**TABLE DES MATIÈRES**

Page

INTRODUCTION .....1

CHAPITRE 1 LA GESTION DE L'INFORMATION SUR LES CHANTIERS.....7
1.1 Les NTIC, une solution possible pour les problèmes de fragmentation? .....8
1.2.2 Le concept d'interopérabilité ..... 17
1.3 L'introduction des NTIC sur les chantiers, solutions et enjeux.....17
1.3.1 Les problématiques de gestion de l'information sur les chantiers..... 18
1.3.1.1 L'environnement de la phase de réalisation..... 18
1.3.1.2 Le processus de mise à jour des données..... 19
1.3.1.3 L'accès à l'information ..... 20
1.3.2 L'évolution des solutions..... 21
1.3.2.1 Les PDA : Personal Digital Assistant ..... 21
1.3.2.2 Les ordinateurs pour le chantier (i-Booth)..... 22
1.3.2.3 Le Building Information Modeling (BIM) ..... 25
1.3.2.4 Les technologies mobiles et les technologies nuagiques ..... 26
1.4 Discussion : les problématiques d'adoption .....29
1.4.1 L'hétérogénéité et la nature temporaire des équipes de chantier..... 30
1.4.2 La division de la recherche sur les processus et les NTIC..... 30
1.4.3 La difficulté de repenser les pratiques dans des chaînes d'approvisionnement..... 31

CHAPITRE 2 MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE .....35
2.1 Stratégie de recherche .....36
2.2 Phase 1 - Enquête provinciale.....37
2.2.1 Méthode de collecte ..... 37
2.2.2 Échantillon ..... 39
2.2.3 Analyse des données ..... 39
2.3 Phase 2 - Études de Cas .....40
2.3.1 Méthode de collecte ..... 41
2.3.2 Échantillon ..... 43
2.3.3 Analyse des données ..... 45

CHAPITRE 3 PHASE PRÉLIMINAIRE - PROJET PILOTE .....47
3.1 Description - Phase préliminaire.....47
3.2 Intervention .....49
3.3 Sommaire d'intervention .....50
3.3.1 Technologie..... 50
3.3.2 Organisation..... 51
3.3.3 Processus..... 52
3.4 Leçons apprises .....53

3.5 Discussion ..... 54

CHAPITRE 4 DÉVELOPPEMENT DE L'ONTOLOGIE ET DU CADRE CONCEPTUEL ..... 57
4.1 Résultats comparatifs - Enquête provinciale et entreprises innovantes ..... 57
4.1.1 Types d'usages liés aux TM ..... 57
4.1.2 Les applications mobiles en usage ..... 58
4.1.1 Analyse ..... 59
4.2 Résultats des entreprises innovantes ..... 60
4.2.1 Aspects bénéfiques ..... 60
4.2.2 Facteurs limitant ..... 62
4.2.3 Nature de l'utilisation ..... 63
4.4 Proposition d'un cadre conceptuel ..... 67
4.5 Analyse et discussion ..... 71
4.6 Sélection des études de cas ..... 74

CHAPITRE 5 RÉSULTATS DES ÉTUDES DE CAS ..... 77
5.3 Positionnement du niveau de maturité des études de cas ..... 86
5.3.1 Évaluation du niveau de maturité ..... 88
5.3.2 Positionnement théorique de la maturité ..... 91
5.4 Résultats empiriques par étude de cas ..... 92
5.4.1 Résultats - Étude de cas A ..... 93
5.4.1.1 Situation actuelle ..... 93
5.4.1.2 Information nécessaire à la réalisation des tâches ..... 97
5.4.1.3 Objet et stratégie d'intégration des TM ..... 100
5.4.1.4 Évaluation des bénéfices après essai en chantier ..... 103
5.4.1.5 Évolution des besoins des utilisateurs ..... 112
5.4.1.6 Barrière à l'implémentation ..... 113
5.4.1.7 Synthèse de l'étude de cas A ..... 114
5.4.2 Résultats - Étude de cas B ..... 117
5.5.1.1 Situation actuelle ..... 117
5.5.1.2 Information nécessaire à la réalisation des tâches ..... 120
5.5.1.3 Objet et stratégie d'intégration des TM ..... 123
5.5.1.4 Évaluation des bénéfices après essai en chantier ..... 125
5.5.1.5 Évolution des besoins à la fin du test ..... 134
5.5.1.6 Barrière à l'implémentation ..... 135
5.5.1.7 Synthèse de l'étude de cas B ..... 136
5.5.2 Résultats - Étude de cas C ..... 139
5.5.2.1 Objet et stratégie d'intégration des TM ..... 139
5.5.2.2 Évaluation des bénéfices après essai en chantier ..... 141
5.5.2.3 Évolution des besoins à la fin du test ..... 150
5.5.2.4 Barrière à l'implémentation ..... 152
5.5.2.5 Synthèse de l'étude de cas C ..... 153
5.6 Analyse transversale des études de cas ..... 156
5.6.1 Analyse globale ..... 156

5.6.1.1 Économie de temps ..... 156
5.6.1.2 Suivi des coûts ..... 158
5.6.1.3 Suivi de la qualité ..... 159
5.6.1.4 Gestion de projet ..... 161
5.6.1.5 Rendement personnel ..... 164
5.6.2 Validation empirique du niveau de maturité ..... 165
5.7 Discussion ..... 172
5.7.1 Axes de discussions ..... 172
5.7.1.1 Technologie ..... 172
5.7.1.2 Organisation ..... 174
5.7.1.3 Processus ..... 175
5.7.2 Répondre à la question de recherche ..... 176

CHAPITRE 6 PROPOSITION D'UN CADRE D'OPÉRATION D'UN EVI ..... 183
6.1 Proposition du cadre d'opération ..... 183

CHAPITRE 7 RECOMMANDATIONS ..... 189
7.1 Définition d'une stratégie d'intégration ..... 189
7.2 Évaluation des objectifs d'intégration ..... 192
7.3 Rétrospection des bénéfices ..... 194
7.4 Synthèse ..... 196

CONCLUSION ..... 199

FUTURS TRAVAUX ..... 203

ANNEXE I DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES NIVEAUX DE MATURITÉ ..... 205

ANNEXE II QUESTIONNAIRE D'ENTREVUE ..... 213

ANNEXE III DESCRIPTION DES SOUS-DIVISIONS DES RÔLES ..... 215

BIBLIOGRAPHIE ..... 217

## LISTE DES TABLEAUX

Page


Tableau 1.1 Définition de l'infonuagique .....15

Tableau 3.1 Fonctionnalités et avantages de l'application *Autodesk BIM 360 Field*.....48

Tableau 4.1 Classement des applications les plus en usage .....59

Tableau 4.2 Classement des applications les plus utilisées aux États-Unis .....67

Tableau 4.3 Synthèse des différents niveaux de maturité proposés .....69

Tableau 4.4 Comparaison des applications les plus utilisées par ordre croissant.....72

Tableau 5.1 Description des trois études de cas .....78

Tableau 5.2 Fonctionnalités de l'application *Smart-Use* .....81

Tableau 5.3 Fonctionnalités de l'application *Latista* .....83

Tableau 5.4 Fonctionnalités de l'application *Rétroaction de chantier* .....84

Tableau 5.5 Identification du rôle occupé par le gestionnaire de projet technologique 86

Tableau 5.6 Feuille de route des entreprises lors de l'intégration des TM .....87

Tableau 5.7 Retombées par axe de bénéfice identifié après usage des TM.....116

Tableau 5.8 Retombées par axe de bénéfice identifié après usage des TM.....138

Tableau 5.9 Retombées par axe de bénéfice identifié après usage des TM.....155

Tableau 5.10 Présentation des trois principaux bénéfices par étude de cas .....166

## LISTE DES FIGURES

Page


Figure 1.1 Raisons principales expliquant la reprise de travaux ....8

Figure 1.2 L'organisation des projets de construction et canaux de communication ..13

Figure 1.3 Les îlots de communication en construction ....16

Figure 1.4 Cheminement de l'information automatisée vers le chantier ....24

Figure 1.5 Infrastructure infonuagique ....28

Figure 1.6 Étapes de transformation des processus des entreprises ....32

Figure 2.1 Stratégie de recherche ....36

Figure 2.2 Séquence et méthode de collecte de données (Phase 1) ....38

Figure 2.3 Échantillon Phase 1 : Enquête provinciale ....39

Figure 2.4 Séquence et méthode de collecte de données (Phase 2) ....42

Figure 2.5 Échantillon Phase 2 : Études de cas ....44

Figure 2.6 Profil d'âge et d'expérience ....44

Figure 2.7 Méthode d'analyse d'études de cas multiple ....45

Figure 3.1 Modèle architectural du projet pilote extrait d'Autodesk Revit ....48

Figure 3.2 Séquence et méthode de collecte de données (Phase préliminaire) ....49

Figure 3.3 Bénéfices après usage de l'application logicielle (Phase préliminaire) ....50

Figure 3.4 Impression des rapports d'inspection d'*Autodesk BIM 360 Field* ....52

Figure 3.5 Axe de transformation des NTIC dans la phase de réalisation ....54

Figure 4.1 Types d'usages des technologies mobiles ....58

Figure 4.2 Entreprises innovantes - Aspects bénéfiques ....61


Rapport-Gratuit.com

Figure 4.3 Entreprises innovantes - Facteurs limitant ..... 62
Figure 4.4 Nature de l'utilisation des TM ..... 64
Figure 4.5 Principales usages des TM pour améliorer la productivité en chantier .... 65
Figure 4.6 Les facteurs freinant et limitant l'investissement dans les TM ..... 66
Figure 4.7 Proposition d'un cadre conceptuel permettant d'évaluer la maturité..... 68
Figure 4.8 Industrie de la construction américaine comparée à la québécoise ..... 73
Figure 5.1 Usage de la table Smart-Use par l'entrepreneur général et spécialisé..... 80
Figure 5.2 Latista en usage par un contremaître en chantier..... 82
Figure 5.3 Rétroaction de chantier en utilisation par un inspecteur..... 85
Figure 5.4 Positionnement théorique des études de cas ..... 91
Figure 5.5 Situation actuelle étude de cas A ..... 93
Figure 5.6 Méthode de transmission typiques par les intervenants terrain ..... 94
Figure 5.7 Méthode de transmission typiques par les intervenants gestion ..... 95
Figure 5.8 Méthode de transmission typiques par les intervenants gestion ..... 97
Figure 5.9 Informations nécessaires pour les intervenants (étude de cas A) ..... 98
Figure 5.10 Transcription de l'information relative à la planification de projet..... 99
Figure 5.11 Transcription d'un avertissement de sécurité par l'agent de prévention.. 100
Figure 5.12 Raison de l'adoption des TM selon les usagers (Étude de cas A)..... 101
Figure 5.13 Bénéfices - Économie de temps (étude de cas A)..... 103
Figure 5.14 Consultation de plans en chantier par le surintendant de secteur ..... 104
Figure 5.15 Bénéfice - Suivi de la qualité du projet (étude de cas A)..... 106
Figure 5.16 Consultation de plans en chantier par l'architecte et le surintendant ..... 107
Figure 5.17 Bénéfice - Suivi de la qualité de travail (étude de cas A)..... 108
Figure 5.18 Séquence d'opération manuelle (Équipe de surveillance)..... 109

Figure 5.19 Bénéfice - Gestion de projet (étude de cas A) .....109
Figure 5.20 Bénéfice - Rendement personnel (étude de cas A) .....111
Figure 5.21 Évolution des besoins de l'usage des TM après essai (étude de cas A) ...112
Figure 5.22 Barrière à l'implantation des TM (étude de cas A) .....113
Figure 5.23 Situation actuelle (étude de cas B).....117
Figure 5.24 Processus de suivi d'avancement typique des intervenants de terrain .....118
Figure 5.25 Méthode typique de suivi de la qualité par intervenants de surveillance 120
Figure 5.26 Information nécessaire pour les intervenants (étude de cas B).....121
Figure 5.27 Stockage des données d'inspection et de demande de changement .....122
Figure 5.28 Raison de l'adoption des TM selon les usagers (étude de cas B).....124
Figure 5.29 Bénéfices - Économie de temps (étude de cas B) .....126
Figure 5.30 Consultation de la base de données par le contremaître de l'E.S. .....127
Figure 5.31 Bénéfice - Suivi de la qualité du projet (étude de cas B).....128
Figure 5.32 Bénéfice - Suivi de la qualité de travail (étude de cas B) .....129
Figure 5.33 Bénéfice - Gestion de projet (étude de cas B).....131
Figure 5.34 Rencontre improvisée surveillant et contremaître avec Latista .....132
Figure 5.35 Bénéfice - Rendement personnel (étude de cas B) .....133
Figure 5.36 Évolution des besoins de l'usage des TM après essai (étude de cas B) ...134
Figure 5.37 Barrière à l'implantation des TM (étude de cas B) .....135
Figure 5.38 Raison de l'adoption des TM selon les usagers (étude de cas C).....140
Figure 5.39 Bénéfices - Économie de temps (étude de cas C) .....142
Figure 5.40 Interface de l'application logicielle Rétroaction de chantier.....143
Figure 5.41 Bénéfice - Suivi de la qualité du projet (étude de cas C).....144
Figure 5.42 Bénéfice - Suivi de la qualité de projet (étude de cas C) .....146

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Figure 5.43 Processus de suivi et de traitement de l'information en cours de projet . 147
Figure 5.44 Bénéfice - Gestion de projet (étude de cas C)..... 147
Figure 5.45 Bénéfice - Rendement personnel (étude de cas C) ..... 149
Figure 5.46 Évolution des besoins de l'usage des TM après essai (étude de cas C) .. 151
Figure 5.47 Barrière à l'implantation des TM (étude de cas C) ..... 152
Figure 5.48 Bénéfice - Économie de temps (résultats globaux)..... 157
Figure 5.49 Bénéfice - Suivi des coûts de projet (résultats globaux)..... 159
Figure 5.50 Bénéfice - Suivi de la qualité (résultats globaux) ..... 160
Figure 5.51 Bénéfice - Gestion de projet (résultats globaux)..... 162
Figure 5.52 Bénéfice - Rendement personnel (résultats globaux) ..... 164
Figure 5.53 Coordination d'équipe de construction dans la roulotte..... 167
Figure 5.54 Positionnement empirique du niveau de maturité..... 169
Figure 5.55 Mise en place d'une séquence d'opérations personnalisée et support ..... 171
Figure 5.56 Processus de communication traditionnelle..... 180
Figure 6.1 Processus de communication dans un contexte d'EVI..... 184
Figure 7.1 Conceptualisation de l'intégration et évaluation des TM..... 197

## LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

| | |
|---|---|
| EVI | Environnement virtuel intégré |
| TM | Technologies mobiles |
| CAO | Conception assistée par ordinateur |
| CSCE | Canadian Society of Civil Engineering |
| NTIC | Nouvelles technologies de l'information et de la communication |
| TIC | Technologies de l'information et de la communication |
| BIM | Building Information Modeling |
| NIST | National Institute of Standard and Technologies |
| E.G. | Entrepreneur(s) général(aux) |
| E.S. | Entrepreneur(s) spécialisé(s) |
| PDA | Personal Digital Assistant |

# INTRODUCTION

Les processus de communication dans l'industrie de la construction représentent un aspect complexe et l'efficacité de processus est un facteur important pour la réussite des projets (Gorse et Emmitt, 2009). Ces processus sont traditionnellement établis par des stratégies internes à une entreprise et ils ne sont habituellement pas mis en commun avec les entreprises partenaires lors de la mise en route d'un projet. Ce manque de correspondance entre les différentes procédures de travail a pour effet de multiplier les canaux de communication en fonction du nombre d'entreprises impliquées lors des différentes phases de construction. L'une des répercussions associées à ce manque de concordance est la création d'îlots de communication ne permettant pas d'échanger l'information efficacement, et ce, principalement lors de la phase de réalisation de projet. Pourtant, la communication a été identifiée comme étant un rouage déterminant permettant aux intervenants d'exécuter une coordination et une collaboration efficace afin d'atteindre les objectifs d'un projet qui se traduisent par la performance globale, les délais et les coûts de construction (Liao et al., 2011).

Or, quoique les délais et les coûts de construction représentent des éléments tangibles pour la détermination du respect des planifications, qu'en est-il de l'apport de l'efficacité des processus de communication lors de la phase de réalisation? Selon des études récentes, le secteur possède des taux de performance en baisse depuis plusieurs décennies (Eastman et al., 2011). Ces chercheurs soulignent qu'en dépit de progrès considérables en terme de machineries, de techniques de fabrication et de matériaux dans tout le secteur, l'industrie de la construction n'a pas été en mesure de suivre les progrès relatifs en terme de rendements, et ce, en comparaison avec d'autres types d'industries. Selon Hewage et Ruwanpura (2009), l'une des causes de ce déficit est reliée au retard considérable qu’accuse l'industrie par rapport au secteur manufacturier et celui du transport en matière d'usage de la technologie, des réseaux sans fil et de l'automatisation des processus de communication. Appuyant ces propos, Wikforss et Löfgren (2007) soutiennent que l’accès à l'information et les moyens par lesquels celle-ci est communiquée ne sont pas efficients, et ce, principalement lors de la phase de réalisation. La

notion de communication, dans le contexte de l'industrie de la construction, se définit par la manière dont les diverses disciplines se transfèrent, se partagent et exécutent la gestion de l'information en cours de projet (Chen et Kamara, 2005; Emmit, 2010).

Afin d'encourager l'industrie à améliorer son rendement global, Forgues (2008) avance des pistes de solutions afin de stimuler l'industrie dans le but qu'elle améliore ses performances. L'une de ses pistes suggère l'adoption des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) en appui au processus de communication. Il est défini que les NTIC sont « *l'ensemble des technologies issues de la convergence de l'informatique et des techniques évoluées du multimédia et des télécommunications, qui ont permis l'émergence de moyens de communication plus efficaces, en améliorant le traitement, la mise en mémoire, la diffusion et l'échange de l'information* »[1]. En fonction de ce qui précède, l'usage des NTIC pourrait offrir à l'industrie de la construction des options permettant une meilleure collaboration à travers toutes les phases de projets, mais particulièrement durant la phase de réalisation. À la lumière des propos qui précèdent, l'argumentaire de ce mémoire se construira autour de l'emploi des NTIC pendant la phase de réalisation dans l'objectif de fournir aux différentes disciplines les moyens d'unifier leurs différents processus de partage et de gestion de l'information jusqu'alors fragmentés.

On constate pourtant que, depuis la dernière décennie, plusieurs propositions et initiatives ont visé, par divers moyens, l'intégration des NTIC afin de pallier l'effet de la fragmentation. L'une d'entre elles est le « Building Information Modeling » (BIM) qui s'avère l'une des possibilités revendiquées par plusieurs chercheurs afin de pallier notamment les problématiques de gestion et de contrôle de l'information (Crotty, 2012; Eastman et al., 2011; Elvin, 2007). Le principe du BIM s'appuie sur l'usage de plateformes informatiques communes afin de produire, gérer et diffuser de l'information paramétrique sous forme d'une maquette 3D (Crotty, 2012; Eastman et al., 2011; Elvin, 2007). Plusieurs logiciels compatibles entre eux sont alors mis à la disposition des divers intervenants ayant pour mission d'améliorer les processus de transfert

---

[1] ***Source*** : Office de la langue française. [En ligne]. [http://www.oqlf.gouv.qc.ca/] (Consulté 16/06/14).

de l'information. Le BIM est perçu comme étant un moyen prometteur favorisant la collaboration et l'intégration des différentes disciplines dans le processus d'organisation et de planification de projets (Dao et Forgues, 2013).

Néanmoins, en dépit de leur efficacité dans la phase de conception, les logiciels qui sont associés au processus BIM ont toutefois du mal à s'intégrer dans la phase de réalisation. De fait, dans une perspective de chantier, ces logiciels sont mal adaptés aux rudes conditions de cet environnement puisque, d'une part, ils s'intègrent difficilement au besoin de mobilité des intervenants de chantier et que, d'autre part, ils requièrent une imposante infrastructure informatique pour les opérer. En fonction de leur rôle dans le projet, les intervenants de chantier requièrent des moyens rapides afin d'accéder à l'information et des outils permettant une transmission efficace et expéditive de l'information vers les autres disciplines du projet. Par conséquent, les technologies mobiles (TM), tel que des téléphones intelligents et des tablettes, semblent plus adaptées à ces conditions, et ce, tout en apportant des fonctionnalités intéressantes. Par exemple, les TM, lorsque couplées aux NTIC, détiennent le potentiel d'automatiser le processus de recensement, de traitement, d'accès et de partage de données au chantier à travers des processus automatisés, processus qui, jusqu'alors, repose sur des méthodes de collecte de l'information manuelle (Deibert, Hemmerk et Heinzl, 2009).

La problématique de ce mémoire se fonde donc sur le paradoxe suivant. Alors que la majorité de l’information d'un projet de construction est échangée durant la phase de réalisation afin de suivre l'avancement, la qualité et le respect des coûts du chantier, cette étape est la moins informatisée. Le papier demeure le médium le plus fréquemment utilisé afin de collecter l'information et de la communiquer lors de la phase de réalisation. En dépit des améliorations informatiques de ces dernières années, cette phase demeure orientée sur des processus traditionnels d’acquisition des données et des moyens de communication peu efficaces, tels que le téléphone, le courriel et le télécopieur (Dave, Boddy et Koskela, 2010). Ces formats de données occasionnent d'importantes contraintes de productivité en matière d'échange d'information, puisque les intervenants de chantier doivent gérer et partager une quantité considérable d'informations (Bowden, 2005). En somme, les méthodes traditionnelles ont pour

conséquence de multiplier les canaux de communication et de décentraliser l'information relative au projet. Considérant le fait que l'information est perçue comme un élément fondamental à la réussite d'un projet (Tsai, 2009), cette recherche vise à comprendre, à travers notre question de recherche, comment le déploiement des TM peut améliorer l'accès à l'information et faciliter la communication entre les intervenants impliqués dans la phase de réalisation?

