défini la question et les objectifs de recherche il y'a trois autres composantes essentielles pour un cas d'étude exploratoire et qui sont la définition des unités d'analyse, l'établissement d'un lien logique ainsi que la définition des critères d'interprétation des résultats. Pour ce qui est de l'unité d'analyse, cette dernière varie en fonction du type d'étude de cas. Selon Baxter et Jack (2008), il y a trois types d'études de cas. Premièrement il y a les études de cas simples ou l'étude est menée dans un contexte unique, Deuxièmement, il y a les études de cas multiples ou la compréhension du phénomène se fait en répétant l'étude dans plusieurs contextes différents et troisièmement, il y a les études de cas simples avec sous-unités intégrées ou les études se font dans un contexte unique mais en répétant l'expérimentation dans plusieurs sous-unités d'analyse différentes au sein du même contexte. La figure ci-dessous illustre les différents types d'études de cas.

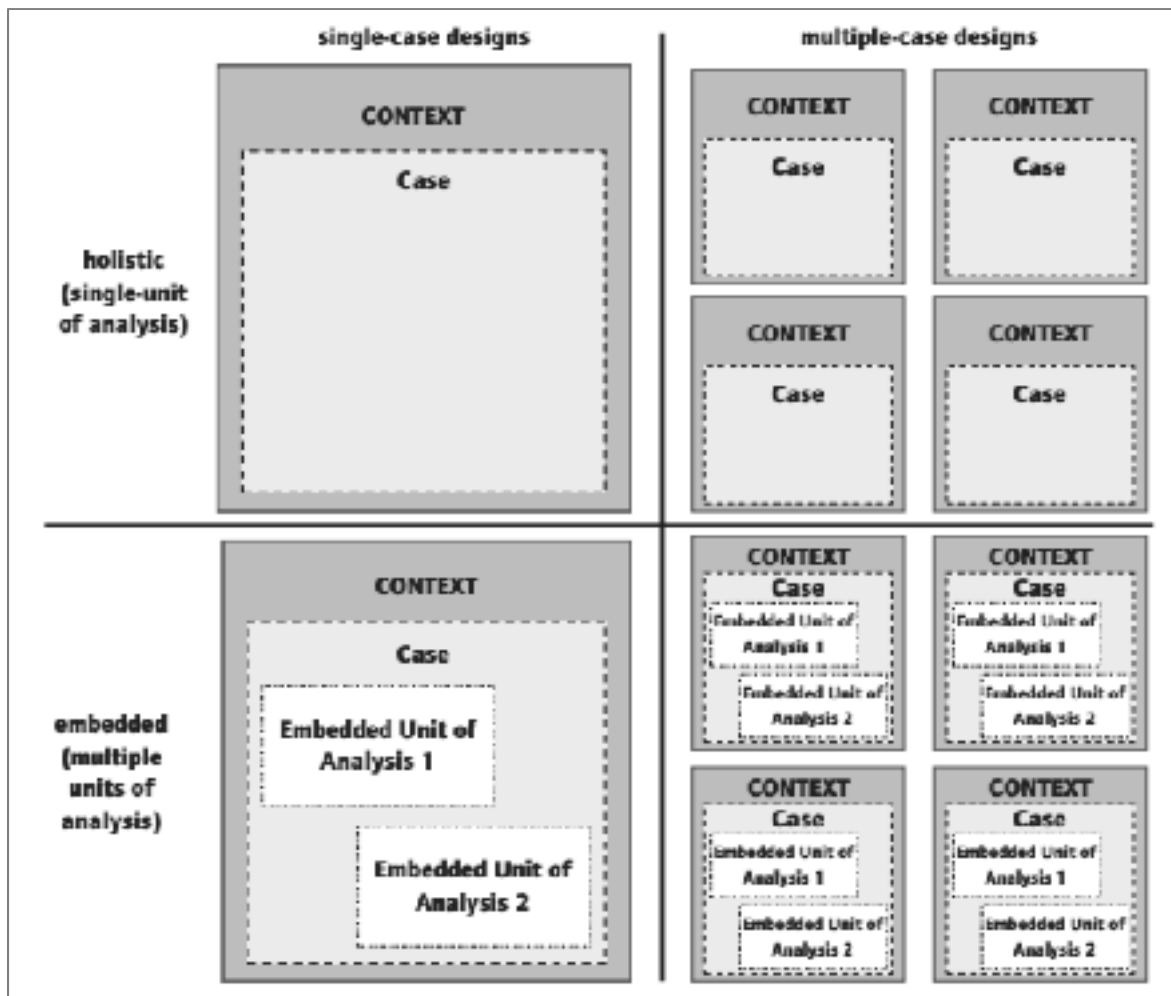


Figure 2.1 Les différents types d'études de cas
Tirée de Yin (2013)

Étant donné que l'exploration a été menée dans le contexte d'une seule organisation mais que celle-ci ait été répétée en même temps sur plusieurs chantiers de construction différents, ce projet de recherche s'apparente donc à une étude de cas simple avec unités d'analyse intégrées. Selon Baster et Jack (2008) l'implication de ce type d'étude de cas est que l'interprétation des résultats doit se faire à trois niveaux différents et qui sont :

- 1) à l'intérieur des sous-unités et façons séparée (*within case analysis*);
- 2) entre les différentes sous-unités (*between case analysis*);
- 3) à travers toutes les sous-unités (*across case analysis*).

L'intérêt derrière l'adoption de ce type d'étude de cas est que le fait que l'analyse se fasse aux constamment aux 3 niveaux mentionnés ci-haut et qu'elle ne se limite pas aux sous-unités, permet d'assurer un détachement de la sous-unité et un retour constant vers la problématique globale que le projet cherche à adresser.

2.2 Le contexte du projet

Le processus proposé par Pouteau (2016) pour le choix d'outil technologique est a été donc appliqué dans le contexte de l'organisation partenaire. Étant donné que ce processus a été développé dans le contexte de l'industrie québécoise et qu'il est destiné en particulier aux entrepreneurs souhaitant choisir un outil technologique à implémenter dans leur organisation il a été jugé pertinent de le prendre pour référence. Le « Tableau 2.1 Cédule du projet » présenté ci-dessous décrit les étapes de l'intervention, ses différentes phases, ainsi que les activités menées.

Tableau 2.1 Cédule du projet

Dates	Processus suggéré par Pouteau (2016)	Activités
Du 15-03-2016 au 18-08-2016	Analyse du profil et des besoins	1) analyse de la documentation d'entreprise; 2) entrevues; 3) analyse des besoins :
Du 01-05-2016 au 18-08-2016	Outil technologique	4) analyse et évaluation des outils technologiques;
Du 12-06-2016 au 30-09-2016	Plan d'implantation	5) construction des scénarios d'intervention; 6) plan d'action et préparation de l'intervention;
Du 03-10-2016 au 28-10-2016	Activités pilotes (implantation et suivi)	Pour chacun des sites d'intervention : 7) intégration et préparation des plateformes; 8) formation des équipes; 9) appui et support à l'utilisation;
Du 31-10-2016 au 10-12-2016	Évaluation et communication des résultats du projet d'implémentation	10) analyse des données d'utilisation; 11) ateliers pour évaluer les bénéfiques; 12) communication des résultats; 13) construction d'une stratégie d'implémentation; 14) début de la phase d'implémentation;

Les sous-sections suivantes décrivent en détail la méthodologie qui a été suivi pour chacune des cinq phases de l'intervention ainsi que les sources de données et les outils utilisés.

2.2.1 Analyse du profil et des besoins

Pour analyser le profil des utilisateurs et les besoins du partenaire industriel, les outils et résultats issus des deux recherches précédentes du GRIDD sur les TM (Frenette, 2015 ; Pouteau, 2016) ont servi de guide et repère. Cette étape a visé l'analyse de la situation de l'organisation au niveau de la gestion de l'information ainsi que des besoins des intervenants impliqués dans la gestion de l'information.

2.2.1.1 L'analyse de la documentation d'entreprise

Une revue de la documentation d'entreprise a été effectuée par l'étudiant chercheur pour les documents énumérés ci-dessus :

- les manuels d'entreprise;
- les formulaires ISO;
- les organigrammes et processus;
- les sommaires exécutifs et minutes de réunions issues des projets d'implémentation précédents qui ont été menés au sein de la même organisation.

L'objectif derrière cette revue est d'avoir une source de référence pour la construction des questionnaires d'entrevue ainsi que pour la définition des axes de discussion d'une part, mais aussi pour avoir un référentiel pour le choix d'outil technologique et l'évaluation des activités pilotes.

2.2.1.2 Les entrevues

Des entrevues ont été menées avec 3 des acteurs-clé intervenant dans la gestion de l'information chez le partenaire industriel, à savoir : les adjoints de projet, les chargés de projet et les surintendants. Ces entrevues ont eu pour objectifs : (i) l'identification des pratiques et des mécanismes ayant une influence sur l'accessibilité à l'information pour le chantier ; (ii) l'identification des problématiques spécifiques au partenaire industriel dans la

gestion de l'information ; et (iii) l'identification des pistes d'amélioration au sein de l'organisation.

Le tableau ci-dessous (Tableau 2.2) présente l'échantillon choisi pour les entretiens. Un questionnaire distinct a été élaboré pour chacun des profils.

Tableau 2.2 Échantillon des entretiens

	Profil	Années d'expérience	Durée	Date
Entrevue 1	Chargé(e) de projet	4 années	49 minutes	2016-05-18
Entrevue 2	Chargé(e) de projet	11 années	39 minutes	2016-05-19
Entrevue 3	Adjoint(e) technique	12 années	32 minutes	2016-05-24
Entrevue 4	Chargé(e) de projet	15 années	55 minutes	2016-05-24
Entrevue 5	Adjoint(e) technique	14 années	30 minutes	2016-05-24
Entrevue 6	Chargé(e) de projet / Surintendant *	4 années	46 minutes	2016-05-24
Entrevue 7	Adjoint(e) technique	6 années	75 minutes	2016-05-25
Entrevue 8	Chargé(e) de projet	2 années	43 minutes	2016-05-26
Entrevue 9	Surintendant	20 années	27 minutes	2016-05-30
Entrevue 10	Chargé(e) de projet	2 années	37 minutes	2016-05-31

*Pour ce profil mixte, le questionnaire pour Chargé de Projet a été utilisé

Le choix de l'échantillon a été effectué par le partenaire industriel en concertation avec l'étudiant chercheur. Les critères de choix sont les suivants : (i) la volonté de participation ; (ii) la disponibilité des intervenants ; et (iii) la participation potentielle à l'un des chantiers pilotes.

Les questionnaires d'entretiens sont détaillés respectivement dans l'ANNEXE II, l'ANNEXE III et l'ANNEXE IV. Le tableau ci-dessous (Tableau 2.3) présente les différentes thématiques qui ont été discutées avec les intervenants.

Tableau 2.3 Thématiques discutées dans les entrevues

	Chargé(e) de projet	Adjoint(e) technique	Surintendant
Accès à l'information	x	X	x
Gestion des changements	x	X	
Gestion des déficiences	x	X	x
Questions-Réponses Techniques	x		x
Rapports Journaliers	x		x
Gestion documentaire		X	
Gestion des dessins d'atelier		X	
Conflits de chantier	x		x
Les technologies mobiles	x	X	x

Les données des entrevues ont fait l'objet d'un enregistrement et ont été codées dans le logiciel d'analyse quantitative NVIVO 10 à des fins d'analyse. Les détails techniques de cette analyse sont présentés en annexe : Le codage des entrevues qui a été utilisé est défini à l'ANNEXE V, les taux de couvertures des entrevues sont présentés dans l'ANNEXE VI et l'ANNEXE VII, et un tableau détaillant les termes les plus récurrents dans les entrevues est présenté à l'ANNEXE VIII.

2.2.1.3 Analyse des besoins

Pour l'analyse des besoins du partenaire industriel, il a été procédé tout d'abord à un état des lieux des usages technologiques présents dans l'organisation. Une évaluation de la maturité a été effectuée en utilisant les grilles de Frenette (2015) et de Pouteau (2016) comme référence.

Les deux points suivants ont été discutés pendant les réunions de suivi avec l'équipe du projet : (i) Définition des degrés de maturité (maturité actuelle et souhaitée) ; et (ii) Définition des processus souhaités. Les outils et les références utilisées pour cette analyse sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2.4 Outils et références pour l'analyse des besoins

Objectif	Outils	Références
Définition d'un degré de maturité souhaité	Évaluation de la maturité actuelle	Niveaux de maturité définis dans le Guide des Technologies Mobiles.
	Remue-méninges autour des niveaux de maturité souhaités	
Définition des processus souhaités	Modélisation des processus souhaités par le partenaire industriel	Processus actuels tel que définis dans la documentation de l'entreprise

2.2.2 Le choix des outils technologiques

Les différentes solutions technologiques existantes sur le marché ont été analysées dans la logique décrite dans le Tableau 2.5 ci-dessous.

Tableau 2.5 Sources de données pour la recherche d'applications mobiles

Étape	Source de données	Outils utilisés
Recherche de solutions	a) guide des TM (CERAQ); b) magasins d'applications mobiles (Appstore / Playstore / Windows Store); c) consultants; d) études de cas / Publications spécialisées.	a) recherche; b) énumération des fonctionnalités.
Présélection (<i>short-listing</i>)	a) guide des TM (CERAQ); b) présentations des fournisseurs.	Évaluation primaire des fonctionnalités
Évaluation approfondie des solutions	a) tutoriels et vidéos de présentation; b) manuels d'utilisation des logiciels; c) échanges et questions techniques avec les fournisseurs; d) présentations de fournisseurs et de leurs représentants.	a) matrices comparatives descriptives et fonctionnelles; b) descriptif détaillé des fonctionnalités; c) preuves de concept et essais (si possible).

Le nombre de solutions revues à chaque étape a été le suivant :

- recherche de solutions : supérieur à 25;
- présélection : 12 solutions;
- évaluation approfondie : 6 solutions.

2.2.3 Le plan d'implantation

Après l'évaluation des solutions technologiques, il a été procédé à la planification de l'intervention. Le processus menant à l'édification du scénario des activités pilotes a été itératif et les scénarios d'intervention ont été construits par l'équipe du projet. Une réunion hebdomadaire a été prévue à cet effet et a eu pour objectif de définir le scénario d'intervention en fonction du besoin analysé et des solutions technologiques revues et de définir ainsi une situation désirée pour le partenaire industriel. Une minute de réunion a été émise à chaque réunion dans le but de rendre compte de la rétroaction du partenaire industriel à chaque étape du projet.

Le choix des projets pilotes a été fait en concertation avec le partenaire industriel. L'identification de la situation désirée s'est faite selon les étapes suivantes :

- identification des fonctionnalités à implémenter : Plusieurs scénarios ont été construits par l'équipe de projet. Ils ont été évalués et comparés selon des critères qualitatifs et des critères de fonctionnalité. Des tableaux comparatifs ont été dressés à cet effet;
- identification des sites d'intervention : Le choix des sites d'intervention a été effectué par le partenaire industriel;
- identification de processus désirés : Les processus désirés ont été identifiés au moyen de scénarios de cas d'utilisation (*Usecase Scenarios*).

Ensuite les scénarios d'intervention ont été validés à partir de deux ateliers ; Dans un premier atelier, le projet de recherche a été soumis aux chargés de projet du partenaire industriel. Cet atelier a permis de présenter le projet des TM et de sonder leurs opinions sur l'implémentation des TM dans leurs pratiques de travail, et de soumettre le scénario du projet à leur expertise de terrain. Dans un second atelier, les scénarios d'intervention spécifiques ont été soumis aux intervenants qui allaient participer aux activités pilotes.

2.2.4 Les activités pilotes

Suite à la validation du scénario du projet pilote, les TM ont été testées sur 3 des chantiers du partenaire industriel. Les données récoltées pendant cette étape ont été les suivantes :

- 1) **les données d'utilisation des ordinateurs de chantier** : Un logiciel permettant d'enregistrer l'activité des utilisateurs a été installé sur les ordinateurs de chantier et a permis d'enregistrer l'activité des intervenants. Le protocole de collecte de données est présenté à l'ANNEXE I;
- 2) **les observations de terrain** : L'étudiant chercheur a été présent sur le terrain, et a procédé à des observations in-situ;
- 3) **le suivi** : L'étudiant chercheur ainsi que l'équipe d'implémentation ont effectué un suivi avec les équipes concernées par l'intervention. L'étudiant chercheur a servi de vis-à-vis en cas de problème avec l'utilisation des Technologies Mobiles;
- 4) **les réunions de suivi de projet** : Des réunions ont été programmées avec l'équipe d'implémentation et les équipes concernées par l'intervention afin de suivre l'avancement du projet.

2.2.5 L'évaluation et la communication des résultats de l'intervention

Dans cette phase il a été procédé à l'évaluation de l'intervention. Des réunions de retour sur l'intervention ont été menées avec les équipes concernées par l'expérimentation, et des réunions ont été menées à la fin de la phase précédente afin d'évaluer les activités pilotes. Les critères d'évaluation des interventions qui ont été sondés pendant les réunions sont :

- le degré d'amélioration concernant l'accessibilité à l'information tel qu'il est perçu par les intervenants concernés;

- le gain de temps perçu grâce à l'utilisation des TM;
- les conformités ou décalages éventuels entre l'utilisation prévue dans le scénario et l'utilisation réelle observée sur le terrain;
- les limitations de l'intervention, et les pistes éventuelles pour un meilleur déploiement des TM dans l'organisation.
- les obstacles à l'introduction des TM dans l'organisation.

Les données de cette phase ont été confrontées à celle des trois phases précédentes afin d'apprécier l'apport réel des TM au niveau de l'organisation. Suite à cette évaluation de l'intervention, une réunion de fin de projet a été menée avec la haute direction : pendant cette dernière réunion le projet et ses conclusions et apprentissages a été présenté au comité de direction. De plus, des recommandations pour un futur déploiement des TM auprès du partenaire industriel ont été formulées et les enjeux de l'implémentation des TM ont été discutés avec les membres du comité de direction.

2.3 L'analyse des résultats du projet

Étant donné la nature de l'étude de cas (étude de cas simple avec trois sous-unités intégrées) l'analyse des données a été effectuée sur trois niveaux, conformément au tableau ci-dessous et en fonction du paramètre analysé.

Tableau 2.6 Les trois niveaux d'analyse des données

Analyse au sein de la sous-unité (<i>within case analysis</i>)	Analyse entre sous-unités (<i>between case analysis</i>)	Analyse à travers toutes les sous-unités (<i>cross case analysis</i>)
- Paramètres ayant une influence sur le processus ou sur ses résultats à l'échelle d'une sous-unité	- Paramètres ayant une influence sur le processus ou sur ses résultats au niveau d'une sous-unité ou plus	- Paramètres et variables ayant influé sur l'ensemble du cas d'étude - Paramètres indépendants des sous-unités

2.4 Conformité du projet aux exigences qualitatives des études de cas

Selon Yin (2013) un projet de recherche utilisant l'étude de cas exploratoire comme approche de recherche doit répondre à quatre critères de qualité. Les implications de ces quatre critères pour le projet sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2.7 L'adéquation du projet aux critères de qualité

Tests	Phase du projet	Stratégie recommandée	Implications pour le projet de recherche
Validité de la conception	Collecte des données	Utilisation de sources multiples	Utilisation de sources multiples pour l'analyse de la situation de l'organisation (Entrevues avec profils multiples et examen de la documentation d'entreprise)
			Utilisation de sources multiples pour l'analyse des solutions technologiques
			Observation de l'utilisation et activités pilotes sur trois chantiers différents
	Collecte des données	Établissement d'une chaîne de preuves	Les leçons tirées et apprentissages doivent être argumentés par les données issues de l'expérimentation
	Compilation des résultats	Faire une revue des résultats par les informateurs clé de la recherche	Présentation des résultats de l'intervention au comité de direction
Participation des informateurs clé du projet au processus d'évaluation et de synthèse des résultats			
Validité interne	Non requise pour les études de cas exploratoires		
Validité externe	Conception de la recherche	Utilisation de la théorie	Utilisation de la recherche précédente et notamment des étapes recommandées par Pouteau (2016) pour construire la méthodologie d'intervention
Fiabilité	Collecte de données	Utilisation de protocoles	Utilisation d'un protocole pour la collecte des données des ordinateurs de chantier
			Utilisation de protocoles pour les entrevues
			Documentation des réunions du projet (planification, suivi et évaluation de l'intervention)
Collecte de données	Constitution d'une base de données pour l'étude de cas	Conservation des données brutes de l'intervention séparément des données présentées dans les résultats	

CHAPITRE 3

L'ÉTUDE DE CAS

Le présent chapitre décrit le contexte dans lequel a été mené le projet et présente les détails du processus qui a été mené ainsi que les données qui ont été collectées du projet. Sa première section présente l'organisation dans laquelle a été mené le projet. Les sections 2 à 5 présentent les différentes étapes de l'intervention, et la section 6 présente les conclusions et les implications du projet pour l'organisation.

3.1 L'organisation du partenaire industriel

Le partenaire industriel de ce projet est une entreprise générale de construction Québécoise d'environ une centaine de salariés et opérant principalement dans les domaines institutionnel et commercial. Ce dernier a entamé un projet de réforme de ses pratiques de travail à deux niveaux différents et complémentaires : (i) l'introduction du BIM pour améliorer la coordination et la collaboration au sein des projets ; et (ii) l'introduction de l'infonuagique et des TM sur les chantiers de construction pour l'amélioration de la gestion de l'information.

L'implémentation du BIM avait déjà démarré avant le début du présent projet. Le partenaire avait procédé à l'évaluation de la situation organisationnelle pré-BIM (*BIM readiness*) et avait adopté une stratégie d'adoption progressive. Pendant le projet, l'implémentation du BIM en était encore à ses premiers stades et les usages BIM étaient encore limités dans l'organisation.

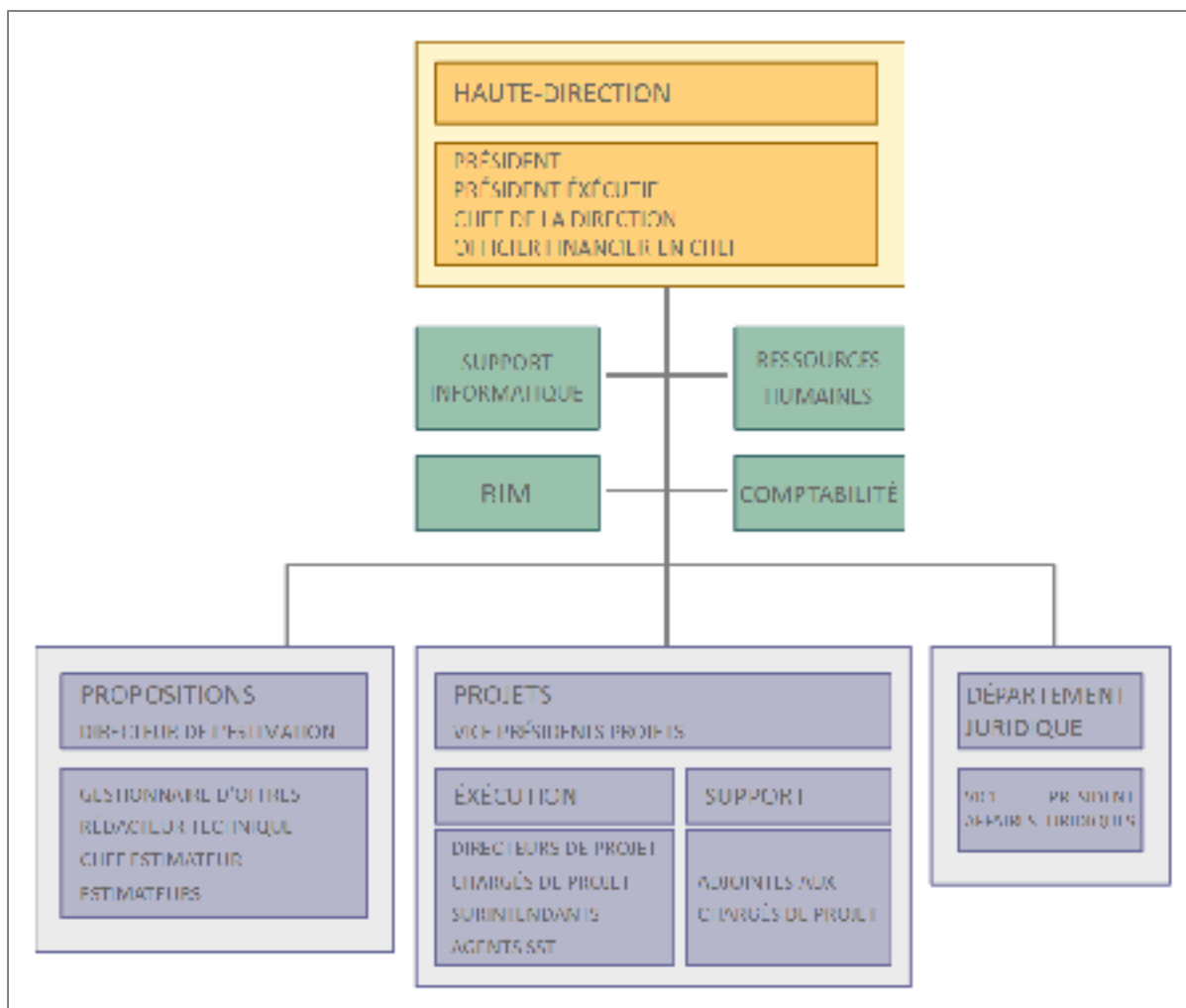


Figure 3.1 Organigramme simplifié de l'organisation du partenaire industriel

3.1.1 Le contenu stratégique

Une fois le projet d'implémentation du BIM entamé, l'organisation a décidé d'introduire progressivement les TM dans les pratiques de chantier. La décision stratégique d'opérer le changement organisationnel a été définie selon deux idées maîtresses : (i) l'idée d'une implémentation descendante (*top-bottom*) et (ii) l'instauration d'une politique d'amélioration continue dans la compagnie.

Ce choix stratégique est motivé par l'idée qu'un changement organisationnel imposé par la direction aux employés pourrait susciter moins de résistance aux changements de la part de ces derniers. La perception de la haute-direction à ce sujet est qu'une approche ascendante (*bottom-up*) pourrait amener les employés à remettre en question l'idée de l'implémentation des TM à la source. Afin d'opérationnaliser le changement organisationnel, une équipe d'implémentation ⁷ a été constituée au sein de ce même partenaire industriel. Elle est composée des effectifs suivants :

- 1) un membre de la haute-direction;
- 2) un chargé de projet;
- 3) un gestionnaire BIM;
- 4) l'étudiant chercheur.

Le mandat de cette équipe consistait à analyser la situation, les besoins organisationnels, et les solutions existantes sur le marché, pour ensuite planifier des activités pilotes permettant à l'organisation de dresser au plus long terme une stratégie pour un déploiement des TM à l'échelle de toute l'organisation.