L'objectif principal de cette recherche est de démontrer les bénéfices à employer les TM et les NTIC sur les chantiers afin de mettre en place une méthodologie d'implémentation basée sur des études de cas *in situ*. Le but est de créer un environnement de collaboration en chantier permettant d'unifier les processus de communication des diverses entreprises impliquées dans le projet. Nous proposons donc d'employer le terme environnement virtuel intégré pour désigner ce concept dans le cadre de ce présent projet de recherche. Le concept de l'EVI émerge de la définition des NTIC, mais il est davantage adapté au secteur de la construction. L'EVI vise à l'automatisation des processus de communication à travers l'automatisation des méthodes de gestion de l'information par l'amélioration du traitement, de la collecte, du stockage, de la diffusion et de l'échange de l'information par une unification des mécanismes de communication des diverses organisations impliquées lors de la phase de réalisation. L'EVI vise à améliorer la circulation de l'information en créant des passerelles de communication entre les disciplines en appui aux problématiques de fragmentation.

Les objectifs spécifiques de la recherche sont de :

- définir une ontologie permettant de classifier les divers types d'usages des TM en illustrant leurs différents niveaux de bénéfices sur les projets (Phase 1);

- développer un concept d'opération et d'implémentation d'un EVI dans la phase de réalisation en s'appuyant sur la réalisation d'études de cas (Phase 2).

Pour poursuivre l'argumentaire, l'évolution rapide des TM et des services infonuagiques, tels que les NTIC, laisse présager qu'ils pourraient avoir des impacts majeurs sur les procédures de collecte, de partage et de gestion de l'information lors de la phase de réalisation (Chen et Kamara, 2008). L'intégration des NTIC dans un environnement numérique centralisé pourrait alors être un élément déclencheur permettant d'améliorer la productivité globale de l'industrie de la construction (Almohsen et Ruwanpura, 2011). Or, malgré un intérêt grandissant envers les TM, l'industrie de la construction demeure réfractaire à les intégrer dans une perspective de gestion et voit peu de bénéfices à les utiliser dans un cadre corporatif, voire collectif, tel que propose le concept d'EVI. S'appuyant sur des études de cas pertinentes d'usage de la TM dans un environnement collaboratif, cette recherche veut donner à l'industrie des cas uniques d'innovation à l'égard de l'usage des TM afin d'inciter le secteur de la construction à prendre un virage technologique et automatisé lors de la phase de réalisation. Par exemple, en identifiant des pistes de solutions permettant l'amélioration des processus de communication entre les diverses entreprises présentent lors de la phase de réalisation.

Ce mémoire traite donc de l'usage des TM et des NTIC dans une perspective d'automatisation des processus de collecte et de centralisation de l'information dans la phase de réalisation de projets. Cette étude désire mettre en lumière l'usage des TM lors de cette phase, sous un format d'étude de cas, dans l'objectif de déterminer les bénéfices apportés par l'exploitation des TM lorsque celles-ci sont couplées aux NTIC. Ce mémoire de recherche s'articule autour de sept chapitres :

**Chapitre 1 - La gestion de l'information en construction :** Cette section met en place un cadre théorique émanant de projets de recherche antérieurs et traite de l'importance de la gestion de l'information lors de la phase de réalisation.

**Chapitre 2 - La méthodologie de recherche :** Cette section illustre la méthodologie de recherche mise en place pour la réalisation de ce mémoire comprenant deux phases principales ainsi que les échantillons respectifs à celles-ci.

Rapport-Gratuit.com

**Chapitre 3 - Présentation du projet pilote :** Cette section présente les résultats préliminaires issus d'un projet pilote réalisé en phase d'avant-projet. Cette phase de préparation a permis de développer et d'explorer des pistes d'exploitation des TM permettant la mise en place de ce mémoire.

**Chapitre 4 - Présentation d'un cadre d'évaluation de la maturité :** Cette section présente les résultats de la Phase 1 qui a permis de mettre en lumière le taux de pénétration des TM dans le secteur de la construction du Québec ainsi que les différents types d'usages de ces outils.

**Chapitre 5 - Présentation des études de cas :** Cette section présente les données et les résultats issus de la phase de réalisation d'étude de cas. La réalisation de cette section permet de répondre à la question de recherche et illustre les bénéfices obtenus à la suite de l'exploitation des TM par les différentes études de cas réalisées.

**Chapitre 6 - Proposition d'un cadre d'opération des EVI :** Cette section présente un cadre d'opération issu de l'exploitation et de la mise en place d'environnement de collaboration dans la phase de réalisation. Ce cadre émane directement des observations faites lors de la Phase 2 de ce mémoire.

**Chapitre 7 - Recommandations :** Cette section présente les recommandations de mise en place d'un EVI lors de la phase de réalisation et propose aux entreprises quelques pistes permettant une mise en place réussie.

# CHAPITRE 1

## LA GESTION DE L'INFORMATION SUR LES CHANTIERS

Ce chapitre vise à présenter les concepts de gestion de l'information issue du contexte de l'industrie de la construction. S'appuyant sur des recherches antérieures, ce chapitre veut exposer les enjeux relatifs au traitement et à la gestion de l'information du produit à réaliser ainsi que les solutions permettant de remédier aux problématiques qui seront soulevées (Bowden, 2005 ; Silva et al., 2010 ; Vankatraman et Yoong, 2009). En l'occurrence, il a été défini lors des travaux réalisés par Winch (2010) que l'administration et le cheminement de l'information permettent l'atteinte des objectifs fixés. Toutefois, l'accomplissement de ce mandat comporte deux défis imposants : d'abord, la qualité de l'information produite et utilisée sur le projet de construction et, ensuite, les moyens par lesquels cette information est communiquée et partagée au sein de l'équipe (Crotty, 2012). On constate alors que l'évolution des technologies, au cours des dernières décennies, a permis d'introduire des changements importants, via une croissance marquée de l'usage des ordinateurs et des logiciels pour la conception assistée par ordinateur (CAO). Toutefois, quoique la CAO ait permis la production d'information de meilleure qualité, sous un format électronique, son impact s'avère très limité en matière de gestion et de partage d'informations, notamment au chapitre de la coordination de l'information.

Les recherches récentes concernant les TM ont ouvert de nouvelles avenues afin de faciliter cet échange d'informations au sein des équipes de projets et, cela, à des coûts intéressants. Ce chapitre vise donc à mettre en perspective les problématiques de communication en chantier, mais également à identifier les rôles que les TM peuvent accomplir dans ce contexte. Ce cadre théorique permettra de déterminer comment l'exploitation des TM, au cours de la phase de réalisation, peut soutenir le cheminement et le traitement de l'information lors de cette phase. Afin d'atteindre ces objectifs, ce chapitre est divisé en quatre sections qui se définissent par : 1) les enjeux de la fragmentation du secteur, 2) les concepts d'interopérabilité, 3) l'apport des NTIC en construction et 4) les problématiques d'adoption de la technologie.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

## 1.1 Les NTIC, une solution possible pour les problèmes de fragmentation?

Le secteur est caractérisé par le fait qu'une multitude d'entreprises spécialisées sont réunies temporairement pour concevoir et construire des projets qui sont uniques. Une grande partie du travail consiste donc à produire et à partager de l'information afin de décrire le produit à réaliser et les instructions nécessaires pour le faire. Le processus d'échange d'information à mettre en place est donc complexe et représente un facteur important affectant la réussite du projet (Gorse et Emmitt, 2009). Or, il a été observé que les projets de construction reposent sur un processus de communication axé vers un format papier et des moyens obsolètes d'échange d'informations, tels que le téléphone, le télécopieur ou le courriel, afin de partager et d'accéder à l'information de projet (Dale, Mun et Kevin, 2005). Il a été démontré que le coût de la construction peut être réduit de 25 % par un transfert d'informations efficace (Davidson et Moshini, 1990). Paradoxalement, il a été identifié que la phase de réalisation est de loin celle qui consomme le plus d'informations et qui, malheureusement, est la moins informatisée (Tam, 1999), ce qui amène de nombreuses problématiques. Par exemple, Newton (1998) a identifié que 65 % des reprises de travaux effectués par les entrepreneurs sont attribuables à une information incomplète, inadéquate ou contradictoire, affectant les taux de productivité des chantiers (Figure 1.1).

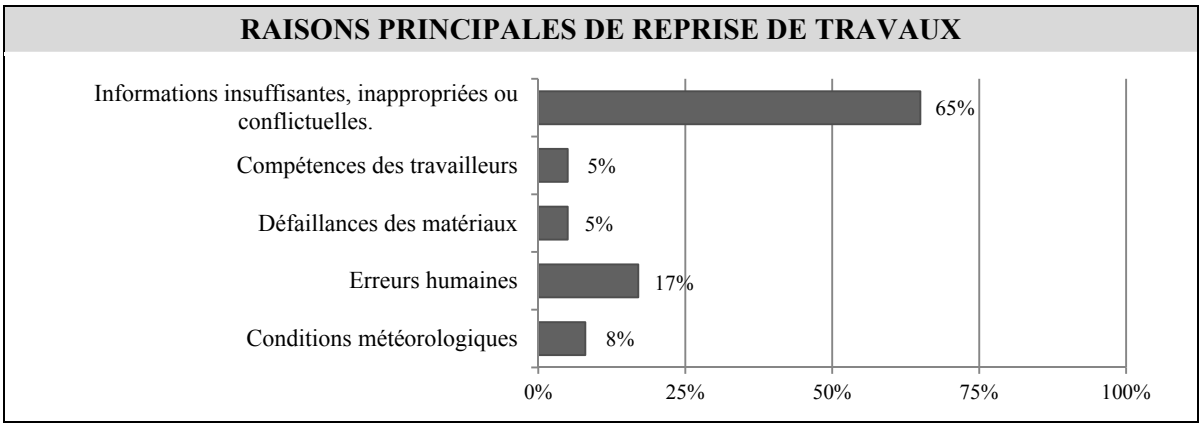



Figure 1.1 Raisons principales expliquant la reprise de travaux
Adaptée de Newton (1998)

La coordination de l'information est donc un enjeu de gestion majeur pour la réalisation d'un projet (Emmit, 2010). On constate pourtant que plusieurs recherches récentes ont indiqué que la difficulté à accéder rapidement à l'information est l'une des causes de l'écart important de productivité entre la construction et les autres industries (Löfgren, 2007; Ruwanpura, Hewage et Jergeas, 2008; Venkatraman et Yoong, 2009). Il a alors été soutenu par Eastman et al. (2011) qu'en dépit des améliorations en matière de machineries, de techniques de fabrication et de matériaux, l'industrie connaît une baisse de rendement depuis quelques décennies, alors que la productivité des autres industries s'est fortement accrue. Ils soutiennent qu'en comparaison à d'autres secteurs économiques, telle que le manufacturier, l'industrie de la construction se caractérise par ses processus de conception et de réalisation divisés, voire fragmentés. Il a été reconnu que la fragmentation organisationnelle est l'une des principales sources affectant la productivité du secteur (Elvin, 2003).

Le problème de fragmentation est pourtant un aspect connu depuis quelques décennies et ses conséquences sur la performance des projets sont bien documentées. Parmi celles-ci résulte une incohérence de l'information et la difficulté à la diffuser au sein des équipes multidisciplinaires (Eastman et al., 2011; Egan, 1998). Selon Emmit (2010), la fragmentation du secteur émane des méthodes traditionnelles, possède comme résultante une culture de travail en silo et encourage les conflits et l'insularité des intervenants. À ce propos, Forgues (2008) soutient que la performance sinueuse de l'industrie est attribuable à une mauvaise organisation du travail lors de l'ensemble des phases de construction. Il suggère alors des pistes de solutions, afin de pallier ces problématiques soit, d'une part, de revoir les structures organisationnelles autour du processus de travail et, d'autre part, d'intégrer davantage les NTIC dans les mécanismes de réalisation de projets.

En transposant ces enjeux à la phase de réalisation, on constate que les intervenants de chantier sont assujettis aux mêmes problématiques communicationnelles que l'ensemble des phases de projet, voire pires. D'abord, étant donné que de nombreuses entreprises sont réunies temporairement pour une durée indéfinie, et qu'ensuite, parce que la majorité de l'information échangée est sous un format standard papier où chacune des organisations utilise des méthodes

développées individuellement. Bowden (2005) soutient pourtant que ce type de format de données occasionne d'importantes contraintes en matière de communication et d'échange d'information, puisque les intervenants de chantier doivent gérer et partager une quantité considérable de données. L'usage des TM, lors de la phase de réalisation, pourrait donc apporter des solutions intéressantes afin de faciliter l'instauration de nouveaux standards d'échange de données lors du suivi et du contrôle de projet en cours de réalisation. En l'occurrence, il a été suggéré que l'intégration des TM peut améliorer la logistique et la communication du chantier, principalement lors du processus de suivi, du contrôle de la qualité, de l'organisation des tâches, du suivi des matériaux et du partage de l'information parmi les intervenants (Changyoon et al., 2013). En parallèle, les recherches concernant les NTIC révèlent que ce type de technologies offre de nouvelles possibilités afin de faciliter cet échange d'information et d'en diminuer la redondance dans les systèmes de gestion des entreprises (Dinh et al., 2013). Il a été défini que l'usage des NTIC transforme la manière dont les informations d'un projet sont échangées et organisées, puisque l'échange et la gestion de l'information sont facilités (Chiocchio et al., 2006). En fin de compte, l'usage des TM, lorsque réunies aux NTIC, servira de tremplin vers la création de passerelles de communication entre les intervenants assemblés temporairement lors de la phase de réalisation, en réponse aux diverses méthodes de travail, issues de la fragmentation du secteur.

### 1.1.1 La gestion de construction et le traitement de l'information

Lebeau et Plourde (2003) ont défini que l'industrie de la construction représente un secteur singulier en raison de la nature temporaire de ses équipes de travail, ayant pour principale conséquence d'affecter la coordination des équipes de réalisation et de gestion de projets, en cours de réalisation. Selon Koskela (2000), le cheminement de l'information est identifié comme étant une composante essentielle affectant toutes les autres séquences d'interventions de manière importante. Les recherches conduites par Koskela (2000) démontraient l'importance de la gestion de la production en phase de réalisation et ont identifié que le processus de production, en vigueur dans le secteur, néglige l'aspect de la circulation de l'information. Pourtant, il a été reconnu que la mauvaise gestion de l'information a un impact

sur le processus de décision, résultant ainsi d'importantes pertes de temps et d'argent lors de la phase de réalisation (Lucas, Bulbul et Thabet, 2013). En outre, Lucas, Bulbul et Thabet (2013) indiquent que cette situation est liée à une coordination inefficace et inadéquate de l'information et est causée par une communication insuffisante, inopportune, imprécise et contradictoire lors des diverses interventions. Appuyant ces propos, Crotty (2012) affirme que la nature des problèmes de communication dans le secteur de la construction est reliée, d'une part, à la qualité de l'information et à la manière dont celle-ci est générée et, d'autre part, à la façon dont cette information est partagée. Crotty (2012) affirme alors que le secteur de la construction ne réussit généralement pas à atteindre ses objectifs budgétaires et ses planifications en raison de la mauvaise qualité de l'information produite en cours de réalisation. Par conséquent, l'auteur mentionne que deux éléments seraient la cause de cette inefficacité. D'abord, celui-ci soutient que les cibles à atteindre, en cours de réalisation, sont généralement mal fixées, voire indéfinies, et qu'ensuite, l'évaluation du travail effectué est inefficace. Parallèlement, Winch (2010) affirme que la réalisation de projet de construction est principalement la gestion de l'information et que cette administration facilite la prise de décisions par les intervenants. Il affirme conséquemment que la disponibilité et la précision de l'information facilitent le processus de décision bonifiant ainsi la productivité. À ce propos, l'étude de Saram et Ahmed (2001) montre que l'accessibilité et la transmission de l'information sont des enjeux critiques au succès des projets, considérant le fait que l'information soit de qualité et en quantité suffisante. Par exemple, Ruwanpura, Hewage et Jergeas (2008) ont identifié que 45 % des travailleurs de chantier affirment que les problèmes de communication entre les intervenants de gestion et les travailleurs affectent la productivité des chantiers.

Finalement, en s'appuyant sur les travaux menés par Koskela (2000), la réussite des projets de construction repose en majorité sur l'aspect communicationnel entre les différents intervenants. Paradoxalement, il mentionne qu'il ne semble pas avoir de mécanismes favorisant la coordination et la collaboration entre les acteurs clés d'un projet. De nombreux chercheurs estiment alors que l'intégration plus importante des technologies de l'information et de la communication (TIC), dans le secteur de la construction, résulterait d'une meilleure organisation ainsi que d'une gestion et d'un traitement de l'information plus efficaces, et ce,

non seulement lors de la phase de conception et de planification, mais également lors de la phase de réalisation (Almohsen et Ruwanpura, 2011; Crotty, 2012; Winch, 2010).

### 1.1.2 Les enjeux du traitement de l'information en construction

Comme mentionné précédemment, la problématique associée à la fragmentation du secteur représente un point critique et se traduit par le fait que chacune des entreprises impliquées dans la phase de réalisation implante ses propres méthodes et séquences de travail. L'une des répercussions majeures de cet isolement des intervenants est le traitement et l'intégration de l'information entre les diverses organisations impliquées (Dave, Boddy et Koskela, 2010). Plusieurs chercheurs affirment alors que les mécanismes actuels défavorisent le partage d'information entre les divers intervenants impliqués dans le processus de réalisation (Bowden, 2005; Eastman et al., 2011; Elvin, 2007; Ruwanpura, Hewage et Silva, 2012). Pourtant, les récentes avancées en matière de TM offrent de nouveaux moyens de communication, permettant ainsi l'amélioration du partage et l'accès à l'information lors du processus de réalisation de projets de construction (Venkatraman et Yoong, 2009). Dans le contexte de la phase de réalisation, il a été soutenu que les problèmes de communication sont exacerbés par le fait que les activités de recensement et de suivi de l'information reposent sur un processus manuel ou encore sur une utilisation individuelle de la technologie[2]. Par conséquent, le traitement de cette information nécessite de nombreuses opérations supplémentaires afin que l'ensemble des données soit introduit sur le poste informatique adéquat, ayant pour effet d'altérer la qualité de l'information[3]. À ce propos, il a été démontré qu'une même information peut être entrée dans les logiciels de gestion des entreprises en moyenne sept fois en cours de projet (Danielsen, 2007).

---

[2] ***Source*** : UKEssays.com, « Impact of Mobile Communication Technology in the Construction Industry », [En ligne]. [http://free.ukessays.com/dissertations/construction/impact-of-mobile-communication-technology-in-the-construction-industry.php] (Consulté le 25 août 2013).

[3] ***Source*** : Ibid

Afin d'illustrer les problématiques de communication dans le secteur, la Figure 1.2 représente le contexte typique du mode de livraison selon deux schémas. Celui de gauche illustre la structure organisationnelle typique de l'organisation des projets de construction tandis que celui de droite illustre la multitude des canaux de communication lors de la réalisation. Il importe alors de mentionner que le nombre de canaux de communication est multiplié en fonction de la complexité du produit à réaliser.

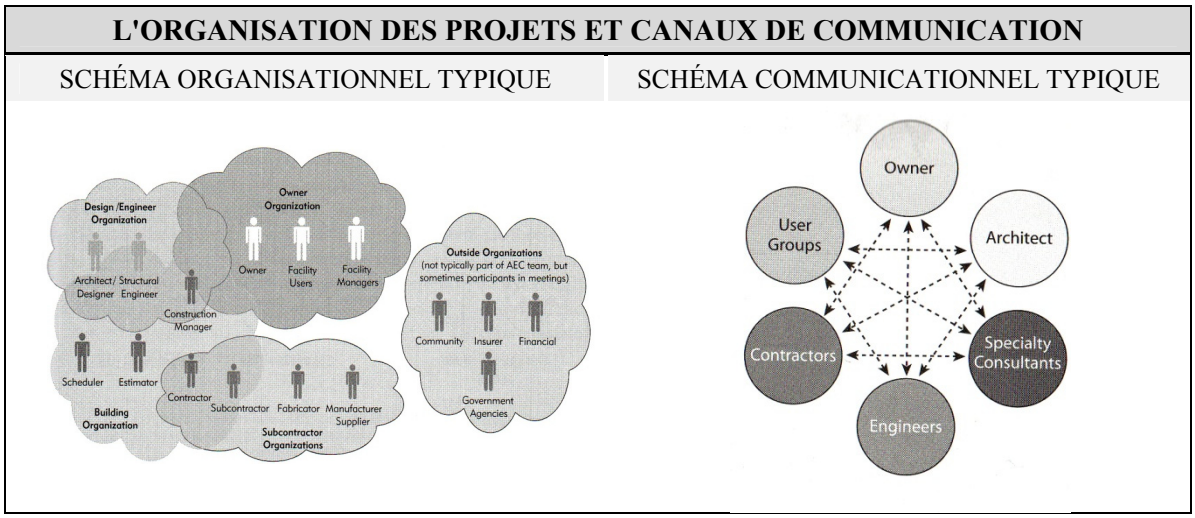



Figure 1.2 L'organisation des projets de construction et canaux de communication
Tirées de Eastman et al. (2011) (gauche) et de *Krygiel et Nies (2008*) (droite)

On constate donc que plusieurs intervenants sont impliqués dans le processus de communication et que cela complexifie les interactions entre eux. En l'occurrence, Koskela (2000) a identifié sept sources de gaspillage, dans l'industrie de la construction, se traduisant par des pertes de temps considérables pour les intervenants et l'une de ces sources porte sur le traitement de l'information en cours de réalisation. Koskela (2000) met alors en lumière que les différentes manipulations des données affectent la légitimité de celles-ci dans le processus d'organisation et de gestion des projets de construction.

### 1.1.3 Les solutions proposées par la recherche

À la lumière des enjeux qui touchent la fragmentation et du traitement de l'information lors de la phase de réalisation, les recherches conduites sur les TM rapportent qu'elles permettent de faciliter l'échange d'information et d'en diminuer la redondance, et ce, particulièrement lors de la phase de réalisation. Ceci vient alors appuyer les travaux exécutés par Bowden et al. (2005b) affirmant que l'usage des TM peut aider à minimiser les délais et les coûts de construction en plus d'augmenter la qualité globale de l'information au terme d'une saisie de données en temps réel sur le chantier. L'une des solutions préconisée par les chercheurs et les experts dans le domaine est de pallier à la fragmentation et la nature temporaire des équipes de projets l'exploitation des NTIC. L'adoption des nouvelles technologies, en phase de réalisation, représente conséquemment une avenue prometteuse afin de pallier les enjeux actuels du secteur. D'une part, l'exploitation des TM à travers les NTIC permettrait de créer un environnement autorisant les intervenants à accéder rapidement et simplement à un large ensemble de données centralisées. D'autre part, l'usage des NTIC offre des options informationnelles performantes, en soutien aux communications, par l'amélioration du traitement, de la mise en mémoire, de la diffusion et de l'échange de l'information lors du cycle de réalisation. Les technologies nuagiques, associées aux NTIC, permettent d'emmagasiner et de consulter l'information d'un projet, sous une base de données commune et accessible par différentes plateformes informatiques, telles que des ordinateurs ou des plateformes mobiles.

Les technologies infonuagiques visent non seulement à déplacer les données des postes informatiques des usagers vers des serveurs externes d'hébergement de données , mais également à faire l'usage de la puissance de traitement de données de ces serveurs à distance (Dikaiakos et al., 2009). Le Tableau 1.1 présente quelques définitions afin de bien illustrer les concepts associés à ce nouveau modèle d'opération.

Tableau 1.1 Définition de l'infonuagique

| | |
|---|---|
| **Office québécois de la langue française** | Modèle informatique qui, par l'entremise de serveurs distants interconnectés par Internet, permet un accès réseau, à la demande, à un bassin partagé de ressources informatiques configurables, externalisées et non localisables, qui sont proposées sous forme de services, évolutifs, adaptables dynamiquement et facturés à l'utilisation. |
| **Bureau de la traduction du Canada** | Mode de traitement des données d'un client, dont l'exploitation s'effectue par Internet, sous la forme de services fournis par un prestataire. |
| **Antidote** | Modèle informatique où les traitements traditionnellement effectués sur des serveurs locaux ou sur des postes clients sont externalisés sur des serveurs distants. |

## 1.2 L'interopérabilité : un concept d'échange universel entre les applications

Considérées, par un bon nombre d'analystes, comme une révolution majeure dans l'utilisation d'Internet, les technologies nuagiques représentent l'une des solutions aux problèmes d'interopérabilité qui subsistent à travers l'évolution des technologies. Selon Topping (2011), l'implémentation des technologies nuagiques, dans les processus de construction est un remède aux problématiques d'interopérabilité. Topping (2011) fait état de deux éléments définissant les raisons pour lesquelles cette technologie aidera le secteur à enrayer ces problèmes, soit 1) par la création de compatibilités en matière de gestion de l'information et 2) par la compatibilité entre les outils et les processus en usage, par les différentes disciplines impliquées dans le projet. Il a été défini que le manque de correspondance, entre l'information et les processus, a des répercussions majeures sur les coûts de projets. Comme présenté dans une étude réalisée par « National Institute of Standard and Technologies » (NIST) aux États-Unis, la perte de productivité et d'efficacité résulte d'un manque d'interopérabilité entre les informations des intervenants d'un projet engendrant des pertes financières imposantes dans le secteur de la construction américaine (Gallaher et al., 2004).

Rapport-Gratuit.com

### 1.2.1 La problématique du manque d'intégration des outils

La fragmentation des intervenants et la difficulté à partager rapidement l'information s'expliquent en partie en raison de l'usage de plateformes informatiques incompatibles et de processus de communication divergents au sein des différentes disciplines. Selon l'étude de Gallaher et al. (2004), des pertes de 15 milliards de dollars ont été enregistrées, dans le secteur de la construction américaine, directement liées au manque de compatibilité entre les logiciels de travail des intervenants, voire entre les processus de travail des organisations. Or, depuis plusieurs décennies, les technologies ont modifié la manière de concevoir et de partager de l'information en cours de projet et de nombreux chercheurs ont identifié que les technologies informatiques seraient une panacée aux problèmes de compatibilité entre les différents systèmes informatiques. La Figure 1.3 illustre les projections de Hannus (1998) qui visaient à démontrer l'importance d'exploiter les technologies en réponse aux défis, en matière de partage d'information, auxquels les intervenants faisaient face.

**STRUCTURE ORGANISATIONNELLE TYPIQUE**

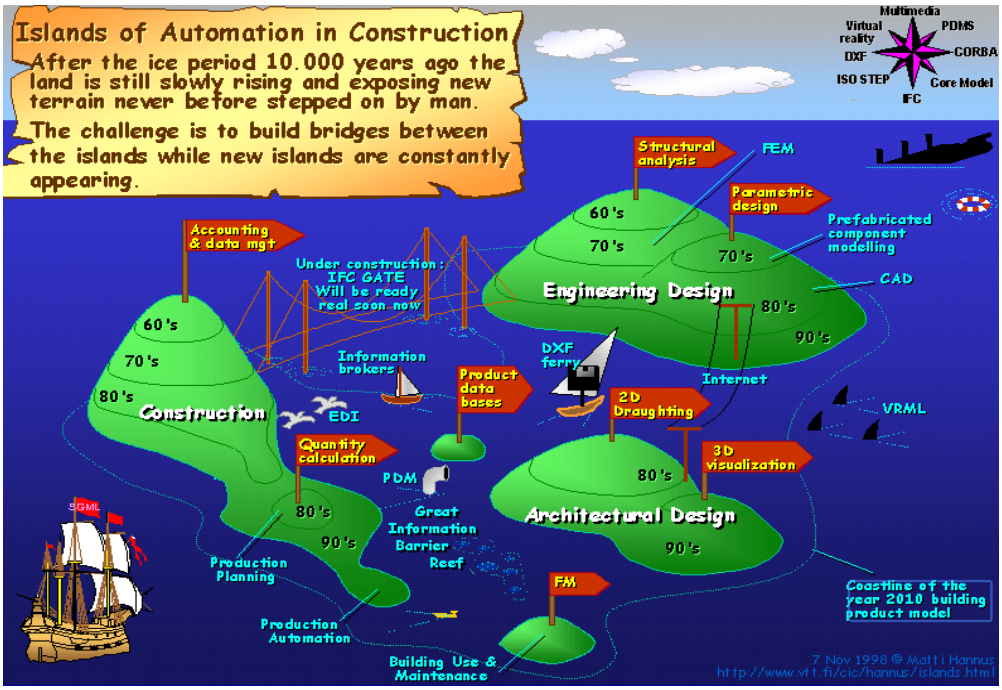



Figure 1.3 Les îlots de communication en construction
Tirée de Hannus (1998)

Les travaux exécutés par Hannus (1998) indiquaient qu'en 2010, l'ensemble des phases de projet serait fédéré sur un modèle unique de données afin de faciliter cet échange. Toutefois, on constate que l'industrie de la construction est encore aux prises avec d'importants problèmes de transfert de données, et ce, particulièrement lors de la phase de réalisation. L'une des raisons qui expliquent ce constat est liée aux nombreux logiciels incompatibles généralement utilisés par les différents intervenants ainsi que la dynamique et la capacité d'adaptation nécessaires à l'exploitation de ces outils dans ce secteur (Grilo et Jardim-Goncalves, 2010).

### 1.2.2 Le concept d'interopérabilité

Eastman et *al.* (2011) définissent l'interopérabilité comme étant la capacité d'échanger des données entre diverses applications ou différents programmes informatiques parmi les intervenants lors du processus de construction. Malgré un avancement considérable ces dernières années en matière informatique, l'industrie de la construction a de la difficulté à échanger de l'information en cours de projet en raison d'un manque de langage commun à travers les logiciels et en raison de divergences entre les méthodes de travail des intervenants. Ce problème se retrouve non seulement pendant la phase de projet, mais également sur l'ensemble du cycle de vie qui comprend les phases de réalisation, de mise en service et de l'exploitation du projet réalisé (Grilo et Jardim-Goncalves, 2010).

## 1.3 L'introduction des NTIC sur les chantiers, solutions et enjeux

La centralisation et la diffusion de l'information sont des éléments essentiels pour l'organisation des tâches lors de la phase de réalisation. Pourtant, l'industrie fait face à des problèmes affectant la gestion et l'échange efficace de l'information en cours de réalisation, et ce, malgré le fait que de nombreuses solutions soient disponibles, en appui aux mécanismes de communication. Même si le secteur de la construction est l'une des industries qui dépendent le plus de l'information, lors de la réalisation de projets (Tam, 1999), l'usage des TM est très bas, voire inexistant. Or, en raison de la mobilité des intervenants de chantier, tant du côté des équipes de construction que de celles de surveillance et de gestion, l'exploitation des TM, lorsque couplées aux NTIC, permettrait d'améliorer l'accès, l'échange, la gestion et le

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

traitement de l'information parmi les différentes équipes impliquées dans la réalisation de projets.

### 1.3.1 Les problématiques de gestion de l'information sur les chantiers

Malgré les avancées considérables des technologies informatiques des dernières années, l'industrie de la construction repose toujours sur un processus traditionnel d'acquisition de données (Dave, Boddy et Koskela, 2010). Pourtant, des études ont démontré que l'intégration des technologies sur les chantiers a un potentiel considérable d'augmentation de l'efficacité des processus de communication au sein des équipes de projet (Chen et Kamara, 2005). Par exemple, il a été observé que 65 % des reprises de travaux sont attribuables à de l'information incomplète, inadéquate ou encore contradictoire sur le chantier, perturbant le taux de production des équipes de travail (Bowden et Thorpe, 2002). En outre, il a été défini que le manque de correspondance entre les divers intervenants d'un proje est directement responsable du manque d'information sur le terrain. Pire encore, il a été observé que seulement 20 % de l'information totale est acheminée vers le chantier (Silva et al., 2010). En l'occurrence, il a été démontré qu'un accès constant à l'information aide les superviseurs de terrain à être mieux informés ainsi que des les appuyer dans la gestion et dans les transferts de l'information vers les membres de l'équipe de projet[4].

#### 1.3.1.1 L'environnement de la phase de réalisation

L'industrie de la construction se caractérise comme étant un secteur dans lequel il y a une intense circulation de l'information (Hewage et Ruwanpura, 2006) et, par conséquent, la réussite des projets repose sur l'information qui est disponible aux intervenants (Deibert, Hemmerk et Heinzl, 2009). La majorité des décisions prises par les gestionnaires de projet, dans le but d'évaluer la performance du projet en phase de réalisation, sont affectées par la pertinence et l'exactitude de l'information disponible (Weerasinghe et Ruwanpura, 2009). Or,

---

[4] ***Source*** : Sage, *Go Where the Work Is: Enabling Mobility in Your Construction Firm*, [En ligne], 2012. [http://na.sage.com/~/media/E85F22EF121846119E7153C24D9767B5.pdf] (Consulté le 6 septembre 2013).

afin de recueillir une information précise et à jour sur les performances réelles, les entrepreneurs ont besoin d'employer des surveillants qui mesurent l'avancement de chacune des activités sur le chantier afin d'en enregistrer le nombre de travailleurs, d'en calculer le temps ainsi que la qualité du travail accompli (Navon et Goldschmidt, 2003). Il a été évalué que 30 à 50 % du temps de surveillance sur le terrain est passé pour l'acquisition et l'analyse des données, affectant ainsi le contrôle de la qualité du produit (Weerasinghe et Ruwanpura, 2009). Toutefois, la phase de réalisation est encore basée sur l'utilisation généralisée de papier en tant que support pour capturer et échanger les données de suivi d'avancement de projet entre les disciplines (Gallaher et al., 2004). De plus, il a été souligné que la phase de réalisation n'a pas encore fait un usage aussi probant des TIC que les phases de conception et de planification. Or, les intervenants ont besoin d'échanger des informations dynamiques, de coordonner les exigences, d'établir les horaires et les objectifs ainsi que de résoudre les conflits dans un environnement où les données, les documents et les informations est en perpétuel changement (Dossick et Neff, 2011).

#### 1.3.1.2 Le processus de mise à jour des données

La gestion de projets implique la gestion du changement et cela exige une communication et une coordination efficaces entre tous les intervenants de projet (Ahuja, 2011). L'auteur stipule qu'une circulation efficace de l'information est essentielle pour la prise de décision. En outre, il fait état qu'une circulation efficace de ces données est élémentaire pour mesurer l'avancement adéquat des projets. En revanche, il a été défini que la coordination de l'information est souvent compliquée en raison de la pression du calendrier et des exigences de productivité (Ahuja, 2011). Or, les données précises sont pourtant nécessaires, non seulement pour contrôler les projets en cours, mais également afin de mettre à jour la base de données dans le but de suivre l'avancement de manière précise ainsi que de rapidement prendre les mesures correctives (Ahuja, 2011). Plus il s'écoulera de temps pour identifier les défauts de construction, plus le potentiel de dégâts sera grand sur le projet et plus les mesures correctives seront complexes et coûteuses (Navon et Goldschmidt, 2003). Paradoxalement, il est reconnu que la structure organisationnelle en vigueur complexifie les interactions entre les intervenants,

ayant comme effet d'affecter le temps et l'effort nécessaires au transfert de l'information (Reinertsen, 1997). Matouzko et Methanivesana (2012) soulèvent le fait que l'industrie de la construction est l'un des secteurs les plus complexes, en terme de gestion de production, en raison de la nature temporaire de ses équipes de travail et des méthodes de travail divergentes entre les disciplines impliquées. Il a été observé que la logistique du chantier peut être améliorée par l'intégration de technologies collaboratives, principalement lors des processus de suivi du projet, de l'organisation des tâches, du suivi des matériaux et du partage de l'information au sein des différentes équipes de projet (Changyoon et al., 2013). En l'occurrence, dans le contexte de la phase de réalisation, les TM peuvent conduire à une amélioration de l'efficacité des communications entre les intervenants (Rebolj et Menzel, 2001).

#### 1.3.1.3 L'accès à l'information

Andersen et Koch (2001) ont affirmé que les projets de construction sont généralement confrontés à des retards importants en raison d'erreur de construction ou de malfaçons ce qui a pour conséquence de diminuer son efficacité lors de la phase de réalisation. Selon les auteurs, cette situation est due en raison d'une information indisponible, inexacte ou périmée. Corolairement, l'étude de Saram et Ahmed (2001) montre que l'accessibilité et la transmission de l'information sont des enjeux critiques au succès des projets en phase de réalisation. Ces auteurs considèrent toutefois le fait que l'information doit être de qualité et en quantité suffisante afin d'être utile pour les intervenants impliqués. En outre, Tsai (2009) soutient que l'acquisition et le transfert de l'information, provenant du chantier, représentent un élément déterminant dans le succès de l'administration des projets de construction, dans la mesure où l'information représente le point central du processus de réalisation. Conséquemment, il a été revendiqué que l'exploitation des TM, lors de la phase de réalisation, peut avoir un rôle à jouer en matière d'accessibilité à l'information. À ce propos, les travaux de Saidi, Haas et Balli (2002) ont testé l'hypothèse en chantier afin de démontrer que les TM peuvent augmenter le travail direct des travailleurs tout en diminuant le temps d'inactivité, en raison d'information indisponible ou encore, incorrecte. Ils ont appliqué cette hypothèse à six critères d'évaluation,

soit le suivi de qualité, des matériaux et des quantités, les fiches signalétiques, l'accès aux dessins et les demandes d'information? Leurs analyses ont permis de déterminer que d'importants délais de production pourraient être évités grâce à l'usage des TM en chantier. Par exemple, le temps de contrôle qualité peut être potentiellement réduit d'environ 50 à 70 %.

### 1.3.2 L'évolution des solutions

Au cours des dernières décennies, l'évolution des technologies, grâce à une croissance marquée de l'usage des ordinateurs et des logiciels pour la conception assistée par ordinateur CAO, a entraîné des changements importants. Pourtant, on constate que les technologies ont de la difficulté à s'implanter dans le contexte de chantier, et ce, spécialement dans un contexte de collaboration. À ce propos, Forgues (2014) a indiqué trois barrières principales à l'intégration des technologies dans le secteur soit : un manque d'investissement des organisations, une méconnaissance des technologies et une fragmentation de l'industrie. Pourtant, il a été indiqué par Eastman et *al*. (2011) et Elvin (2007) que l'intégration d'une plateforme collaborative et d'une structure organisationnelle, axée sur la collaboration, permettrait de mettre en place des procédures de communication parmi les intervenants en réponse aux problèmes de fragmentation et d'échange d'informations entre les organisations. Toutefois, jusqu'alors aucune technologie n'a réussi à s'implanter de manière définitive, afin de pallier les enjeux organisationnels du secteur, et ce, pour diverses raisons, par exemple, la complexité de mise en place. En se référant à un contexte terrain, on réalise alors que les intervenants de chantier ont besoin de plateformes leur donnant flexibilité et mobilité. Or, il a été reconnu que pour qu'une technologie s'impose dans ce contexte, elle se doit d'être simple, portable, efficace, d'avoir de faibles coûts et de supporter le travail collaboratif (Abduh et Skibniewski, 1999).

#### 1.3.2.1 Les PDA : Personal Digital Assistant

Depuis que les TM sont apparus, leur emploi dans l'industrie de la construction a été étudié par de nombreux chercheurs. Ces recherches ont identifié certains avantages ainsi que des améliorations possibles afin d'atteindre un haut niveau de performance avec les technologies

disponibles (Boussabaine, Grew et Currin, 1999; Bowden et al., 2005b; Chen et Kamara, 2008; Rebolj et Menzel, 2001; Saidi, Haas et Balli, 2002). Les travaux de recherche conduits par Saidi, Haas et Balli (2002), relatifs à l'usage des PDA, ont toutefois démontré qu'il y avait de nombreuses contraintes de fonctionnalités en raison des limites technologiques de l'époque. Ces limites comprenaient notamment des contraintes de nature physique, telles que la taille et la visibilité de l'écran, mais aussi des limites de performance, par exemple la capacité de traitement et de méthode d'entrée de données. Les travaux menés par Rebolj et Menzel (2001) corroborent ces limitations en énumérant une série de contraintes physiques reliées au PDA, telles que la petite taille de l'écran, l'inadaptation aux conditions du site (poussière, reflet, pluie) et la difficulté à effectuer la saisie des données. Outre les barrières physiques et de performances, la faiblesse des réseaux Internet et de la compatibilité entre les systèmes limitait l'utilisation des systèmes portatifs de l'époque. Il a été identifié que l'une des causes du faible taux d'adoption de dispositifs portatifs dans le secteur de la construction représente la piètre performance des réseaux sans fil (Kajewsk et al., 2001). Ce rapport faisait état que les réseaux étaient lents et que les coûts de téléchargement représentaient une barrière importante à leur intégration. De plus, le manque d'interopérabilité entre les différentes plateformes mobiles et les ordinateurs limitait grandement l'expansion généralisée des technologies numériques. La situation actuelle apporte conséquemment un nouveau regard sur l'exploitation des TM et des NTIC. D'une part, les TM sont désormais des outils performants et, d'autre part, les NTIC permettent un usage de serveur externe facilitant le traitement et l'analyse des données à distance.

#### 1.3.2.2 Les ordinateurs pour le chantier (i-Booth)

Une récente étude, portant sur l'amélioration de la productivité des chantiers de construction, a révélé que le temps de travail effectif des travailleurs en chantier est d'à peine 51 % (Hewage et Ruwanpura, 2009). Cette même étude a révélé que les principales causes de perte de temps sont dues à une communication inadéquate et à la non-disponibilité de l'information sur le chantier. Pour surmonter les problématiques d'accessibilité à l'information, les travaux de Hewage et Ruwanpura (2009) ont traité du concept et de l'utilisation de l'ordinateur en chantier

en réponse à ces enjeux déterminants pour le respect des objectifs de construction. Il a été indiqué que, malgré le fait que les compagnies soient timides à implanter des technologies directement sur le chantier, les travailleurs semblent enclins à les utiliser. À la suite de ce qui précède, les travaux réalisés par Silva et al. (2010) ont conduit à l'implantation d'un kiosque d'information, placé directement sur le chantier, appelé « *i-Booth* ». Le schéma de la Figure 1.4 représente un processus d'accès et de partage de l'information, développé lors de recherches qui ont conduit à la conception de ce système d'information en temps réel.