3.1.2 Les motivations du changement organisationnel

Bien que certaines entreprises au Québec aient intégré les pratiques innovantes à partir du début des années 2010, le partenaire industriel n'en fait pas partie et il fait donc partie de la deuxième génération d'entreprises ayant choisi d'amorcer la révolution BIM-TM dans leurs pratiques. Le choix d'introduire ces nouvelles pratiques a donc été d'une part un changement réactionnaire face à la compétitivité grandissante et face à des concurrents ayant déjà acquis une expertise dans ces nouvelles technologies. En effet, tout au long du projet, l'équipe

⁷ Bien que le mandat de l'équipe consiste à analyser les solutions technologiques et à procéder à leur test sur chantier, et bien que le mandat de l'équipe ne consiste pas encore à implémenter les solutions technologiques au sein de l'organisation, nous avons choisi de référer à cette dernière en tant qu'équipe d'implémentation pour des raisons de clarté, et pour éviter la confusion entre cette dernière et les équipes des projets.

d'implémentation s'est fortement attaché à analyser la compétition et les solutions mobiles utilisées par ses concurrents.

Le deuxième facteur qui encadre cette décision de changement est celui de la maturation des solutions technologiques. Ce facteur peut également expliquer en partie pourquoi l'organisation ne fait pas partie de la première génération d'adoptant, et qui est celle des entreprises innovantes : en effet, la grande majorité des entreprises concurrentes avaient choisi délibérément d'attendre la maturation des outils innovants sur le marché avant d'adopter eux-mêmes l'innovation. La perception à ce sujet est que l'organisation a temporisé l'adoption des TM car ceci lui permettait de mitiger le risque lié à l'implémentation d'une technologie nouvelle, et d'avoir un retour sur investissement plus rapide.

3.2 L'analyse du profil et des besoins

Au début du projet de recherche, le partenaire industriel n'avait pas encore eu d'expérience avec les systèmes de gestion intégrée de projet ou avec les TM de chantier. La maturité de l'organisation a été évaluée par l'équipe du projet au début du projet en prenant pour référence la grille de maturité, présentée plus tôt dans ce mémoire (Figure 1.11).

Il n'y avait pas de politique d'entreprise particulière quant à l'utilisation des TM. À ce moment, les seules utilisations mobiles qui ont été notées l'étaient de l'initiative propre de certains employés qui utilisaient leur appareil mobile personnel sur les chantiers avec des applications gratuites, et ceci dénotait un besoin réel au sein de l'organisation. L'absence de politique quant à l'utilisation des TM a eu pour conséquence principale la variance dans l'utilisation des TM. En effet, la maturité de l'utilisation des TM dans l'organisation a varié en fonction des projets, des utilisateurs ou des processus.

3.2.1 Les problématiques organisationnelles

Après avoir procédé à l'examen de la documentation d'entreprise, des entrevues ont été menées dans le but de mieux comprendre les problématiques auxquelles sont confrontés les intervenants dans l'organisation du partenaire industriel et ont permis de mieux définir le besoin de cette dernière. A l'issue des entrevues, nous avons principalement identifié les problématiques suivantes dans l'organisation :

- a) les problématiques de coordination entre les disciplines;
- b) les problématiques d'accès à l'information;
- c) les problématiques de la gestion des changements dans les projets;
- d) les problématiques liées à la gestion et contrôle de la qualité;
- e) les problématiques liées aux méthodes et aux outils de travail.

Les sous-sections suivantes présentent les points saillants qui sont ressortis des entrevues.

3.2.1.1 Les problèmes de coordination interdisciplinaire

Les problèmes de coordination interdisciplinaire ont été identifiés dans les entrevues comme étant parmi les sources principales de conflits sur les chantiers de construction. Les chargés de projet ont cité la coordination entre disciplines comme problématique et plus communément la coordination entre mécanique et structure. Typiquement, ils estiment qu'il n'y a pas assez d'effort mis en amont sur cette coordination, et que les problèmes sont le plus souvent résolus en phase de réalisation, ce qui occasionne des retards et des conflits sur chantier.

« La structure est très rarement prise en compte par les gens de ventilation, d'architecture ou de plomberie. Ils font la coordination très vite en se disant que ce n'est pas grave et que le général se fera sur le chantier. Sauf qu'on se retrouve avec des délais qui s'allongent, de problèmes de coordination et d'échéanciers, et ça nous fait des dizaines de changements à gérer par la suite » (Chargé de projet)

De plus, beaucoup de conflits peuvent être aussi attribués à l'inadéquation entre les données des différentes disciplines. Par exemple, les données d'estimation qui sont utilisées pour déterminer la portée des travaux n'ont souvent pas le niveau de précision suffisant pour avoir une portée détaillée des travaux lors de l'attribution des contrats. Un effort supplémentaire doit être fourni par les gestionnaires pour tenir compte de cette inadéquation des données. L'occurrence du conflit devient donc tributaire de l'expérience du gestionnaire et de sa capacité à prédire les éventuels décalages dans les données des disciplines.

« Des fois tu fais des travaux de vitrage puis sur les plans il n'est pas indiqué qu'il faut ragréer les murs. Nous savons qu'il faut le faire, mais pour l'estimation ils ne vont pas y réfléchir forcément : ils vont demander un prix pour les portes, pour les vitrages, mais s'il n'est pas indiqué spécifiquement qu'il faut ragréer suite à l'installation on n'aura pas un prix pour ça. C'est souvent ce genre de choses qui causent des conflits avec les clients et les professionnels : c'est tout le temps une question de batailler sur ce qui est contractuel et ce qui n'est pas contractuel. » (Chargé de projet)

3.2.1.2 L'accessibilité de l'information

Outre les problèmes de coordination, l'autre cause principale qui a été identifiée comme pouvant générer beaucoup de conflits dans les chantiers est l'accès à de l'information erronée ou désuète. Dans les entrevues, les chargés de projet ont estimé en moyenne à 70% les conflits de chantier dus à de la mauvaise information. L'inconsistance de l'information destinée aux constructeurs peut créer un flou autour de la portée des travaux, ce qui peut causer des conflits avec les sous-traitants et entraîner des délais de négociation. Les chargés de projet ont suggéré qu'un accès plus rapide à l'information pertinente du projet (courriels importants, QRT, contrats...) pourrait leur éviter beaucoup de questionnements et de débats avec les sous-traitants sur la portée de leur contrat, ou sur la conformité de leurs travaux par rapport aux plans et devis.

Outre les problèmes d'accès à l'information, l'information de chantier souffre aussi de problèmes de qualité. La méthode de travail actuelle ne répond pas aux exigences de mobilité, et les intervenants ne disposent pas d'outils mobiles : ceci les amène à rédiger leurs rapports de chantier (rapports journaliers, rapports sur les déficiences...) une fois de retour dans les bureaux. Ils ont cité cet aspect comme problématique car ils doivent systématiquement faire l'effort de se remémorer toute l'information de la journée, et ceci ne les amène pas forcément à inclure l'intégralité de l'information pertinente dans les rapports, ce qui peut se traduire par de l'inconsistance dans l'information du projet. De plus, certaines des personnes interviewées ont noté des lacunes dans les formats de formulaires standard de l'entreprise qu'ils n'ont pas jugés suffisamment détaillés pour amener les surintendants à inclure toute l'information nécessaire.

« Pour le formulaire standard qu'on utilise pour nos rapports journaliers, tu as une grosse section à remplir pour les commentaires mais tu n'as pas de questions bien ciblées ... Le surintendant peut ne pas se rendre compte de l'importance de rédiger une information en particulier sur le coup.... S'il y a des ententes verbales qui ont été conclues au cours de la journée avec l'ingénieur et que le surintendant ne les a pas écrites sur son rapport journalier, en cas de conflit, ça risque d'être sa parole contre celle de l'ingénieur. » (Chargé de projet)

La limitation principale du support papier citée par les chargés de projet est que le format papier ne peut pas être utilisé comme base de données pour puiser l'information d'une manière efficace, et en cas de litige de chantier, il y a de la difficulté à récolter l'information essentielle : une ressource doit être allouée à cette tâche qui consiste à aller retracer l'information manuscrite et qui est éparpillée dans différents formulaires papiers et différents systèmes d'archivage.

3.2.1.3 La problématique de la gestion des changements

Les ordres de changement sont caractérisés par un flux de travail impliquant plusieurs intervenants et plusieurs points d'arrêt pour les différentes approbations, soumissions et

négociations. La chaîne décisionnelle de la gestion des changements est donc longue et elle se caractérise au niveau des organisations de projet par une certaine lenteur dans le flux de travail. La cause principale qui a été citée dans les entrevues et à laquelle peut être attribuée cette lenteur en premier lieu, est la difficulté d'obtention des prix de la part des sous-traitants. En effet, ils éprouvent souvent de la difficulté à quantifier les changements qui leur sont demandés, et cette difficulté est attribuée principalement au manque d'information adéquate sur le projet.

D'autre part, les ordres de changements (ODC) concernent le plus souvent des éléments du bâtiment et non des spécialités de la construction, ce qui se traduit par des ordres de changements impliquant plus d'un sous-traitant à la fois. Ce facteur complique le processus de quantification et d'appréciation du changement, car les ODC concernent le plus souvent plusieurs disciplines à la fois, et nécessitent un effort de coordination supplémentaire. Les intervenants ont cité ceci comme facteur générateur de conflits interdisciplinaires.

Les participants aux entrevues ont aussi cité le manque de visibilité sur l'état du projet. L'un des problèmes majeurs mis en évidence par les entrevues est l'absence de ressource au niveau organisationnel pour la compilation des prix provenant des sous-traitants. Dans l'absence d'un système de gestion intégrée permettant de faciliter le suivi des ODC et permettant de faire des relances automatiques aux sous-traitants, les ODC sont gérés au gré des individus et des projets, et les relances sont souvent faites quand l'information devient critique pour l'échéancier d'un projet. Tous ces retards et lenteurs dans l'émission des ordres de changement, ont souvent amené les intervenants à entamer les travaux liés à un ODC sans attendre la fin du processus d'émission et de validation, ce qui implique une certaine prise de risque de la part des entrepreneurs, et d'éventuels conflits interdisciplinaires.

La gestion des ordres de changement et leur diffusion vers les chantiers est aussi problématique, car dans la majorité des projets, l'information liée aux ODC est fragmentée dans des systèmes disparates (serveurs d'entreprise, courriels...). Dans la plupart des organisations de projet, les ODC n'entraînent pas systématiquement une réémission de plan,

et ceci amène les utilisateurs à gérer les modifications avec le support papier en faisant des annotations sur les plans, ou en fragmentant l'information des ODC entre les différents supports et systèmes qu'ils utilisent.

3.2.1.4 La gestion tardive des déficiences

La gestion des déficiences a été l'un des points les plus discutés en entrevue. Les chargés de projet ont clairement identifié beaucoup de lacunes dans la clôture des projets de construction. Ils ont identifié deux causes principales à cela. La première cause est celle de la démobilisation des surintendants en fin de projet. Il n'est pas rare qu'à partir de la réception provisoire d'un projet de construction, l'entrepreneur choisisse de mobiliser le surintendant sur un autre projet, et de le remplacer par une autre ressource pour faire la clôture des déficiences. Le surintendant constitue la mémoire principale du projet de construction, et l'information du projet n'est pas entièrement enregistrée dans les rapports.

« S'il y a quelque chose aussi qui est quand même problématique dans la gestion des déficiences, c'est que les surintendants partent avant la clôture des déficiences, et ça, ça n'aide pas.... Si on pouvait avoir les surintendants sur chantier pour 3 semaines de plus ce serait un gros gain, parce qu'ils ont suivi tout le chantier et ils en connaissent tous les détails. »
(Chargé de projet)

De plus il arrive parfois que les retards accumulés dans le projet amènent le client à occuper le bâtiment avant la clôture de toutes les déficiences, ce qui amène son lot de défis supplémentaire à la personne en charge de clôturer le projet, car ceci implique parfois aux sous-traitants l'obligation de travailler à des plages horaires restreintes ou décalées et peut occasionner des coûts supplémentaires pour le projet.

Il est donc clair qu'il y a tout à gagner à gérer les déficiences en amont. A ce sujet, la deuxième cause mentionnée par les chargés de projet est le manque de proactivité et d'effort en amont pour limiter les déficiences à la source. Les processus traditionnels dans l'industrie font que très souvent l'entrepreneur va attendre l'émission des listes de déficiences par les

professionnels pour commencer à entamer les actions correctives avec les différents sous-traitants. Les chargés de projet avec qui les entrevues ont été menées ont suggéré que la proactivité pour la prévention des déficiences, ainsi que la mise en œuvre de contrôles qualité plus systématiques et plus rigoureux à travers les plateformes de gestion intégrées pourraient améliorer la qualité de la construction et diminuer les actions correctives et éliminer les problématiques liées à la gestion de la non-qualité.

3.2.2 La fragmentation des flux de travail

Cette problématique a été récurrente à plusieurs des thématiques abordées avec les intervenants. Pour les processus impliquant l'utilisation de plusieurs systèmes et application, à savoir les Question-Réponses Techniques (QRT), les déficiences, les dessins d'atelier ou la gestion du changement, il y a perte d'efficacité à travailler avec plusieurs systèmes, étant donné que chaque livrable nécessite la compilation d'information provenant de systèmes disparates, et nécessite aussi l'utilisation de plusieurs applications différentes.

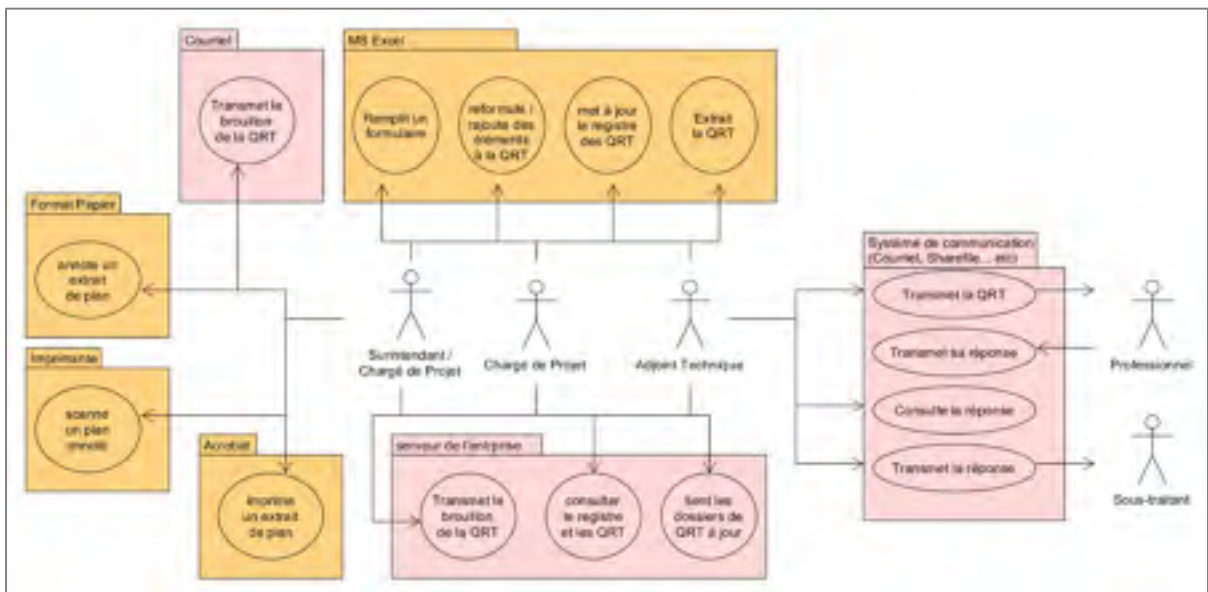


Figure 3.2 La gestion des QRT telle que décrite par les intervenants (cas d'utilisation)

La Figure 3.2 illustre cette fragmentation. Elle présente un cas d'utilisation (*usecase*) pour la gestion de QRT avec le système en place dans l'organisation. Au centre on retrouve les intervenants et autour d'eux les différents systèmes qu'ils doivent manipuler. Par exemple, actuellement les intervenants (chargé de projet / surintendant / adjointe technique) doivent gérer une multitude de systèmes et applications différentes pour émettre et gérer le flux des QRT. Le Tableau 3.1 énumère des différents systèmes utilisés avant le début du projet de recherche pour chacune des fonctionnalités requises par le processus de gestion des QRT.

Tableau 3.1 Applications utilisées pour la gestion des QRT avant l'intervention

Fonction	Application / Service
Transmission de documents	Service infonuagique externe / Serveur d'entreprise
Communication	Courriel
Suivi des QRT	Tableur Excel / Courriel
Annotation de documents	Papier, imprimante et scanner / éditeur PDF
Création de QRT	Tableur Excel / assembleur PDF

L'utilisation de plusieurs systèmes et applications en parallèle oblige les intervenants à intégrer manuellement l'information d'un système à un autre et à gérer plusieurs formats d'échange différents, ce qui décroît leur productivité.

La Figure 3.3 illustre un cas d'utilisation de TM pour la gestion des QRT. A l'inverse du cas d'utilisation présenté dans la Figure 3.2, il y a une application mobile qui centralise tous les flux et données et qui prend en charge l'intégralité du processus. Ce cas d'utilisation a été représenté par l'étudiant chercheur, et cette représentation a été construite en croisant les descriptions faites par les chargés de projet dans plusieurs entrevues lorsqu'ils ont été sollicités à propos de ce qui devait être amélioré dans leur processus actuel. Ceci illustre leur conception du système idéal qu'ils aimeraient utiliser en lieu du système actuel.



Figure 3.3 Cadre idéal de gestion des QRT avec TM (cas d'utilisation)

Les personnes avec qui les entrevues ont été menées sont bien conscientes du problème de la fragmentation de l'information, et l'ont mentionné de manière récurrente comme affectant leur productivité, et leur flux de travail. Les chargés de projet ont insisté en particulier sur l'urgence d'intégration des pratiques et sont particulièrement conscient du potentiel des TM à réduire cette fragmentation.

3.2.3 L'inconsistance dans les pratiques

Pendant notre diagnostic, nous avons relevé certains exemples d'inconsistance au niveau des tâches et des responsabilités dans l'organisation. L'exemple le plus marquant que nous avons mis en évidence par les entrevues est celui des rôles et des responsabilités des adjoints techniques de projet. Les limites de leurs rôles et responsabilités sont mal définies et souvent entremêlées avec les rôles et responsabilités des chargés de projet. La Figure 4.4 est un nuage de mots généré automatiquement à partir du codage des entrevues : il représente les termes

décalages dépendent des personnes et des projets, et sont généralement créés pour répondre à une condition de projet, ou à un contexte particulier de chantier.

3.2.4 L'analyse des besoins organisationnels

La haute-direction de l'entreprise avait une vision et des priorités pour l'usage des TM qui ont été communiquées à l'équipe d'implémentation au début du projet. Ces priorités étaient subdivisées en trois niveaux :

- 1) priorité élevée : avoir un accès rapide aux plans sur tablette, gestion du changement et des mises à jour de plans et les rapports journaliers (Note de 5/5);
- 2) priorité moyenne : la gestion des QRT et la gestion des déficiences (Note de 3/5);
- 3) priorité basse : les dessins d'atelier (Note de 1/5).

Ensuite pendant les entrevues, il a été demandé à 6 chargés de projet de donner des notes aux fonctionnalités qu'ils jugeaient comme étant les plus importantes, et comme prioritaires pour la prise en charge par les TM. Le Tableau 3.2 compare les priorités définies par la haute direction aux notes données par les chargés de projet.

Tableau 3.2 La perception des priorités de l'intervention dans l'organisation

Fonction	Chargés de projet		Haute-direction		Décalage de classement
	Note / 5	Classement	Note / 5	Classement	
Accès rapide aux plans	5	1	5	1	0
Gestion des QRT	4.33	2	3	4	-2
Gestion du changement	4.33	2	5	1	+1
Les dessins d'atelier	4.16	4	1	6	-2
La gestion des déficiences	3.5	5	3	4	+1
Les rapports journaliers	3.16	6	5	1	+5

La fonctionnalité d'accès aux plans et devis a été jugée à l'unanimité comme étant la plus importante, ensuite classées de 2 à 5, les divers processus de gestion de chantier qui font intervenir la collaboration des intervenants extérieurs (Gestion des QRT, gestion des changements, gestion des dessins d'atelier et gestion des déficiences). Les rapports journaliers ont été classés comme étant les moins importants par les chargés de projet, mais

ce résultat pourrait être biaisé étant donné que les rapports journaliers sont généralement de la responsabilité des surintendants et non des chargés de projet.

Le constat marquant de cette analyse est qu'il y a un décalage entre le besoin formulé par les chargés de projets dans les entrevues et les priorités communiquées par la haute direction de l'entreprise à l'équipe d'implémentation, bien que les membres de la haute-direction sont activement impliqués dans certains projets-clés, et que leurs rôles ne se limitent pas à la direction comme ceci pourrait l'être dans les entreprises de plus grande envergure. Ce décalage est plus ou moins prononcé dépendamment des fonctions considérées.

Par la suite les participants aux entrevues ont été ensuite sondés par rapport au projet d'implémentation des TM dans l'organisation. Leur perception à ce sujet peut être résumée dans le Tableau 3.3.

Tableau 3.3 Perception du projet d'implémentation par les chargés de projet

La stratégie d'implémentation des TM	Les bénéfices potentiels des TM perçus
1) l'implantation des TM doit être drastique et la rupture doit être totale avec les anciens systèmes; 2) l'importance de la formation; 3) l'importance de la sensibilisation; 4) l'implication de tous les profils dans l'intégration et la prise de décision.	5) le gain de temps; 6) la qualité des données; 7) la centralisation de toute l'information du projet; 8) l'accessibilité de l'information; 9) l'amélioration de l'image de la compagnie.

D'une manière globale, il y a une prise de conscience dans l'organisation des enjeux impliqués dans ce projet d'implémentation. Plus particulièrement, les chargés de projet en particulier de par leur position centrale dans la gestion des projets de construction ont démontré une meilleure connaissance des outils mobiles par rapport aux autres profils (adjoint technique et surintendant).

3.3 Le choix d'outil technologique

L'équipe d'implémentation a procédé en premier lieu à l'évaluation des solutions technologiques présentes sur le marché. Les critères d'évaluation des outils sont présentés dans le Tableau 3.4.

Tableau 3.4 Critères d'évaluation des outils technologiques

Critères d'évaluation des outils technologiques	Indicateur de référence
Réponse aux besoins de l'organisation	Besoin formulé par le comité de direction
Adéquation avec le processus désiré	Essais et preuves de concepts Besoin formulé par le comité de direction
Coût	Budget
Interopérabilité	Les formats d'échange actuels de l'organisation
Critères de qualité (convivialité, intuitivité, facilité d'utilisation...)	Revue des applications Essais et preuves de concepts

Les quatre premiers critères du tableau ont permis une évaluation objective des outils technologiques tandis que le cinquième critère (qualité) n'a pas permis une évaluation objective des outils étant donné que des métriques tels que la convivialité ou la facilité d'utilisation sont subjectifs et dépendent des personnes procédant à l'évaluation. Suite à cette évaluation il a été procédé à l'élaboration d'un plan d'action comportant plusieurs scénarios d'intervention impliquant chacun des possibilités différentes. Le Tableau ci dessous présente une liste de motifs pour lesquels certaines solutions ont été écartées des scénarios finaux.

Tableau 3.5 Les motifs de choix d'outils technologiques lors de la planification

Groupe d'exigences	Motif (liste non exhaustive)
Stratégie de l'organisation	- Ne répond pas au besoin de l'organisation - Portée du changement organisationnel trop importante
Caractéristique du projet	- Inadéquation avec le mode de réalisation d'un projet particulier
Qualité de l'application	- Application jugée complexe à utiliser - Manque de possibilités de personnalisations - Rapport qualité/coût insuffisant - Bogues mis en évidence à travers les tests
Qualité du fournisseur	- Meilleur rapport qualité/prix auprès d'un concurrent - Méconnaissance du fournisseur - Mauvaise rétroaction par rapport à la qualité du support

Tel qu'il est présenté dans le tableau, quatre groupes d'exigences sont intervenus dans le processus de planification de l'intervention : (1) stratégie ; (2) projet ; (3) qualité de l'outil ; et (4) paramètres du fournisseur. Ces quatre groupes ont à tour de rôle influencé le processus de planification qui a été itératif et qui a abouti à la rétention de trois solutions technologiques qui ont été testées sur 3 des chantiers du partenaire industriel par la suite. Le Tableau 3.6 montre les outils utilisés pour comparer les différentes solutions.

Tableau 3.6 Outils et critères d'évaluation des solutions technologiques

Critères de comparaison	Outil utilisé			
	Matrice QFD ⁸	Tableau comparatif	Descriptif détaillé	Essais et preuves de concept
Réponse aux besoins		X	x	
Processus			x	
Coût		X	x	
Critères de qualité (convivialité, facilité d'utilisation...)	x			x
Interopérabilité		X	x	

⁸ Bien que les matrices QFD (*Quality Function Deployment*) ne sont pas conçues à la base pour l'évaluation des solutions technologiques, elles ont été utilisées dans le cadre de ce projet pour dégrossir et pour mieux sonder les qualités intrinsèques des différentes applications.

3.4 La planification de l'implantation

3.4.1 L'élaboration du plan d'action

Suite à l'analyse du profil de l'organisation et de ses besoins ainsi que l'analyse des solutions technologiques disponibles, l'équipe d'implémentation a procédé à la planification d'activités pilotes, et un plan d'intervention a été construit. Cette section aborde les variables et les enjeux du processus de planification des activités pilotes et de ses implications pour le projet.

Un plan d'action a été construit par l'équipe d'implémentation selon les lignes directrices fournies par la haute-direction et il est composé des éléments suivants :

- scénario du projet : description, ressources impliquées, échéancier du projet (étapes et activités), fonctions à implémenter, objectifs;
- exigences techniques : équipement nécessaire, infrastructure TI nécessaire;
- budget du projet : évaluation financière de l'intervention, coût de l'équipement, évaluation du nombre d'heures nécessaires à la formation pour chaque intervenant concerné.

Bien que la phase d'analyse des besoins ait sondé les opinions des chargés de projet sur les priorités de l'intervention (3.2.4) seules celles communiquées par la haute-direction ont été prises pour référence pour la définition des objectifs des activités pilotes et les opinions des chargés de projet ont été intégrées au processus de planification seulement après la construction des scénarios d'intervention, qui a été effectuée selon les étapes suivantes :

- construction de 3 scénarios par l'équipe d'implémentation;
- présentation des scénarios aux chargés de projet de l'entreprise;
- validation des 3 scénarios définitifs et incorporations des retours des chargés de projet.