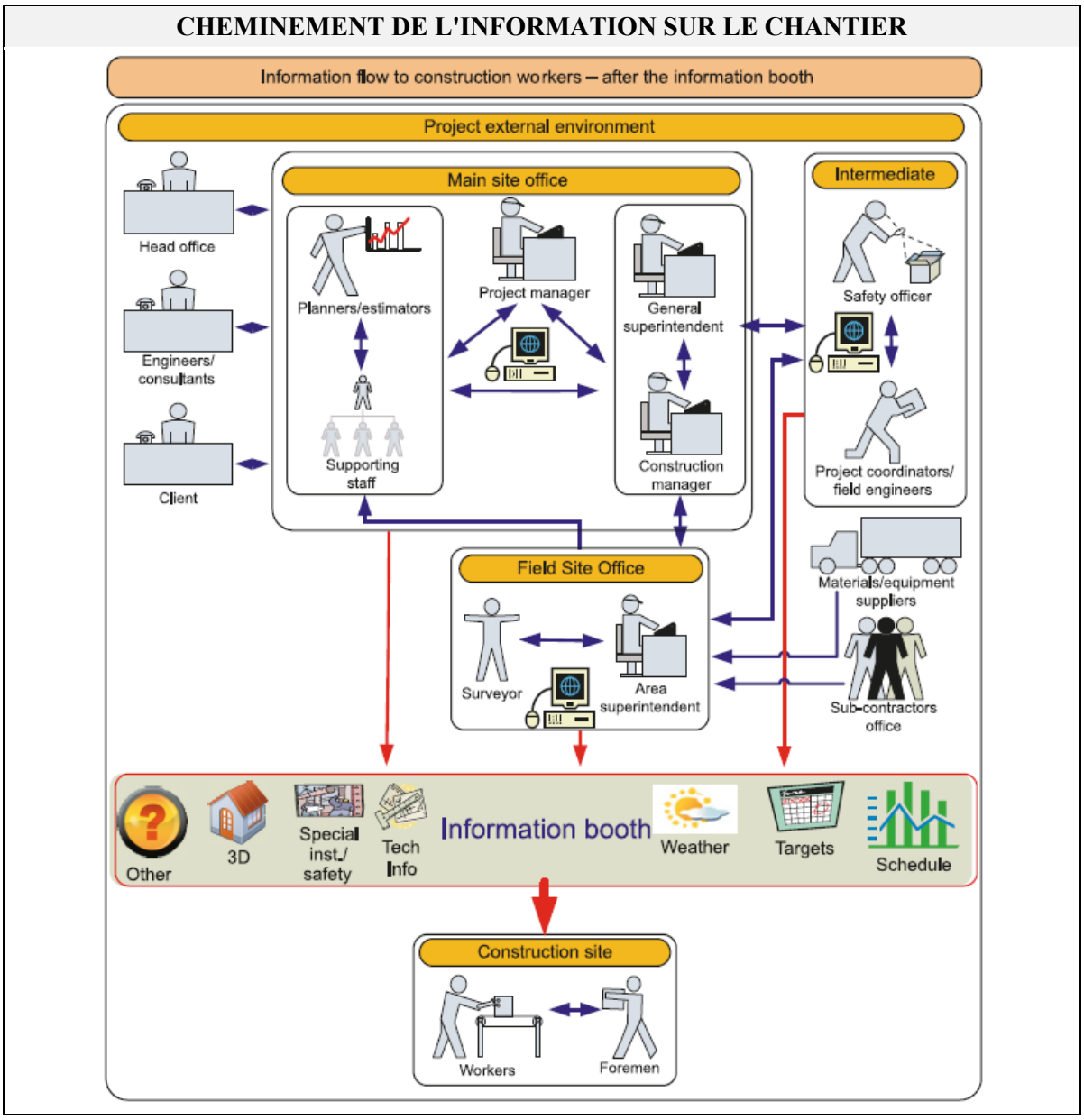



Figure 1.4 Cheminement de l'information automatisée vers le chantier
Tirée de Hewage et Ruwanpura (2009)

Cette technologie a donc pour objectif de fournir l'information nécessaire aux intervenants de chantier. Les chercheurs et les développeurs, Silva et al. (2010), ont établi que la relation qui existe entre les données disponibles, celles recueillies sur le chantier et celles incluses dans le cycle de distribution, est déterminante aux succès des projets. Afin de justifier la mise en place d'un tel système informatique, les chercheurs ont procédé à des essais en chantier. Les résultats

issus de ce test conduit *in situ* révèlent que le chantier de construction, qui a fait un usage du kiosque, a connu une augmentation de 10 % pour son temps de travail et de 17 % pour sa productivité. Les raisons justifiant ce constat sont que les intervenants avaient un accès constant, non seulement à une information disponible, mais également à une information fiable. Toutefois, il est mentionné que ce test portait exclusivement sur les communications entre le surintendant et les travailleurs.

Malgré le fait que les chercheurs aient identifié des améliorations considérables attribuables à l'exploitation de ce système, on constate qu'il ne répond pas aux critères des intervenants, la mobilité des intervenants de chantier et l'échange bilatéral des données. D'une part, le système « *i-Booth* » est très peu mobile et demande des déplacements fréquents des intervenants afin de consulter l'information nécessaire. D'autre part, puisqu'il ne permet pas un échange bilatéral de l'information dans la chaîne de communication des projets c'est-à-dire que les intervenants peuvent consulter le kiosque, mais qu'ils ne sont pas en mesure de générer de l'information dans la chaine de communication.

#### 1.3.2.3 Le Building Information Modeling (BIM)

Depuis la dernière décennie, l'industrie de la construction a tenté par divers moyens d'intégrer des NTIC, afin de pallier la fragmentation de ce secteur. Le BIM s'est avéré l'une des solutions proposées. Le principe du BIM s'appuie sur l'usage de plateformes informatiques communes afin de produire, de gérer et de diffuser de l'information paramétrique au sein des équipes de projets. Eastman et *al*. (2011) soutiennent que ce processus permet un rapprochement des intervenants de conception et de construction. Or, on constate que les bénéfices actuels du BIM sont davantage probants pour les équipes de conception et de planification, plutôt que celles issues de la phase de réalisation. Pourtant, le processus BIM est de plus en plus adopté dans le secteur de la construction et il est perçu comme un moyen prometteur favorisant la collaboration et l'intégration des différentes disciplines dans le processus projets (Dao et Forgues, 2013).

Rapport-Gratuit.com

Dans un contexte de petites à moyennes entreprises, il a été rapporté par Forgues et Staub-French (2013) que l'un des principaux freins à l'adoption du BIM est le risque financier lié aux besoins d'investissements importants en ressources spécialisées et en imposante infrastructure technologique exigée par l'usage de ces outils. De plus, la longue courbe d'apprentissage des logiciels associés au BIM représente un enjeu important. Ces logiciels sont également mal adaptés aux conditions d'un chantier, dû au fait qu'ils s'intègrent difficilement au besoin de mobilité des intervenants de la phase de construction en raison de leur infrastructure informatique requise pour les opérer. En fonction de leur rôle dans le projet, les intervenants de chantier nécessitent conséquemment des moyens rapides afin d'accéder à l'information et ils ont besoin d'outils permettant une transmission efficace et expéditive de l'information vers les autres disciplines.

#### 1.3.2.4 Les technologies mobiles et les technologies nuagiques

En se référant à ce qui précède, on constate que l'exploitation des TM apporte des aspects et des fonctionnalités intéressants, respectant les contraintes des intervenants de chantier. D'une part, les TM pourraient permettre d'automatiser le processus de recensement, de traitement, d'accès et de partage de l'information à travers un EVI issu des NTIC, et ce, pour l'ensemble des organisations impliquées lors de la phase de réalisation. D'autre part, puisque les recherches reliées aux NTIC font état que ce type de technologies offre de nouvelles possibilités, les TM devraient permettre de faciliter l'échange d'information en chantier et de diminuer la redondance de l'information dans les systèmes de gestion des entreprises.

En fonction de leur rôle dans le projet, les intervenants de chantier nécessitent des moyens rapides afin d'accéder à l'information et ils ont besoin d'outils permettant une transmission efficace de l'information. Les TM apportent alors des aspects et des fonctionnalités intéressants respectant les contraintes de ces intervenants. Bowden (2005) a défini trois différents bénéfices émanant de l'usage des TM, dans le contexte de chantier, soit : 1) l'amélioration de la saisie d'information en chantier, 2) l'amélioration de l'accessibilité aux informations de projets et 3) la réduction des erreurs en chantier par l'amélioration de l'intégrité des données. Selon Gamage

(2011), l'usage des TM donne les moyens de transformer des données brutes en informations utiles pour le traitement rapide de celles-ci. Or, en considérant le fait que la quantité d'information nécessaire à la prise de décisions dans la construction a considérablement augmenté au fil des ans (Irizarry et Gill, 2009) et puisque les projets sont de plus en plus complexes, il est essentiel que les intervenants disposent de l'ensemble des informations afin de prendre la meilleure décision. Les TM sont désormais des outils incontournables afin de répondre à ces enjeux, et ce, d'une manière qui n'était pas possible il y a encore quelques années (Irizarry et Gill, 2009).

D'abord, parce que les appareils sont de plus en plus petits, légers et portables, ils s'adaptent aux activités d'une industrie mobile (Lee, Cheng et Cheng, 2007). Ensuite, puisque les TM offrent au personnel de terrain la possibilité d'être informé rapidement des activités et des évènements de chantiers par l'entremise d'une information disponible et centralisée (Trupp et al., 2004). Couplés aux technologies nuagiques, les TM peuvent s'avérer une composante à forte valeur ajoutée afin de centraliser, de partager et de gérer l'information à travers l'ensemble des équipes de projets.

Plus précisément, les technologies nuagiques apportent de nouveaux modèles économiques susceptibles de limiter, voire d'enrayer, le manque de correspondance entre les différents systèmes informatiques. Il a été défini que les technologies nuagiques représentent « l'informatique sur demande » et permettent des solutions à l'hébergement et aux traitements de données conventionnelles par des services virtuels disponibles pour les intervenants impliqués dans les mécanismes de conception et de réalisation de projets. Selon une étude conduite par Forgues et Staub-French (2013), des changements importants dans le domaine des fournisseurs informatiques sont à prévoir d'ici les prochaines années puisqu'il y a de plus en plus de solutions orientées vers l'usage NTIC. Les études concernant l'implémentation des technologies en construction font état de quelques déductions qui expliqueraient cette tendance migratoire vers des solutions de rechange infonuagiques, soit :

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

- les frais d'accès se font sur une base mensuelle, éliminant des investissements coûteux d'infrastructure;
- tous les intervenants ont un accès en tout temps et multiplateformes aux outils et aux données;
- les problèmes d'interopérabilité et de gestions des versions logicielles sont pratiquement éliminés.

L'emploi des technologies nuagiques permet d'offrir des solutions viables et faciles à intégrer, en plus de fournir la chance de réduire ou même d'éliminer les problèmes d'interopérabilité (Forgues, Tahrani et Frenette, 2014). Les technologies nuagiques font donc usage de la puissance de serveurs externes pour obtenir des données ou en faire le traitement. Il existe toutefois différentes options d'utilisation qui représentent différents modèles économiques, s'ajustant aux besoins des entreprises soit : 1) « Software as a Service » (SaaS), 2) « Platform as a Service » (Paas), 3) « Infrastructure as a Service » (IaaS) (Liao et al., 2011; Pallis, 2010). La Figure 1.5 présente les différentes options issues de ces services web.

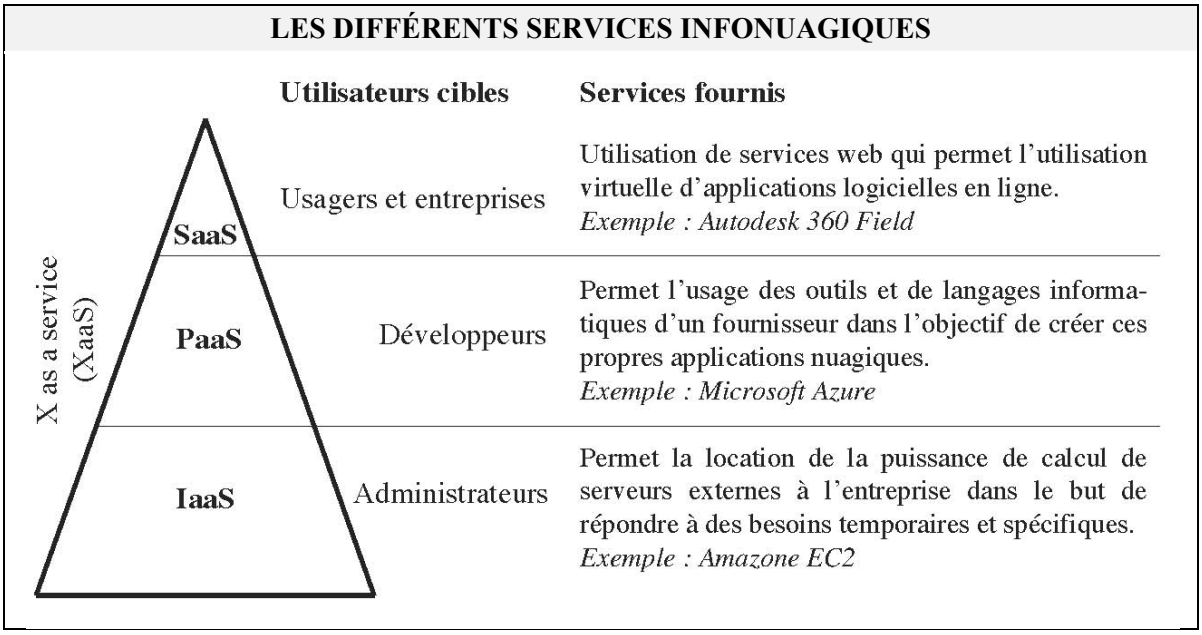



Figure 1.5 Infrastructure infonuagique
Adaptée de Liao et al. (2011) et Pallis (2010)

L'émergence des TM, intégrées aux NTIC, donne alors les possibilités d'acquérir ou de consulter de l'information, peu importe l'endroit désiré. Étant donné que l'industrie de la construction représente un secteur axé sur la mobilité de sa main-d'œuvre, en raison de la dispersion de ses activités (Leeuwen, 2003; Venkatraman et Yoong, 2009), l'emploi d'appareils mobiles représente une avenue intéressante afin d'accéder à des données et de les intégrer, peu importe l'endroit de leur utilisation.

## 1.4 Discussion : les problématiques d'adoption

L'industrie de la construction demeure une industrie réfractaire aux changements et elle est réticente à adopter de nouveaux processus axés vers l'usage des technologies en général. Bowden et al. (2005a) ont démontré que les TM ne font pas exception à cette hésitation. Les principales raisons invoquées, justifiant cette réticence sont reliées d'une part, à la perception d'un manque de retour sur l'investissement et d'autre part, à la rareté d'exemples concrets de réussite d'implantation de ce type de technologie. Pourtant, en évolution constante, depuis quelques années, les TM et les NTIC ne cessent de surprendre et offrent désormais des possibilités inattendues d'accès à l'information, de traitement, de gestion et d'organisation des données en temps réel. Néanmoins, leur adoption généralisée dans le processus de gestion des entreprises représente un avènement de taille puisqu'elles appellent une reconfiguration des processus traditionnels vers des procédures innovantes, et ce, tant de matière procédurale qu'organisationnelle. D'un point de vue procédural, l'exploitation des NTIC représente une occasion d'automatisation des processus d'acquisition des données lors du cycle de réalisation. Dans une perspective organisationnelle, la mise en place d'une telle structure demande une refonte des stratégies d'affaires des organisations vers des stratégies corporatives, voire collaboratives. Néanmoins, puisque leur apparition est relativement récente, le manque d'études de cas et la perception d'un faible rendement de l'investissement ajoutent un frein à leur mise en place définitive (Bowden et al., 2005b), et ce, bien que l'industrie souffre d'un manque d'usage d'outils informatiques. À ce propos, il a été reconnu que l'industrie souffre d'un manque d'utilisation des technologies, plus particulièrement dans l'implantation de système d'acquisition des données dans le but d'en améliorer sa performance globale

(Weerasinghe et Ruwanpura, 2009). Ce constat pourrait s'expliquer par les éléments qui seront discutés ci-dessous.

### 1.4.1 L'hétérogénéité et la nature temporaire des équipes de chantier

La nature temporaire des équipes de travail et la nécessité d'amortir les investissements sur un seul projet rendent difficile la justification des coûts liés aux investissements dans les technologies, dans le secteur de la construction. Cet enjeu freine le désir des entreprises à investir dans un remaniement de leurs processus de travail, incluant l'intégration des TM et des NTIC dans un contexte d'EVI. Selon Forgues (2014), l'une des problématiques expliquant ce constat est qu'aucune firme ne possède plus que 5 % du marché et, qu'en raison du caractère ponctuel et temporaire du réseau d'affaires, aucune firme ne peut agir de manière coercitive, et ce, même si les recherches démontrent que l'exploitation des technologies peut améliorer les communications. Devant cette situation, il est alors difficile, non seulement pour les entreprises d'investir dans les technologies, mais également de revoir et d'implanter de nouvelles stratégies liées à un remaniement des stratégies d'affaires. En l'occurrence, Forgues (2014) a mentionné que le cycle de vie du projet représentait un environnement fragmenté et que chacune des phases de projet fait appel à des acteurs différents, résultant d'un environnement éclaté. Toujours selon l'auteur, cela représente un frein majeur dans le déploiement global et réussi des TIC dans l'industrie. Il a été avancé que les éléments principaux, contribuant à la mauvaise performance du secteur, sont reliés à l'inefficacité de ces pratiques de communication, à sa fragmentation organisationnelle et à un manque d'intégration entre les processus de conception et de production (Wikforss et Löfgren, 2007).

### 1.4.2 La division de la recherche sur les processus et les NTIC

La recherche et le développement ne sont pas dans la culture des entreprises de construction au Canada, tandis que la recherche universitaire au pays ne dispose pas de ressources pour combler ce besoin, en appui aux futurs travailleurs et aux entreprises qui désirent moderniser leurs pratiques de collaboration (Forgues et Farah, 2013 ), et ce, même si de nombreuses études démontrent les bénéfices associés à l'usage des TM en construction (Bowden, 2005; Chen et

Kamara, 2005; Venkatraman et Yoong, 2009). L'une des raisons justifiant ce constat est que le secteur de la construction est celui qui investit le moins dans les technologies. À ce propos, un rapport américain provenant de « Growth of US Industries and Investments in IT and Higher Education » soutient que les investissements d'ordre technologique dans le secteur de la construction américaine sont parmi les plus bas au pays (Dale, Mun et Kevin, 2005). Cette situation est également d'actualité au Canada puisque la situation de l'usage des technologies est méconnue et qu'il n'y a que très peu d'études menées dans le secteur afin de comprendre le potentiel des technologies (Hewage et Ruwanpura, 2009). En conséquence, l'exploitation des TM dans l'industrie de la construction demeure incertaine, principalement en raison de la nature évolutive des technologies et de nombreuses tentatives infructueuses par l'industrie de la construction à utiliser ces technologies (Ruwanpura, Hewage et Jergeas, 2008). Ce constat vient appuyer l'importance de la recherche et le développement dans l'industrie de la construction, et ce, spécialement sur les NTIC lors de la phase de réalisation.

### 1.4.3 La difficulté de repenser les pratiques dans des chaînes d'approvisionnement

Il est reconnu que l'usage des TIC dans l'industrie peut appuyer le processus de construction par l'amélioration de l'échange d'information entre les intervenants; toutefois, la nature des changements à apporter représente davantage qu'un simple usage de ces outils (Froese, 2010). En l'occurrence, Staub-French et al. (2011) ont identifié que l'intégration des TIC en construction doit considérer trois axes de transformation afin d'assurer son succès et d'obtenir de réels bénéfices, soit : 1) technologique, 2) procédural et 3) organisationnel. Appuyant ces propos, Froese (2010) souligne qu'indépendamment de la nature des outils informatiques, l'intégration des technologies doit être perçue non seulement comme une intégration de solutions informatiques, mais comme une transformation importante des mécanismes de gestion de projets. Paradoxalement, il a été établi que le secteur de la construction ne semble pas avoir de stratégies communes favorisant la coordination et la collaboration entre les intervenants primaires des projets (Koskela, 2000), et ce, bien qu'il ait été reconnu qu'il est essentiel de revoir les procédures de contrôle et de gestion de projets afin d'en améliorer leurs logistiques (Matouzko et Methanivesana, 2012). L'exploitation des technologies a alors été

identifiée comme un important vecteur de changements dans le secteur en raison du potentiel de transformation des mécanismes d'affaires des organisations. En revanche, malgré le fait que la majorité des chercheurs et des professionnels se polarisent pour affirmer que l'exploitation des technologies est porteuse de changements importants dans l'industrie, leur mise en place demeure complexe, principalement dans un contexte collaboratif. À ce propos, il a été reconnu qu'en raison de la nature temporaire des projets de construction ainsi qu'en raison de la fragmentation du secteur, il devient très difficile de faire évoluer les mécanismes marginaux du secteur de la construction au profit de solutions technologiques (Forgues, 2014).

Les travaux réalisés par Venkatraman (1994) ont permis d'identifier cinq paliers d'évolution caractérisant des changements d'ordre mineur à majeur au sein, non seulement des entreprises œuvrant dans le secteur, mais également en ce qui concerne le modèle d'affaires globales de l'industrie de la construction. La Figure 1.6 présente alors les différentes étapes de transformation suggérées par Venkatraman (1994) dans l'objectif de créer un rythme permettant de faire évoluer les pratiques internes dans les entreprises et de réaliser une révolution des processus orientés vers une exploitation généralisée des technologies dans le secteur de la construction au profit d'une refonte de l'industrie.