3.4.2 La communication sur le changement

Deux moyens de communication sur le changement ont été prévus pendant la phase de planification de l'intervention :

Moyen 1 : Présentations aux chargés de projet et démonstration : Les chargés de projet ont reçu des présentations sur le BIM, sur le projet d'implémentations des TM ainsi que des démonstrations des différentes utilisations possibles aussi bien au niveau du BIM qu'au niveau des TM sur les chantiers, ainsi que les bénéfices pouvant être tirés de ce genre de technologies innovantes.

Moyen 2 : Mise en place des solutions hardware en accès libre dans les bureaux de l'entreprise : Les solutions (table à plan numérique et kiosque à information) ont été installées pendant les phases de diagnostic et planification du projet de recherche dans les bureaux de la compagnie, et les personnes présentes ont pu les tester. Cependant les fonctionnalités testées dans ce cadre ont été limitées à la consultation et annotations de plans.

3.4.3 L'impact du projet d'implémentation du BIM

Dans le contexte de notre projet le projet de l'implémentation du BIM qui était mené en parallèle a fortement impacté notre projet d'introduction des TM et il a eu les impacts suivants sur notre projet :

- **la création d'une ambiance de changement :** l'avènement d'un premier changement organisationnel (BIM) a eu pour effet positif de préparer le terrain pour le changement organisationnel qui allait être induit par les TM étant donné que les deux technologies sont complémentaires.
- **la confusion des intervenants au sujet des deux technologies :** ce point a été mis en évidence dans les entrevues et par la suite dans le reste de l'intervention. Mis à part les quelques intervenants ayant une bonne connaissance de ces deux sujets, la majorité

semblaient confondre BIM et TM. Ceci peut être attribué en partie au fait que les deux technologies possèdent des chevauchements et une certaine complémentarité (Figure 3.5), et que certaines applications du BIM ont des volets intimement liés aux TM. Ceci dénote d'une incompréhension des deux technologies à la fois, car les intervenants semblaient limiter les deux technologies aux outils qu'ils offraient.

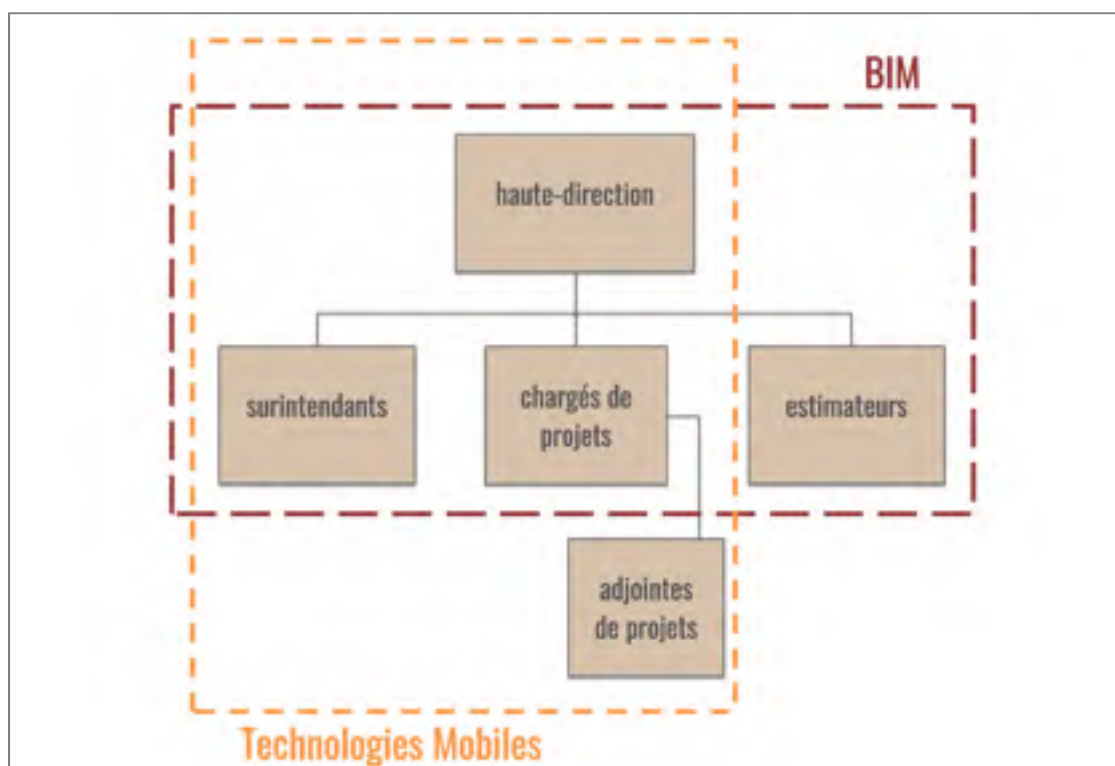


Figure 3.5 Les champs d'action des deux innovations BIM et TM dans l'organisation

D'un autre côté ceci démontrait aussi une prise de connaissance dans l'organisation que le changement organisationnel devait toucher toutes les pratiques. L'idée de complémentarité des deux implémentations a d'ailleurs été une idée prépondérante dans la décision stratégique de l'organisation. Il semblait essentiel pour les décideurs que la réforme des pratiques touche aussi bien les pratiques de bureau que les pratiques de chantier, d'où la décision d'entamer deux projets d'implémentation en parallèle.

3.5 Les activités pilotes

Suite au diagnostic et à la planification il a été décidé que l'organisation allait procéder aux essais sur chantier. Trois sites d'intervention ont été retenus à l'issue des phases de diagnostic et planification. Dans la présente section sont présentées les détails des activités pilotes ainsi que les trois chantiers sur lesquels ont été menés les essais.

3.5.1 Les trois chantiers pilotes

Le Tableau ci-dessous présente un récapitulatif des scénarios d'intervention, avec un descriptif des sites d'intervention, les caractéristiques des solutions utilisées ainsi que les fonctions implémentées. Ces activités pilotes ont permis de générer des apprentissages et de définir les meilleures pratiques qui ont servi par la suite à formuler en fin de projet des recommandations pour le comité de direction de l'entreprise ainsi qu'un plan de route pour un déploiement à grande envergure impliquant une solution unique.

Tableau 3.7 Récapitulatif des trois sites d'intervention

Caractéristique	Site n°1	Site n°2	Site n°3
Type de projet	Commercial et bureaux	Bureaux	Industriel et bureaux
Valeur du projet	100 M\$ CAD	11 M\$ CAD	25 M\$ CAD
Surface totale	300 000 pi ²	20 000 pi ²	160 000 pi ²
Solutions hardware	- 3 iPads de chantier - 1 table à plans numérique	- 1 kiosque à informations (i-booth)	- 2 iPads de chantier - 1 table à plans numérique
Solution logicielle	application de gestion intégrée de projet	solution maison combinant plusieurs logiciels	application de gestion intégrée de projet
Caractéristiques de la solution logicielle utilisée (Fonctions principales)	- armoire à plan - contrôle et assurance qualité - gestion des équipements - mises en services - rapports journaliers - intégration BIM	- programmation Excel pour les listes de plans et QRT - service infonuagique - divers outils windows (capture, annotations, MS Word... etc)	- armoire à plans et devis - contrôle / assurance qualité - gestion des QRT - gestion budgétaire - dessins d'ateliers - rapports journaliers - gestion échéanciers - statistiques de projet ...
Fonctions utilisées	- accès aux plans sur tablette - gestion des mises à jour de plans - prise de photos sur chantier - accès aux courriels - émission de rapports de déficience et d'observations de chantier	- accès aux plans sur tablette et i-booth - gestion des mises à jour de plans - gestion des listes de plans - accès aux courriels - annotations de plans - émission de QRT - fiches LEED	- consultation des plans et devis sur tablette - gestion des mises à jour de plans - gestion des listes de plans - prise de photos sur chantier - accès aux courriels - gestion des QRT - rapports journaliers de chantier - statistiques de projet - observations de chantier - service infonuagique de projet (partage de fichiers)
Implication de l'externe (professionnel et sous-traitant)	Pas d'implication	Implication minimale : Le kiosque à informations a été utilisé comme support pour les réunions de coordination de chantier	Implication active : Les sous-traitants et professionnels ont été impliqués directement dans la plateforme (dépôt de documents, gestion de QRT...)

*Les descriptifs détaillés des 3 sites sont présentés respectivement aux annexes IX, X et XI

Le premier site d'intervention est un projet de locaux commerciaux et de bureaux d'une valeur totale avoisinant les 100 millions \$CAD et où notre partenaire industriel agit comme gestionnaire de construction. Ce projet a été choisi en premier lieu pour son envergure

importante et en second lieu pour la présence de maquette BIM de projet, ce qui permettrait à l'organisation de tester certaines fonctionnalités BIM en parallèle aux usages TM. L'échéancier de ce projet a commencé en 2015 et s'étend sur deux années et l'intervention de recherche a eu lieu après le démarrage des travaux, ce qui a limité l'ampleur de l'intervention à quelques fonctionnalités qui ont été testées à l'interne de l'organisation.

Le deuxième site d'intervention est un projet de réaménagement de locaux de bureaux d'une valeur de 11 millions \$CAD avec un échéancier compressé sur 5 mois, où notre partenaire industriel a été mandaté en tant qu'entrepreneur général. Ce projet a principalement été choisi car il démarrait en même temps que l'intervention de recherche d'une part, et d'une autre part, l'échéancier compressé offrait une belle opportunité pour tester un nouveau système de gestion de mises à jour documentaires qui a été programmé à l'intérieur de la compagnie. C'est la raison pour laquelle le kiosque d'information avait été installé à l'entrée du chantier dans un bureau de chantier polyvalent auquel l'intégralité des sous-traitants avait accès. En effet, le chantier démarrait avec des plans et devis qui n'étaient pas finis, et un nombre important de nouveaux plans était reçu sur le chantier tous les jours : l'utilisation du kiosque d'informations avec le nouveau système de gestion de mises à jour documentaires permettrait de supporter l'échéancier compressé du projet et répondait à la problématique du nombre et fréquence élevés des mises à jour documentaires.



Figure 3.6 Utilisation des tables à plan numériques dans les roulottes de chantiers

Le troisième site d'intervention est un projet d'extension d'une usine de traitement d'eau, qui consiste en la construction de locaux techniques et administratifs et qui dispose d'une surface d'environ 160 000 pieds carrés pour un coût total estimé à 24 millions \$CAD. Notre partenaire industriel a été mandaté en tant qu'entrepreneur général et le chantier a démarré en Septembre 2016 et, de ce fait, les TM ont donc été implémentés sur ce projet avec le début des travaux. Ce projet a été choisi d'une part parce que son démarrage coïncidait avec l'intervention de recherche, et d'une autre part, parce que son envergure moyenne et son échancier non compressé offraient un terrain idéal à l'organisation pour tester diverses fonctionnalités mobiles.



Figure 3.7 Utilisation des tablettes sur les chantiers du partenaire industriel

3.5.2 Les objectifs

Le Tableau 3.8 présenté ci-dessous montre les objectifs ayant été fixés au départ, et le degré de réponse au besoin sur chacun des sites d'intervention.

Tableau 3.8 La réponse aux objectifs sur les sites d'intervention (*between case analysis*)

Objectifs fixés au départ du projet	Site n°1		Site n°2		Site n°3	
	Planifié	Atteint	Planifié	Atteint	Planifié	Atteint
Accès rapide aux plans	x	x	x	x	x	x
Gestion du changement	x	x	x	x	x	x
Gestion des QRT			x	x	x	x
Gestion des dessins d'atelier					x	en cours*
Les rapports journaliers	x	abandonné			x	x
Gestion des déficiences	x	en cours*			x	en cours*

* l'objectif n'a pas encore été atteint, mais il est encore d'actualité sur le projet à la clôture du projet de recherche.

Comme il est présenté dans le tableau ci-dessus, les trois sites d'intervention ont atteint les objectifs fixés au départ de l'intervention d'une manière inégale. Le site n°3 est celui qui a réalisé un plus grand nombre d'objectifs comparativement aux deux autres sites, et il s'agit aussi du site où le plus de fonctionnalités mobiles avaient été implémentées. L'écart entre les trois sites d'intervention dépasse le cadre des objectifs fixés par l'équipe d'implémentation.

Le Tableau 3.9 ci-dessous fait état des fonctions qui ont été utilisées sans avoir été formulées au début du projet ou définies comme objectif en tant que tel.

Tableau 3.9 Utilisation observée en dehors des objectifs (*between case analysis*)

Utilisation observée	Site d'intervention		
	1	2	3
Réunions de coordination (utilisation des TM comme outil de visualisation et partage)	x	x	x
Accès aux courriels sur tablette	x	x	x
Rapports divers de projet		x	x
Gestion des listes de plans et devis		x	x
Génération de statistiques de projet			x

Le site n°3 est celui un plus grand nombre de fonctionnalités ont été sollicitées par les utilisateurs sans que celles-ci aient fait partie des objectifs définis au départ. Ceci dénote une assimilation de l'outil technologique plus élevée par les utilisateurs sur le site n°3 comparativement aux deux autres sites.

3.5.3 Les ressources affectées au projet

Le Tableau ci-dessous décrit la répartition des responsabilités et des tâches dans le projet d'implémentation ainsi que les ressources impliquées dans toutes les étapes du processus stratégique.

Tableau 3.10 Ressources affectées au projet (*cross-case analysis*)

		Équipe d'implémentation				Équipe du projet				Externe	
		Membre haute-direction	Gestionnaire BIM	Chargé de projet	Étudiant Chercheur	Adjoint technique	Chargé de projet	Surintendant	Intervenant externe	Consultant externe	Gestionnaire d'implémentation **
Diagnostic	Entrevues				X	X	X	X			
	Analyse de besoin	X	X	X	X						
Planification opérationnelle	Analyse de solutions		X	X	X					X	
	Planification de l'intervention	X	X	X	X						
Projet 1	Intégration				X		X				
	Formation et support				X						
	Gestion doc.		X		X	X					
	Administration plateforme		X		X						
	Utilisateur final						X	X			
Projet 2	Intégration			X	X		X				
	Formation et support			X	X		X				
	Gestion doc.			X			X				
	Admin. système			X	X		X				
	Utilisateur final			X			X	X	X		
Projet 3	Intégration		X		X	X	X	X			X
	Formation et support			X	X						X
	Gestion doc.					X					
	Admin. plateforme			X	X						
	Utilisateur final	X					X	X	X		
Évaluation du projet	Évaluation du projet	X	X		X	X	X	X			X
	Recommandations		X		X						

* surligné en rouge : Cette ressource a été à la fois dans l'équipe du projet et dans l'équipe d'implémentation

** Cette ressource a été allouée par le fournisseur du logiciel pour aider à l'implémentation avec le partenaire industriel

Les ressources suivantes se sont avérées particulièrement essentielles dans le contexte du projet :

- **le temps** : Cette ressource a été la plus critique à obtenir dans les sites d'intervention n°1 et 2. Pour le site n°1, l'une des causes majeures ayant retardé l'introduction de plusieurs fonctions est l'indisponibilité des intervenants. Les activités pilotes dans ce projet avaient commencé après le démarrage du chantier et les intervenants étaient déjà surchargés dans leurs tâches de gestion et n'ont pas pu accorder le temps nécessaire à l'implémentation, aux tests et à la formation. Également pour le site n°2, le projet a été mené avec un échéancier compressé (*fast-track*) et de courte durée, et ceci a eu pour conséquence que les surintendants en particuliers n'ont pas pu accorder le temps nécessaire pour se familiariser avec le système.
- **l'information** : Cette ressource en particulier a été critique pour le site d'intervention n°3. En effet, le support consistant du fournisseur a permis de faire parvenir efficacement l'information nécessaire à l'équipe d'implémentation et aux utilisateurs. Pour le site n°1, l'information parvenait à l'équipe d'implémentation en cas de besoin, mais devait transiter par un représentant car ce fournisseur n'entretenait pas de rapport direct avec les utilisateurs finaux.

3.5.4 Les dynamiques de la relation utilisateur-fournisseur

Étant donné que nous avons utilisé des solutions technologiques différentes et provenant de fournisseurs différents sur les différents sites d'intervention, ceci a conduit à des dynamiques relationnelles utilisateur-fournisseur différentes ainsi qu'à des mécanismes de rétroaction qui ont influé sur la menée des activités pilotes. Les différents paramètres de ces dynamiques ont été : (1) le degré de polyvalence du fournisseur ; (2) son modèle d'affaires ; et (3) sa vision pour l'industrie.

3.5.4.1 Le degré de polyvalence du fournisseur de logiciel TI

Si on compare les deux entreprises ayant fourni les outils utilisés dans les sites n° 1 et 3, il s'avère qu'elles sont très différentes à cet égard :

- pour le site n°1 le fournisseur est une entreprise fournissant un éventail d'applications et logiciels de la construction très diversifiés. Cet éventail inclut les logiciels de dessin DAO, de modélisation et d'animation 3D, les logiciels de modélisation et de gestion BIM, les services infonuagiques, les applications mobiles de chantier...etc. Il s'agit donc d'une entreprise très diversifiée;
- pour le site n°3 le fournisseur a été une entreprise hautement spécialisée dans les plateformes intégrées de gestion de projet, et son catalogue de services se limite à leur plateforme de gestion, aux services d'implémentation, de formation et d'intégration.

Pour le site n°3, le fournisseur est donc hautement spécialisé en gestion de projet de construction et les clients qu'il cible en premier lieu sont les entrepreneurs généraux. Pendant les réunions de suivi de projet, il a été discuté que ce fournisseur en particulier avait accumulé l'expertise nécessaire et les intervenants ont convenu que ce facteur de spécialisation expliquait l'adéquation de ses solutions avec leurs besoins d'entrepreneur général. Inversement pour le site n°1, les intervenants ont estimé que les outils offerts par la solution implémentée n'étaient pas en adéquation parfaite par rapport à leur besoin actuel, de plus, ils ont perçu les solutions offertes par ce fournisseur comme étant inadaptées à l'état actuel de l'industrie.

3.5.4.2 L'importance du modèle d'affaires du fournisseur

Les sites 1 et 3 sont ceux ayant profité des retours d'expérience et de l'intégration de leurs apprentissages dans le processus d'amélioration continue de la compagnie, tandis que sur le site n°2, la cédule très compressée de l'intervention n'a pas offert le temps nécessaire à l'équipe pour effectuer un suivi et ainsi réitérer les pratiques.

Au niveau du site n°1, le partenaire industriel n'avait pas de relation directe avec le fournisseur de la solution implémentée. Les retours d'expérience se sont limités à l'intérieur de l'organisation, à savoir, les moyens mis en œuvre sur ce projet pour le suivi ont permis une évaluation permanente de l'intervention, et ont permis aussi une répétition constante des paramétrages de l'application et des processus.

Au niveau du site n°3, le partenaire industriel avait une relation directe avec le fournisseur de la solution implémentée, et outre la sphère organisationnelle, les retours d'expérience ont atteint directement la sphère du fournisseur. Ceci a permis un paramétrage de la plateforme sur mesure, ainsi qu'une reprogrammation de la plateforme afin de l'adapter au fonctionnement singulier de l'organisation du partenaire industriel, dans la mesure du possible.

Les solutions utilisées sur le site 1 et 3 sont développées par deux fournisseurs d'applications ayant des modèles d'affaires très différents. Les modèles d'affaires sont les suivants :

- 1) **modèle d'affaire basé sur les consultants :** Pour la solution utilisée sur le site n°1, le concepteur de l'outil n'a pas entretenu des relations directes avec le client. La relation entre ce concepteur et l'organisation a été sous-traitée au profit de consultants-représentants. Ces firmes de consultants-représentants ont également offert le soutien à l'organisation en termes d'implémentation, d'intégration et de coût;
- 2) **modèle d'affaire basé sur le rapport direct concepteur-client :** Pour la solution utilisée sur le site n°3, le concepteur de l'outil a entretenu des relations directes avec le client. Le concepteur de l'outil a offert lui-même les services d'intégration, de formation et cette différence permet de justifier en grande partie le succès de la solution utilisée sur le site n°3 par rapport à la solution utilisée sur le site n°1. Les avantages suivants ont été constatés :

a) une meilleure expertise : Le concepteur de l'application possède la meilleure expertise sur l'outil comparé aux consultants-représentants. Ceci donne accès à des services, d'accompagnement, de support et d'intégration de meilleure qualité;

b) une réponse plus rapide en cas de problème : Le contact direct avec le concepteur de l'outil a permis d'avoir un support plus rapide, car il évite les délais occasionnés par la présence d'un intermédiaire. Dans le site n° 1, la présence d'intermédiaire entre le concepteur et le client final a ralenti les services de support et la rapidité avec laquelle les problèmes pouvaient être résolus, car certaines questions techniques devaient être renvoyées au concepteur directement, ce qui a occasionné des délais;

c) les possibilités de personnalisation de la plateforme sur mesure : Le contact direct du concepteur avec l'utilisateur final a permis au concepteur d'être à l'écoute des besoins spécifiques de l'organisation, et étant concepteurs de l'outil, ils ont été à plusieurs reprises en mesure de proposer spontanément des modifications au code de l'application pour améliorer son adaptation au besoin;

d) le coût de consultation : Outre les coûts d'achat de licence, le recours aux intermédiaires et aux consultants occasionne des coûts supplémentaires pour la formation et l'intégration. Dans le cas du site n°3 les coûts de formation et d'intégration étaient inclus dans l'achat de la licence, et ceci a offert à l'organisation une meilleure prévisibilité concernant les coûts de l'implémentation. Le facteur de prévisibilité du coût a été un facteur important.

3.5.4.3 La vision du fournisseur

Pour les solutions utilisées dans les sites n°1 et 3, la vision de ces deux fournisseurs a été discutée avec les intervenants lors des réunions de suivi d'implémentation et la perception des intervenants a été la suivante :

- la vision BIM et la redéfinition de l'industrie : l'application utilisée dans le site n°1 provient d'un fournisseur qui vend des solutions BIM. La perception des intervenants à ce sujet est que ce fournisseur cherche à révolutionner leur industrie et à redéfinir les pratiques, et certaines des fonctionnalités proposées par ses produits sont jugées comme avant-gardistes voire futuristes, mais encore inadaptées aux besoins actuels de l'industrie.
- la vision gestion de projet et la compréhension des besoins de l'industrie : l'application utilisée dans le site n°3 provient d'un fournisseur qui vend une application de gestion de projet qui est jugée comme parfaitement adaptée au fonctionnement actuel de l'organisation. La perception des intervenants à ce sujet est que ce fournisseur cherche à comprendre leur industrie et à s'adapter aux pratiques existantes plutôt que de redéfinir leur façon de travailler.

3.6 L'évaluation de l'intervention

Dans la présente section sera abordée la phase d'évaluation des 3 sites d'intervention au moment de la clôture du projet de recherche et qui peuvent expliquer en partie le succès relatif du site d'intervention n°3.

3.6.1 Les bénéfices liés à l'utilisation des TM

Des réunions de suivi ont été menées avec les intervenants impliqués dans l'utilisation des TM afin de valider les bénéfices tirés de l'implémentation (Tableau 3.11)

Tableau 3.11 Bénéfices perçus par les utilisateurs (*between case analysis*)

Bénéfices perçus par les utilisateurs (<i>comparaison entre les sous-unités</i>)	Site d'intervention		
	1	2	3
Un accès plus rapide aux plans et autres documents sur chantier	X	/	X
Un outil mobile permettant de répondre plus rapidement aux questions des sous-traitants sur le chantier	X		X
Un support pour les réunions de coordination	X	X	X
Amélioration de la gestion du changement	/	X	X
Une information de projet de meilleure qualité			X
Une satisfaction améliorée	X	X	X
La stimulation des sous-traitants			X
Un processus de QRT plus efficace			X
Remplacement partiel du support papier			X

Le site n°3 a été le site où l'utilisation des TM a été la plus poussée, il a donc été procédé à l'évaluation des bénéfices de l'intervention sur ce site en particulier. Un atelier a été mené avec les utilisateurs de ce site d'intervention afin de sonder leur perception de l'intervention. Il a été mené avec les intervenants suivants :

- a) chargé de projet (équipe du projet);
- b) surintendant (équipe du projet);
- c) adjointe Technique de projet (équipe du projet);
- d) gestionnaire BIM (équipe d'implémentation);
- e) étudiant chercheur (équipe d'implémentation).

Les résultats détaillés de l'atelier de consolidation des bénéfices sont présentés à l'ANNEXE XII. A la suite de cet atelier, il a été perçu que l'utilisation de l'application de gestion intégrée sur ce site a permis un gain de productivité de l'ordre de 20% pour le surintendant en particulier.

3.6.2 Les obstacles à l'implémentation

Le tableau présenté ci-dessous résume les obstacles à l'intervention tels qu'ils ont été exprimés par les participants aux projets pilotes. Ces observations ont été récoltées tout au long du projet et pendant les différentes réunions de suivi qui ont été menées.

Tableau 3.12 Obstacles à l'intervention exprimés par les participants (*between case analysis*)

Obstacles perçus par les utilisateurs (<i>comparaison entre les sous-unités</i>)	Site d'intervention		
	1	2	3
Le manque de ressource dédiée pour l'administration et la gestion de la plateforme.	X		
Vision d'ensemble du plan impossible sur tablette. (l'utilisateur ne peut voir qu'une seule portion du plan à la fois sur une tablette)	x	N/A	
Limitations technologiques (résolution d'écran inférieure au format papier)	X		x
Difficulté d'abandonner le système existant	X		x
Incompatibilité avec la politique de gestion documentaire de l'entreprise.	X		
Incompatibilité avec la phase du projet	X		
Inadéquation avec les formulaires et formats existants	X		X
Le système implémenté ne répond pas aux exigences de mobilité		X	
La complexité du système implémenté	X	X	
La cédule compressée du projet.		X	
Manque de temps à accorder à la formation et à l'intégration	X	X	
Certains processus-clé ne sont pas pris en charge par l'application	X		
La difficulté d'impliquer les professionnels.	X		X
Augmentation de la charge de travail des adjoints de projet	X		
Obligation d'intégrer manuellement les données provenant des intervenants externes			X
Implication difficile des sous-traitants	N/A	N/A	X
La nécessité d'investir dans l'équipement (intervenants externes)	X	N/A	X

3.6.3 L'impact des introductions de TM sur les rôles et responsabilités

Dans le site d'intervention n°1, la plateforme a été utilisée en parallèle aux systèmes traditionnels de l'entreprise qui n'ont pas été remplacés par la nouvelle plateforme. La plateforme a donc été utilisée uniquement à l'interne à des fins de test, et le système traditionnel a continué à être utilisé pour partager la documentation de projet avec les autres

acteurs de projet, tel que les sous-traitants ou les professionnels. L'utilisation de deux plateformes en parallèle a donc nécessité l'apport d'une nouvelle ressource dédiée à la nouvelle plateforme de test, étant donné qu'un volume important de mises à jour documentaire avait lieu dans ce projet en particulier, et étant donné que le processus de mise à jour documentaire de l'application ne s'intégrait pas dans le processus actuel de l'entreprise.