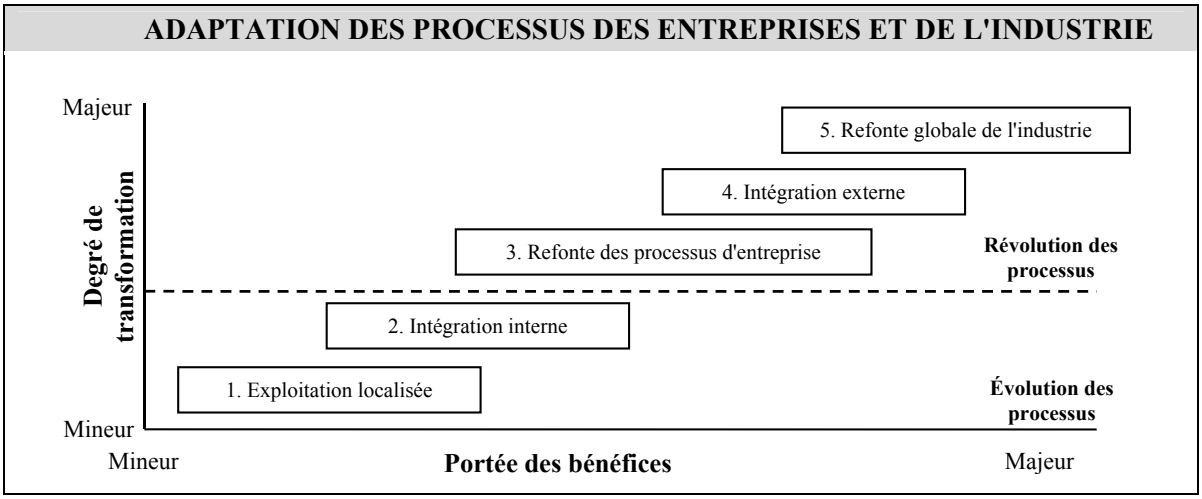



Figure 1.6 Étapes de transformation des processus des entreprises
Adaptée de Venkatraman (1994)

Les changements de palier 1 se définissent alors par une exploitation axée vers un usage individuel des technologies tandis que le palier 5 représente une redéfinition globale de l'industrie vers un usage corporatif et collaboratif de ces outils. Les travaux de Venkatraman (1994) ont démontré que les technologies permettent un gain de rendement des entreprises, par l'amélioration de la capacité à communiquer l'information, en considérant le fait que leur intégration soit alignée avec les stratégies, les méthodes de l'organisation et le modèle d'affaires de l'entreprise. En correspondance avec ce qui précède, Walton (1989) a indiqué trois éléments majeurs permettant une implémentation réussie, soit 1) l'alignement des stratégies, 2) l'engagement et le support, puis, 3) la compétence et la maîtrise.

Inversement, selon Venkatraman (1994), les principaux obstacles à l'atteinte de leur potentiel et de la mise en place sont liés, d'une part, à l'obsolescence rapide des technologies et, d'autre part, à l'absence de standards d'utilisation. Il est donc primordial que les entreprises demeurent attentives aux avancées, en matières technologiques, et que celles-ci redéfinissent leurs méthodes de travail autour d'une unification des méthodes de travail

# CHAPITRE 2

# MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

Le chapitre précédent brossait un portrait des défis relatifs à la fragmentation du secteur et de la difficulté des intervenants à transférer de l'information de projet lors de la phase de réalisation. Il a été soutenu que l'intégration des TM ainsi que des NTIC pourrait s'avérer l'une des solutions viables afin de pallier ces enjeux. Par exemple, ces outils pourraient se montrer comme des éléments déclencheurs afin d'améliorer la productivité globale du secteur au terme d'une mise en place d'un environnement numérique centralisé (Almohsen et Ruwanpura, 2011). En revanche, il a été établi que l'industrie ne possède pas de mécanismes favorisant la coordination et la collaboration ce qui a comme effet de complexifier les processus de communication (Dave, Boddy et Koskela, 2010). L'implantation d'un EVI pourrait donc s'avérer une option viable puisque cela consiste, d'une part, à une mobilité et à une centralisation de l'information et, d'autre part, à une convergence des méthodes de travail des divers intervenants de chantier. Or, le foisonnement des TM combiné à la surabondance des applications rendent complexe l'évaluation de ces outils lorsqu'ils sont introduits en situation réelle. Il est donc important de définir la nature des applications sélectionnées et les bénéfices qui leur sont associés. Ce chapitre vise à présenter la méthodologie adoptée afin d'atteindre les objectifs de cette étude soit, 1) de définir une ontologie et une caractéristique des TM et, 2) d'élaborer un cadre d'opération des TM dans un contexte d'EVI. Cette section présente alors la stratégie de recherche ainsi que la méthodologie d'intervention de chacune des phases de ce mémoire.

Rapport-Gratuit.com

## 2.1 Stratégie de recherche

La stratégie de recherche se divise en deux phases principales ainsi que d'une phase préliminaire et la Figure 2.1 en expose le cheminement. D'abord, la phase préliminaire permet de développer et d'explorer des pistes d'exploitation des TM permettant la mise en place de ce projet. Par la suite, la Phase 1 consiste en la réalisation d'une enquête à l'échelle du Québec, tandis que la Phase 2 consiste en la réalisation d'études de cas auprès de trois entreprises du secteur.

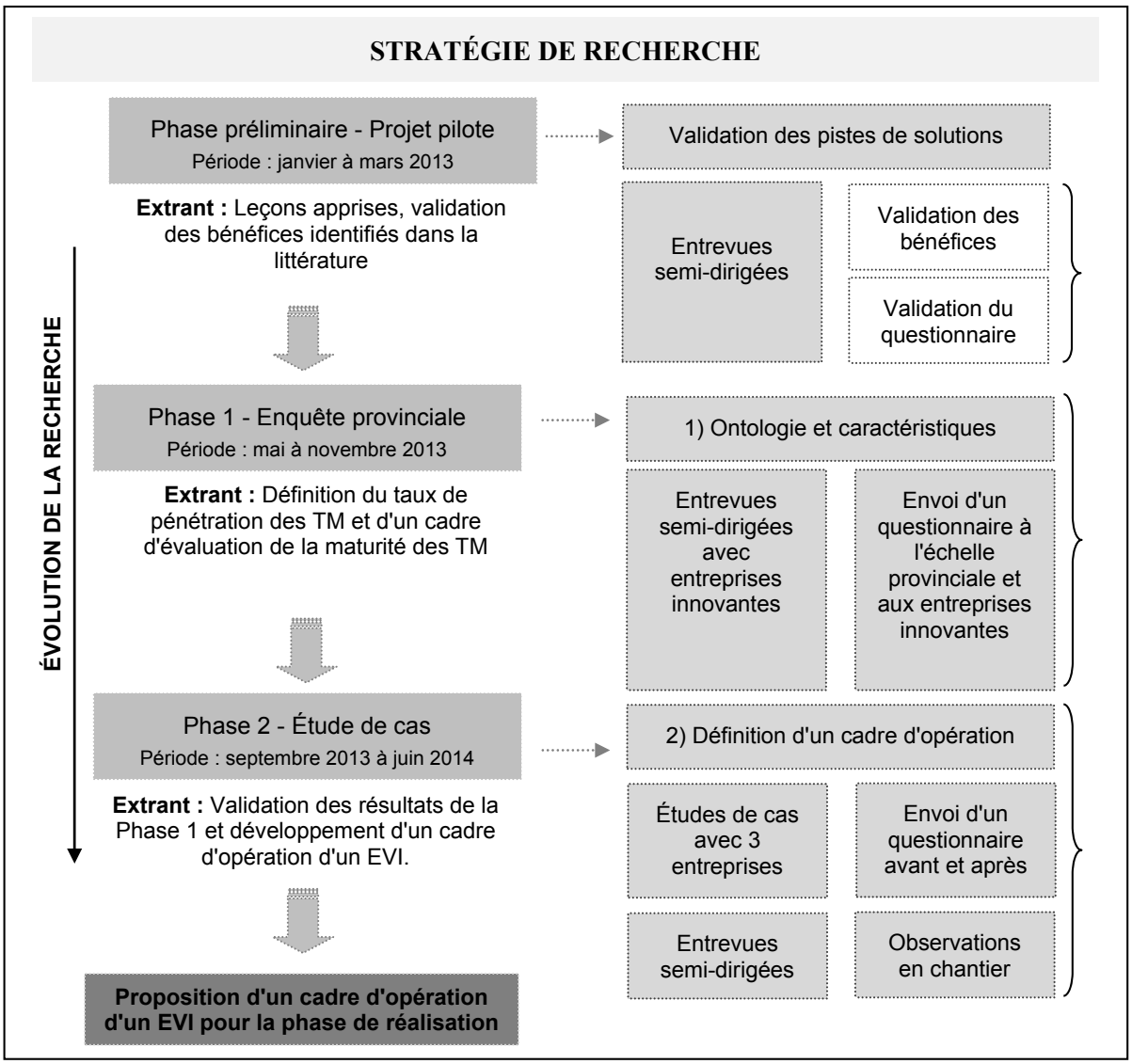



Figure 2.1 Stratégie de recherche

## 2.2 Phase 1 - Enquête provinciale

La Phase 1 vise le développement d'une ontologie des concepts des applications mobiles[5] dans l'objectif de caractériser leurs différents modes d'usages. La résultante de cette phase permet d'établir des points de repère afin de définir un cadre d'évaluation des fonctionnalités de divers types d'applications en conceptualisant un ensemble de connaissances émanant de l'industrie. D'abord, la construction de ce cadre permet d'évaluer la maturité du secteur de la construction au Québec en fonction de l'impact de l'usage des applications mobiles dans les projets. Ensuite, ce cadre permet d'évaluer la maturité de l'industrie québécoise par rapport à l'américaine. Afin d'y arriver, la Phase 1 se décompose en deux étapes soit, 1) l'identification des usages et des bénéfices auprès d'entreprises innovantes et, 2) l'envoi d'un questionnaire à l'échelle provinciale[6]. L'objectif de l'étape 1 est de caractériser les différents types d'usages des TM auprès d'utilisateurs avertis tandis que celui de l'étape 2 est d'évaluer le taux de pénétration global des TM dans le secteur de la construction du Québec.

### 2.2.1 Méthode de collecte

À la lumière des éléments présentés ci-dessus, la Phase 1 s'est exécutée en deux étapes, et la Figure 2.2 en schématise son déroulement en présentant le nombre de répondants pour chacune des interventions réalisées.

---

[5] ***Note*** **:** Le terme « application mobiles » fait référence aux applications conçues pour être téléchargée et fonctionnant sur un appareil mobile.

***Source*** : Office de la langue française, Grand dictionnaire terminologique, [En ligne]. [http://www.oqlf.gouv.qc.ca/] (Consulté 16/06/14).

[6] ***Note*** **:** Le terme « entreprises innovantes » se représente des entreprises faisant déjà un usage des NTIC ou des TM dans leurs pratiques tandis que le terme « échelle provinciale » représente l'intégralité du secteur de la construction sans distinction.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

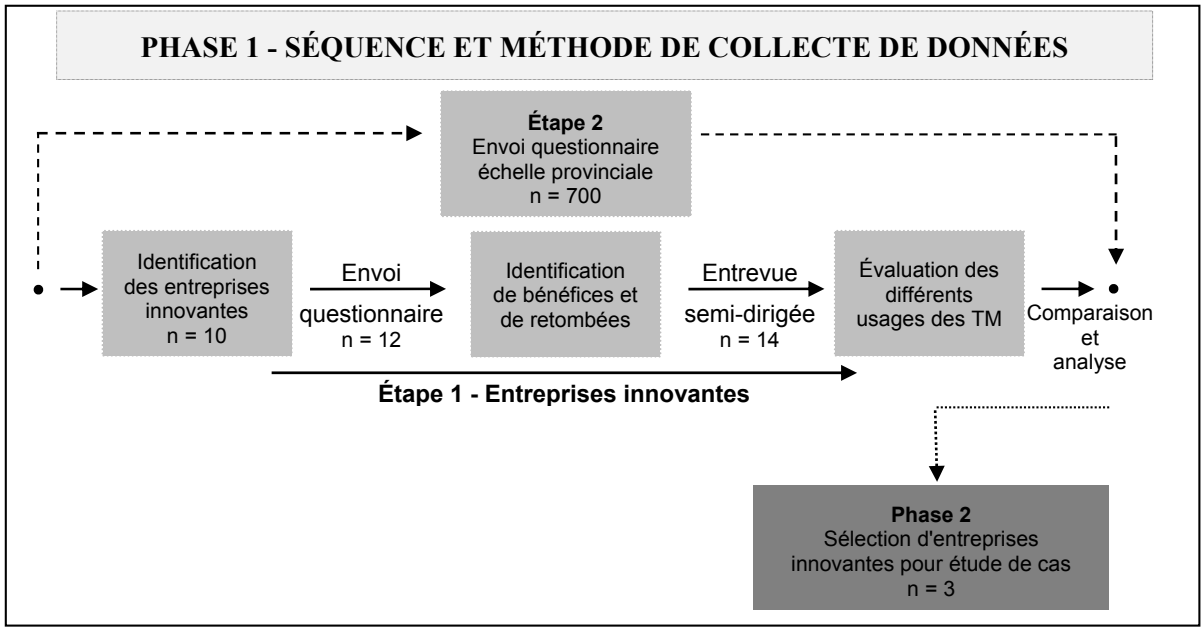



Figure 2.2 Séquence et méthode de collecte de données (Phase 1)

D'abord, l'étape 1 consiste en la rencontre de 10 entreprises innovantes sélectionnées en fonction de leur usage d'applications mobiles. La séquence d'intervention s'est exécutée en deux étapes, soit : 1) l'envoi d'un questionnaire aux entreprises innovantes et 2) la réalisation d'entrevues semi-dirigées. Au total, 12 employés de ces entreprises ont répondu au questionnaire tandis que 14 participants issus de celles-ci ont été rencontrés en entrevue. Afin d'assurer un échantillonnage diversifié, ces intervenants ont été choisis en fonction des rôles occupés dans leur entreprise respective. Les entrevues, d'en moyenne 30 minutes, ont été enregistrées et analysées afin d'en dégager les concepts d'opérations. Ensuite, l'étape 2 consiste en l'envoi d'un questionnaire électronique à l'échelle provinciale. Ce questionnaire a été acheminé auprès de 30 000 personnes. De ce nombre, 700 personnes ont répondu au sondage. Les données obtenues grâce au questionnaire de l'étape 1 seront mises en parallèle avec les résultats issus du questionnaire de l'étape 2. L'élaboration des questionnaires a été inspirée des travaux réalisés par Rivard (2000), Bowden et al. (2005a) et Ruwanpura, Hewage et Jergeas (2008) ainsi que de certaines études effectuées par Fiactech (2012) et Sage (2013).

### 2.2.2 Échantillon

La Figure 2.3 présente la répartition de l'échantillon lors de la Phase 1. À l'échelle provinciale, les architectes présentent le plus haut taux de participation avec 41 %. Du côté des entreprises innovantes, l'échantillon a été choisi de manière à ce qu'il y ait un représentant pour chacune des principales disciplines présentes dans le secteur de la construction. L'objectif était d'obtenir un échantillon représentatif selon plusieurs disciplines généralement impliquées lors de projet de construction.

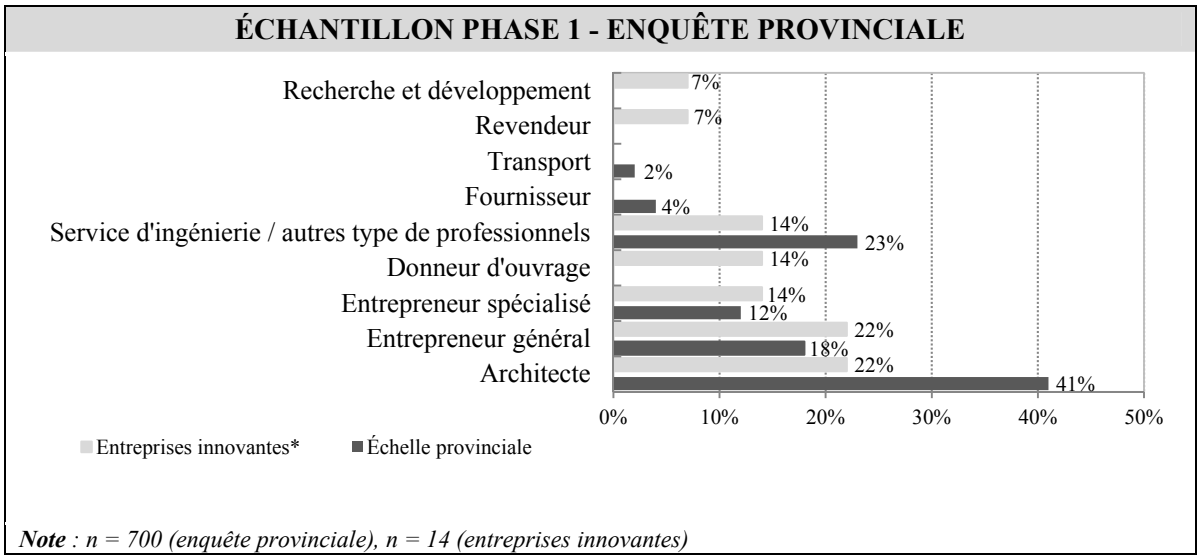



Figure 2.3 Échantillon Phase 1 : Enquête provinciale

### 2.2.3 Analyse des données

L'analyse des données est effectuée en fonction des types d'utilisation des applications mobiles dans le secteur et elle s'appuie sur les démarches proposées par Walton (1989) et Venkatraman (1994). D'abord, les travaux de Walton (1989) ajoutent de la profondeur à notre réflexion étant donné que ses travaux ont démontré le « comment » d'une l'implantation réussie de la technologie dans le contexte d'une organisation. Ensuite, les travaux réalisés par Venkatraman (1994) ont établi le « quoi » en correspondance à la nature des changements qu'imposent les technologies pour le secteur de la construction. Leurs modèles d'usage et d'implantation de la

technologie dans les organisations serviront de fondation afin d'établir un nouveau cadre théorique propre à cette recherche. Ce cadre théorique permettra de mesurer le niveau de maturité des entreprises en fonction de leurs divers usages des TM et de leurs méthodes d'implantation.

Les données recueillies par l'entremise des questionnaires acheminés aux entreprises innovantes et à l'échelle provinciale sont traitées à l'aide d'un chiffrier électronique. Les données sont par la suite mises en parallèle afin d'en dégager les usages et les bénéfices perçus du point de vue des entreprises innovantes et de celui des entreprises à l'échelle provinciale. Les entrevues réalisées auprès des entreprises innovantes sont transcrites sous forme de résumés afin d'en dégager des concepts et les différents axes d'usages des TM dans leur réalité. Finalement, le nouveau cadre d'évaluation sera utilisé afin de situer les résultats obtenus en Phase 2 et dans l'objectif de confirmer le nouveau cadre théorique proposé.

## 2.3 Phase 2 - Études de Cas

La Phase 2 vise à l'élaboration d'un cadre d'opération lors de l'utilisation des TM dans un EVI dans l'objectif de démontrer les bénéfices de ces outils lors de la phase de réalisation. La résultante de cette phase aidera l'industrie à mettre en place une démarche d'automatisation de ces processus de gestion et de traitement de l'information. Cette phase s'appuie sur la réalisation d'études de cas *in situ* dans le but de promouvoir le partage de connaissances et à encourager le secteur à prendre un virage technologique en chantier. La réalisation de ce cadre d'opération permet, d'une part, de conceptualiser de nouvelles séquences de travail en phase de réalisation et, d'autre part, d'analyser différentes approches d'utilisation. Cette phase permet de valider et de généraliser les résultats en correspondance avec ceux obtenus lors de la phase précédente. Afin d'y arriver, la Phase 2 se décompose en cinq étapes : 1) envoi d'un questionnaire de début de test, 2) entrevue semi-dirigée de début de test, 3) observation en chantier, 4) envoi d'un questionnaire de fin de test et 5) entrevue semi-dirigée de fin de test. L'objectif des étapes 1 et 2 est d'identifier les besoins et les défis actuels des intervenants de chantier. L'objectif de l'étape 3 est d'observer les différentes tâches des intervenants de chantier et d'observer leur utilisation

de la TM. Les étapes 4 et 5 sont pour déterminer les bénéfices et le potentiel des TM à améliorer les performances globales lors de la phase de réalisation.

### 2.3.1 Méthode de collecte

La Figure 2.4 en schématise son déroulement et présente, de façon sommaire, le nombre de répondants pour chacune des interventions réalisées. Cette phase s'est effectuée auprès de trois entreprises impliquées lors de l'étape de réalisation de projet. La sélection des études de cas s'est faite à la suite des travaux réalisés lors de la Phase 1 en référence à l'usage d'applications logicielles[7] correspondant à la définition d'un EVI établi en début de document.

---

[7] ***Note*** **:** Le terme « application logicielle » fait référence aux applications en mesure de traiter, d'emmagasiner et de gérer une quantité importante d'information. Les TM sont les catalyseurs de l'information tandis que l'application logicielle permet de faire le lien entre des serveurs externes. La donnée est alors captée sur le terrain puis est traitée à distance. Les applications logicielles font référence aux termes anglais *mobile computing (MB)* et *cloud computing (CC).*

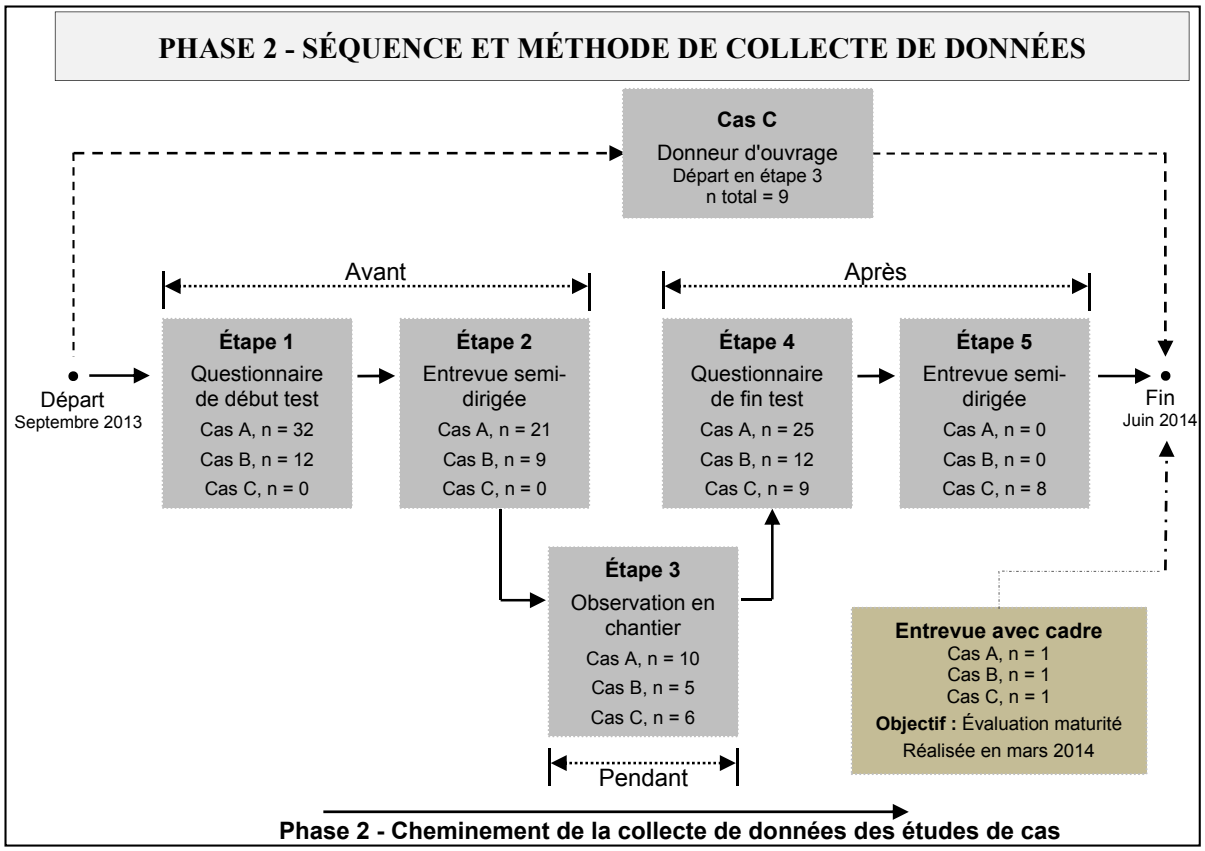



Figure 2.4 Séquence et méthode de collecte de données (Phase 2)

L'étude de cas A représente un entrepreneur général, l'étude de cas B est constituée d'un consortium d'entrepreneurs généraux et l'étude de cas C est un donneur d'ouvrage. La séquence d'intervention se scinde en trois segments soit avant, pendant et après l'usage des TM en chantier. Les segments avant et après sont composés des mêmes méthodes de collecte de données, soit l'envoi d'un questionnaire de début ou de fin de test et la réalisation d'entrevues semi-dirigées de début ou de fin de test. Le segment central, l'étape 3, est composé d'une seule étape soit l'observation en chantier.

Comme illustré dans la figure ci-haut, le cheminement des interventions exécutées pour les études de cas A et B est identique. Toutefois, le cheminement d'intervention de l'étude de cas C est différent. Ceci s'est explique par le fait que les études de cas A et B ont toutes deux introduit la technologie en septembre 2013, tandis que pour l'étude de cas C, les TM ont été implantées en 2008. Les études de cas A et B utilisent des applications logicielles de nature

commerciales, tandis que dans l'étude de cas C, on a fait usage d'une application de conception maison.

Au total, 58 participants ont répondu au questionnaire lors de l'étape 1 tandis que 51 participants ont répondu au questionnaire de l'étape 4. Lors de l'étape 2, 30 intervenants ont été rencontrés en entrevue, alors qu'à l'étape 5, 11 intervenants ont été rencontrés. Les entrevues ont été enregistrées et les données ont été transcrites mot à mot afin d'en dégager les concepts et les opinions. Finalement, 21 intervenants ont été observés en chantier pendant une période moyenne d'une journée de huit heures. Cette combinaison permet d'augmenter la profondeur des analyses de l'étude. Deux questionnaires ont été produits, soit aux étapes 1 et 4 et ils ont été inspirés des travaux réalisés par Rivard (2000), Bowden et al. (2005a) et Ruwanpura, Hewage et Jergeas (2008).

### 2.3.2 Échantillon

L'échantillon issu de la Phase 2 est orienté vers les intervenants de chantier. Dans la situation de l'étude de cas A, les surintendants, les contremaîtres ainsi que les gestionnaires de construction ont été ciblés. L'étude de cas B est axée d'abord sur les équipes de contrôle de la qualité et, ensuite, sur le personnel de construction de l'entrepreneur spécialisé. Finalement, l'étude de cas C est orientée vers les inspecteurs de chantier du donneur d'ouvrage ainsi que les gestionnaires de projet. La Figure 2.5 présente la répartition de l'échantillon lors de la phase 2 tandis que la Figure 2.6 présente les profils démographiques de l'échantillon.

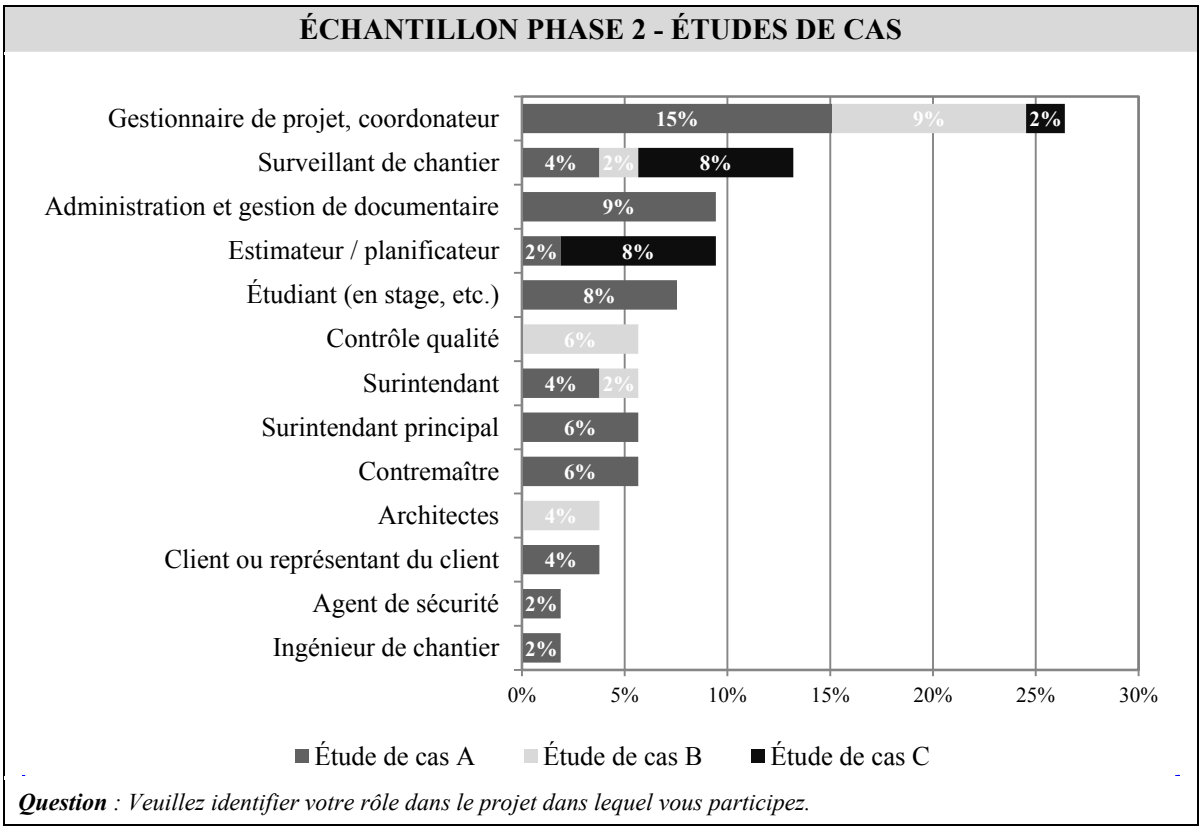



Figure 2.5 Échantillon Phase 2 : Études de cas

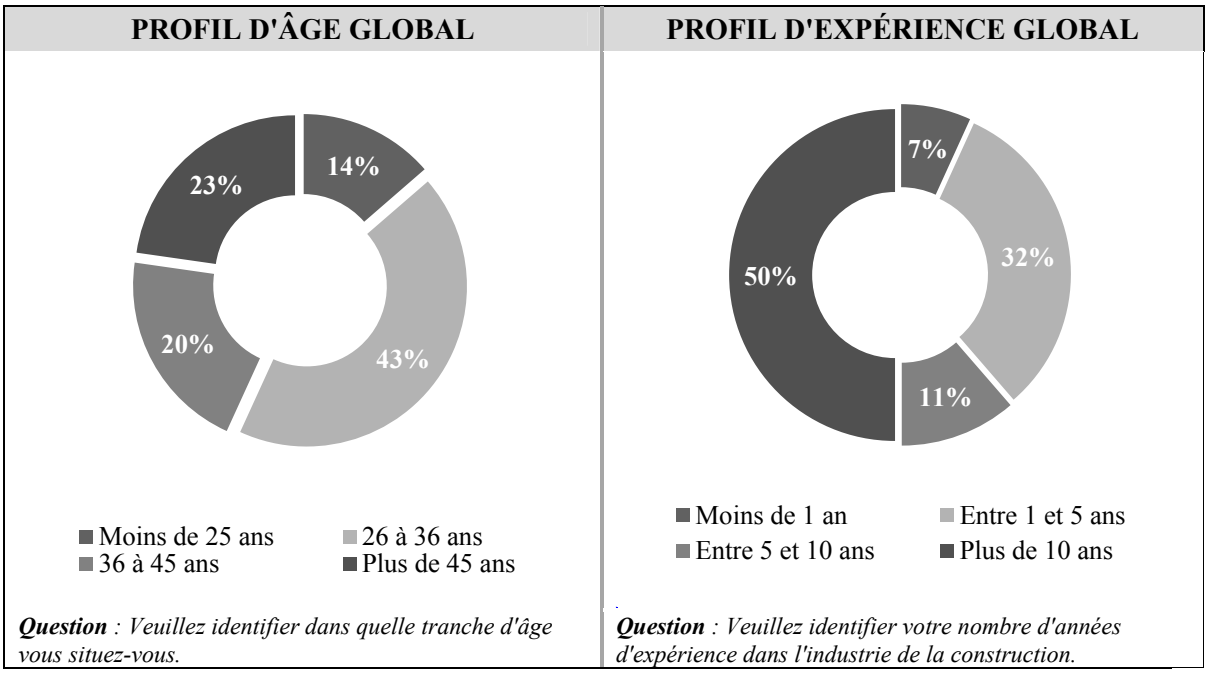



Figure 2.6 Profil d'âge et d'expérience

### 2.3.3 Analyse des données

L'approche proposée par Yin (2003), illustrée à la Figure 2.7, est la méthode d'analyse des études de cas multiples utilisée lors de la présentation des résultats ainsi que de l'analyse des données. Chacune des études de cas sera d'abord présentée individuellement, puis elles seront mises en parallèle afin d'en exécuter une analyse globale. En référence au développement de la théorie présentée ci-dessous, les différentes études de cas seront analysées et comparées afin d'en illustrer les différents bénéfices et les diverses retombées en fonction du développement préalable de l'ontologie des concepts construits en Phase 1. La méthode d'analyse de données proposée permet de mettre en lumière les différents contextes d'utilisation des TM lors de chacune des études de cas. Par la suite, la méthode mise en place permet de comparer les différents résultats obtenus afin de valider la cadre de maturité proposée lors de la Phase 1 (Yin, 2003). Les données obtenues à l'aide des différents questionnaires seront traitées à l'aide d'un chiffrier électronique tandis que celles obtenues à la suite des entrevues seront transcrites mot à mot afin d'être codées, traitées et comparées.

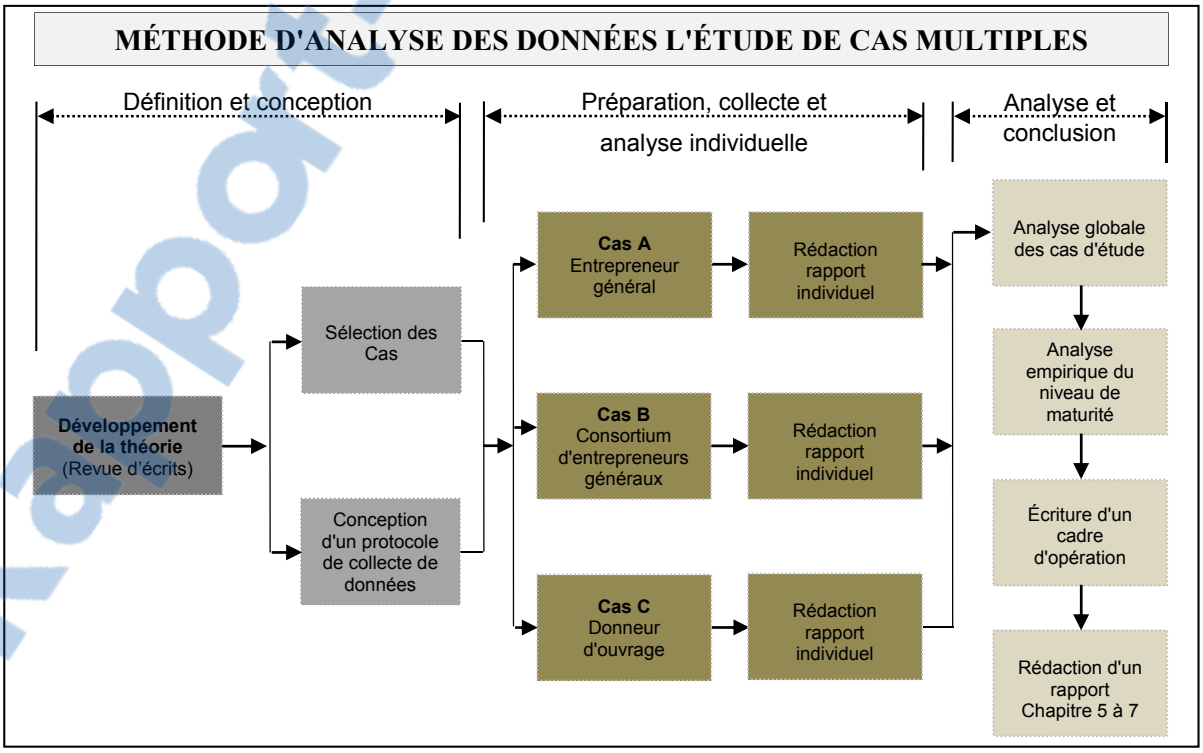



Figure 2.7 Méthode d'analyse d'études de cas multiple
Adaptée de Yin (2003)

Rapport-Gratuit.com

# CHAPITRE 3

# PHASE PRÉLIMINAIRE - PROJET PILOTE

Il a été identifié précédemment que l'emploi des TM dans l'industrie de la construction pourrait apporter des opportunités intéressantes afin que le secteur modernise ses processus de suivi et de contrôle de projet en cours de réalisation. Ce chapitre expose la Phase préliminaire dans laquelle un projet pilote a été réalisé afin de valider les pistes de solutions émanant du chapitre précédant, soit que les TM puissent faciliter les processus d'échange d'information entre les intervenants de chantier issus de diverses organisations. Ce chapitre met d'abord en place une description du projet pilote réalisé ainsi que la séquence d'intervention exécutée. Par la suite, une discussion est mise en place en exposant les interventions réalisées et est ensuite suivie des leçons apprises à la suite de l'usage des TM lors de cet essai.

## 3.1 Description - Phase préliminaire

La Phase préliminaire vise à expérimenter l'adoption des TM dans une perspective d'EVI dans le but de mettre en place une procédure automatisée permettant de réaliser le contrôle qualité des travaux ainsi que de la mise en service du bâtiment. L'application logicielle mise en place est *« Autodesk BIM 360 Field »* et est exclusivement infonuagique[8]. Elle offre des possibilités de gestion et de contrôle de l'information sur le chantier et elle peut être utilisée sur une tablette ou sur une plateforme web. Elle permet de collecter l'information en temps réel sur le terrain et de traiter celle-ci sur un poste informatique à l'aide d'un fureteur web. « *Autodesk BIM 360 Field »* a été choisi en raison de ses capacités à créer une base de données accessible simultanément par un grand nombre d'intervenants, et le Tableau 3.1 présente les principales fonctionnalités ainsi que certains avantages.

---

[8] ***Source*** : Autodesk, BIM 360 Field – iPad User Guide, [En ligne], 2013. [*http://d3nfeyce9b2imt.cloudfront.net/Mobile_User_Guide.pdf*], consulté le 7 septembre 2013

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Tableau 3.1 Fonctionnalités et avantages de l'application *Autodesk BIM 360 Field*

| FONCTIONNALITÉS | AVANTAGES |
|---|---|
| ▪ Contrôle qualité lors de la mise en service<br>▪ Suivi des demandes des futurs propriétaires des unités de condo<br>▪ Suivi des tâches des sous-traitants<br>▪ Distribution de rapports automatisés<br>▪ Tableau de bord permettant de faire un suivi rapide des tâches à effectuer | ▪ Élimination des problèmes d'interopérabilité<br>▪ Un accès centralisé de l'information de projet<br>▪ Production de rapport en fonction de critères prédéfinis (ex. : par location, par sous-traitant, par date, par type de travaux, etc.)<br>▪ Traçabilité des travaux correctifs effectués par les différents entrepreneurs spécialisés<br>▪ Historique des opérations dans l'application logicielle |

Le projet de construction choisi pour l'exécution de cette phase est un édifice multi-résidentiel type condominium de six étages et de 33 unités de condo situé à Longueuil, au Québec (Figure 3.1). Les tests en chantier ont eu lieu lors du processus de suivi des déficiences du projet et de la phase de mise en service. Considérant la petite taille du projet et du court laps de temps d'intervention, seuls le promoteur et le surintendant principal du projet ont été impliqués dans l'utilisation de la tablette munie de l'application logicielle.

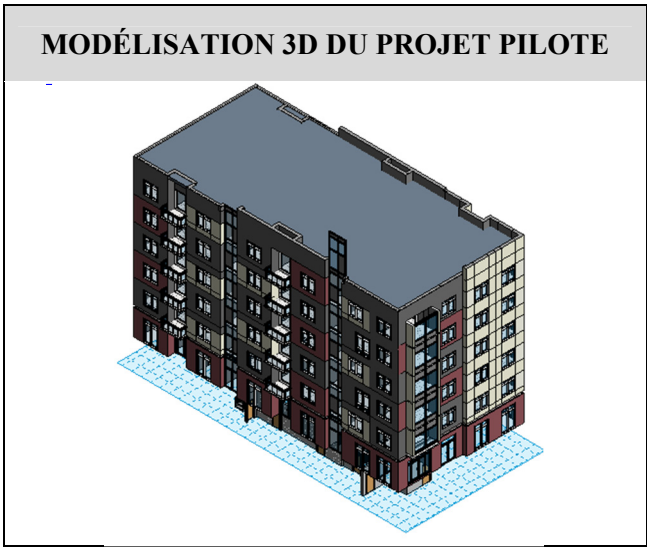



Figure 3.1 Modèle architectural du projet pilote extrait d'Autodesk Revit
Tirée du laboratoire du GRIDD (2012)

La décision d'intégrer une application logicielle fait suite à des efforts pour la résolution de problèmes itérés lors d'un groupe de discussion effectué avec les intervenants clés du projet antérieurement, soit : l'architecte, le gestionnaire du projet, les surintendants et le client. L'objectif principal de l'implantation des TM est la centralisation de l'information s'appuyant sur les enjeux suivants illustrés dans le rapport de Forgues et Staub-French (2013) :

- augmenter la productivité en chantier;
- définir des processus d'échanges d'information performants;
- développer des mécanismes efficaces de collecte de données;
- explorer de nouveaux systèmes susceptibles d'améliorer les performances de projets.

## 3.2 Intervention

La séquence d'intervention réalisée est présentée à la Figure 3.2 et schématise la collecte de données qui s'est réalisée par la conduite d'entrevues avec le promoteur et le surintendant et par l'envoi d'un questionnaire. Il est à noter que trois entrevues ont été réalisées avec le surintendant pendant le test afin de cerner les problématiques d'utilisation et d'implantation de la technologie sélectionnée.