Dans le site n° 2, l'impact principal de cette intervention est la gestion améliorée des mises à jour de plans. De plus, nous avons observé une plus grande autonomie du chargé de projet, car traditionnellement dans l'entreprise ce volet de gestion documentaire fait partie des tâches des adjoints techniques de projet. Seulement, la programmation de macros Excel a permis d'automatiser certaines de ces tâches, et a augmenté l'efficacité de la gestion du changement à ce niveau. Le système de gestion de liste de plans et de directives de modifications implémenté sur ce projet en particulier a fait que cette gestion était faite directement par le chargé de projet.

Dans le site n°3, Les tâches et responsabilités des adjointes de projet ainsi que des surintendants ont été affectées par l'intervention. D'une part, on a observé une plus grande autonomie du surintendant, car certaines tâches qui étaient auparavant du ressort des adjointes de projet, ont été prises en charge par le surintendant directement. Dans le cas des QRT, le surintendant a rempli les formulaires QRT directement sur chantier et a procédé à leur envoi via l'application, dès qu'il recevait une question de la part d'un sous-traitant, alors qu'auparavant les questions étaient transférées aux adjointes de projet qui s'occupaient de l'envoi et du suivi.

D'autre part, certains processus tel que la gestion documentaire ont été substantiellement affectés : Par exemple, l'intégration des plans et devis dans la plateforme sont plus prenants en début de projet, car les différents plans et devis doivent être manuellement associés à l'information qui permet de les exploiter comme une base de données (Par exemple : titre, date d'émission, numéro de révision, nom de la section de devis, spécialité...). En

contrepartie, d'autres tâches, tel que la génération d'une liste de plan ou sa mise à jour en cas d'une nouvelle émission de plan ou de devis, ont été automatisées grâce aux possibilités offertes par l'exploitation de cette même base de données.

3.6.4 Les implications culturelles

La culture du travail a été un élément prépondérant dans toutes les étapes du projet et s'est matérialisée dans la perception des intervenants de l'idée de l'utilisation des tablettes sur les chantiers. Lors des entrevues, les intervenants ont insisté sur l'idée que l'industrie est caractérisée par une culture de travail réfractaire aux changements : deux idées ont été émises dans ce sens.

Premièrement, lors des entrevues, les participants nous ont suggéré que certaines ressources ont des capacités limitées quant à l'utilisation de l'outil informatique, et que ces mêmes ressources pourraient donc s'opposer au changement organisationnel. Ils nous ont également suggéré que les utilisateurs les plus âgés pourraient avoir plus de difficultés à assimiler l'usage des TM dans leurs pratiques de travail.

« Je te dirais que pour les surintendants les plus vieux, il faut vraiment que ce soit facile d'utilisation. Si ça va être compliqué, oublie ça, on va tous les perdre puis ça ne marchera pas. Donc il faut que ça soit facile.... Il y a ceux qui ont de la misère des fois avec les courriels. Ça se peut qu'ils aient de la misère avec ça. » (Ingénieur de chantier)

Sur le terrain bien que nous ayons observé une certaine résistance au changement celle-ci provenait d'utilisateurs de tout âge et ayant pour certains des connaissances normales, voire avancées en informatique. Inversement, nous avons eu aussi des utilisateurs en fin de carrière (âge supérieur à 55 ans) et ayant des capacités plutôt limitées avec l'outil informatique et n'ayant pas montré la moindre résistance au changement, et ayant au contraire pris part à l'expérimentation avec enthousiasme et accordé beaucoup d'effort à l'appréhension de ces nouveaux outils. Nous ne pouvons donc ni infirmer, ni confirmer cette idée de lien entre

l'âge et l'aisance avec les technologies d'une part, et la résistance au changement d'une autre part.

Nous avons cependant observé un lien entre la résistance au changement et les bénéfices pouvant être tirés directement par les utilisateurs. Tout au long du projet nous avons observé que les utilisateurs qui tiraient profit directement des TM, en particulier ceux pour qui les outils aidaient à résoudre des problèmes d'accès à l'information sur chantier, étaient les plus enthousiastes à l'intégration de ces nouveaux outils dans leurs pratiques de travail. Inversement. Les utilisateurs qui n'ont pas directement tiré profit de ces nouveaux outils, notamment les adjointes techniques de projet, ont été plus difficiles à convaincre au niveau du changement organisationnel

Deuxièmement, il y a une certaine crainte que nous avons mis en évidence dans les entrevues par rapport aux nouvelles technologies : Il y a une certaine méfiance de certains gestionnaires vis-à-vis des nouveaux outils de gestion étant donné que beaucoup de leurs tâches peuvent être automatisées par ces mêmes technologies. Il y a la crainte que leur compétence professionnelle devienne moins pertinente et qu'ils soient remplacés à terme par la technologie.

3.6.5 L'inconsistance de l'utilisation effective des outils mobiles

Au niveau des projets pilotes, nous avons observé beaucoup de décalages entre l'utilisation des TM tel qu'elle est prévue par les concepteurs des applications et telle qu'elle est utilisée sur le terrain. En effet, dans les cas où les conditions de projet n'ont pas offert les conditions nécessaires à l'utilisation optimale de l'outil, les processus de chantier n'ont été pris en charge que partiellement par les TM et les usagers des applications ont dû utiliser les applications avec des limitations.

Dans l'ANNEXE XIII sont présentés à titre d'exemple 4 niveaux d'utilisation possibles pour une application mobiles donnée. Ces 4 niveaux d'utilisation proviennent du site d'intervention n°1.

De plus, dans certains cas particuliers, l'organisation a opté délibérément pour un déploiement partiel. Ceci s'est donc traduit par une maturité très basse en début d'intervention pour le site n°1, ou les seuls usages observés étaient non collaboratifs, et ou les TM uniquement pour la consultation, tandis que pour le site n°3 le niveau de maturité était plus haut dès le départ, et on a pu observer une implication légère de l'externe. Nous suggérons que cette différence entre les sites d'intervention est due aux efforts inégaux accordés à l'étape d'intégration.

3.6.6 L'évolution de la maturité TM du partenaire industriel

Étant donné que le partenaire industriel en était à ses premières utilisations de TM, l'utilisation qui a été observée correspondait à une maturité inférieure à celle qui était permise par les outils. L'évolution de la maturité dans les sites d'intervention a été inégale. Cette inégalité est le résultat de plusieurs facteurs de maturité. Le tableau suivant présente les principaux objectifs de maturité tels qu'ils ont été formulés par les utilisateurs ou par l'équipe d'implémentation ainsi que les degrés de réponse sur les différents sites (*between case analysis*).

Tableau 3.13 Paramètres de maturités perçus sur les sites d'intervention

Processus	Paramètres de maturité perçus par l'équipe d'implémentation et les utilisateurs (comparaison entre les sous-unités)	Site		
		1	2	3
Gestion des plans et devis	Les plans et devis sont centralisés dans un serveur	X	X	X
	Les S/T consultent les plans et devis directement dans le serveur partagé			X
	Accès aux plans et devis sur tablette	X	X	X
	Gestion des révisions de plans		X	X
	Listes de plans et devis générées automatiquement			X
	Les professionnels télé-versent les plans directement dans la plateforme de l'application mobile			*
Gestion des QRT	Les QRT sont centralisées dans un serveur	X	X	X
	Les surintendants et chargés de projet saisissent la QRT directement depuis le chantier		X	X
	Les S/T saisissent leurs QRT directement dans la plateforme de l'application mobile			X
	Les professionnels répondent directement dans la plateforme de l'application mobile			X
	Le suivi des QRT est automatisé via la plateforme de l'application mobile (prise en charge du flux de travail)			X
Gestion des déficiences	Les déficiences sont centralisées dans un serveur	*		*
	Les surintendants et chargés de projet remplissent les observations de chantier directement depuis le chantier	X		X
	Les surintendants et chargés de projet remplissent les checklists de contrôle qualité directement sur la tablette	*		*
	Le suivi est automatisé via l'application (prise en charge du flux de travail)	*		*
Rapports journaliers de chantier	Les rapports de chantier sont centralisés sur un serveur	*		X
	Les rapports journaliers de chantier sont saisis directement sur la tablette	*		X
	Les rapports journaliers constituent une base de données qu'on peut exploiter pour extraire automatiquement de l'information (la courbe de main d'œuvre de chantier par exemple)			X

* : Facteur de maturité non atteint mais qui est encore d'actualité, ou qui est en phase de test lors de la clôture du projet)

X : Facteur de maturité qui a été atteint dans le contexte du projet

3.6.7 L'importance du facteur d'intégration

Comparativement aux sites n°1 et 3 où des applications de gestion intégrée ont été utilisées le site n°2 n'a pas constitué une rupture avec les pratiques existantes de l'organisation car les

mêmes applications et fonctionnements ont été conservés. Ce site a servi néanmoins à illustrer l'importance du facteur d'intégration pour les preneurs de décision au sein de l'organisation. En effet, nous avons récolté sur le site d'expérimentation n°2 les données d'utilisation du kiosque à informations ou i-booth (Figure 1.4). Le Tableau ci-dessous présente une analyse à l'intérieur de la sous-unité n°2 de la répartition du temps d'utilisation estimé sur le kiosque d'information pour chacune des applications utilisées (*within case analysis*).

Tableau 3.14 Temps d'utilisation du kiosque d'information par application

Application <i>(utilisation observée)</i>	Utilisation estimée	Pourcentage du total (%)
Adobe Acrobat Pro <i>(Consultation de documents PDF, édition de PDF..)</i>	12h 00m	36 %
Navigation Windows <i>(Explorateur windows, bureau et menu démarrer)</i>	5h 51m	17,5 %
Outlook <i>(consultation et composition de courriels)</i>	5h 48m	17,4 %
Ms Excel <i>(Consultation et mise à jour de la liste de plans, liste intervenants...)</i>	2h 47m	8,3 %
Gestionnaire de photo (NXView 2 & Visionneuse Windows) <i>(visualisation de photos et impression)</i>	2h 26m	7,3 %
Navigateur Internet	1h 44m	5,2 %
Outil capture (Windows), Paint.net <i>(capture et annotation de photo)</i>	1h 10m	3,5 %
Ms Word <i>(Fiches LEED et rapports)</i>	59m	2,9 %
Autres applications	37m	1,8 %
Utilisation effective totale	33h 22m	100 %
Utilisation récréative / personnelle	49m	non comptabilisé
Maintenance	1h 52m	non comptabilisé

Ce qui ressort principalement de ce tableau, est que 17,5% du temps estimé est passé dans la navigation Windows, soit une utilisation non productive de l'outil, ceci confirme le constat des entrevues, à savoir la fragmentation des flux de travail dans le cadre de gestion non intégrée. En effet les intervenants ont dû utiliser plusieurs applications différentes dans ce

site en particulier et beaucoup de leur temps d'utilisation effectif était donc passé à intégrer l'information provenant d'applications et systèmes différents. Cependant, l'expérimentation du site n°2 n'a pas été répétée sur d'autres sites et ne permet pas de tirer de généralité ou de quantifier le problème, mais les chiffres de cette expérimentation ont permis de mettre en évidence l'importance du concept de gestion intégrée auprès du partenaire industriel, et de confirmer le diagnostic sur la fragmentation des flux de travail qui a été discuté dans 3.2.2.

Le facteur d'intégration a été jugé par l'équipe d'implémentation et par la haute direction de la compagnie comme étant le facteur qui permet une amélioration substantielle et qui permet une amélioration conséquente par rapport aux pratiques actuelles. Nous suggérons également que ce facteur permet de justifier en partie les bénéfices tirés de l'intervention sur le site n°3 et pourquoi ces bénéfices ont été jugés à l'unanimité par l'équipe d'implémentation et la haute direction comme étant largement supérieurs aux bénéfices atteints sur les autres sites d'intervention. De ce fait la perception de la haute direction par rapport à l'intégration est que cette dernière constitue un objectif ultime pour l'organisation, et que la réussite du passage à l'intégration était tributaire de la maîtrise de l'organisation de projet.

3.7 Les conclusions de l'implantation

L'intervention du site n°1 s'est heurtée à la difficulté d'implémenter un système sans perturber le déroulement d'un projet en cours. Cette intervention s'est donc limitée au test de l'application à l'interne, et l'organisation souhaitait gagner graduellement en maturité et améliorer sa maîtrise de l'outil implanté avant d'entamer une quelconque implication des externes dans le flux de travail. L'intervention a néanmoins permis à l'organisation de se familiariser avec de nouveaux outils, et des bénéfices ont été clairement constatés au niveau de l'accessibilité de l'information sur chantier, cependant, l'intervention n'a pas permis pour autant d'explorer des aspects plus avancés des TM sur ce site, tel le travail collaboratif ou la prise en charge de processus de gestion dans leur intégralité, tel que la gestion intégrée des déficiences de chantier. De plus, étant donné que l'utilisation de la plateforme s'est limitée à la consultation de documentation sur tablette, et que des processus l'impact sur les rôles et les responsabilités n'a pas été encore été profondément investigué.



Figure 3.8 Utilisation des tablettes pour l'accès à l'information sur chantier

Quant au site n°2, bien que plusieurs bénéfices ont été constatés au niveau de la gestion du changement et de l'accessibilité de l'information, il reste que la complexité du système implémenté n'a pas permis une implication de tous les intervenants concernés. De plus cette intervention n'a pas constitué une rupture avec les pratiques actuelles de l'organisation. Néanmoins, cette intervention confirme la problématique de fragmentation de l'information qui a été mise en évidence dans les entretiens. En effet, les intervenants doivent gérer une multitude d'applications et l'intégration des fichiers et informations provenant des différentes applications provoque une perte d'efficacité dans le flux de travail, d'où le chiffre de 17,5% d'utilisation non productive mesuré à partir des données du kiosque d'information.

L'intervention sur le site n°3 confirme davantage l'importance de la notion de gestion intégrée. Ce site en particulier a offert un terrain favorable à l'instauration d'un changement organisationnel, bien plus que les deux autres, et on a pu observer une combinaison de

plusieurs conditions idéales qui ont permis d'atteindre beaucoup de bénéficiaires très rapidement.

Suite aux activités pilotes il a été convenu à l'unanimité dans l'organisation que l'application mobile utilisée sur le site n°3 est celle qui correspondait le mieux aux besoins de l'organisation. Deux axes d'intervention ont été adoptés : Premièrement, le site n°3 a continué à être un terrain pour l'expérimentation des fonctionnalités de l'application mobile n'ayant pas été encore testées dans le cadre des activités pilotes, et deuxièmement ; l'implémentation de l'application se ferait sur tous les nouveaux projets entrants correspondant aux critères de coût de projet fixés par la haute direction.

CHAPITRE 4

LES APPRENTISSAGES

Le présent chapitre résume les différents apprentissages qui ont été tirés de l'étude de cas exploratoire. Chacune des sections de ce chapitre présente l'un des points saillants issus de l'expérimentation ainsi que les idées ou les hypothèses qui pourraient être investiguées dans les recherches futures.

4.1 La temporisation de la décision stratégique

Comme discuté dans 3.1.2, deux variables ont représenté des enjeux pour l'introduction des TM et ont influencé le choix du partenaire industriel à adopter les TM : (1) la compétitivité de l'industrie ; et (2) la maturation technologique. Dans le contexte actuel d'une part, l'industrie de la construction est caractérisée par des écarts énormes entre des entreprises innovantes qui ont une maturité avancée, et d'autres entreprises qui utilisent encore des méthodes traditionnelles comme le CAO ou le support papier. D'autre part le mode d'octroi de contrat dominant reste celui du plus bas soumissionnaire conforme, ce qui amène la compétitivité des prix au premier rang des priorités organisationnelles surtout pour les entrepreneurs généraux pour qui les appels d'offres constituent la source principale d'accès à la commande.

En effet, Il y a un équilibre à définir dans la stratégie de l'entreprise, entre l'alignement avec les concurrents en termes d'innovations d'une part, et la maturation des innovations d'une autre part. Il faut que les décideurs puissent temporiser et de choisir le moment optimal pour l'adoption des innovations, car attendre trop longtemps la maturation des innovations expose l'organisation au risque de rupture avec le contexte externe et d'accumuler un retard par rapport au reste de l'industrie qui peut devenir difficilement rattrapable. A l'inverse, investir trop tôt dans une innovation expose l'organisation au risque financier, car le retour sur investissement ne pourra être réalisé que si les innovations disposent du degré de maturation adéquat.

Cette réflexion sur la nécessité de temporisation du virage vers les TM dans une organisation nous amène à soulever l'hypothèse que le contexte actuel de compétitivité de l'industrie serait le principal inducteur de la décision stratégique d'implémenter les TM et que le contexte organisationnel et ses variables agiraient aussi comme motivations du changement organisationnel mais dans une moindre mesure. Cette hypothèse pourrait amener une nouvelle dimension à la relation récursive entre les TI et la RPA telle qu'elle a été abordée dans 1.3.4 et impliquerait que de nouveaux mécanismes seraient nécessaires à cette théorie.

4.2 Les enjeux de la hiérarchie organisationnelle

La recherche de Pouteau (2016) définit principalement deux contextes qui peuvent aboutir au changement organisationnel lié aux TM dans les organisations :

- 1) Approche ascendante (Bottom-Up) :** La décision de changement provient des employés, et le défi principal consiste à convaincre leurs supérieurs hiérarchiques à embarquer dans le changement organisationnel.

- 2) Approche descendante (Up-Bottom) :** La décision de changement provient de la haute-direction de l'organisation et le défi principal consiste à faire embarquer les employés et que ces derniers ne résistent pas au changement.

Chacune des deux approches possède donc ses avantages et ses contraintes. Il y a donc un enjeu important qui consiste à trouver le bon équilibre entre ces deux approches. En effet, dans une approche descendante, il est donc primordial pour la réussite de ces stratégies que la hiérarchie qui prévaut dans l'organisation et qui permet d'imposer le changement conserve une certaine perméabilité quant à la remontée des besoins réels des employés vers les preneurs de décision.

La hiérarchie organisationnelle a constitué un enjeu majeur dans notre projet pour les phases de diagnostic, d'analyse des besoins organisationnels ainsi que pour la planification des activités pilotes et en particulier pour la définition des priorités de notre intervention. En

effet, comme il a été soulevé dans le « Tableau 3.2 La perception des priorités de l'intervention dans l'organisation », il y'avait un décalage de vision pour ce qui est des priorités du projet entre le comité de direction d'un côté et le niveau opérationnel de l'autre.

Dans le cas de notre étude, la présence de l'équipe d'implémentation a pallié à ce décalage en jouant le rôle de tampon entre le comité de direction d'un côté et les employés de l'autre. Bien que la formulation initiale de la stratégie fût de type TOP-BOTTOM, la présence de cette équipe a assuré la remontée des besoins essentiels et de la rétroaction des employés ainsi que la perméabilité de la structure organisationnelle. Ce qui nous amène à l'hypothèse selon laquelle indépendamment de la formulation initiale de la décision stratégique d'implémentation, il est nécessaire d'assurer des mécanismes de communication organisationnelle afin d'assurer la perméabilité hiérarchique, nécessaire à tout projet d'implémentation.

4.3 La communication comme facilitateur du changement organisationnel

Deux idées liées à la communication sur les TM ont été citées par les intervenants lors des entrevues (Tableau 3.3) comme étant essentiels au projet d'implémentation :

- la sensibilisation par la communication a été identifiée comme une idée clé permettant de faciliter le changement organisationnel chez le partenaire industriel;
- l'implémentation de nouvelles technologies permet d'améliorer l'image de la compagnie et lui donne de nouvelles possibilités de communication, ainsi que la possibilité de se promouvoir et de se démarquer de la concurrence comme étant une compagnie innovante.

En effet, la communication dans le projet d'implémentation a été importante pour instaurer une prise de conscience au sein de l'organisation et créer une ambiance de changement, et en tant que facilitateur du changement. Au niveau des entrevues, il a été constaté que les chargés de projets avaient la meilleure connaissance des concepts liés aux Technologies Mobiles et à

la gestion intégrée. Ceci peut être expliqué en partie par le fait qu'ils ont reçu une communication plus extensive sur le sujet, préalablement au diagnostic, ce qui leur a permis de mieux cerner l'impact du changement organisationnel sur leurs pratiques, ainsi que les bénéfices pouvant être tirés de cela.

De plus, nous avons discuté dans 3.6.1 que l'introduction des TM sur le site n°3 a eu pour impact bénéfique la stimulation positive des sous-traitants, ce qui confirme aussi l'idée que l'expertise nouvellement acquise par l'organisation a eu une influence positive sur le réseau d'affaires de la compagnie. Ceci rejoint aussi la perception du comité de direction que cette introduction technologique participe à promouvoir la compagnie comme étant une compagnie innovante, et peut l'aider à développer son réseau d'affaires en conséquence.

La recherche de Pouteau (2016) a défini la communication seulement comme moyen de sensibilisation et d'information des intervenants dans un projet d'implémentation de TM. Étant donné le rôle central occupé par l'entrepreneur général dans les organisations de projet, nous suggérons d'ajouter la communication externe comme moyen d'induire la collaboration dans les projets. Pour résumer, nous suggérons que les communications essentielles à tout projet d'implémentation de TM évoluent à des niveaux :

- a) la communication interne ayant un but de sensibilisation et d'information sur le changement;
- b) la communication externe ayant à la fois pour but la sensibilisation des partenaires externes de projet à l'importance de la collaboration, et également la promotion de la compagnie comme faisant partie des entreprises innovantes dans l'industrie.

4.4 Les enjeux de la planification de l'intervention

La phase de planification de l'intervention a dû faire face aux enjeux suivants :

- l'appréciation qualitative des outils a été effectuée uniquement par l'équipe d'implémentation. Les outils n'ont pas été soumis aux intervenants de chantier, et leur opinion n'a pas été sondée au stade de planification;
- la présentation du projet d'implémentation aux chargés de projet n'a pas sondé leur opinion sur l'intégralité des variables de l'intervention. L'objectif derrière cette présentation était plutôt de leur présenter le projet d'implémentation et de les sensibiliser à l'avènement du changement organisationnel. La seule variable discutée lors de cette présentation a été le choix des sites d'intervention;
- les priorités de l'intervention utilisées comme référence dans cette étape ont été exclusivement celles communiquées par la haute-direction de l'entreprise, et non celles issues des entrevues.
- le plan d'action n'a pas explicité les impacts sur les rôles, les responsabilités et les tâches dans l'équipe du projet. Le seul impact ayant été explicité est le nombre d'heures nécessaires à l'intégration et à la formation.

En effet, la planification opérationnelle a été focalisée sur des aspects techniques et budgétaires, et elle n'a pas permis de bien expliciter les impacts sur les rôles et les responsabilités dans l'organisation. Nous suggérons aussi que la difficulté dans l'anticipation de l'impact de l'introduction des nouveaux systèmes sur les personnes peut être attribuée à deux facteurs qui sont : (1) le décalage systématique entre l'utilisation prévue du système et celle réelle des intervenants de terrain ; et (2) les inconsistances dans les pratiques organisationnelles qui complexifient la compréhension des pratiques de terrain.

Ceci nous amène à formuler l'hypothèse que le succès d'une planification opérationnelle n'est pas seulement tributaire de la maîtrise d'un ensemble de variables techniques ou financières, mais qu'elle doit aussi maîtriser les inconsistances dans les pratiques organisationnelles existantes.

Il convient donc dans ce contexte, d'implémenter, d'effectuer un suivi, et de réitérer la planification en permanence afin de s'adapter aux besoins spécifiques et aux différents niveaux d'utilisation, ainsi qu'à des scénarios d'utilisation créés par les utilisateurs eux-mêmes et non prévus par les concepteurs de l'outil technologique. De plus ceci confirme le besoin d'avoir recours à des outils de maturité qui permettent de définir plusieurs niveaux de maturité différents et qui permettent aux preneurs de décision de mieux anticiper ces décalages entre l'utilisation optimale de l'outil et celle réelle.

4.5 La difficulté d'évaluer les solutions technologiques

La présence d'un nombre important de solutions différentes et l'absence de standardisation font qu'il y a sur le marché une multitude de solutions différentes qui ont des logiques de fonctionnement différentes et qui induisent des processus TM différents dans les organisations. En effet le niveau d'adéquation entre le fonctionnement de l'outil avec les processus en place dans l'organisation va définir le degré de transformation des pratiques nécessaire à l'implémentation des TM

Cette problématique de l'adéquation de l'outil par rapport aux besoins, doit aussi faire face à la difficulté supplémentaire de l'inconsistance des pratiques discutée dans 3.2.3. En effet dans le cas de notre projet l'évaluation des outils s'est heurtée à des difficultés supplémentaires car les outils utilisés pour l'analyse n'ont pas permis de bien mesurer l'impact de l'introduction des solutions dans l'organisation sur les individus et les responsabilités, car il y a toujours un décalage entre l'utilisation prévue par les concepteurs de l'outil et l'utilisation réelle sur le terrain. Ce décalage a varié au gré des personnes et de leurs préférences, et il est difficile de prédire comment les intervenants vont interagir avec l'outil qu'on leur offre. Deuxièmement, l'évaluation des outils a dû faire face aussi à la difficulté d'évaluation qualitative des solutions, tant des critères comme la convivialité ou la facilité d'utilisation sont subjectifs et tant les appréciations peuvent varier d'une personne à une autre.

De plus comme il a été discuté dans 3.3, les moyens utilisés pour évaluer les outils ont permis d'évaluer les aspects techniques et les caractéristiques et fonctionnalités des solutions en détail, mais n'ont pas permis une appréciation qualitative. Les preuves de concept et essais à l'interne permettent d'apprécier qualitativement les solutions mais ces appréciations restent relatives aux individus. Pour éviter de tomber dans des résultats biaisés, il est donc nécessaire d'avoir l'implication d'un grand nombre d'intervenants dans ce processus d'évaluation et de test à l'interne, d'où l'utilité des activités pilote et des tests sur le terrain.

Afin de pallier aux difficultés imposées par la phase d'évaluation des outils et minimiser le facteur de biais, nous préconisons donc que l'évaluation des outils technologiques ne se limite pas à une tâche qui soit déléguée à une équipe ou à un responsable d'implémentation mais qu'elle doive plutôt être un processus collaboratif impliquant un grand nombre d'intervenants dans l'organisation. En effet, nous suggérons que la participation de tous les acteurs impliqués dans l'utilisation est nécessaire pour le succès de cette étape.

4.6 Les enjeux liés aux partenaires externes de l'organisation

Nous allons discuter dans cette section de l'apport des partenaires externes au projet d'implémentation. Nous distinguons deux types de partenaires :

- a) les partenaires de l'organisation de projet (professionnels et sous-traitants);
- b) les fournisseurs d'application et leurs représentants.

D'une part il y a les partenaires de l'organisation du projet qui ont joué un rôle important dans l'implémentation en raison de la nature collaborative des TM. En effet, le degré d'implication des partenaires de projet tels que les sous-traitants et les professionnels a constitué un facteur de succès pour l'utilisation des TM, car certains des nouveaux processus liés aux TM nécessitent automatiquement leur collaboration. Cette variable a été importante en raison de l'environnement du projet de construction, de l'unicité des livrables de la construction et de la nature temporaire des organisations de projet. À ce sujet la collaboration

des professionnels et des sous-traitants a été citée comme paramètre de maturité dans le « Tableau 3.13 Paramètres de maturités perçus sur les sites d'intervention ».