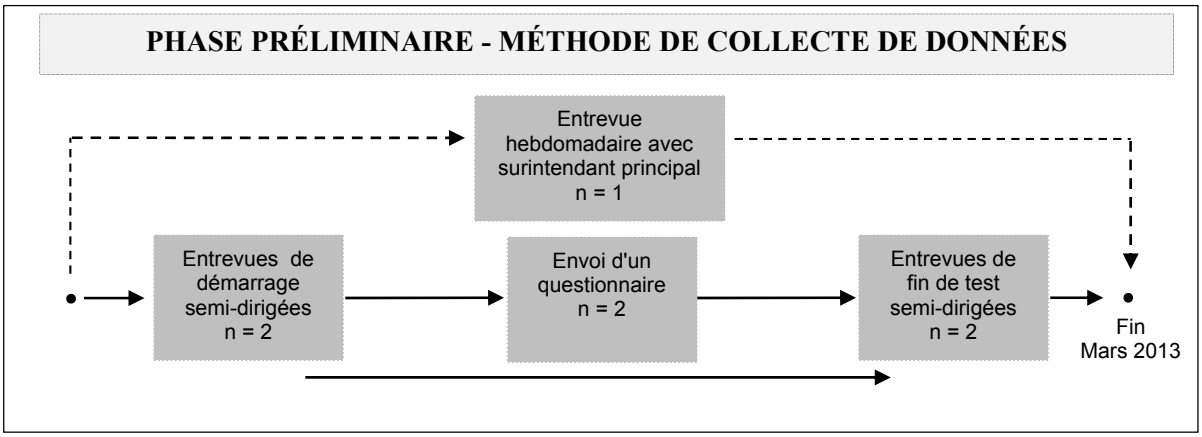



Figure 3.2 Séquence et méthode de collecte de données (Phase préliminaire)

## 3.3 Sommaire d'intervention

Les données obtenues brossent un premier portrait de l'emploi des TM dans une perspective de collecte et de gestion de l'information en chantier. Les prochains paragraphes traitent des orientations de mise en place identifiées lors des travaux de Staub-French (2007) soit : 1) Technologie, 2) Organisation et 3) Processus.

### 3.3.1 Technologie

D'abord, il a été identifié que la quantité d'informations qu'un intervenant de chantier peut avoir à gérer est considérable et est exponentielle en fonction de l'ampleur du projet à réaliser. Cette masse d'informations peut devenir critique si aucune mesure n'est mise en place afin de standardiser et de centraliser sa collecte au sein des diverses entreprises. Les données récoltées via les participants font état que l'implantation d'une application de ce type permet de diminuer la surcharge cognitive et de prévenir le stress des intervenants. On constate que ce type de technologie offre l'opportunité de regrouper l'information d'un projet sur une base de données unique et disponible à un large éventail d'intervenants. Il a été défini que l'usage de cette technologie a accentué la collaboration entre les participants à travers une centralisation de l'information.

*« L'implantation d'Autodesk BIM 360 Field fait en sorte que nos inspections sur le terrain sont ordonnées. L'application nous impose une structure afin de passer en revue les exigences de construction pièce par pièce. L'emploi de cet outil nous permet d'éviter d'oublier des composantes ou des corrections qui peuvent avoir une incidence sur une tâche subséquente. [...] L'inspection est plus longue et systématique, mais celle-ci est exhaustive et les données sont claires et précises.»*

*Surintendant principal du projet*

Dans un deuxième temps, la Figure 3.3 présente les différents bénéfices atteints et les impacts perçus après l'usage de l'application logicielle. Les participants revendiquent alors que la disponibilité de l'information ainsi que sa centralisation permettent de prendre de meilleures

décisions et d'éviter des oublis lors des périodes d'inspections. Ils estiment que des erreurs de construction ont pu être évitées et qu'une meilleure qualité générale du produit en résulte.

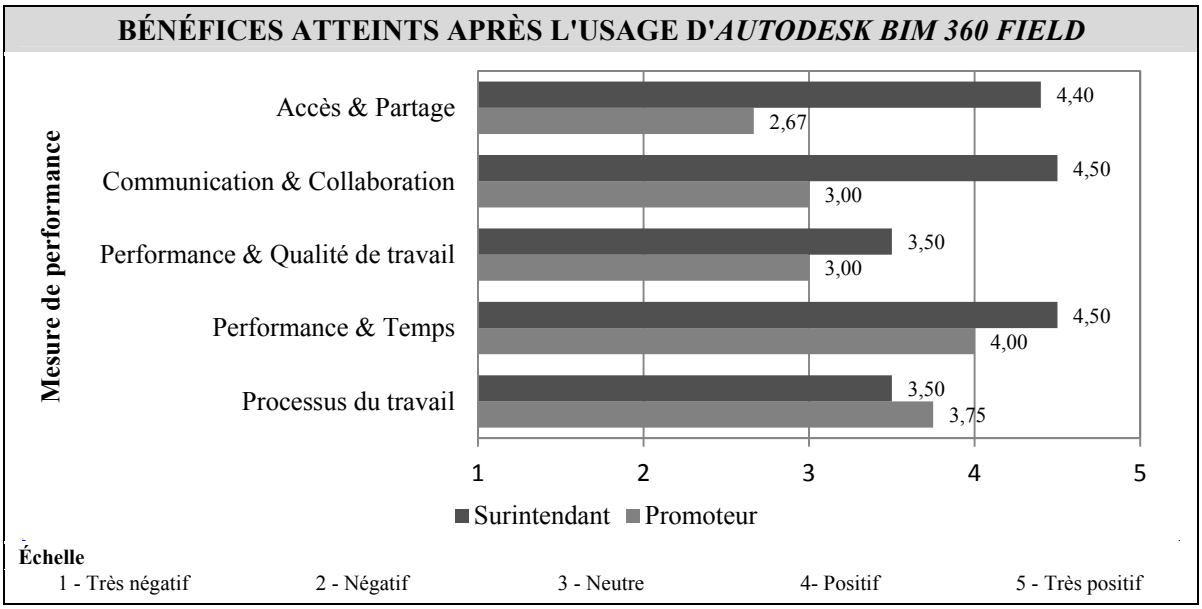



Figure 3.3 Bénéfices après usage de l'application logicielle (Phase préliminaire)

### 3.3.2 Organisation

D'abord, il est important de mentionner que dans le cadre de ce projet, aucune mesure externe n'a été entreprise afin de mettre en place des stratégies communes d'exploitation. Les données obtenues démontrent néanmoins qu'il est crucial d'établir un processus d'échange d'information au sein des intervenants impliqués. L'une des raisons justifiant ces propos est la présence de plusieurs entreprises qui sont alors appelées à travailler en collaboration et que chacune d'entre elles amène ses propres processus de travail. Cela a pour effet de multiplier les canaux de communication à l'intérieur des équipes de projet et de décentraliser l'information. Indépendamment de la nature de l'application logicielle sélectionnée, l'accessibilité de celle-ci sera limitée par la qualité de son intégration et par la convergence des différentes méthodes de travail. Ces facteurs démontrent l'importance d'un intégrateur de la technologie, et ce, peu importe le type d'applications sélectionnées.

*« Lorsque l'on désire implanter un outil, peu importe son objectif, il faut absolument mandater quelqu'un pour faciliter l'intégration du logiciel pour augmenter le pourcentage de réussite lors de l'implémentation. »*

*Propriétaire constructeur du projet*

D'une part, l'intégrateur pourra établir des séquences d'opérations de communication dans le but de centraliser l'information et, d'autre part, celui-ci sera en mesure de fournir une assistance technique aux intervenants.

### 3.3.3 Processus

Les rencontres réalisées ont permis d'observer que l'absence de standards de communication complexifie la gestion de l'information en aval de la collecte des données. En l'occurrence, cette absence de normalisation contraignait le surintendant à imprimer les rapports issus de l'application, puis à les transmettre manuellement aux contremaîtres des diverses entreprises spécialisées (Figure 3.1).

*« Établir un processus de collecte de donnée, en collaboration avec les intervenants des entreprises spécialisées, permettra de standardiser la collecte de l'information sur le terrain et va faciliter le processus d'intervention et de traitement des données efficaces. »*

*Surintendant du projet*

**RAPPORT EXTRAIT L'APPLICATION LOGICIELLE EN FORMAT PAPIER**

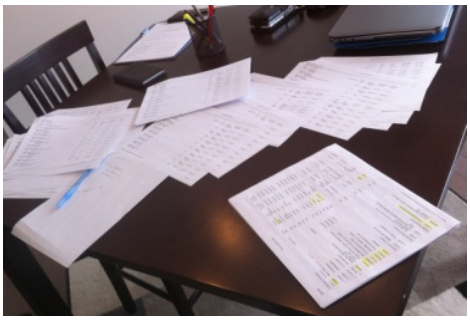


Figure 3.4 Impression des rapports d'inspection *d'Autodesk BIM 360 Field*

L'information non standardisée a occasionné des problèmes de gestion se traduisant par un manque d'intérêt des entreprises spécialisées envers « *Autodesk BIM 360 Field* ». Il a été indiqué qu'établir un protocole d'intégration de l'information peut en maximiser les retombées et qu'il est souhaitable que l'implantation soit composée de deux étapes : d'abord, identifier les besoins et les objectifs de l'entreprise face à l'implantation, puis, mettre en place une séquence d'opérations qui permettra d'atteindre ces objectifs.

*« Les projets de construction ont davantage besoin d'un outil permettant de prendre des notes sur des choses à faire ou à ne pas oublier que le besoin de consulter et d'annoter des plans. [...] Lorsque la construction commence, les intervenants ont besoin d'un moyen permettant de consolider l'information rapidement et simplement. »*

*Propriétaire constructeur du projet*

## 3.4 Leçons apprises

Les observations réalisées lors de la Phase préliminaire ont permis de confirmer que l'entreprise a reconnu le potentiel d'« *Autodesk BIM 360 Field* » en regard à ses besoins et à ses objectifs. À la suite de son usage, les utilisateurs ont reconnu l'importance de consolider l'information et de créer une structure de collecte de données systématique et ordonnée. Or, malgré le fait que l'entreprise affirme avoir effectué un bon choix technologique, l'exploitation de l'outil n'est pas allée au-delà d'une utilisation interne à l'entreprise. De la sorte, les processus des autres organisations n'ont pas été pris en considération résultant d'un désintérêt à l'égard de la technologie sélectionnée. De surcroit, aucun processus d'intégration n'a été mis en place afin d'établir des séquences d'opérations généralisées à l'ensemble des intervenants. En fin de compte, l'entreprise n'a pas atteint les objectifs identifiés au départ qui étaient de consolider l'information dans une structure de collecte de données systématique et transversale.

Les principales leçons apprises lors du projet pilote afin de réussir l'implantation des TM sont : 1) créer un protocole d'utilisation interorganisationnel, 2) intégrer un responsable d'implémentation (champion TI) et 3) avoir une période de formation suffisante. Les données

issues de la Phase préliminaire mettent en évidence que les applications logicielles ont le potentiel d'améliorer les processus de communication en chantier. Les résultats du questionnaire et des entrevues laissent présager que l'usage des TM, dans un contexte collaboratif, pourrait transformer les méthodes de travail. Ces outils offrent la possibilité de créer des passerelles de communication au sein des intervenants de chantier et des gestionnaires de projets. Finalement, la réalisation de ce projet pilote a permis, d'une part, de valider les retombées anticipées et, d'autre part, d'établir un processus et une méthode appropriés pour la réalisation de la Phase 2 (voir CHAPITRE 5).

## 3.5 Discussion

À la suite des essais réalisés, certains axes de bénéfices émanant de l'usage des TM ont été identifiés en fonction des résultats issus du questionnaire et des entrevues réalisées auprès des participants. La Figure 3.5 illustre les champs de transformation potentielle d'un EVI qui pourraient avoir des effets favorables sur le partage et sur le contrôle de l'information lors de la phase de réalisation. Les champs de transformation ont été regroupés sous cinq thématiques permettant d'illustrer différents pôles de changement.

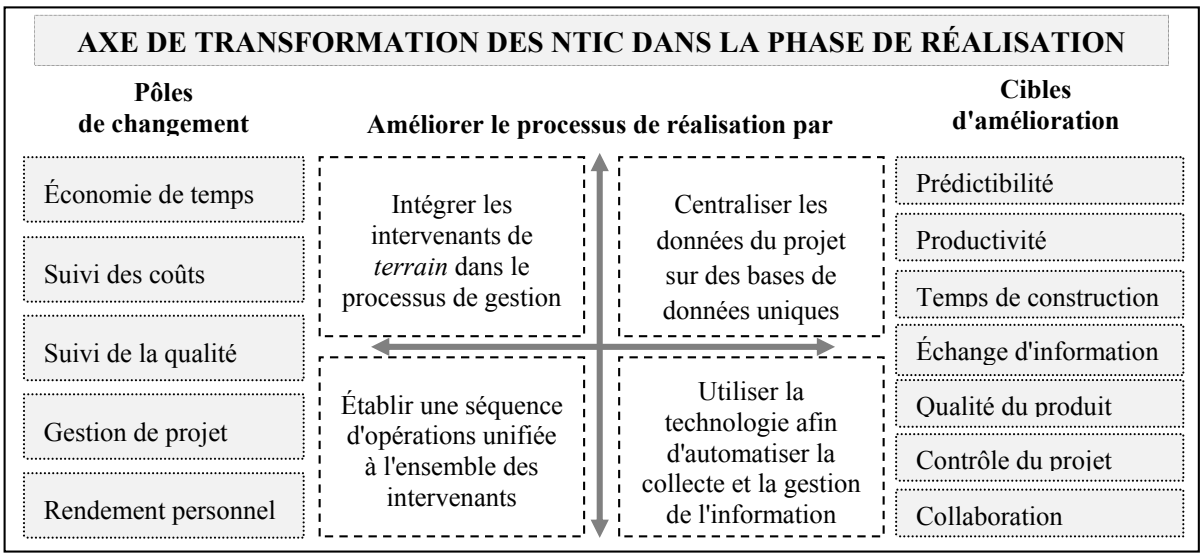



Figure 3.5 Axe de transformation des NTIC dans la phase de réalisation
Adaptée d'Egan (2002)

Afin de confirmer les différents niveaux de bénéfices issus de la phase préliminaire, les pôles identifiés seront utilisés lors de la présentation et de l'analyse des résultats de la Phase 2. Les études de cas pourront confirmer les champs de transformation suggérés lors de l'exploitation des TM, dans un contexte d'EVI, en situation réelle. L'usage de ces pôles de changement permet, d'une part, de cibler les axes de transformation en fonction de différents aspects et, d'autre part, d'offrir à l'industrie un guide afin d'orienter l'implémentation d'un EVI pour que le secteur puisse améliorer l'efficacité de ses processus de communication lors de la phase de réalisation.

Rapport-Gratuit.com

# CHAPITRE 4

# DÉVELOPPEMENT DE L'ONTOLOGIE ET DU CADRE CONCEPTUEL

Ce chapitre présente les résultats provenant de l'enquête provinciale exécutée lors de la Phase 1. Celle-ci vise à développer une ontologie de l'usage de TM dans l'intention de proposer un cadre conceptuel basé sur les fonctionnalités issues de divers types d'applications. L'élaboration de ce cadre conceptuel permet de fournir des points de repère aux entreprises afin qu'elles puissent aligner l'implantation des TM en fonction de leurs capacités et de leurs objectifs[9]. Cette section expose les étapes du développement de l'ontologie en s'appuyant sur les résultats issus des deux niveaux d'enquête, l'une à l'échelle provinciale et l'autre, auprès d'entreprises innovantes.

## 4.1 Résultats comparatifs - Enquête provinciale et entreprises innovantes

Les résultats issus des entreprises innovantes sont d'abord mis en parallèle avec ceux obtenus à l'échelle de la province du Québec. En l'occurrence, deux types de résultats seront comparés : 1) le type d'usage des TM et 2) les applications en usage.

### 4.1.1 Types d'usages liés aux TM

Les utilisations des TM varient entre les résultats issus de l'échelle provinciale et ceux des entreprises innovantes (Figure 4.1). D'abord, les deux usages principaux identifiés par les répondants provinciaux sont : 1) la consultation de courriels (37,8 %) et 2) l'accès aux calendriers personnels (28,7 %). En revanche, les usages des entreprises innovantes se caractérisent par : 1) la gestion de l'information sur le chantier (41,7 %) et 2) la gestion de

---

[9] ***Note*** : Frenette, Sébastien, Daniel Forgue, Souha Tahrani. 2014. « Les technologies mobiles, une révolution dans la communication et la coordination de projets de construction». In *CSCE 2014*. (Halifax, 29 mai 2014), p. 10.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

projets (16,7 %). Les données indiquent que l'usage des TM correspond à des besoins individuels à l'échelle de la province alors que les entreprises innovantes possèdent une approche plus dynamique. Toutefois, même si les résultats obtenus illustrent que les TM sont intégrées dans une perspective dynamique au sein de ces entreprises, l'accès aux courriels (16,7 %, ex æquo avec la gestion de projet) représente un élément majeur dans leurs utilisations. Paradoxalement, selon les participants interviewés issus des entreprises innovantes, l'accès aux courriels n'améliore pas la coordination des intervenants. La principale raison soulevée à ce sujet est que l'usage du courriel se limite à des conversations entre quelques individus et que cela a pour conséquence de disperser l'information à travers les intervenants de projet.

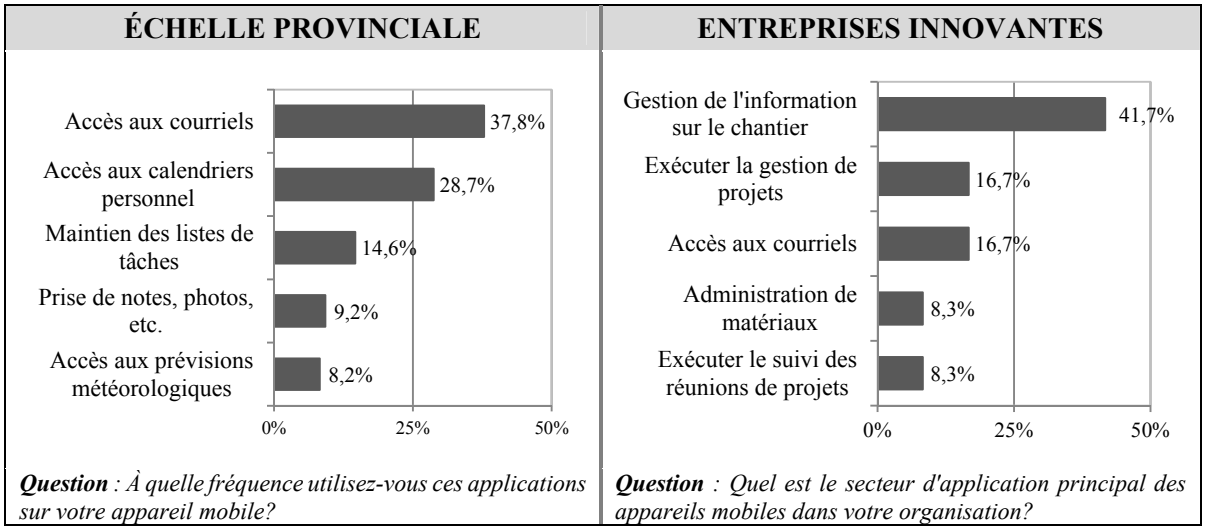



Figure 4.1 Types d'usages des technologies mobiles

### 4.1.2 Les applications mobiles en usage

Relativement à ce qui précède, les participants ont identifié les applications dont ils faisaient usage le plus régulièrement dans le cadre de leur travail. Le Tableau 4.1 présente un classement par ordre d'importance des cinq applications les plus utilisées dans l'industrie de la construction en provenance des deux échantillons. D'abord, les résultats obtenus au niveau provincial renforcent les propos tenus auparavant, qui affirmaient que l'usage généralisé des TM s'exécute afin de répondre à un besoin individuel. Puis, les usages issus des entreprises innovantes

(Figure 4.1) indiquaient que ceux-ci correspondaient en majorité à un mode dynamique. Or, selon la liste des applications les plus en usage présentée au Tableau 4.1, les résultats témoignent que les applications les plus en usage ne sont pas cohérents avec les types d'usages énoncés précédemment. D'une part, l'application la plus utilisée chez les entreprises innovantes est *Dropbox* et celle-ci est orientée vers un usage individuel puisque les utilisateurs ne génèrent aucune information pour le projet. D'autre part, malgré le fait que certaines applications qui composent ce classement se rapprochent d'un mode dynamique, aucune d'entre elles n'est utilisée dans un contexte généralisé permettant d'unifier les stratégies de collecte de données.