D'autre part, comme discuté dans 3.5.4 les fournisseurs d'application ont joué un rôle essentiel dans l'apport de l'expertise et l'assistance nécessaire à l'organisation dans le processus d'implémentation, et les paramètres tel que la taille, le modèle d'affaires et la vision de dernier ont impacté la façon avec laquelle le service a été délivré à l'organisation, ce qui peut justifier en partie le succès relatif du site d'intervention n°3 par rapport aux deux autres.

Le constat est que pour le cas particulier des TM, il existe une multitude d'applications mobiles différentes ayant des fonctionnalités et des qualités très différentes. En effet, les TM sont des technologies encore nouvelles et leur utilisation n'est pas standardisée, ce qui amène chaque concepteur de solution à avoir sa propre vision, et à adopter des lignes directrices qui vont définir des processus TM propres et qui vont différer de la concurrence.

La dynamique de la relation fournisseur-utilisateur est d'autant encore plus importante que celle-ci définit le mécanisme de retour d'expérience client-fournisseur. Étant donné que les TM sont des technologies nouvelles, elles sont encore en développement du côté des concepteurs d'outil, et ce mécanisme doit servir à remonter les besoins réels de l'industrie vers les concepteurs d'outils technologiques, et définit la direction à prendre pour ces derniers.

Bien que le paramètre des partenaires externes ait donc été crucial et a fortement impacté le projet, il n'a pas été tenu compte de ce dernier dans les phases précédant les activités pilotes sur les chantiers, et il s'agit d'un paramètre qui a été seulement mis en évidence pendant la phase d'évaluation de l'intervention. Étant donné l'importance de ce paramètre, nous préconisons son inclusion dans les activités de planification comme contrainte à maîtriser et dans les activités de choix d'outil technologique comme critère d'évaluation.

4.7 La rigidité des systèmes d'information

Bien que les organisations de la construction telles que les entrepreneurs généraux possèdent un fonctionnement structuré et cadré par la documentation d'entreprise et où les rôles et responsabilités sont bien définis, on observe souvent des décalages par rapport au fonctionnement tel qu'il est décrit dans le référentiel de l'organisation et la réalité du terrain. En effet il y a des structures informelles qui peuvent se créer occasionnellement au niveau de la répartition des responsabilités, et ces inconsistances peuvent se matérialiser dans la délégation de certaines tâches impliquant de la responsabilité professionnelle, ou dans le contournement de certaines procédures internes à l'organisation de projet.

De plus, l'industrie de la construction est caractérisée par un environnement de travail temporaire qui dépasse rarement un seul projet, et le défi principal pour les intervenants de projet est d'intégrer des pratiques d'une multitude de collaborateurs différents. Par conséquent, ceci crée souvent des décalages entre les pratiques d'un projet à un autre et accentue le besoin des organisations d'avoir des systèmes de gestion flexibles qui s'adaptent aux contextes de plusieurs projets.

D'une autre part, les plateformes de gestion telles que les applications mobiles de chantier exigent un fonctionnement beaucoup plus systématique et leur utilisation ne peuvent pas toujours s'adapter aux structures informelles de l'organisation. Cette « rigidité »⁹ de fonctionnement des applications se heurte donc à la fois aux inconsistances du fonctionnement de l'organisation. Dans l'environnement organisationnel, les intervenants peuvent se permettre certaines digressions par rapport aux procédures, cependant, dans les systèmes de gestion intégrée, les seules flexibilités permises sont celles prévues par les programmeurs et celles qui sont permises par les personnes chargées du paramétrage et l'administration de ces plateformes.

⁹ Bien que le terme « rigidité » puisse sembler péjoratif, nous l'employons dans le présent uniquement car il a été cité par certains intervenants du projet pour décrire les systèmes implémentés. L'utilisation de ce terme a pour but de rendre compte au mieux de leur perception.

Faire la transition des systèmes et pratiques traditionnelles vers un système de gestion intégrée implique donc l'abandon d'une certaine flexibilité, et l'adoption d'un modèle de gestion plus rigoureux. Par conséquent l'adoption des TM relève donc d'un enjeu majeur pour les organisations, car elle leur permet d'exercer un meilleur contrôle sur leurs pratiques de gestion et cet enjeu peut donc agir comme inducteur de la décision stratégique d'implémentation.

Comme discuté dans 3.2.3, des inconsistances peuvent être observées à la fois (i) au niveau des tâches et (ii) au niveau des responsabilités. Les plateformes de gestion intégrées telles que les applications implémentées dans le cadre du projet sont des applications exigeant un fonctionnement beaucoup plus systématique et leur utilisation est grandement affectée par les inconsistances. Dans le cas de notre projet, ces inconsistances ont opposé un défi à l'implémentation des nouveaux systèmes :

- **au niveau des tâches :** Les systèmes d'information ont des fonctionnements moins élastiques que les méthodes traditionnelles. Les flux de travail et les processus sont prédéfinis, les mécanismes sont programmés dans le logiciel et ils ne tolèrent pas les écarts. L'un des exemples les plus récurrents est celui des formulaires de chantier sur tablette versus les formulaires papier. Les formulaires papier peuvent être partiellement remplis et soumis parfois avec de l'information manquante, alors que dans le cas d'un formulaire sur tablette, dépendamment des paramétrages, il est possible d'obliger les intervenants à intégrer systématiquement certains champs d'information;
- **au niveau des responsabilités :** comme discuté précédemment pour les rôles et responsabilités des adjoints techniques qui peuvent être flous et souvent entremêlés avec ceux des chargés de projet, on observe souvent dans les organisations la création de structures et pratiques informelles et on peut observer des inconsistances dans les responsabilités. Ceci a été problématique dans le cadre du projet, car la gestion des rôles et autorisations au sein de ces plateformes de gestion est rigide et ne peut être contournée par les utilisateurs. Par exemple, ces plateformes sont configurées pour donner les

privilèges d'administrateur à des utilisateurs définis et cette configuration ne peut pas être contournée en cas de besoin, contrairement à la pratique traditionnelle où il peut arriver que des procédures internes soient contournées pour des questions d'ordre pratique, ou pour accélérer certaines tâches.

Cette « rigidification » des pratiques induite par les TM s'oppose au facteur d'inconsistance qui peut caractériser ces dernières. Nous suggérons aussi que cette opposition est responsable en partie de la résistance au changement à laquelle l'équipe d'implémentation a dû faire face car la résolution des inconsistances suscite un changement radical dans les pratiques de travail. Par conséquent nous préconisons la résolution au préalable de ces mêmes inconsistances comme étant l'une des pratiques souhaitées dans les projets d'implémentation des TM. En effet, l'intégration des nouvelles pratiques liées aux TM ne doit pas se limiter à résolutions des problèmes technologiques ou procéduraux, mais doit aussi considérer les inconsistances comme enjeu majeur de ces intégrations.

4.8 Les contraintes liées aux personnes

Dans le contexte du projet, la capacité d'apprentissage a joué un rôle important dans la formulation de la stratégie. En effet, la stratégie adoptée est celle de l'implémentation progressive à deux niveaux :

- 1) **au niveau des processus** : Pour le 3^{ème} site d'intervention en particulier l'implémentation des différentes fonctions a été progressive. Ceci a permis à l'équipe de projet de se focaliser sur les problèmes d'intégration et de les résoudre progressivement;
- 2) **au niveau des projets** : La stratégie adoptée à ce niveau, est de privilégier la formation horizontale, et que chaque équipe de projet impliquée dans la nouvelle plateforme de gestion de projet puisse former l'équipe suivante.

Le choix d'implémenter progressivement aussi bien au niveau des fonctionnalités que des processus a été un choix stratégique délibéré, car il permet à l'organisation d'apprendre de ses expériences, et de revoir ses pratiques de manière continue, et de privilégier la formation horizontale des employés par leurs pairs. De plus, la variable de l'apprentissage organisationnel a été décisive dans la mesure où les apprentissages des projets pilotes ont servi principalement à définir des pratiques idéales, qui allaient servir de base pour le déploiement à grande échelle au sein de l'organisation.

La capacité d'apprentissage de l'organisation a été décisive dans la mesure où l'organisation a choisi délibérément de se donner le temps nécessaire pour former ses équipes et se familiariser avec les outils implémentés et augmenter ainsi sa maturité très progressivement.

Il y a une relation intime entre les deux projets d'implémentation. L'organisation s'est en effet dotée d'une ressource dédiée au changement organisationnel induit par le BIM et les TM et l'avènement de cette ressource a stimulé la création d'une atmosphère de changement dans l'organisation. De plus l'organisation a procédé à l'intégration des tâches reliées à la gestion des plateformes mobiles dans ses exigences de recrutement.

La résistance au changement est une composante de l'environnement organisationnel avec laquelle il faut composer pour réussir le changement organisationnel. Pour ce qui est de notre cas d'étude, la formation n'a pas été seulement un moyen pour que les employés puissent acquérir les compétences requises pour l'utilisation des TM, mais elle a permis surtout d'améliorer la prise de conscience collective quant à l'importance du changement organisationnel à venir.

En effet, le choix a été délibérément fait par l'équipe d'implémentation de former les équipes de projet sur l'intégralité des fonctionnalités des applications mobiles. A titre d'exemple les adjointes techniques ont été formées aussi bien sur les fonctions de gestion de projet liées directement à leurs tâches que sur les fonctionnalités destinées aux surintendants de chantier.

Cela leur permettrait de garder une vision d'ensemble sur les TM et accroîtrait leur prise de conscience de l'importance du changement organisationnel apporté par ces dernières.

De même qu'au niveau des incitatifs à l'utilisation des TM, avant l'intervention les seuls usages de TM qu'on pouvait observer dans l'organisation étaient de l'initiative propre de certains ingénieurs de chantier qui utilisaient leur téléphone intelligent ou tablette personnelle tandis qu'à la fin du projet, le comité de direction a mis en place une politique liée au déploiement des technologies. Nous sommes passés d'une utilisation personnelle et désorganisée des TM à une utilisation appuyée par une stratégie organisationnelle.

La culture du travail est en effet un élément prépondérant dans tout le processus d'implémentation, car les personnes qui procèdent à l'implémentation ne doivent pas uniquement gérer des aspects techniques, et ils doivent maîtriser toutes sortes de variables humaines qui ont été explicitées plus tôt dans la revue de la littérature. Par conséquent, les implications culturelles de l'organisation représentent le cadre des contraintes dans lesquelles les preneurs de décision doivent formuler leur décision stratégique d'implémentation.

Par conséquent, vu la complexité des dynamiques humaines pouvant intervenir dans ces projets d'introduction de technologie dans un milieu organisationnel, nous suggérons l'hypothèse selon laquelle il est primordial que les activités liées aux personnes comme le recrutement et la formation ne soient pas considérées comme des activités isolées ou comme des contraintes techniques de planification, mais qu'elles soient alignées par rapport à une stratégie globale d'entreprise qui doit tenir compte des volets technologique, procédural et organisationnel.

4.9 L'intégration comme transformation organisationnelle ultime

Au niveau pratique, les conditions spécifiques dont a profité le site n°3 ne peuvent pas à elles seules expliquer le succès relatif de ce projet en particulier. En effet, l'opinion des participants à ce sujet est qu'il s'agit du site où l'intervention a impacté le plus le

fonctionnement de l'organisation, et où des changements substantiels ont été observés. Ce succès peut être attribué principalement au facteur d'intégration, car ce site est celui qui a permis un plus haut niveau d'intégration des pratiques.

En effet, nous avons pu retrouver dans notre projet les cinq niveaux de transformation organisationnelle activée par les TI de Venkatraman (1994) et qui sont définis dans 1.3.4. D'un côté l'introduction des technologies a été perçue comme une transformation évolutionnaire dans la mesure où l'usage TM dans l'organisation s'est apparenté aux deux premiers niveaux de transformation évolutionnaire. Le premier niveau de transformation « exploitation localisée » s'apparente aux usages à maturité basse, tel que l'utilisation de l'outil dans un cadre passif et sans collaboration, tandis que le deuxième niveau quant à lui s'apparente à des usages de gestion intégrée et dont la maturité est plus élevée.

Le contexte de ce projet n'a pas permis réellement d'investiguer les aspects de transformation révolutionnaire dans l'introduction des TM car la portée de l'intervention ne le permettait pas, mais certaines implications du changement organisationnel entrepris se sont apparentées à des transformations révolutionnaires :

- les transformations aux niveaux des rôles et des responsabilités induites par les TM s'apparentent au premier niveau de transformation révolutionnaire, soit la refonte des processus d'affaires;
- les transformations au niveau des relations inter-organisationnelles, et des communications de projet avec les professionnels et sous-traitants s'apparentent au deuxième niveau de transformation révolutionnaire, soit celui de la refonte du réseau d'affaires;
- la prise de conscience à l'intérieur de l'organisation du potentiel de ces nouveaux outils de gestion comme moyen de développement d'affaires et comme étant un moyen de développer l'activité de l'organisation dans de nouveaux marchés et secteurs d'expertise

s'apparente en effet au troisième niveau de transformation révolutionnaire, soit la redéfinition du secteur d'activité.

La Figure 4.9 superpose ces 5 degrés de transformation organisationnelle par rapport à la perception du changement organisationnel accompli dans le cas du projet.

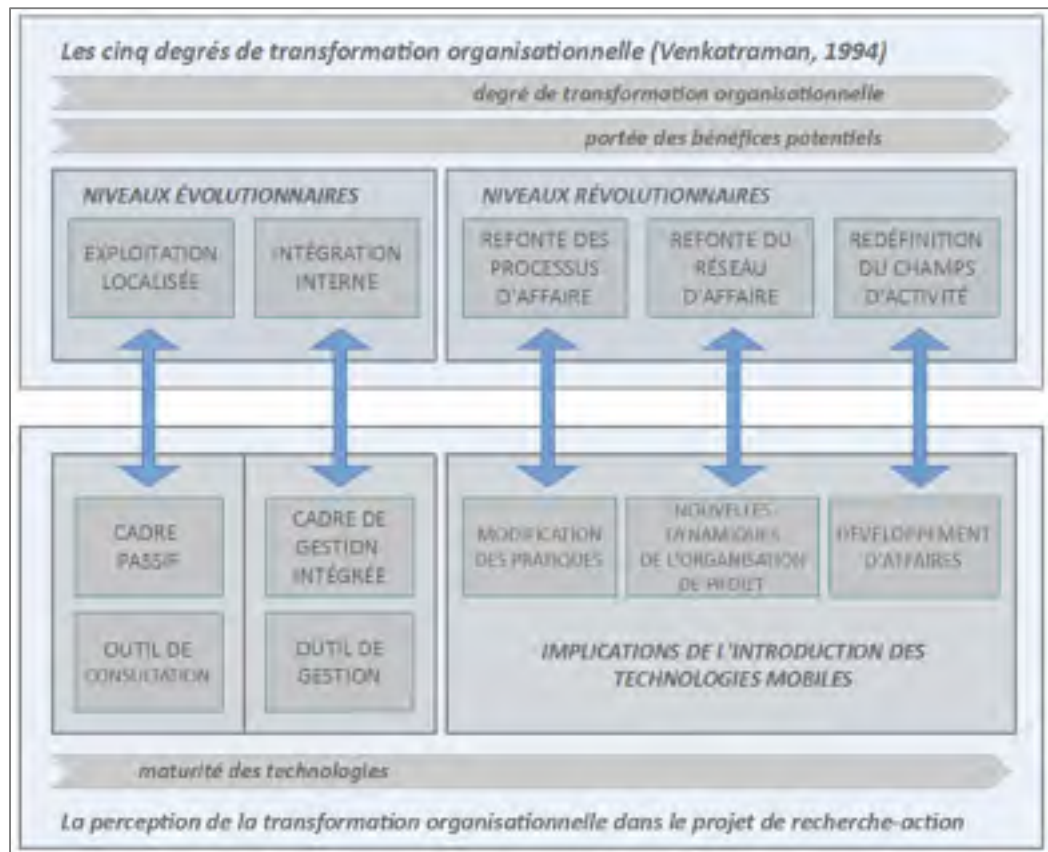


Figure 4.1 La perception de la transformation organisationnelle dans le projet

Par conséquent, nous suggérons qu'une plus grande maturité d'utilisation des nouvelles technologies de la construction, que ce soit pour les technologies mobiles ou pour les technologies BIM, pourrait se traduire par un niveau de transformation révolutionnaire pour les organisations ayant atteint un haut niveau de maturité d'utilisation.

4.10 Les variables de la maturité d'utilisation des TM

Nous avons remarqué dans notre projet une inégalité dans l'évolution de la maturité de l'utilisation en fonction des processus et des outils, ce qui suggère l'importance de ces deux facteurs. Par exemple, certains processus ont atteint une maturité plus élevée beaucoup plus rapidement que d'autres car les caractéristiques intrinsèques de ces processus permettaient une prise en charge rapide et facilitée par les TM.

Certains processus ont été abandonnés très rapidement dans la phase de planification des activités pilotes car ils avaient en effet été jugés complexes pour une première expérience avec les outils mobiles et les plateformes de gestion intégrée. Sur le plan stratégique, la haute direction de l'entreprise avait jugé que ces processus ne faisaient pas partie des priorités immédiates, et souhaitait démontrer les bénéfices de l'utilisation des plateformes de gestion intégrée au reste de l'organisation de projet avant de les impliquer dans un environnement hautement collaboratif.

Les 4 variables ci-dessous ont constitué des paramètres selon lesquels la maturité de l'utilisation a varié.

- 1) **l'outil technologique** : il s'agit d'une variable déterminante, car la maturité qu'on peut atteindre avec les TM dépend des capacités et des fonctionnalités permises par l'outil implémenté et ne peut pas les excéder.
- 2) **le processus** : les spécificités de chaque processus tel que sa complexité ou le nombre de ses étapes peuvent être un facteur inhibiteur ou facilitant l'utilisation des TM. En effet il est ressorti des activités pilotes que les processus plus complexes, ou nécessitant des mécanismes de communication plus complexes étaient les plus difficiles à implémenter.
- 3) **la collaboration** : les TM sont conçus autour de la collaboration entre les intervenants de l'organisation de projet. La collaboration est d'autant plus fortement impactée par

l'introduction des TM dans les organisations, et certains processus nécessitent un haut degré de collaboration dans l'organisation pour atteindre leur fonctionnement optimal et délivrer les bénéfices escomptés.

- 4) **l'intégration** : l'une des idées principales véhiculée par l'introduction des TM dans une organisation est celle de la gestion intégrée. Cette variable a représenté pour l'organisation l'objectif ultime à atteindre en terme de transformation des pratiques.

Les apprentissages tirés dans cette section au sujet de la question de la maturité des TM ne constituent pas encore un référentiel, mais peuvent servir de base pour les recherches futures afin de construire des artefacts permettant aux organisations de mesurer la maturité relative à leurs usages TM et d'instaurer une boucle d'amélioration continue.

CHAPITRE 5

DISCUSSION

Le projet d'étude de cas exploratoire a permis de tirer plusieurs apprentissages sur diverses dynamiques organisationnelles qui peuvent intervenir dans un projet d'implémentation. Le présent chapitre propose une discussion autour de la problématique plus générale d'adoption des TM dans l'environnement organisationnel.

D'un côté, les étapes d'implémentation suggérées par Pouteau (2016) qui définissent quelles activités doivent être menées au sein de l'organisation pour choisir un outil adéquat en vue d'implémenter les TM au niveau organisationnel nous ont permis de mettre en évidence plusieurs dynamiques et équilibres organisationnels intervenant dans ces processus. Si nous croisons nos apprentissages avec les variables d'implémentation du cadre d'Okumus (Figure 1.8) qui définissent les dynamiques et équilibres qui interviennent dans le processus d'implémentation d'une décision stratégique dans une organisation, nous retrouvons que plusieurs de ces mêmes dynamiques ont été retrouvées dans ce projet de recherche.

Compte tenu de la complexité du terrain organisationnel, chacune des variables d'implémentation théoriques du cadre d'Okumus peut donc avoir un champ d'application très vaste. En effet, nous pouvons supposer que certaines variables comme l'incertitude de l'environnement ou la structure organisationnelle peuvent avoir une influence sur l'intégralité des étapes du processus d'implémentation, et que leur champ d'influence n'est pas limité à une seule étape ou activité du processus.

De ce fait, nous effectuons donc un travail d'association entre les activités menées dans le projet et les variables issues de la théorie qui pourraient y être associées. Le Tableau XIV-1 en annexe présente ce travail d'association. Ce travail d'association n'est pas exhaustif et il a été effectué uniquement par l'étudiant chercheur. Le but de ce travail n'est pas de tirer des

enseignements ou des conclusions sur les dynamiques de l'implémentation, mais il permet de mettre en évidence sa complexité. Il est synthétisé dans la Figure 5.1 ci-dessous.

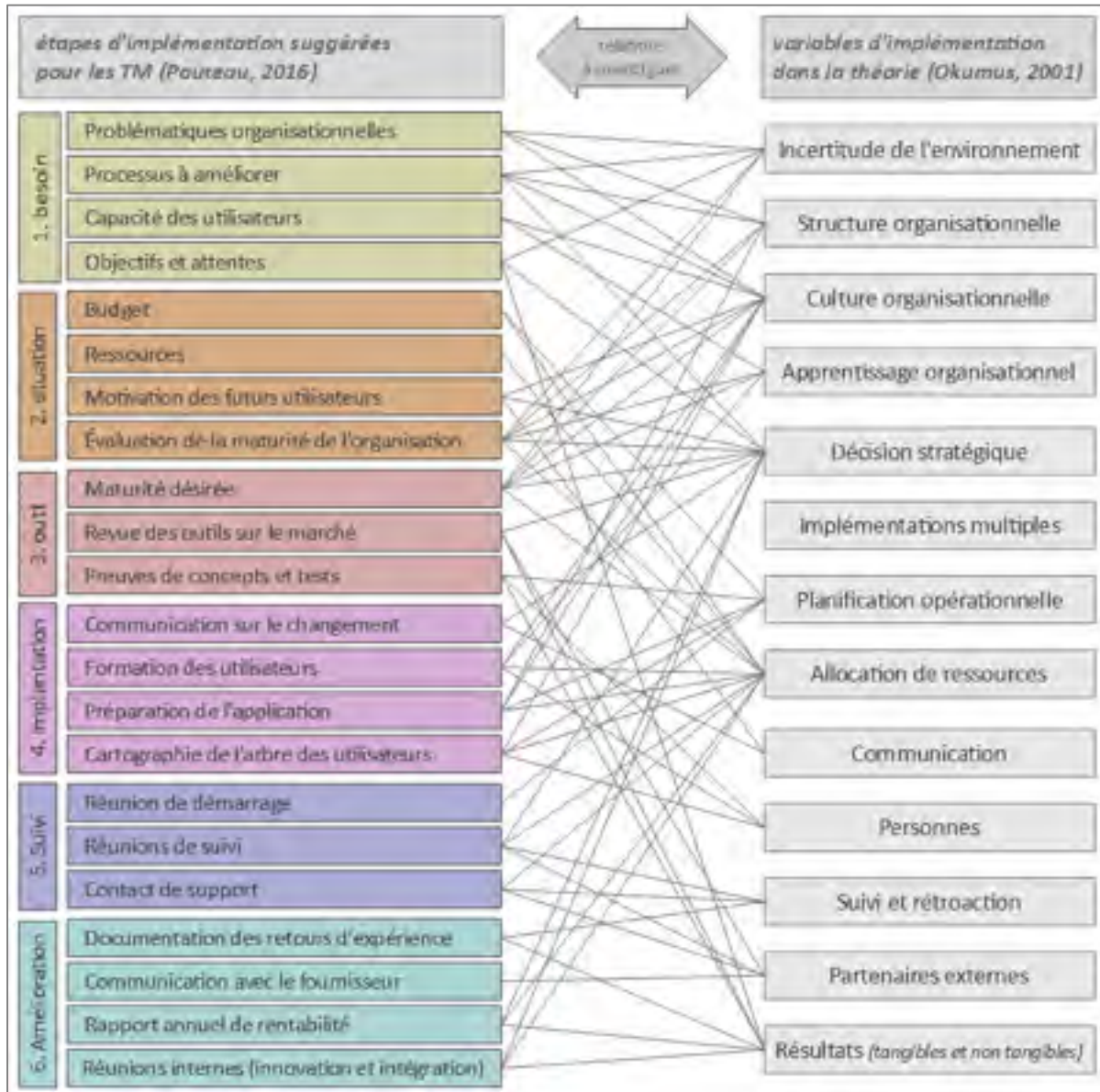


Figure 5.1 Relation entre les activités d'implémentation et les variables stratégiques

On remarque un haut niveau d'intrication et d'entremêlement entre les différentes variables en jeu, et leurs champs d'influence respectifs. Ceci permet de consolider l'idée de la complexité de la problématique de l'adoption des TM qui a été explorée dans ce projet et

justifie que d'avantage de recherche est nécessaire à ce niveau. En effet, bien que le projet a permis de tirer plusieurs apprentissages, il en ressort principalement qu'il est nécessaire de mener d'avantage d'exploration afin de cadrer les apprentissages de cette recherche. Nous suggérons par conséquent que les conclusions de ce projet servent de base à la construction de futurs cycles de recherche qui pourraient investiguer la question des implémentations de TM dans le milieu organisationnel, et dont l'objectif serait de conceptualiser et de structurer ces apprentissages.

CHAPITRE 6

PROPOSITIONS

En conclusion à ce projet de recherche exploratoire, nous proposons dans le chapitre quelques conceptualisations et productions personnelles de l'auteur, à savoir un cadre d'implémentation et un outil pour évaluer la maturité d'utilisation des TM. Il s'agit de productions personnelles de l'auteur qui ont été développées dans le but de mieux illustrer et synthétiser les apprentissages de la recherche.

6.1 Proposition d'un cadre d'implémentation

En nous basant sur les éléments présentés précédemment dans ce mémoire, nous allons présenter une proposition de cadre d'implémentation (Figure 6.1)

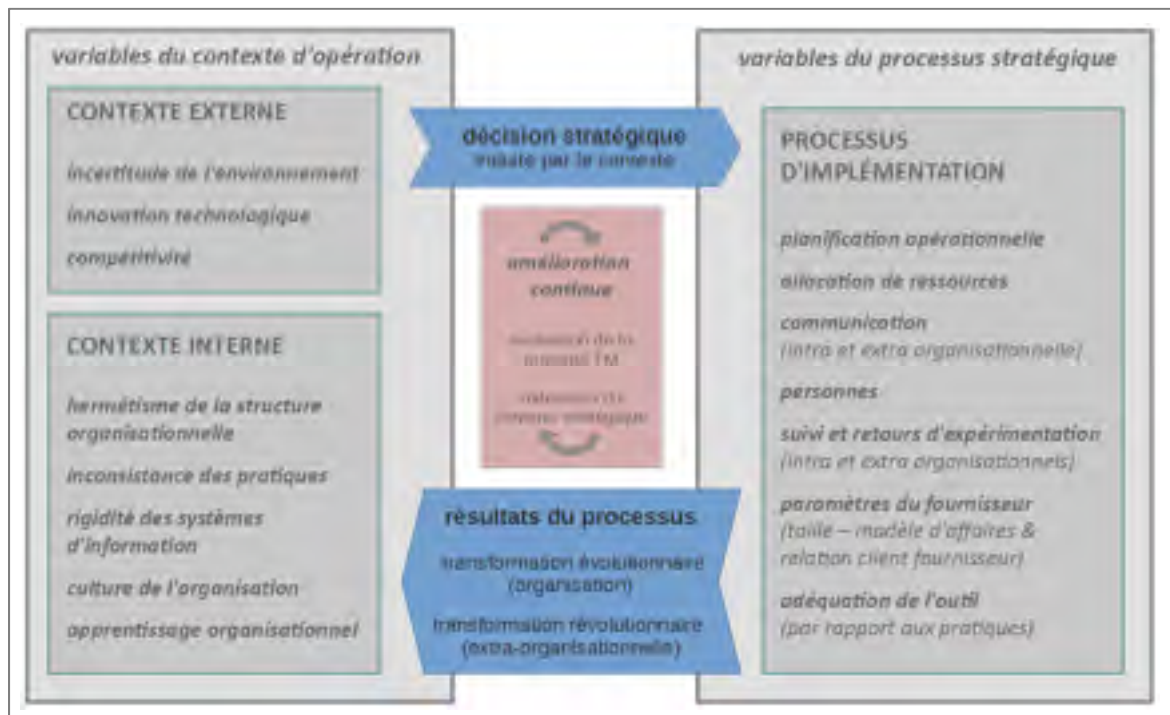


Figure 6.1 Proposition d'un cadre d'implémentation pour les Technologies Mobiles

Ce cadre a été construit en prenant pour référence le cadre d'Okumus (2001) et il est positionné comme étant une alternative à ce dernier et constitue une production personnelle de l'auteur. Il reprend donc plusieurs des variables définies dans le cadre de référence tout en y ajoutant certaines issues des dynamiques que nous avons observé dans notre projet de recherche.

Contrairement au cadre d'Okumus (2001) qui a une construction linéaire, le cadre proposé ici possède une construction cyclique qui suggère que l'implémentation des TM n'est pas un processus définitif ou linéaire et qu'il doit être accompagné d'une politique d'amélioration continue qui permet à l'organisation de réitérer ses pratiques et de les optimiser en permanence.

Ce cadre suggère également que le contexte externe est le principal inducteur de la décision stratégique par ses variables de compétitivité, d'innovation technologique et d'incertitude de l'environnement. Le contexte interne à l'organisation est aussi inducteur de la décision stratégique, dans la mesure où très souvent ce sont les paramètres du contexte organisationnel qui vont façonner le contenu de la décision stratégique et qui vont en définir le mode opératoire et l'application.

Cette dernière aboutit à un processus d'implémentation qui est défini comme ayant sept variables ayant toutes un impact direct sur ses résultats. Ensuite pour clore la boucle, les résultats directs du processus se matérialisent en une transformation du contexte d'opération qui peut avoir deux niveaux de transformation (Figure 1.7) : le premier niveau est dit évolutionnaire, et il s'agit dans ce cas de transformations résultant du processus stratégique et se limitant au contexte interne de l'organisation tandis que le deuxième niveau est dit révolutionnaire et il s'agit dans ce cas de transformations résultant du processus stratégique et pouvant dépasser le contexte interne et pouvant induire des transformations du contexte externe. Nous suggérons que ce type de transformation dite révolutionnaire peut non seulement transformer l'organisation de projet mais qu'il peut aussi induire à long terme et indirectement des transformations sur l'environnement de l'industrie.

Le cadre proposé possède une nature cyclique et pour opérationnaliser les préceptes qui en découlent, il convient de développer des outils permettant aux organisations d'amorcer la boucle d'amélioration continue. Le concept d'évaluation de la maturité des TM est donc une idée centrale à ce cadre d'implémentation. Nous proposons donc de le compléter par une deuxième proposition d'une grille de maturité d'utilisation des TM dans la section suivante.

6.2 Proposition d'un cadre pour la maturité d'utilisation des TM

Nous suggérons donc que la mesure de la maturité doive accompagner le cycle d'implémentation à travers l'intégralité de ses étapes. La Figure 6.2 décrit les différents niveaux où la maturité des TM peut être mesurée dans un processus d'implémentation.

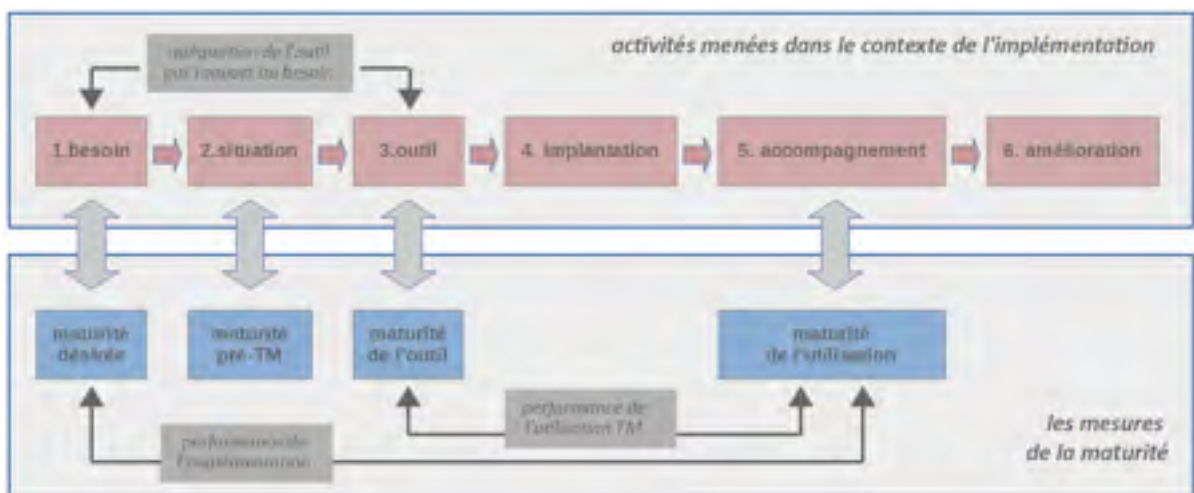


Figure 6.2 Les contextes d'évaluation de la maturité

Par conséquent, nous définissons les quatre contextes suivants pour la mesure de la maturité :

- 1) **maturité désirée** : il s'agit du niveau de maturité organisationnelle défini comme objectif dans les politiques stratégiques de l'organisation. Il s'agit du niveau de maturité idéal qui est défini dans l'étape 1 de l'implémentation des TM (définition des besoins);

- 2) **maturité pré-TM** : il s'agit de faire un état des lieux et d'effectuer un diagnostic des utilisations technologiques avant l'implémentation. Cette évaluation est effectuée dans l'étape 2 de l'implémentation (évaluation de la situation);
- 3) **maturité de l'outil** : la maturité de l'outil désigne la maturité maximale permise par un outil technologique dans le cadre d'une utilisation optimale. Cette maturité est évaluée pendant l'étape 3 de l'implémentation. (évaluation et choix des outils);
- 4) **maturité de l'utilisation** : il s'agit de la maturité de l'utilisation qu'on observe sur le terrain, pendant l'étape 5 de l'implémentation (accompagnement).

Par conséquent nous définissons aussi deux façons de mesurer la performance d'une implémentation :

- a) performance de l'utilisation : il s'agit de comparer la maturité de l'utilisation à la maturité qui est permise par l'outil. En effet, il s'agit de mesurer l'utilisation effective qui est faite de l'outil comparé à ce que l'outil permet de faire;
- b) performance de l'implémentation : il s'agit de comparer la maturité organisationnelle désirée à la maturité organisationnelle pré-TM ou à celle qui est observée pendant l'exploitation.

En effet, les capacités technologiques ne se traduisent pas forcément en une maturité d'utilisation effective. Le cadre conceptuel pour la maturité des outils technologiques tel qu'il a été présenté dans 1.3.6.3 de Frenette (2015) est orienté sur les caractéristiques des outils technologiques, et elle permet de rendre compte du degré de complexité d'un outil technologique donné. Cependant, il ne permet pas de rendre compte de l'ensemble des facteurs qui influent sur les capacités des organisations à atteindre ces mêmes niveaux de complexité, car il ne tient pas compte des facteurs liés à l'utilisation humaine ou des facteurs

liés à l'environnement organisationnel. C'est la raison pour laquelle nous proposons de le compléter par une proposition d'outil permettant d'évaluer la maturité des TM.

La Figure 6.3 ci-dessous présente le cadre proposé pour la maturité d'utilisation des Technologies Mobiles.

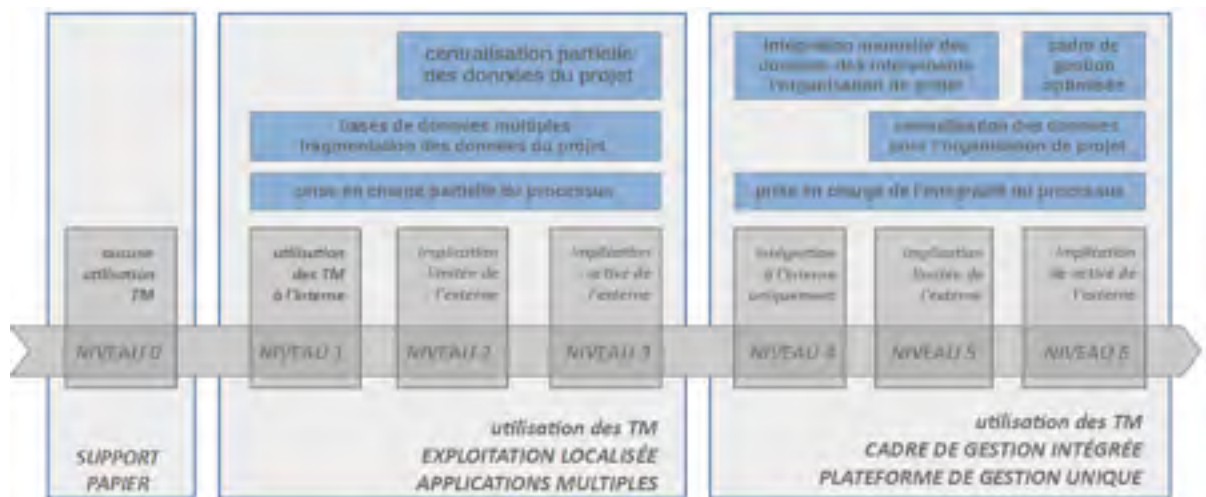


Figure 6.3 La maturité dans l'utilisation des Technologies Mobiles

Ce cadre définit donc 6 niveaux d'utilisation des TM en fonction de quatre facteurs de maturité qui sont : (i) outil technologique ; (ii) processus ; (iii) collaboration ; et (iv) l'intégration. Le niveau 0 est celui de l'utilisation du support papier et de l'absence d'utilisation de technologies. Les niveaux de 1 à 3 s'apparentent à la gestion non intégrée et à l'exploitation localisée des outils technologiques, tandis que les niveaux de 4 à 5 s'apparentent au cadre de gestion intégrée. Les niveaux sont définis comme suit :

Dans les 3 premiers niveaux l'exploitation des TM, l'utilisation est localisée à des tâches particulières et ne prend pas l'intégralité des processus. L'organisation utilise une multitude d'applications différentes et le flux de travail est fragmenté.

Niveau 1 : L'utilisation est limitée à l'intérieur de l'organisation et il n'y a pas d'implication des acteurs externes dans l'application de gestion. La collaboration se fait en dehors de l'application.

Niveau 2 : L'utilisation de l'outil en tant que moyen de gestion est limitée à l'intérieur de l'organisation, et l'implication des externes est limitée à de la consultation d'information.

Niveau 3 : Les partenaires externes sont activement impliqués dans la saisie d'information dans une base de données centralisée. Cependant, l'intégration n'est pas encore complète, et certains processus et tâches restent en dehors du système de gestion.

La logique de définition des niveaux 4 à 6 est similaire à la définition des niveaux 1 à 3. Le changement principal par rapport aux niveaux précédents est le passage à un cadre de gestion intégrée ou une application unique est utilisée pour prendre en charge l'intégralité des activités et étapes d'un processus. L'autre caractéristique du cadre de gestion intégré est que ce dernier permet l'intégration horizontale de l'information entre les différents processus. En effet, dans le cas où deux processus partagent certaines données de projet, l'information produite dans le premier processus peut être directement intégrée au deuxième. Cette caractéristique peut être aussi perçue comme une composante de maturité. Par conséquent, les niveaux 4, 5 et 6 sont définis comme suit :

Niveau 4 : L'intégralité des étapes du processus est prise en charge par l'application de gestion intégrée et toute l'information est centralisée dans une base de données unique. Cependant il n'y a pas encore d'implication de l'externe qui n'ont pas accès à cette plateforme et les informations provenant des partenaires de projet sont rentrées dans l'application par une ressource interne à l'organisation.

Niveau 5 : L'intégralité des étapes du processus est prise en charge par l'application de gestion intégrée et toute l'information est centralisée dans une base de données unique. Les partenaires externes ont accès à la plateforme et s'en servent pour consulter des informations sur le projet. Leur degré d'implication reste donc limité.

Niveau 6 : L'intégralité des étapes du processus est prise en charge par une application de gestion intégrée. Tous les flux de processus de gestion sont gérés par cette plateforme et les

partenaires externes participent à cette gestion. Toute l'information du projet est centralisée dans une base de données unique et les partenaires externes participent à alimenter la plateforme en information. Leur degré d'implication et de collaboration est donc élevé.

L'ANNEXE XV présente un exemple d'application de ce cadre de maturité qui est issu des observations du projet de recherche.

Le cadre d'implémentation proposé permet de voir l'implémentation des TM sous un angle plus large que les outils développés dans les recherches précédentes qui ont abordé la question sous les angles technologique et procédural, et permet de rajouter les variables du contexte organisationnel dans l'équation. Il a été humblement proposé par l'auteur en réponse un vide existant dans la littérature existante et pour mieux illustrer et synthétiser les apprentissages du projet. D'une autre part, ce même cadre représente aussi une adaptation des variables issues de la recherche d'Okumus (2001) à laquelle nous rajoutons ici une nouvelle dimension qui est issue du contexte unique de l'industrie de la construction.

Les niveaux de maturité d'utilisation des TM quant à eux sont proposés pour compléter les outils précédents développés par Frenette (2015) et Pouteau (2016) et afin de répondre à la nécessité des industriels de disposer d'un référentiel plus complet permettant de mesurer l'efficacité avec laquelle les TM sont utilisées. Les variables suggérées pour la maturité organisationnelle quant à elles constituent une première production et doivent encore évoluer vers une matrice organisationnelle.

Le référentiel de maturité qui a été présenté dans ce chapitre est complémentaire au cadre d'implémentation dans la mesure où il constitue un outil qui aide les organisations à évaluer les implémentations auxquelles elles procèdent et qui leur permet d'instaurer l'amélioration continue.

CONCLUSION

Ce mémoire a eu pour objectif principal l'exploration du processus menant à l'introduction des TM au dans les organisations. Il s'inscrit donc dans la continuité des travaux précédents du GRIDD et en particulier ceux menés par Frenette (2015) et de Pouteau (2016) qui ont abordé chacun la question de l'adoption des TM dans l'industrie sous un angle différent ; les premiers ayant investigué l'adoption des TM dans l'industrie québécoise et produit par la suite un cadre d'opération pour les environnements virtuels intégrés, et les deuxièmes ayant produit un guide pour accompagner les organisations dans leur choix d'outil mobile à implémenter. Ce mémoire propose donc une réflexion préliminaire sur la question de l'implémentation des outils mobiles et se positionne comme étant la suite logique des travaux précédents menés sur les TM au sein du GRIDD.

En effet, la revue de littérature de ce mémoire a permis d'identifier un vide autour de la question de l'implémentation des TM dans l'environnement organisationnel des entreprises de construction. Bien qu'il existe beaucoup de recherches portant sur des questions connexes comme l'implémentation des SI dans les organisations, il reste que ces recherches ne sont pas adaptées à l'environnement spécifique de l'industrie de la construction. De plus, la particularité des TM réside dans le fait que ces systèmes doivent constituer un pont entre l'environnement de bureau et l'environnement de chantier, ce qui les amène à être intégrés auprès d'intervenants multiples ayant des pratiques très différentes, et dans un cadre pluridisciplinaire.

L'absence de travaux antérieurs menés sur cette thématique particulière a nécessité donc l'adoption d'une recherche exploratoire. Pour investiguer le phénomène de l'implémentation, une étude de cas exploratoire a été menée auprès d'une entreprise de construction et il a été procédé à son accompagnement dans ses démarches d'implémentation à savoir le choix d'outil technologique, les essais et l'intégration des pratiques. Ce projet a constitué ainsi une

source de données précieuse ainsi qu'un terrain d'expérimentation qui a servi à la génération des apprentissages de recherche.

Les propositions qui ont été humblement suggérées par l'auteur à la fin de ce mémoire représentent un cadre pour l'implémentation des TM, explicitant les différentes variables impliquées dans le processus d'implémentation et qui influent sur ses résultats. Ce cadre synthétise les apprentissages de recherche et permet de suggérer des dynamiques qui interviennent dans l'implémentation des TM dans les organisations. Plus concrètement, il permet aux organisations de mieux illustrer les enjeux de ces introductions technologiques sur leur environnement et de mieux anticiper les facteurs qui peuvent avoir une influence positive ou négative sur les résultats de l'introduction des TM, et ainsi les maîtriser.

En effet, ce qui est souvent observé sur le terrain est que l'utilisation des outils technologiques a rarement lieu dans un cadre d'utilisation parfait et qu'il y a toujours un décalage entre l'utilisation prévue par les concepteurs des outils et celle observée sur terrain. Plusieurs facteurs dans la construction d'une part et la nature collaborative des processus d'autre part font qu'il est difficile d'atteindre ce cadre d'utilisation idéal. De plus, comme il a été discuté dans ce mémoire la transformation organisationnelle induite par les TM peut s'apparenter à une transformation révolutionnaire et il convient le plus souvent que plusieurs étapes sont nécessaires pour atteindre le niveau de fonctionnement optimal. De ce fait, il est nécessaire d'accompagner l'implémentation dans l'organisation et de l'évaluer en permanence et réitérer la stratégie d'intervention en conséquence.

La recherche menée a permis d'investiguer certains aspects liés à la maturité d'utilisation des TM, ce qui nous a permis de suggérer des facteurs pour la maturité des TM. Ensuite, ces facteurs ont été synthétisés dans une proposition spontanée de l'auteur qui a consisté en un outil de maturité dont l'objectif est de compléter la première proposition de cadre d'implémentation. Cet outil de maturité définit 6 niveaux de maturité dans l'utilisation des TM et constitue un référentiel préliminaire qui permet l'évaluation de l'implémentation d'une part et qui permet de fixer des objectifs pour améliorer la maturité dans l'utilisation des

TM d'autre part. Ce processus d'évaluation et d'amélioration permet également aux organisations d'instaurer ainsi cycle d'évaluation et d'amélioration continue des pratiques.

De ce fait, ce mémoire s'inscrit dans la continuité des travaux précédents d'une part et contribue à la littérature à travers les apprentissages qui ont été dégagés de l'exploration d'une autre part. Cependant, la nature exploratoire de la recherche menée fait qu'une application des propositions à une plus grande échelle est nécessaire pour permettre leur validation ou leur amendement. En effet il s'agit d'une première production de recherche, et il se pourrait que les variables définies dans le contexte de cette recherche ne s'appliquent au contexte d'une autre organisation ou à un contexte autre que celui de l'industrie Québécoise. Il conviendrait donc de réitérer cette recherche auprès d'autres organisations et dans des contextes différents afin d'être en mesure de dégager des conclusions plus génériques.

Par ailleurs, l'outil de maturité qui a été produit a été construit à partir des observations issues de la recherche. Il conviendrait d'appliquer la même stratégie à d'autres contextes et de modéliser donc d'autres processus selon les niveaux de maturité d'utilisation qui ont été définis dans ce mémoire. De plus, cette recherche préliminaire sur la question de la maturité n'a pas encore exploré le volet de la maturité organisationnelle. D'ailleurs l'une des prescriptions de ce mémoire est de continuer la recherche dans ce volet particulier est de construire une matrice pour l'évaluation de la maturité organisationnelle en TM à l'instar des différents modèles qui existent pour la maturité organisationnelle du BIM.

Ce mémoire suggère donc que l'implémentation des TM dans les organisations est encore un terrain peu connu et qu'il convient de mener des recherches supplémentaires à ce sujet. Il apporte des apprentissages primaires qui permettent d'éclaircir les facteurs intervenant dans ce processus, et qui permet aussi d'aider les organisations dans leurs démarches d'adoption des TM.

RECOMMANDATIONS

En conclusion de ce mémoire, nos recommandations sont les suivantes :

- validation du cadre d'implémentation proposé;
- application de l'outil de maturité à d'autres processus et modélisation des niveaux d'utilisation possibles pour les TM;
- l'élaboration d'une matrice de maturité organisationnelle pour les TM;
- conception d'un référentiel pour la gestion de l'expertise liée aux nouvelles technologies dans les organisations.

ANNEXE I

PROTOCOLE DE COLLECTE DES DONNÉES DES ORDINATEURS DE CHANTIER

Les données d'utilisation de l'ordinateur de chantier qui a été utilisé sur le site d'intervention n°2 ont été collectées et mesurées. Le protocole ci-dessous détaille les spécificités techniques de cette collecte de données.

Objectifs : L'objectif de la collecte des données sur les machines est de mesurer de manière quantitative l'utilisation réelle des ordinateurs de chantier, à la différence des entrevues qui serviront à mesurer qualitativement l'utilisation telle qu'elle est perçue par les utilisateurs. Le but de ces mesures, est de mieux comprendre l'utilisation que les usagers vont faire des ordinateurs de chantier.

Système de collecte : Les données seront collectées en utilisant le logiciel. SSPro 2016 (System Surveillance Pro 2016). Il s'agit d'un logiciel de surveillance de l'activité d'ordinateur.

Critères d'éligibilité : Seront enregistrées toutes les activités ayant eu lieu sur l'ordinateur de chantier. Toute activité se produisant en dehors des applications ciblées ne sera pas enregistrée. Les applications ciblées sont :

- a) navigateur Web;
- b) navigateur de fichiers;
- c) applications de gestion de la construction;
- d) applications bureautique (Suite Ms Office ou similaire);
- e) applications permettant de consulter les documents de construction (DWG, NWF, PDF...) ou modèles 3D.

Type de données récoltées : Captures d'écran en format *.jpeg.

Durée de la collecte : Les données seront collectées pendant toute la durée de l'intervention sur chantier.

Fréquence de collecte : L'outil sera programmé pour générer des captures d'écran espacées de 1 minute, à partir du moment où une activité est détectée sur la machine. A partir du moment où l'activité s'arrête l'ordinateur cessera de capturer l'information. Le seuil défini pour l'arrêt de la capture de données est de 1 minute.

Gestion des données : La structure de nommage interne du logiciel sera conservée. Le format est le suivant JMAAAHHMMSS.jpg. (J= Jour ; M=Mois ; AAAA=Année ; HH=Heure ; MM=Minutes ; SS=Secondes)

Pour les captures d'écran, un dossier sera créé par journée d'utilisation et contiendra toutes les captures d'écran prises pendant la date. Les données seront automatiquement sauvegardées dans un service infonuagique. Un compte sera créé et voué exclusivement à cet effet : Les données pourront être accessibles à distance par l'équipe de recherche. Les données seront sauvegardées dans un répertoire de travail en dehors du service infonuagique.

Stratégie d'analyse : Les captures d'écran : Le tri des fichiers *.jpg sera fait manuellement. Les captures d'écran seront classées et dénombrées en fonction des paramètres suivants :

- Fonction (Navigation interface / Consultation de plan / Annotation de plan...)
- Usage (Application de construction / Utilisation générale Windows / Usage récréatif / Recherche internet / Courriel ...)

A partir des captures d'écran nous pourrions quantifier l'utilisation et mieux comprendre l'utilisation pour chacune des applications utilisées. Ce résultat sera confronté aux choix stratégiques et de l'analyse des besoins effectuée en amont.

ANNEXE II

QUESTIONNAIRE D'ENTREVUE POUR CHARGÉ DE PROJET

Durée : 70 minutes.

Phase du projet : Évaluation de la situation du partenaire industriel.

Objectifs : Évaluer la situation actuelle de la chaîne d'information chez le partenaire industriel et approfondir la compréhension des besoins liés à l'information sur chantier.

Présentation : Présentation brève du projet des TM et de l'étudiant chercheur, signature du formulaire de consentement.

Période de discussion :

Les ordres de changement :

- a) quels sont les points névralgiques de la gestion des ordres de changement ?
- b) quelles sont les pistes d'amélioration ?

La résolution des conflits de chantier :

- c) quel est le pourcentage de conflits dans un chantier qui est du à de la mauvaise information tel que détails manquants, des plans pas à jour, ou des erreur sur les plans... ?
- d) quels sont les points à régler en priorité pour réduire les conflits ?

Le suivi des déficiences et la gestion des QRT :

- e) quelle est l'outil / méthode actuelle avec laquelle vous faites la gestion des déficiences ?

- f) est-ce que la méthode / outil permet de gérer efficacement toutes les déficiences ?
- g) est-ce qu'il y a un type de déficiences en particulier qui est plus difficilement gérable que le reste ?
- h) quels sont les points névralgiques dans la gestion des déficiences qui mériteraient une attention particulière ?
- i) quelles sont les mesures prioritaires que l'on doit prendre si on veut améliorer le processus actuel des QRT ?

L'accès à l'information :

- j) quelles sont les informations essentielles dont vous avez besoin quand vous faites une visite de chantier ?
- k) quels seraient les points névralgiques qui devraient être automatisés et pris en charge par les TM en priorité ? (classer selon l'importance)

- Les QRT
- La gestion du changement (ordres de changement, directives...)
- Les dessins d'atelier
- L'accès rapide aux plans (dernière version à jour)
- Les rapports journaliers
- Les déficiences
- Autres

- l) quelles sont les choses qu'on pourrait améliorer dans le processus du rapport journalier tel qu'il est aujourd'hui ? Est-ce qu'il y a des informations qu'on devrait rajouter au rapport journalier ?

L'implémentation des TM :

- m) quelle est la condition que vous jugez nécessaire pour qu'une implantation de TM soit réussie dans votre travail de chargé de projet ? dans le travail des surintendants ? et dans le travail des adjoints de projet ?

ANNEXE III

QUESTIONNAIRE D'ENTREVUE POUR ADJOINT(E) TECHNIQUE DE PROJET

Durée : 60 minutes

Phase du projet : Évaluation de la situation du partenaire industriel

Objectifs : Évaluer la situation actuelle de la chaîne d'information chez le partenaire industriel et approfondir la compréhension des besoins liés à l'information sur chantier

Présentation : Présentation brève du projet des TM et de l'étudiant chercheur, signature du formulaire de consentement.

Période de discussion :

La gestion des plans et devis :

- a) comment faites-vous la gestion des plans et devis ?
- b) comment vous assurez vous que les plans utilisés au chantier sont les derniers plans à jour ?
- c) comment peut-on améliorer la gestion des plans et devis ?

L'organisation du classement :

- d) jusqu'à quelle mesure il arrive que des documents soient difficilement trouvables par les personnes concernées ?

L'assistance au chargé de projet :

- e) pouvez-vous décrire rapidement vos responsabilités dans l'assistance au chargé de projet ? (*confirmer rôles et responsabilités*)

La gestion et le contrôle des dessins d'atelier :

- f) qu'est ce qui vous prend le plus de temps dans votre tâche de gestion et contrôle des dessins d'atelier ?
- g) qu'est ce qui devrait être automatisé en priorité pour accélérer ce processus ?

La gestion et le contrôle des changements et des directives des professionnels :

- h) quel est votre rôle au niveau de la gestion des changements ?
- i) dans le cas d'un ordre de changement venant du client ou du à une condition de chantier, qu'est ce qui prend le plus de temps ?
- j) lesquelles de ces tâches devrait être automatisées en priorité pour fluidifier ce processus ? *Identifier les tâches qu'on peut facilement améliorer*

La gestion et la coordination des listes de déficiences :

- k) quels sont les outils et moyens que vous utilisez pour la gestion et la coordination des listes de déficiences ?
- l) dans quelle mesure les listes de déficiences sont mises à jour ?
- m) dans quelle mesure les listes mises à jour sont communiquées aux intervenants concernés ?
- n) quelles sont les pistes d'amélioration pour que la gestion des déficiences soit plus efficace ?

Les technologies de l'information :

- o) quelle est la condition que vous jugez nécessaire pour que les nouvelles technologies soient bien intégrées dans vos pratiques de travail ?

ANNEXE IV

QUESTIONNAIRE D'ENTREVUE POUR SURINTENDANT

Durée : 60 minutes

Phase du projet : Évaluation de la situation du partenaire industriel

Objectifs : évaluer la situation actuelle sur chantier, et approfondir la compréhension des besoins liés à l'information sur chantier

Présentation : Présentation brève du projet des TM et de l'étudiant chercheur, signature du formulaire de consentement.

Période de discussion :

L'accès à l'information sur les chantiers :

- a) une journée de travail type ressemble à quoi ? Quelles sont les tâches que vous avez à faire ? (donner un pourcentage en fonction de l'importance de chacune des tâches)
- b) combien de fois par jour en moyenne êtes vous obligé de retourner à la roulotte pour consulter un plan ou un devis ?
- c) quelles sont les informations cruciales pour votre travail sur chantier de construction ? *Les choses dont vous avez le plus besoin ?*
- d) parmi celles-ci quelles sont les informations qui sont souvent inaccessibles en cas de besoin ?
- e) si on devait implémenter un outil technologique pour vous aider dans votre travail, vous voudriez que les technologies vous aident pour quoi ? Définir les priorités. (*Rapport journalier ? QRT ? Déficiences ? s'assurer d'avoir les bons plans ? ... etc.*)

Les rapports journaliers :

- f) si une quelconque application de gestion est utilisée : Est-ce que la transition vers l'application a été facile ? Jusqu'à quelle mesure cette application a été bénéfique pour vous ? et approximativement : Combien de temps mettiez-vous avant pour faire votre rapport ? Et combien vous en mettez aujourd'hui ?
- g) si aucune application n'est utilisée : Comment vous faites le rapport journalier ? formulaire papier ? MS word ?... Ça vous prendre combien de temps en moyenne pour faire votre rapport journalier ?
- h) au final, quel serait le meilleur moyen de faire un rapport journalier pour vous ?

Le suivi des déficiences et la gestion des QRT :

- i) en cas de déficience de la part d'un sous-traitant, comment procédez-vous ?
- j) comment faites vous pour votre suivi des déficiences sur le chantier ?
- k) au cas où un sous-traitant aurait besoin d'une information supplémentaire (QRT) combien ça peut prendre en moyenne pour que la QRT fasse le va-et-vient et qu'il obtienne les clarifications requises ?

La résolution des conflits ou des désaccords sur chantier :

- l) quel est le pourcentage de conflits dans un chantier qui est du à de la mauvaise information ? (détails manquants, plans pas à jour, erreur sur les plans... etc.)
- m) pouvez vous me décrire une situation type d'un conflit de chantier qui est du à de la mauvaise information ?

Les Technologies Mobiles :

- n) quelle est la condition que vous jugez nécessaire pour qu'une implantation de Technologies Mobiles soit réussie dans le travail des surintendants ?

ANNEXE V

PROTOCOLE DE CODAGE DES ENTREVUES

Deux types de codage ont été effectués :

- codage audio : codage des verbatims d'entrevue;
- codage texte : codage des transcriptions texte des entrevues.

Bien que les entrevues ont été dirigées par des questionnaires ciblés et que la discussion n'a pas été libre il n'est pas rare qu'une question sur une problématique donnée aboutisse à une réponse sur problématique connexe. L'objectif de ce codage par thématique est de mesurer le poids réel de chacune des problématiques abordées dans les entrevues. Les entrevues ont donc été codées sur le logiciel Nvivo 10 en fonction des thématiques discutées dans les entrevues, et qui se sont les suivantes :

- accessibilité de l'information;
- dessins d'atelier;
- gestion des déficiences;
- gestion des QRT;
- gestion documentaire;
- gestion des changements (modifications dans le projet);
- implémentation des TM;
- rapports journaliers de chantier;
- résolution des conflits;
- rôles et responsabilités.

Le codage a servi à dresser les tableaux détaillés qui sont présentés dans l'ANNEXE VI et l'ANNEXE VII.

ANNEXE VI

DURÉES DE COUVERTURES DES THÉMATIQUES (CODAGE AUDIO DES ENTREVUES)

Les thématiques ayant mobilisé le plus de temps de parole des intervenants sont : (1) La gestion du changement ; (2) La gestion des déficiences ; (3) L'accès à l'information ; et (4) L'implémentation des TM. Les thématiques ayant la plus haute couverture moyenne par entrevues sont : (1) La gestion documentaire ; (2) Les dessins d'atelier ; (3) L'accès à l'information ; et (4) La gestion du changement.

Le tableau suivant présente la durée en minutes (mm:ss) de couverture de chacune des thématiques discutées dans les entrevues. Cette durée a été calculée à partir du codage audio sur le logiciel Nvivo 10.

Tableau-A VI-1 Durée de couverture des thématiques (codage audio)

Entrevue	Profil *	Thématiques discutées / Couverture en mm:ss									
		Accès à l'information	Dessins d'atelier	Gestion des déficiences	Gestion des QRT	Gestion documentaire	Gestion du changement	Implémentation des TM	Rapports Journaliers	Conflits de chantier	Rôles et responsabilités des adjoints techniques
1	CP	08:25		07:36	06:38		05:08	09:39	03:53	04:03	
2	CP	07:38		04:42	04:58		04:36	03:33	01:57	03:37	
3	AT		09:08	02:58		06:30	05:24	03:10			01:49
4	CP	05:20		11:17	07:41		05:22	08:11	03:03	04:37	01:57
5	AT		06:15	07:41		04:24	06:08	02:42			01:14
6	CP/S	04:15		03:35	01:35		04:46	08:04	01:12	05:23	
7	AT		14:11	10:27		19:57	21:35	02:56			01:21
8	CP	06:48		04:50	04:58		05:15	07:39	04:39	05:14	
9	S	15:25			02:47			03:56	02:21		
10	CP	06:46		06:04	04:30		07:44	03:22	04:12	06:10	
Couverture Totale par thématique (mm:ss)		54:37	29:35	59:10	33:06	30:51	01:05:58	53:13	21:16	29:04	06:21
Nombre d'entrevues		7	3	9	7	3	9	10	7	6	4
Couverture moyenne par entrevue (mm:ss)		07:48	09:52	06:34	04:44	10:17	07:20	05:19	03:02	04:51	01:35

CP : Chargé(e) de Projet

AT : Adjoint(e) Technique de Projet

S : Surintendant

ANNEXE VII

POURCENTAGE DE COUVERTURES DES THÉMATIQUES (CODAGE TEXTE DES ENTREVUES)

Le second tableau présente le pourcentage de couverture des thématiques dans chaque entrevue. Ce pourcentage a été calculé à partir du texte transcrit.

Tableau-A VII-1 Pourcentage de couverture des thématiques

Entrevue	Profil	Accès à l'information	Dessins d'atelier	Gestion des déficiences	Gestion des QRT	Gestion documentaire	Gestion du changement	Implémentation des TM	Rapports Journaliers	Conflits de chantier	Rôles et responsabilités des adjoints techniques
1	CP	12%		21%	15%		14%	23%	10%	6%	
2	CP	18%		19%	16%		18%	13%	7%	10%	
3	AT		35%	10%		21%	21%	8%			5%
4	CP	9%		28%	17%		13%	14%	3%	11%	5%
5	AT		25%	25%		14%	26%	7%			3%
6	CP/S	12%		15%	6%		16%	26%	4%	20%	
7	AT		21%	14%		28%	32%	3%			2%
8	CP	12%		13%	14%		15%	21%	13%	12%	
9	S	61%		3%	11%			16%	9%		
10	CP	16%		18%	13%		14%	10%	13%	16%	

CP : Chargé(e) de Projet

AT : Adjoint(e) Technique de Projet

S : Surintendant

ANNEXE VIII

TABLEAU DES TERMES LES PLUS RÉCURRENTS DANS LES ENTREVUES

Le tableau suivant présente les 60 mots les plus récurrents dans les entrevues, toutes thématiques confondues, et indépendamment du profil de l'intervenant. Les mots similaires ont été groupés.

Tableau-A VIII-1 Les termes les plus récurrents dans les entrevues

#	Mot	Nombre	Pourcentage pondéré (%)
1	Projet, projets	720	1,19
2	Plans, plan	524	0,87
3	Chantier, chantiers	400	0,67
4	Changement, changements	364	0,6
5	Déficiencia, déficiencias,	360	0,6
6	Professionnel, professionnels	328	0,54
7	QRT	322	0,53
8	Gestion, gérance, gérer	304	0,5
9	Temps	270	0,44
10	Information, informations, l'information, d'information	270	0,45
11	Sous-traitant, sous-traitants	248	0,41
12	Liste, listes	234	0,39
13	Travail, travaux	216	0,36
14	Problème, problématique, problèmes, problématiques	216	0,37
15	Surintendant, surintendants	198	0,33
16	Chargé	182	0,3
17	Adjointe, adjointes	174	0,3
18	Rapide, rapidement	168	0,28

Tableau-A VIII-1 Les termes les plus récurrents dans les entrevues (suite)

#	Mot	Nombre	Pourcentage pondéré (%)
19	Jours, journées	166	0,27
20	Émis, émission, émise, émises	164	0,27
21	Fin, fini, finalement	164	0,27
22	Dépend, dépendant	160	0,26
23	Améliorer, améliorées, amélioration, améliorations, amélioré, améliorés	160	0,26
24	Architecture, architecte, architectes	160	0,27
25	Rapport, rapports	158	0,26
26	Directive, directives	148	0,25
27	Photo, photos	144	0,24
28	Suivi	136	0,23
29	Question, questions	132	0,22
30	Thème	130	0,22
31	Demande, demandes, demander	130	0,22
32	Priorité, prioritaire, prioritaires, priorités	130	0,22
33	Prix	126	0,21
34	Difficile, difficilement	126	0,21
35	Entrepreneur, entrepreneurs	120	0,19
36	Dessin d'atelier, dessins d'atelier	118	0,2
37	Besoin, besoins	112	0,19
38	Actuel, actuellement, actuels, actuelle	110	0,18
39	Point, points	106	0,18
40	Document, documents	104	0,17
41	Important, importe, n'importe, importance, importante	104	0,17
42	Long	102	0,17

Tableau-A VIII-1 Les termes les plus récurrents dans les entrevues (suite)

#	Mot	Nombre	Pourcentage pondéré (%)
43	Transmission, transmettre, transmet	100	0,17
44	Approbation, approuvé	98	0,17
45	Accès	96	0,16
46	Processus	92	0,15
47	Système	92	0,15
48	Devis	90	0,15
49	Coordination, coordinatrice	90	0,15
50	Vite	88	0,15
51	Conflit, conflits	84	0,14
52	Niveau	80	0,13
53	Condition, conditions	80	0,14
54	Construction	78	0,13
55	Courriel, courriels	78	0,13
56	Super	76	0,13
57	Capable, capables	76	0,13
58	Client	74	0,12
59	Gens	72	0,12
60	Excel	70	0,12

NB : Les mots généraux de la langue française tels que les prépositions, les mots outils, les pronoms, et les mots de liaison, ainsi que le vocabulaire généraliste n'ayant pas un lien avec les problématiques abordées dans les entrevues, ont été exclus du tableau.

ANNEXE IX

DESCRIPTION DU SITE D'INTERVENTION N° 1

Le premier site d'intervention est un projet d'environ 100 millions de dollar, ou notre partenaire industriel opère en tant que gestionnaire de construction. Le projet est un immeuble à usage mixte (commercial et bureaux) à 18 niveaux (dont 5 sous-sols), et dispose d'une surface d'environ 300 000 pieds carrés.

La phase de conception du projet avait démarré en Novembre 2014, et la phase d'appel d'offres pour le mandat de gérance a eu lieu entre Mars 2015 et Septembre 2015. Suite à cette phase le chantier avait démarré, soit 9 mois avant le début de l'expérimentation avec les TM. Lors du début de l'expérimentation les travaux d'excavation étaient terminés, et les activités pilotes ont eu lieu pendant que la phase de bétonnage des sous-sols était en cours. Le tableau ci-dessous dresse un portrait du déroulement de l'implémentation

Tableau-A IX-1 Étapes de l'intervention sur le site n°1

Phase	Activités	Date
Préparation	Personnalisation de l'interface et préparation de l'intervention	Du 2016-06-13 au 2016-06-26
	Formation de l'équipe (3 heures)	2016-06-27
	Kick-off du projet	2016-06-28
Test	Expérimentation sur chantier	Du 2016-06-28 au 2016-09-12
	Réunion de suivi 1 (1,5 h)	2016-07-19
	Réunion de suivi 2 (1 h)	2016-08-26
Implémentation	Transition du projet test vers le projet réel	Du 2016-09-13 au 2016-09-23
	Formation en administration du cloud et gestion documentaire	2016-09-12
Exploitation	Exploitation	Depuis le 2016-09-26
	Réunion de suivi 3 (1.5 h)	2016-10-14

Outre les réunions de suivi citées dans le tableau ci-haut, un suivi permanent à été assuré par l'étudiant chercheur. Les moyens mis en œuvre pour ce suivi sont :

- présence permanente en entreprise (bureaux et chantiers inclus);
- rôle d'intermédiaire avec le fournisseur pour les questions techniques;
- gestion de la plateforme pendant la phase de test;
- support des équipes pendant les phases d'implémentation et d'exploitation.

La solution logicielle implémentée est une application mobile destinée à la productivité, et incorporant des fonctionnalités tel que l'accès aux plans sur tablette, l'annotation de plans, et possède des outils avancés pour l'assurance et le contrôle qualité (Checklists de contrôle qualité, suivi des déficiences, mise en service...). La solution est composée de : (i) un portail web permettant l'administration et la gestion, et (ii) une application mobile destinée au chantier. Trois tablettes de chantier ont été confiées aux intervenants suivants :

- surintendant;
- directeur de projet;
- ingénieur de chantier / adjoint technique.

Les fonctions mobiles qui ont été implémentées sur ce site sont les suivantes :

- consultation des plans sur tablette;
- prise de photos sur chantier;
- accès aux courriels (hors application);
- gestion des déficiences (Contrôle et assurance qualité).

ANNEXE X

DESCRIPTION DU SITE D'INTERVENTION N° 2

Le deuxième site d'intervention est un projet de reconversion d'un ancien bâtiment industriel en locaux de bureaux ou notre partenaire industrie a été mandaté par un client privé en tant qu'entrepreneur pour le projet. Le projet est un bâtiment à usage de bureaux de 5 niveaux (dont 1 sous-sol) et dispose d'une surface totale de 20 000 pieds carrés.

Le chantier a démarré en Juillet 2016, pour une durée initiale de 3 mois. L'échéancier du projet est donc compressé (*fast-track*), et lors du début des travaux, les plans et devis ne sont pas complétés. La durée finale des travaux a été de 5 mois. L'intervention a été échelonnée comme suit :

- phase d'intégration : du 2016-07-11 au 2016-07-23
- phase d'exploitation : du 2016-08-08 au 2016-12-18

Un suivi ponctuel à été assuré par l'étudiant chercheur. Les moyens mis en œuvre pour ce suivi sont :

- relevé des données d'utilisation;
- suivi mensuel avec le chargé de projet;
- support pour l'utilisation et optimisation de la solution.

Sur ce site d'intervention, le partenaire industriel n'a pas utilisé de solution de gestion intégrée. La solution utilisée est une solution logicielle maison programmée à l'interne constituée d'un programme Ms Excel (utilisation de macros et programmation en langage Basic) pour la gestion des mises à jour de plan. Ce programme Excel a été compilé à un

service infonuagique pour centraliser les documents du projet. Les outils logiciels suivants ont été utilisés :

- le service infonuagique pour centraliser les données du projet;
- un système de gestion de listes de plans programmé sur Excel;
- les outils d'édition et d'annotation de PDF et d'image;
- la suite Microsoft pour les rapports de chantier et les listes de plans;
- les outils d'édition d'image et de capture d'écran;
- une application d'annotation de photo sur tablette.

Un kiosque à informations (i-booth) a été installé à l'entrée du chantier dans la salle polyvalente. Le kiosque d'information était en accès libre et un utilisateur invité en accès libre a été configuré. Une tablette avec un accès à l'application infonuagique a également été utilisée par le chargé de projet sur le chantier à partir du 3^{ème} mois d'exploitation. Elle a servi pour les fonctionnalités suivantes :

- consultation des plans et autres documents de projet;
- prise de photos sur chantier;
- accès aux courriels (hors application);
- annotation d'extraits de plans et de photos.

ANNEXE XI

DESCRIPTION DU SITE D'INTERVENTION N° 3

Le troisième site d'intervention est un projet industriel ou notre partenaire a été en tant qu'entrepreneur. Le projet consiste en des locaux techniques et administratifs, et dispose d'une surface d'environ 160 000 pieds carrés. Le chantier a démarré en Septembre 2016. Les TM ont donc été implémentés sur ce projet avec le début des travaux. Ce projet, contrairement au projet pilote n°1 n'est pas passé par une phase de test. La volonté du partenaire industriel était d'aboutir à une opérationnalisation plus rapide pour les TM. Le tableau ci-dessous dresse un portrait des étapes et jalons du projet pilote :

Tableau-A XI-1 Étapes de l'intervention sur le site n°3

Phase	Activités	Date
Préparation	Personnalisation de l'interface et préparation de l'intervention	Du 2016-08-15 au 2016-09-12
	Formations individuelles de l'équipe (capsules vidéo prédéfinies)	Du 2016-08-15 au 2016-09-12
	Kick-off du projet	2016-09-13
Intégration	Optimisation	Du 2016-09-13 au 2016-09-23
	Administration plateforme	Depuis le 2016-09-13
Exploitation	Exploitation	Depuis le 2016-09-26
	Réunion de suivi sur chantier	2016-10-05

Outre les réunions de suivi ponctuelles, un suivi permanent à été assuré par l'étudiant chercheur. Les moyens mis en œuvre pour ce suivi sont :

- présence permanente en entreprise;
- rôle d'intermédiaire avec le fournisseur pour les questions techniques;

- suivi de l'implémentation avec le fournisseur;
- gestion de la plateforme pendant la phase d'intégration;
- support des équipes pour l'exploitation de la plateforme.

La solution logicielle implémentée est une application de gestion intégrée de projet. Elle possède les fonctionnalités suivantes (liste non exhaustive) :

- gestion des soumissions;
- gestion des QRT;
- gestion des plans et devis et des mises à jour;
- gestion des dessins d'atelier;
- administration des contrats;
- gestion budgétaire;
- gestion des déficiences.

La solution est composée de : (i) un portail web permettant l'administration et la gestion, et (ii) une application mobile destinée au chantier. Deux tablettes de chantier de type iPad ont été confiées à un surintendant et à un chargé de projet. Les TM n'ont pas été implémentés sur ce projet pour l'intégralité des fonctions offertes par l'application. Seules les fonctions suivantes ont été implémentées :

- consultation des plans sur tablette;
- prise de photos sur chantier;
- accès aux courriels (hors application);
- gestion des QRT (Question-Réponses Techniques);
- rapports Journaliers de chantier et observations de chantier;
- génération de courbes de main d'œuvre.

ANNEXE XII

ATELIER DE CONSOLIDATION DES BÉNÉFICES DE L'INTERVENTION SUR LE SITE 3

L'atelier a sondé la perception des intervenants sur les bénéfices qui ont été réalisés avec l'utilisation des TM sur le site d'intervention n°3. Il leur a été demandé d'estimer le temps qu'ils mettaient pour effectuer leurs tâches de chantier avant l'introduction de l'application mobile et le temps qu'ils mettaient après, dans le but d'estimer le gain de temps. Il leur a été également demandé d'estimer les bénéfices qualitatifs et non quantifiables. Le tableau suivant a été rempli avec les intervenants du projet pendant l'atelier.

Tableau-A XII-1 Gains perçus par l'équipe du projet pour chaque processus

Fonction considérée	Temps estimé avant	Temps estimé après	Gain de temps perçu	Autres bénéfices non quantifiables perçus par les utilisateurs
Visualiser un plan sur chantier	15 min	2 min	13 min	- Diminution des allers retours vers la roulotte de chantier
Visualiser une section de devis sur chantier	30 min	5 min	25 min	- Diminution des allers retours vers la roulotte de chantier
Émettre une QRT	5 min + temps de l'adjointe	5 min	Ne peut pas être estimé	- Autonomie du surintendant (les QRT sont saisies et envoyées directement depuis la tablette) - Allègement des charges et tâches des adjointes de projet - Réponse du professionnel intégrée automatiquement à la plateforme - Processus de suivi automatisé
Faire une observation à un sous-traitant (avec back-charge)	20 min	5 min	15 min	- L'utilisation de la tablette au chantier a un effet stimulant sur les sous-traitants au niveau de la qualité

Tableau-A XII-1 Gains perçus par l'équipe du projet pour chaque processus (suite)

Fonction considérée	Temps estimé avant	Temps estimé après	Gain de temps perçu	Autres bénéfices non quantifiables perçus par les utilisateurs
Rapport Journalier	- Pas de gain de temps			<ul style="list-style-type: none"> - Rapport de meilleure qualité - Rapport saisi sur le champ (exactitude de l'information, par rapport au cas traditionnel ou le rapport était rempli en fin de journée)
Accès aux documents de projet (divers)	- Pas de gain de temps			<ul style="list-style-type: none"> - Toute l'information est centralisée dans une seule interface - Accès à l'information plus rapide
Tracer la courbe mensuelle de la main d'œuvre de chantier	2 h	0	2 h	<ul style="list-style-type: none"> - L'extraction des données est automatisée et instantanée - Pas de risque d'erreur dans l'extraction des données comparé au rapport papier (chiffres manuscrits à la main)
Échéancier	<ul style="list-style-type: none"> - Bénéfice constaté par l'équipe - Impossibilité de quantifier le gain 			<ul style="list-style-type: none"> - Une meilleure disponibilité de l'échéancier - Toute information complémentaire peut être saisie directement au chantier
Suivi des déficiences	<ul style="list-style-type: none"> - Bénéfice constaté par l'équipe. - Impossibilité de quantifier le gain 			<ul style="list-style-type: none"> - Rapidité et efficacité pour faire une observation de chantier et l'envoyer à un sous-traitant - Notifications au responsable et suivi automatisés - Déficiences notées sur le champ (il y a exactitude de l'information, par rapport au cas traditionnel ou les déficiences étaient compilées et envoyées une fois de retour au bureau)
Minutes de réunion	<ul style="list-style-type: none"> - Bénéfice constaté par l'équipe. - Impossibilité de quantifier le gain 			<ul style="list-style-type: none"> - Toute l'information des minutes de réunion est plus accessible - La facilité avec laquelle sont créés les minutes de réunion dans l'interface amène à une meilleure documentation de ces dernières - Possibilité de suivi automatisé des points discutés en réunion - Possibilité de convertir les points de minutes en tâches pour l'équipe du projet, avec rappels et notifications

L'atelier a sondé par la suite le gain de temps hebdomadaire. Il a été demandé aux intervenants de projet d'estimer le nombre d'occurrences pendant lesquelles les contextes ou un gain de temps avait lieu. Le tableau suivant a été rempli avec les intervenants du projet et il fait état des résultats de cette étape.

Tableau-A XII-2 Gain de temps hebdomadaire perçu par l'équipe

Événement	Occurrence		Gain de temps perçu à chaque occurrence	Projection du gain sur une semaine
	Minimum et maximum	Nombre retenu		
Retourner à la roulotte de chantier pour consulter un plan	2 à 3 fois par jour, peut aller jusqu'à 10.	5	13 minutes	5,5 h / semaine
Retourner à la roulotte de chantier pour consulter une section de devis	1 fois par jour. Peut monter à 5 occasionnellement	1,5	25 minutes	3,12 h / semaine
Faire une observation (défiance impliquant un back-charge)	de 2 à 3 fois par jour	2,5	15 minutes	3,12 h / semaine <i>(non applicable à toutes les phases)</i>
Courbe mensuelle de main d'œuvre	1 fois toutes les 4 semaines		2h	0,5 h / semaine
Gain de temps hebdomadaire estimé pour un surintendant				entre 9,1h et 12,2h par semaine

ANNEXE XIII

LES DIFFÉRENTS NIVEAUX D'UTILISATION OBSERVÉS POUR LE PROCESSUS DE GESTION DES DÉFICIENCES

Le tableau ci-dessous détaille 4 niveaux d'utilisation possibles pour le processus de gestion de déficiences moyennant un même outil. Ces descriptions proviennent du site d'intervention n°1. Les niveaux 1 et 2 ont été observés dans le site d'intervention n°2, tandis que les niveaux 3 et 4 ont été seulement envisagés et discutés à l'intérieur de l'équipe d'implémentation, sans pour autant être atteints dans le contexte de l'étude de cas. Cependant, lors de la clôture du projet, ces niveaux de maturité d'utilisation étaient encore d'actualité, et l'équipe d'implémentation travaillait encore à les atteindre.

Tableau-A XIII-1 Quatre niveaux d'utilisation possible pour le processus de gestion des déficiences moyennant un seul outil technologique

Processus de gestion des déficiences	
Niveau d'utilisation	Étapes
1. Utilisation des TM à l'interne comme outil de consultation uniquement	<ol style="list-style-type: none"> 1) le professionnel observe des déficiences sur chantier, et il envoie une liste à l'entrepreneur général; 2) le chargé de projet assigne les déficiences aux sous-traitants concernés par courriel; 3) le sous-traitant procède à la correction des déficiences, il envoie par la suite un courriel au chargé de projet pour l'informer; 4) le surintendant ou chargé de projet procède à la vérification des travaux sur chantier. Il utilise sa tablette pour consulter les plans, les détails et devis; 5) le professionnel reçoit un courriel l'informant qu'une inspection est nécessaire. Il procède à cette inspection; 6) en cas d'acceptation des travaux, le professionnel informe l'entrepreneur de la clôture des déficiences; 6) en cas de non-conformité des travaux, retour à l'étape 2.
2. Utilisation des TM à l'interne comme moyen de gestion	<ol style="list-style-type: none"> 1) le professionnel observe une déficience sur chantier, et il envoie une liste à l'entrepreneur général par courriel; 2) le chargé de projet rentre les déficiences dans l'application mobile, et exporte ensuite une liste depuis l'application. Il envoie cette liste au sous-traitant; 3) le sous-traitant procède à la correction des déficiences, il envoie par la suite un courriel au chargé de projet pour l'informer; 4) le surintendant ou chargé de projet procède à la vérification des travaux sur chantier. Il utilise sa tablette pour consulter les plans, les détails et devis et pour noter l'avancement de la correction des déficiences; 5) le professionnel reçoit un courriel l'informant qu'une inspection est nécessaire. Il procède à la vérification; 6) en cas d'acceptation des travaux, le professionnel informe l'entrepreneur de la clôture de la déficience; 6) en cas de non-conformité des travaux, retour à l'étape 2.

Tableau-A XIII-1 Quatre niveaux d'utilisation possible pour le processus de gestion des déficiences moyennant un seul outil technologique (suite)

Processus de gestion des déficiences	
Niveau d'utilisation	Étapes
3. Utilisation des TM avec l'externe avec une implication partielle des sous-traitants et professionnels	<ol style="list-style-type: none"> 1) le professionnel observe une déficience sur chantier, et il envoie une liste à l'entrepreneur général par courriel; 2) le chargé de projet rentre les déficiences dans l'application mobile. Il informe le sous-traitant par courriel; 3) le sous-traitant accède à l'application pour consulter la liste des déficiences qui lui a été assignée et il procède à la correction de la déficience; 4) le surintendant ou chargé de projet procède à la vérification des travaux sur chantier. Ensuite il met à jour la liste dans l'application mobile pour son suivi personnel; 5) le professionnel est notifié par courriel qu'une inspection est nécessaire. Il procède à la vérification; 6) en cas d'acceptation des travaux, le professionnel informe l'entrepreneur de la clôture de la déficience; 6) en cas de non-conformité des travaux, retour à l'étape 2.
4. Utilisation idéale des TM (cadre de gestion intégrée) avec implication active des sous-traitants et professionnels	<ol style="list-style-type: none"> 1) le professionnel observe une déficience sur chantier et il remplit le formulaire de déficience directement dans l'application mobile; 2) le chargé de projet reçoit la liste du professionnel dans l'application et assigne les déficiences aux sous-traitants concernés; 3) le sous-traitant est notifié directement à travers l'application et il procède à la correction de la déficience; 4) le surintendant ou chargé de projet est notifié automatiquement de la correction de la déficience et procède à la vérification des travaux sur chantier; 5) le professionnel est notifié à travers l'application que la déficience a été corrigée et qu'une inspection est nécessaire. Il procède à la vérification; 6) en cas d'acceptation des travaux, le professionnel note la clôture de la déficience sur l'application mobile et les autres intervenants sont automatiquement informés; 6) en cas de non-conformité des travaux, retour à l'étape 2.

ANNEXE XIV

TABLEAU D'ASSOCIATION PROCESSUS-VARIABLES ORGANISATIONNELLES

Tableau-A XIV-1 Relation entre les activités de recherche et les variables stratégiques

Étapes et activités adapté de (Pouteau, 2016)		Variables stratégiques potentiellement impliquées dans ces étapes tirées de (Okumus, 2001)	
1. Besoin	Problématiques organisationnelles	Contexte externe Contexte organisationnel	Incertitude de l'environnement Structure organisationnelle Culture organisationnelle
	Processus à améliorer	Contexte externe Contexte organisationnel Contenu stratégique	Incertitude de l'environnement Structure organisationnelle Culture organisationnelle Décision stratégique
	Analyser la capacité des utilisateurs	Contexte organisationnel	Culture organisationnelle Apprentissage organisationnel
	Définir les objectifs et les attentes	Contexte externe Contenu stratégique Résultats	Incertitude de l'environnement Décision stratégique Résultats
2. Situation	Définir un budget	Processus stratégique	Planification opérationnelle Allocation de ressources
	Allouer des ressources	Processus stratégique	Allocation de ressources
	Motivation des futurs utilisateurs	Contexte organisationnel Processus stratégique Contenu stratégique	Culture organisationnelle Décision stratégique Communication
	Évaluer la maturité de l'organisation	Contexte externe Contexte organisationnel Contenu stratégique Processus stratégique	Incertitude de l'environnement Structure organisationnelle Culture organisationnelle Apprentissage organisationnel Décision stratégique Allocation de ressources
3. Outil	Définir la maturité désirée	Contexte externe Contexte organisationnel Contenu stratégique Processus stratégique	Incertitude de l'environnement Structure organisationnelle Culture organisationnelle Apprentissage organisationnel Décision stratégique Allocation de ressources
	Revue des outils sur le marché	Processus stratégique Contenu stratégique Résultats	Partenaires externes Décision stratégique Résultats

Tableau-A XIV-2 Relation entre les activités de recherche et les variables stratégiques (suite)

Étapes et activités adapté de (Pouteau, 2016)		Variables stratégiques potentiellement impliquées dans ces étapes tirées de (Okumus, 2001)	
	Preuves de concept et test	Processus stratégique	Planification opérationnelle Personnes Allocation de ressources
4. Implantation	Communication sur le changement	Contenu stratégique Processus stratégique	Décision stratégique Communication
	Formation des utilisateurs	Contexte organisationnel Processus stratégique	Culture organisationnelle Apprentissage organisationnel Allocation de ressources Personnes
	Préparation de l'application	Contexte organisationnel Processus stratégique	Structure organisationnelle Culture organisationnelle Planification opérationnelle Allocation de ressources
	Cartographie de l'arbre des utilisateurs et des rôles	Processus stratégique Contexte organisationnel	Allocation de ressources Planification opérationnelle Culture organisationnelle Personnes
5. Accompagnement	Réunion de démarrage	Processus stratégique	Planification opérationnelle
	Réunions de suivi	Processus stratégique Résultats Contenu stratégique	Allocation de ressources Suivi et rétroaction Résultats Décision stratégique
	Contact de support	Contexte externe Processus stratégique	Suivi et rétroaction Partenaires externes Allocation de ressources
6. Amélioration	Documentation des retours sur expérience	Résultats Processus stratégique	Résultats Suivi et rétroaction
	Communication avec le fournisseur	Processus stratégique	Partenaires externes
	Rapport annuel de rentabilité	Processus stratégique Résultats Contenu stratégique	Allocation de ressources Résultats Décision stratégique
	Réunions internes pour l'innovation et pour l'intégration	Processus stratégique Résultats Contenu stratégique	Allocation de ressources Résultats Décision stratégique

ANNEXE XV

EXEMPLE D'APPLICATION DU CADRE DE MATURITÉ

Pour les besoins de cette application, nous allons considérer le processus usuel de gestion des questions-réponses techniques (QRT), et expliciter comment se présentent les différents niveaux de maturité définis, et comment évoluent les facteurs de maturité définis en fonction de ces mêmes niveaux. A cet égard, les deux tableaux ci-dessous représentent les facteurs de maturité et leur évolution en fonction du niveau de maturité considéré.

Les tableaux suivants représentent des cas de figure hypothétique et non des cas de figure observés ou usuels. Ils ne sont pas censés représenter non plus le processus le plus efficace pour un niveau de maturité donné. En effet, le but de ces derniers n'est pas de préconiser comment les TM doivent être utilisés pour chacun des 6 niveaux de maturité, mais d'illustrer comment les TM peuvent opérer différemment en fonction des quatre variables définies plus tôt dans ce mémoire.

Tableau-A XV-1 Les facteurs de processus, d'intégration et d'outil

Facteurs de maturité		Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Niveau 5	Niveau 6
Processus	Étapes usuelles (Gestion des QRT)	1) un sous-traitant envoie une question technique à l'entrepreneur général; 2) le chargé de projet (EG) examine et valide la question; 3) l'adjointe technique (EG) crée une entrée dans le tableau de suivi et transfère la question au professionnel concerné; 4) le professionnel répond à la QRT; 5) l'adjointe technique (EG) met à jour le tableau de suivi et transfère la réponse au sous-traitant l'ayant émise.					
	Points d'arrêt	1) validation de la QRT par le chargé de projet; 2) réponse du professionnel à la QRT; 3) mises à jour du tableau de suivi.					
Intégration	Contexte de gestion	Exploitation localisée des TM			Gestion intégrée (plateforme unique)		
	La mise à jour d'informations	Non automatisée et temporisée (dépendante des utilisateurs)			Automatisée et instantanée		
	Traçabilité de l'information	Traçabilité possible dans les limites des capacités des applications utilisées			Traçabilité garantie par la plateforme unique de gestion intégrée		
	Intégration inter-processus				Il y a intégration des informations provenant de plusieurs processus différents qui sont pris en charge par la même application de gestion. L'information produite par processus donné peut constituer l'intrant d'un processus tiers		
Outil	Exemple d'applications utilisées	- 1 application mobile pour certaines fonctionnalités spécifiques aux QRT - Ms Excel pour les tableaux de suivi - Acrobat pro pour l'annotation de documents - Ms Outlook pour les communications de projet - Un gestionnaire de photos pour les photos de déficiences			L'intégralité du processus des QRT est gérée dans la plateforme de l'application mobile		

Tableau-A XV-2 Le facteur de collaboration à travers les étapes du processus

Facteurs de maturité		Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Niveau 5	Niveau 6
Collaboration	Accès à la base de données du projet	Interne	La base de données de l'application est ouverte à toute l'organisation de projet		Interne	Une base de données unique existe pour toute l'organisation de projet	
	Annotation d'un document	Le document ou l'extrait de plan est annoté dans une application tierce et transmis par courriel.			Le document annoté est intégré à la plateforme par l'adjointe technique		Le document est annoté directement à partir de la plateforme
	Transmission d'une QRT	Les sous-traitants transmettent leurs QRT par courriel.			Les sous-traitants transmettent leurs QRT par courriel. L'adjointe technique les intègre dans la plateforme		Les sous-traitants posent leurs QRT directement dans l'application
	Consultation d'une QRT	Interne	Les QRT sont consultées dans l'application ou communiqués dans un format d'échange standardisé (export pdf).		Interne	Les partenaires externes à l'organisation (ODP) consultent les détails relatifs aux QRT dans l'application	
	Réponse à une QRT	Les professionnels répondent aux QRT par courriel. Leur réponse n'est pas intégrée dans la plateforme.		Les professionnels répondent aux QRT sur la plateforme.	Les professionnels répondent aux QRT par courriel. leur réponse est intégrée manuellement dans l'application		Les professionnels répondent aux QRT par courriel. leur réponse est intégrée manuellement dans l'application
	Suivi des QRT	Le suivi des QRT se fait sur un tableau Excel			Le tableau de suivi des QRT est généré automatiquement par la plateforme de l'application mobile		
	Notifications en cas de mise à jour	Interne	Les professionnels et sous-traitants sont notifiés automatiquement par l'application		Interne	Les professionnels et sous-traitants sont notifiés automatiquement par l'application	

LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Akkermans, H., & van Helden, K. (2002). Vicious and virtuous cycles in ERP implementation: a case study of interrelations between critical success factors. *European Journal of Information Systems*, 11(1), 35-46.
<http://doi.org/10.1057/palgrave/ejis/3000418>
- Alaghbandrad, A., April, A., Forgues, D., & Leonard, M. (2015). Bim Maturity Assessment and Certification in. Dans *5th international/11th construction specialty conference* (p. 1-10). Vancouver, British Columbia.
- Argyris, C., & Schön, D. A. (1989). Participatory Action Research and Action Science Compared. *American Behavioral Scientist*, 32(5), 612-623. Consulté à l'adresse <http://abs.sagepub.com/content/32/5/612.refs>
- Arnould, E., Zinkhan, G., & Price, L. (s. d.). Consumer innovation (eLearning Sessions). Consulté 5 octobre 2016, à l'adresse http://highered.mheducation.com/sites/0256133603/student_view0/chapter16/elearning_sessions.html
- Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241-252. Consulté à l'adresse [http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)
- Baxter, P., & Jack, S. (2008). Qualitative case study methodology: Study design and implementation for novice researchers. *The Qualitative Report*, 13(4), 544-559. Retrieved from <http://www.nova.edu/ssss/QR/QR13-4/baxter.pdf>
- Bilandzic, M., & Venable, J. R. (2011). Towards Participatory Action Design Research : Adapting Action Research and Design Science Research Methods for Urban Informatics. *Journal of Community Informatics*, 7(3).
- BIM Industry Working Group (BIWG). (2011). Strategy Paper for the Government Construction Client Group From the BIM Industry Working Group. *Department of Business, Innovation and Skills, URN 11*, (March), 1- 107.

- Bowden, S., Dorr, A., Thorpe, T., & Anumba, C. (2006). Mobile ICT support for construction process improvement. *Automation in Construction*, 15(5), 664-676. <http://doi.org/10.1016/j.autcon.2005.08.004>
- Bowden, S. L. (2005). *Application of mobile IT in construction*. Loughborough University. Consulté à l'adresse <https://dspace.lboro.ac.uk/dspace-jspui/handle/2134/794>
- CCQ. (2016). Tableau B1 : Nombre et taille moyenne des employeurs, 2006-2015. Consulté à l'adresse <https://www.ccq.org/~media/PDF/Recherche/StatistiquesHistoriques/2015/B1.pdf>. Page consultée le 01 Septembre 2016
- Dave, B., Boddy, S., & Koskela, L. (2010). Improving information flow within the production management system with web services. *18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 445-455. Consulté à l'adresse <http://usir.salford.ac.uk/9581/>
- Dave, B., Kubler, S., Främling, K., Koskela, L., Främling, K., Koskela, L., ... Koskela, L. (2014). Addressing information flow in lean production management and control in construction. *22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Understanding and Improving Project Based Production, IGLC 2014*, 581-592.
- Davenport, T. H., & Short, J. E. (1990). The New Industrial Engineering: Information Technology and Business Process Redesign. *Sloan Management Review*, 31(4), 11-27. Consulté à l'adresse ProQuest Central
- Dawood, N., Akinsola, A., & Hobbs, B. (2002). Development of automated communication of system for managing site information using internet technology. *Automation in Construction*, 11(5), 557-572. [http://doi.org/10.1016/S0926-5805\(01\)00066-8](http://doi.org/10.1016/S0926-5805(01)00066-8)
- De Souza, D. V. S., & Koskela, L. (2012). On improvement in construction supply chain management. Dans *IGLC 2012 - 20th Conference of the International Group for Lean Construction* (Vol. 44). Consulté à l'adresse <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84874480256&partnerID=40&md5=1fc80f5abb5882706aa7d0475176a07a>
- Descôteaux, D. (2010). *Le cloisonnement des métiers dans l'industrie de la construction*. Consulté à l'adresse http://www.iedm.org/files/mai2010_fr.pdf

- Deslauriers, J., & Gagné, R. (2012). *La performance économique de l'industrie de la construction au Québec*. HEC Montréal. Montréal.
- Dodaro, G. L., & Crowley, B. P. (1997). Business Process Reengineering Assessment Guide. *United States General Accounting Office*, (May), 75. Consulté à l'adresse <http://www.gao.gov/assets/80/76302.pdf>
- Eastman, C. M., Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons.
- Eastman, C., Fisher, D., Lafue, G., Lividini, J., Stoker, D., Yessios, C., & Carnegie-Mellon University, P. (1974). An Outline of the Building Description System, 1-23. Consulté à l'adresse <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED113833.pdf>
- Egan, J. (1998). *Rethinking Construction: The Report of the Construction Task Force*. HMSO. London.
- Erdogan, B., Anumba, C. J., Bouchlaghem, D., & Nielsen, Y. (2014). Collaboration Environments for Construction- Management of Organizational Changes. *Journal of Management in Engineering*, 30(3), 04014002. [http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000231](http://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000231)
- FCCQ. (2014). *Propositions pour améliorer le fonctionnement de l'industrie de la construction au Québec*.
- Forgues, D., Frenette, S., & Tahrani, S. (2014a). *Construction 2.0 - L'efficacité par le numérique*. Montréal: CEFRIO. Consulté à l'adresse http://www.cefrio.qc.ca/media/uploader/Construction_20_final.pdf
- Forgues, D., Staub-French, S., Tahrani, S., & Burak Cavka, H. (2011). Améliorer l'efficacité et la productivité du secteur de la construction grâce aux technologies de l'information. *CEFRIO*, 94. Consulté à l'adresse http://www.cefrio.qc.ca/media/uploader/2_corr_Amliorer_l_efficacit_et_la_productivit_du_secteur_de_la_construction_version_finale.pdf
- Forgues, D., Staub-French, S., Tahrani, S., & Poirier, E. A. (2014b). *L'inévitable passage à la modélisation des données du bâtiment (BIM) dans l'industrie de la construction au canada : synthèse de trois expérimentations Résumé de recherche et faits saillants*.

- Forgues, D., Tahrani, S., & Pouteau, M. (2015). *Construction 2.0 - Guide des technologies mobiles*. CERACQ.
- Forgues, D., Tahrani, S., & Schmitz, D. (2013). *Projet Pilote I : Implémentation le BIM dans les sites de construction*. CEFRIO.
- Frenette, S. (2015). *Améliorer les processus de communication sur les chantiers de construction à l'aide des technologies mobiles et des technologies infonuagiques*. École de technologie Supérieure.
- Gagnon, Y. (2008). Les trois leviers stratégiques de la réussite du changement technologique. *Télescope*, (automne 2008), 73-88. Consulté à l'adresse http://www.telescope.enap.ca/Telescope/docs/Index/Vol_14_no_3/Telv14n3_Gagnon.pdf
- Giel, B., & McCuen, T. (2014). MINIMUM BIM , 2nd Edition proposed revision - NBIMS v3 (Presentation Slides). Dans *Building Innovation 2014* (p. 1-35). University of Oklahoma (January 9, 2014).
- Gu, N., & London, K. (2010). Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. *Automation in Construction*, 19(8), 988-999. <http://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.002>
- Harrington, H. J. (1991). *Business Process Improvement: The Breakthrough Strategy for Total Quality, Productivity, and Competitiveness* (1991^e éd.). McGraw-Hill Education.
- Hartmann, T., Fischer, M., & Haymaker, J. (2009). Implementing information systems with project teams using ethnographic-action research. *Advanced Engineering Informatics*, 23(1), 57-67. <http://doi.org/10.1016/j.aei.2008.06.006>
- Hewage, K. N., & Ruwanpura, J. Y. (2009). A novel solution for construction on-site communication-the information booth. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 36(4), 659-671.
- Howard, H., Levitt, R., Paulson, B., Pohl, J., & Tatum, C. (1989). Computer Integration: Reducing Fragmentation in AEC Industry. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 3(1), 18-32. [http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-3801\(1989\)3:1\(18\)](http://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3801(1989)3:1(18))
- Iivari, J., & Venable, J. (2009). Action Research and Design Science Research - Seemingly similar but decisively dissimilar. *Proceedings of the ECIS 2009, Paper 73*(April 2016), 1-13.

- Järvinen, P. (2007). Action research is similar to design science. *Quality and Quantity*, 41(1), 37-54. <http://doi.org/10.1007/s11135-005-5427-1>
- Jones, M. (2005). Supply chain management in construction. Dans *Construction Project Management: An Integrated Approach* (p. 308-339).
<http://doi.org/10.4324/9780203006986>
- Kajewski, Stephen, Paul Tilley, John Crawford, Todd R Remmers, Swee-Eng Chen, Dennis Lenard, Graham Brewer, Rod Gameson, Rui Martins et Willy Martins. 2001.
« Handheld technology review ». Delivery and Management of Built Assets.
- Kenley, R. (2014). Productivity improvement in the construction process. *Construction Management and Economics*, 32(6), 489-494.
<http://doi.org/10.1080/01446193.2014.930500>
- Kim, C., Park, T., Lim, H., & Kim, H. (2013). On-site construction management using mobile computing technology. *Automation in Construction*, 35, 415-423.
<http://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.05.027>
- Kornakaew, A. (2012). Management Information System Implementation Challenges, Success Key Issues , Effects and Consequences : A Case Study of Fenix System. *Jonkoping International Business School*, (May).
- Kowalkowski, C., & Brehmer, P. O. (2008). Technology as a driver for changing customer provider interfaces. *Management Research News*, 31(10), 746-757.
<http://doi.org/10.1108/01409170810908507>
- Kroenke, D. M. (2011). *Using MIS* (4th edit.). Pearson Education Limited.
- Löfgren, A. (2007). Mobility In-Site: Implementing Mobile Computing in a Construction Enterprise. *Communications of the Association for Information Systems*, 20(12), 594-604.
- Love, P. E. D., & Gunasekaran, A. (1997). Process reengineering: A review of enablers. *International Journal of Production Economics*, 50(2-3), 183-197.
[http://doi.org/10.1016/S0925-5273\(97\)00040-6](http://doi.org/10.1016/S0925-5273(97)00040-6)
- Matthews, J., Love, P. E. D., Heinemann, S., Chandler, R., Rumsey, C., & Olatunji, O. (2015). Real time progress management: Re-engineering processes for cloud-based BIM in construction. *Automation in Construction*, 58, 38-47.
<http://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.07.004>

- Miller, D., Greenwood, R., & Hinings, B. (1997). from the SAGE Social Science Collections. All Rights Reserved. *Journal of Management inquiry*, (March 1997), 71-78.
- NBIMS Committe. (2007). *National Building Information Modeling Standard. N bim*. National Institute of Building Sciences. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Okumus, F. (2001). Towards a strategy implementation framework. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 13(7), 327-338. <http://doi.org/10.1108/IJCHM-08-2013-0350>
- Peña-Mora, F. ., & Dwivedi, G. H. . (2002). Multiple device collaborative and real time analysis system for project management in civil engineering. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 16(1), 23-38. [http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-801\(2002\)16:1\(23\)](http://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-801(2002)16:1(23))
- Poirier, E. A. (École de T. S. (2015). *Investigating the impact of building information modeling on collaboration in the architecture, engineering, construction and operations industry*. École de Technologie Supérieure.
- Poirier, E. A., Forgues, D., & Staub-French, S. (2014). Dimensions of Interoperability in the AEC Industry. Dans *Construction research congress 2014: Construction in a global network* (p. 1987-1996). Consulté à l'adresse <http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/9780784413517.203>
- Pouteau, M. (2016). *De nouvelles plateformes pour améliorer la gestion de l'information sur le chantier*. École de Technologie Supérieure.
- Price, A. D. F., & Chahal, K. (2006). A strategic framework for change management. *Construction Management and Economics*, 24(3), 237-251. <http://doi.org/10.1080/01446190500227011>
- Rogers, E. M. (1962). *Diffusion of innovations* (3^e éd.). London: The Free Press, a division of Macmillan Publishing Co. Consulté à l'adresse <https://teddykw2.files.wordpress.com/2012/07/everett-m-rogers-diffusion-of-innovations.pdf>
- Saidi, Kamel, Carl Haas et Nicole Balli. 2002. « The Value of Handheld Computers in Construction ». Department of Civil Engineering, University of texas at Austin. US, vol. 13, 14 p.

- Sebastian, R., & van Berlo, L. (2010). Tool for Benchmarking BIM Performance of Design, Engineering and Construction Firms in The Netherlands. *Architectural Engineering and Design Management*, 6(4), 254-263. <http://doi.org/10.3763/aedm.2010.IDDS3>
- Son, H., Park, Y., Kim, C., & Chou, J. S. (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*, 28, 82-90. <http://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.07.002>
- Staub-French, S., & Khanzode, A. (2007). Staub-French S and Khanzode A (2007) 3D and 4D modeling for design and construction coordination: issues and lessons learned. *ITcon*, Vol. 12(September 2006), pg. 381-407. <http://doi.org/http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.137.7622&rep=rep1&type=pdf>
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357-375. <http://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>
- Succar, B. (2010). The Five Components of BIM Performance Measurement. Dans *CIB World Congress*.
- Sullivan, J. (Photographe). (s.d.). PDA handhelds cellphones palms [image digitale libre de droits]. Retrouvée sur https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PDA_handhelds_cellphones_palms.jpg
- Sun, M., & Aouad, G. (2000). Integration Technologies to Support Organisational Changes in the Construction Industry. *7th ISPE International Conference on Concurrent Engineering*, (July), 596-604.
- Tacchi, J., Foth, M., & Hearn, G. (2009). Action research practices and media for development. *International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology*, 5(2), 32-48.
- Venable, J. R. (2006a). The Role of Theory and Theorising in Design Science Research. Dans *Proceedings of the First International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology*, Claremont, CA, USA, 24-25 February, 2006 (p. 1-18).

- Venable, J. R. (2006b). A Framework for Design Science Research Activities. Dans *Proceedings of the 2006 Information Resource Management Association Conference, (CD ROM), Washington, DC, USA, 21-24 May 2006*. Consulté à l'adresse <http://www.irma-international.org/viewtitle/32739/>
- Venkatraman, N. (1994). IT-enabled business transformation: from automation to business scope redefinition. *Sloan management review*, 35(2), 73-87. Consulté à l'adresse http://www.cs.jyu.fi/el/tjtse56_10/TJTSE56_Syllabus_files/Venkatraman - IT Enabled Business Transformation - From Automation to Business Scope Redefinition.pdf
- Wiggins, R. H. (2004). Personal digital assistants. *Journal of Digital Imaging*, 17(1), 5-17. <http://doi.org/10.1007/s10278-003-1665-8>
- Yin, R. K. (2013). Identifying Your Case (s) and Establishing the Logic of Your Case Study. RK Yin, *Case Study Research: Design and Methods*, 25-66.