Tableau 4.1 Classement des applications les plus en usage

| Échelle provinciale | Entreprises innovantes |
|---|---|
| 1. Adobe Reader | 1. Dropbox |
| 2. PDF Reader | 2. Smart-Use |
| 3. Dropbox | 3. GoToMeeting |
| 4. Skype | 4. Bluebeam Revu |
| 5. FaceTime | 5. Tekla BIMsight |

***Question*** *: Quelles sont les applications logicielles avec lesquelles vous travaillez?*

### 4.1.1 Analyse

Les résultats présentés plus haut mettent en lumière deux contextes distincts d'usage de la TM. Une utilisation individuelle s'oppose à une utilisation dynamique de ces outils. Plus précisément, l'utilisation individuelle se traduit par un usage en mode passif, tandis que le mode dynamique correspond à un mode actif. Il se caractérise par le fait que les utilisateurs ne font aucune opération afin de générer de l'information et qu'il se limite à l'utilisation personnelle de données. Pour rendre ces données accessibles aux autres intervenants, ce mode nécessite une autre action de transmission, par exemple l'envoi de courriels ou encore la transmission orale des données recueillies sur le terrain. Dans ce contexte, l'individu est le seul à bénéficier des avantages reliés à la TM et les processus de travail traditionnels ne s'en retrouvent pas modifiés. Le schème est toujours le même; un usager à la fois rencontre l'information et génère de l'information statique. Inversement, le mode actif se définit par le fait que les utilisateurs se

serviront d'un appareil mobile afin de générer de l'information en temps réel pour appuyer le processus de communication dans la phase de réalisation. En d'autres mots, les TM seront utilisées afin de catalyser l'information et de générer une base de données centralisée. En somme, ce mode d'usage permet de limiter la manipulation de l'information et de s'assurer de son exactitude. Dans un usage optimal, l'ensemble des intervenants est appelé à utiliser une base de données dynamique et centrale résultant un environnement collaboratif.

Les données issues des entreprises innovantes démontrent que les types d'usages désirés ne sont pas alignés avec les applications mobiles sélectionnées en fonction d'un manque de planification. Paradoxalement, les données issues des rencontres réalisées démontrent que les participants connaissant le potentiel des TM et les moyens de mises en place. Néanmoins, les données démontrent que la majorité des entreprises innovantes n'ont pas établi de stratégies claires pour la mise en place des applications en mode actif afin de créer des environnements de collaboration, et ce, tant dans une perspective interne à l'entreprise que dans un cadre corporatif.

*«Le problème avec les technologies, c'est que les gens veulent les intégrer, mais qu'ils ne veulent pas toujours changer leurs pratiques en place, et ce, même si les statistiques démontrent qu'il faut changer les pratiques actuelles pour être plus efficace et productif. »*

*Architecte associé chez Aedifica*

## 4.2 Résultats des entreprises innovantes

Les résultats des entreprises innovantes sont maintenant présentés sous les axes suivants : 1) les aspects bénéfiques, 2) les facteurs limitant et 3) la nature de l'utilisation des TM.

### 4.2.1 Aspects bénéfiques

D'abord, les résultats présentés à la Figure 4.2 démontrent que les principaux avantages issus de l'usage des TM représentent : 1) l'accès à l'information (91.7 %) et 2) une meilleure communication (91,7 %). Pour la plupart des intervenants rencontrés, l'accessibilité à

l'information représente l'élément prépondérant dans la décision d'intégrer les TM dans les processus de travail des entreprises innovantes.

*« Implanter des solutions mobiles sur les chantiers permet à notre entreprise de démontrer un leadership dans l'implantation de nouvelles pratiques, en plus d'améliorer les communications au sein de nos équipes de travail sur le terrain. »*

*Directrice BIM chez Pomerleau*

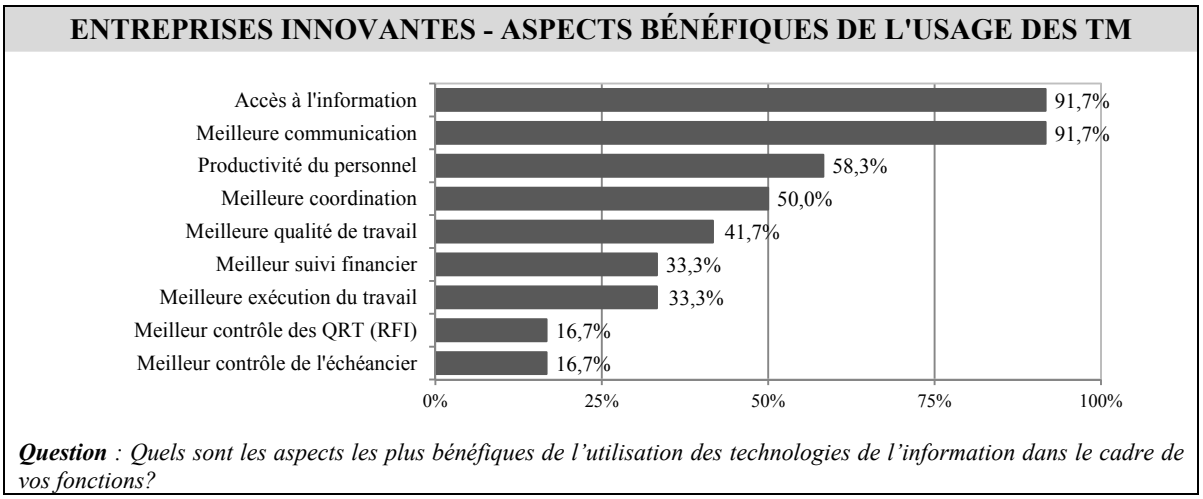



Figure 4.2 Entreprises innovantes - Aspects bénéfiques

Les entrevues ont permis de déterminer que le niveau d'importance relié à l'accessibilité de l'information dans les mécanismes de réalisation de projets de construction est un élément essentiel, voire capital. D'une part, il a été mentionné que l'accessibilité à l'information facilite la prise de décision pour les intervenants responsables et, d'autre part, que la transmission expéditive de l'information simplifie la validation des travaux en cours sur le chantier.

*« L'information provenant du chantier doit être traitée afin d'aider la prise de décision et d'appuyer le respect des coûts et des échéanciers de projets. »*

*Professeur à l'Université Concordia*

Également, selon la Figure 4.2, 50 % des répondants soutiennent que les TM permettent à leur entreprise respective de coordonner plus efficacement et plus rapidement l'information projet. Il a été mentionné que l'exploitation des TM permet de centraliser les données sous un format numérique résultant d'une meilleure accessibilité à celles-ci.

*«J'étais inspectrice sur les chantiers lorsque j'étais étudiante et je connaissais les données que j'inscrivais sur mes rapports. Mais ces beaux rapports n'étaient jamais utilisés parce que ceux-ci étaient en format papier, et ce papier était rangé dans des cartables, et ces cartables dans des boîtes et celles-ci, dans des salles de boîtes. Finalement, ces boîtes n'étaient jamais ouvertes et l'information s'y trouvant n'était jamais utilisée. »*

*Chef proposition estimation chez Hydro-Québec*

### 4.2.2 Facteurs limitant

Selon les données recueillies lors de l'enquête, « le manque de temps afin d'évaluer les applications logicielles » est le facteur qui influence le plus l'adoption des TM (75 %, Figure 4.3). Les opinions des intervenants se polarisent et elles permettent d'identifier que la réussite de l'intégration des TM repose sur les deux éléments suivants : 1) il faut cibler les besoins de l'entreprise ainsi que ceux des futurs utilisateurs, 2) il est de la plus haute importance de définir les paramètres recherchés et attendus de l'application mobile qui sera sélectionnée.

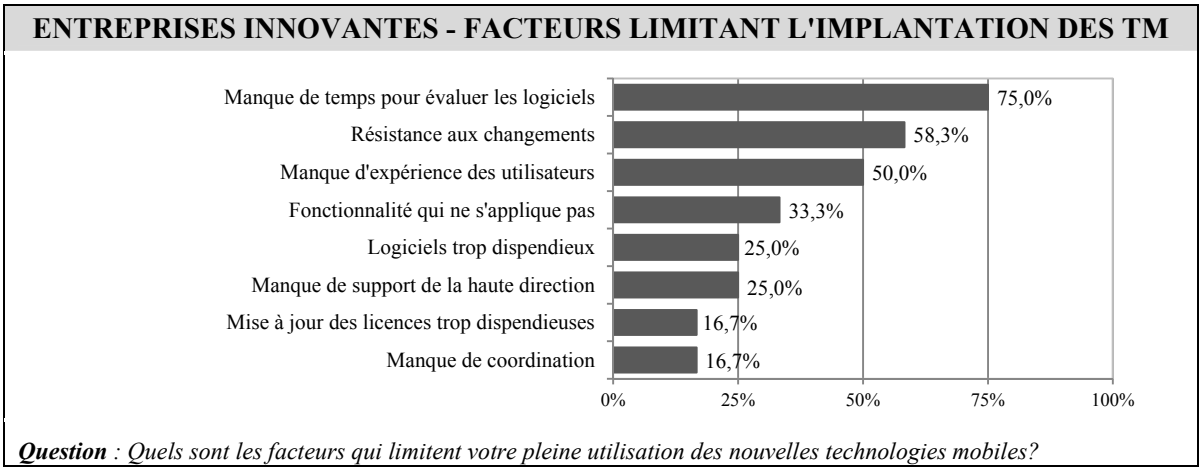



Figure 4.3 Entreprises innovantes - Facteurs limitant

D'abord, l'une des stratégies identifiées par une entreprise afin de cibler les besoins et les fonctionnalités désirés par les usagers repose sur l'implantation graduelle des TM en laissant les travailleurs et les intervenants de projets explorer, de manière individuelle, les différentes options proposées par l'exploitation des TM avant de les intégrer à grande échelle.

*« Afin de promouvoir l'usage des technologies mobiles et de permettre à nos équipes de développer des réflexes d'utilisation de ces outils, notre entreprise a alloué à chacun un budget pour l'achat d'applications. [...] Les employés sont par la suite invités à partager leurs expériences et leurs découvertes avec leurs collègues. »*

*Directeur marketing chez Groupe Canam.*

Ensuite, comme dans la plupart des cas de transformation des méthodes de travail, la résistance aux changements (58,3 %) et le manque d'expérience des usagers (50 %) représentent deux facteurs majeurs limitant l'introduction des TM. Or, comme il a été question plus haut, les intégrer graduellement semble une solution viable et adaptée à la réalité du secteur de la construction.

*« La peur de l'inconnu représente un élément important de la résistance aux changements, la plupart des gens ont peur de se tromper, de faire une erreur irréversible avec la technologie. »*

*Estimateur senior en travaux civils chez Pomerleau*

### 4.2.3 Nature de l'utilisation

Tel qu'abordé précédemment, deux types d'utilisations de la TM sont mis en opposition soit : le mode passif et le mode actif (voir Section 4.1.1). Les résultats qui seront présentés ici correspondent à la nature de l'utilisation des TM par les entreprises innovantes. La nature de cette utilisation se divise en trois tâches soit, le partage, la consultation et l'édition des documents. La Figure 4.4 démontre que moins de 12 % des répondants ont soutenu utiliser les TM dans un mode actif. De ce mode actif, les données révèlent que les principales tâches

effectuées afin de générer de l'information sont la gestion de projet (27 %), le contrôle qualité (21 %) et la gestion des échéanciers (18 %).

*«Le secret du succès est de trouver un moyen de décentraliser le processus de planification afin d'intégrer les intervenants de chantier, comme le surintendant, pour qu'ils puissent participer à la mise à jour de l'échéancier sans que ce soit trop complexe. »*

*Directeur chez Proji-Contrôle*

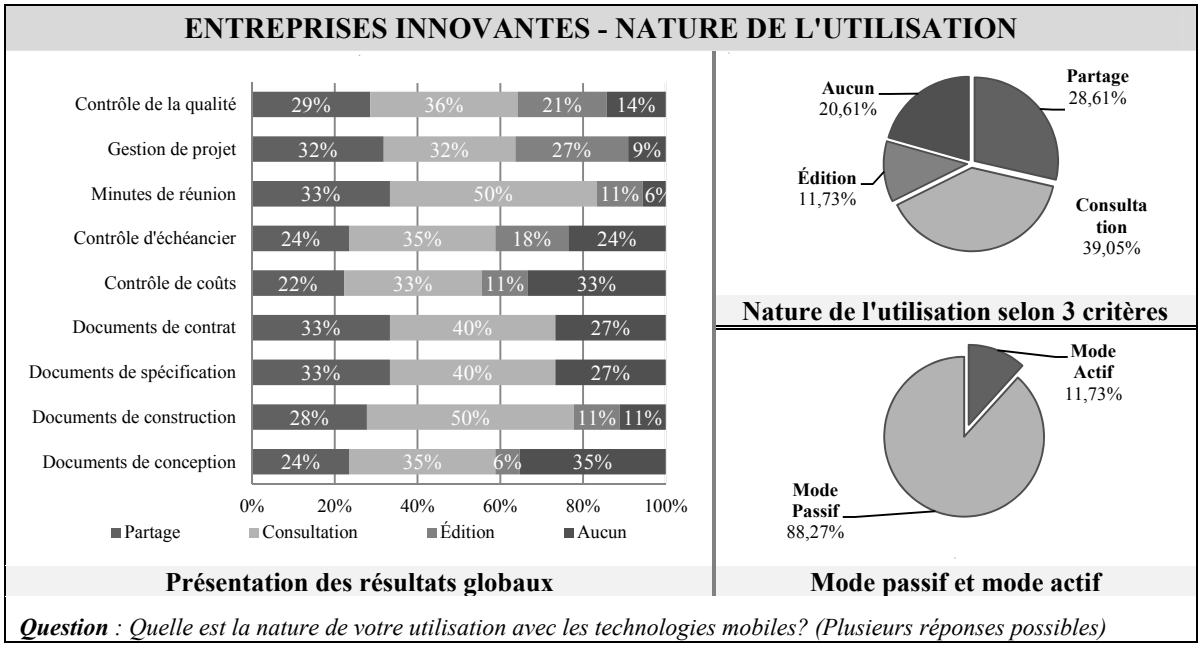



Figure 4.4 Nature de l'utilisation des TM

## 4.3 Situation aux États-Unis

Afin de situer l'utilisation des TM aux États-Unis, cette section a pour objectif de présenter les résultats de deux études américaines réalisées par Bernstein et Russo (2012) et par Joyce (2013). Les résultats présentés sont les suivants : 1) les principales utilisations des TM au chantier dans le contexte américain, 2) les facteurs limitants l'implantation des TM et 3) les applications les plus en usage. Par la suite, la situation de l'industrie américaine sera comparée avec celle du Québec afin d'en dégager les constats.

### 4.3.1 Principales utilisations des TM au chantier

L'étude réalisée par Bernstein et Russo (2012) concerne les entrepreneurs généraux (E.G.) et les entrepreneurs spécialisés (E.S.). Elle démontre qu'en date de septembre 2012, 93 % de leur échantillon utilisent les TM sur les chantiers, tandis que 97 % ont affirmé qu'ils les utiliseraient d'ici les trois prochaines années. En outre, l'étude dénote que l'utilisation des TM n'est pas seulement répandue dans le secteur, mais qu'elle est intensive dans l'industrie de la construction américaine. Les premiers résultats de cette étude montrent que les principales raisons pour lesquelles les E.G. et les E.S. américains choisissent d'utiliser les TM résultent d'un désir d'améliorer leur productivité sur les chantiers. La Figure 4.5 présente les principaux facteurs soulevés par les répondants de cette étude.

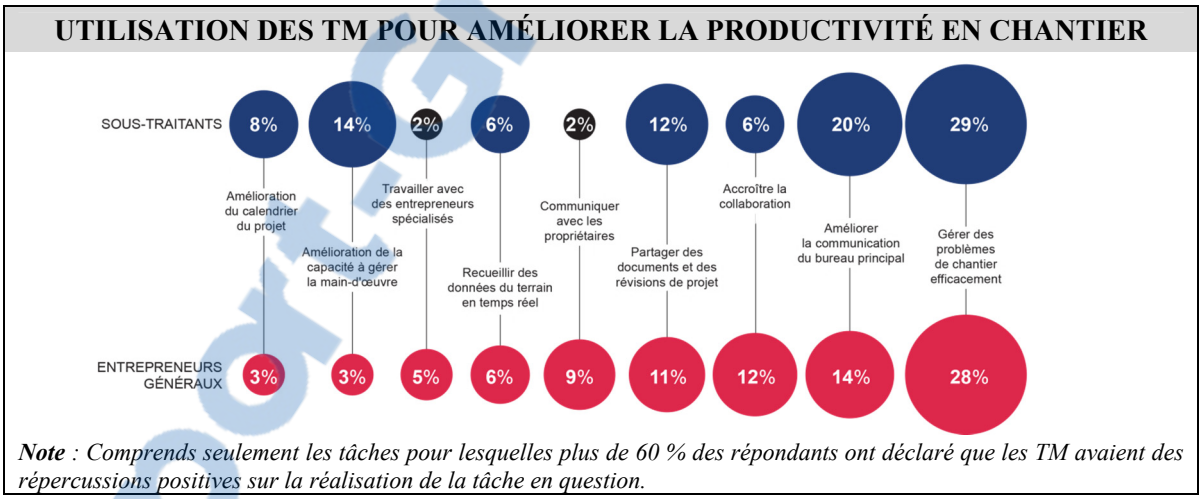



Figure 4.5 Principales usages des TM pour améliorer la productivité en chantier

Les deux composantes les plus importantes sont décrites comme suit : 1) la possibilité de résoudre plus efficacement les problèmes en chantier (E.G. : 28 %, E.S. : 29 %), et 2) la possibilité de communiquer plus facilement avec le bureau de coordination (E.G. : 14 %, E.S. : 20 %). Fait intéressant : la collaboration arrive au troisième rang du classement général pour les usages privilégiés sur le chantier. En effet, les répondants ont affirmé que les TM permettent d'accroître la collaboration au sein des intervenants d'un projet par l'entremise d'un échange de données plus efficace (E.G. : 12 %, E.S. : 6 %).

Rapportgratuit.com

### 4.3.2 Les facteurs limitant l'implantation des TM

Les entreprises sondées lors de l'étude de Bernstein et Russo (2012) font état de l'amélioration du point de vue des communications et du processus de travail grâce à l'utilisation des TM. Néanmoins, elles dressent une série de facteurs qui limitent les investissements reliés à ces outils, et la Figure 4.6 en présente les données obtenues à la suite de cette enquête.

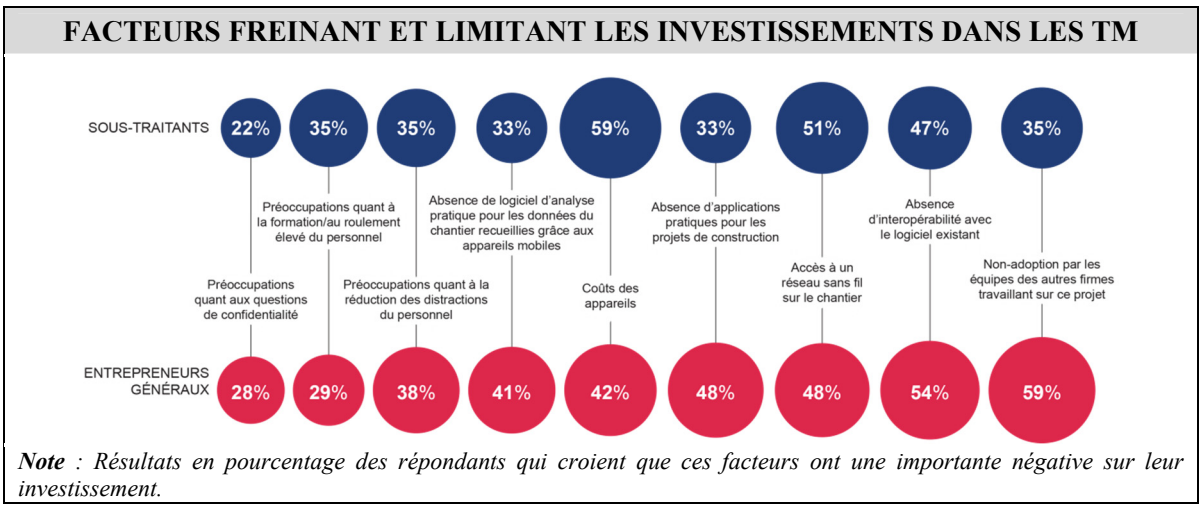



Figure 4.6 Les facteurs freinant et limitant l'investissement dans les TM

D'abord, on dénote que l'adoption des TM par une masse critique de firmes n'a pas encore été atteinte, ce qui affecte la rentabilité des investissements de ce type pour les entreprises, mais principalement pour les entrepreneurs généraux (E.G. : 59 %, E.S. : 35 %). Les participants identifient donc que l'intégration des TM dans un cadre collaboratif et global permettrait d'augmenter la performance de ces outils. Ensuite, une autre composante importante affectant l'implémentation des TM est le manque d'interopérabilité qui existe entre les outils mobiles et les logiciels de gestion (E.G. : 54 %, E.S. : 47 %). Cet aspect est important puisque la correspondance entre les TM et les logiciels de gestion de projet permet de gagner en productivité, d'assurer un meilleur suivi de projet tout en diminuant les canaux de transmission de l'information au sein des équipes de projet.

### 4.3.3 Les applications en usage

Finalement, Joyce (2013) a réalisé une enquête dans laquelle 726 répondants ont participé visant l'ensemble des intervenants issus de l'industrie de la construction américaine. À l'aide de cette étude, les travaux de Joyce (2013) ont mis en lumière que les applications les plus utilisées dans le secteur de la construction américain sont : 1) « *Bluebeam Revu », 2) « Autodesk BIM 360 Field »* et 3) « *Plan Grid »* (Tableau 4.2).

Tableau 4.2 Classement des applications les plus utilisées aux États-Unis (Joyce, 2013)

| TOP 5 - APPLICATIONS LES PLUS EN USAGE AUX ÉTATS-UNIS |
|---|
| 1. Bluebeam Revu (iPad) |
| 2. Autodesk BIM 360 Field |
| 3. Plan Grid |
| 4. Dropbox |
| 5. Good Reader |

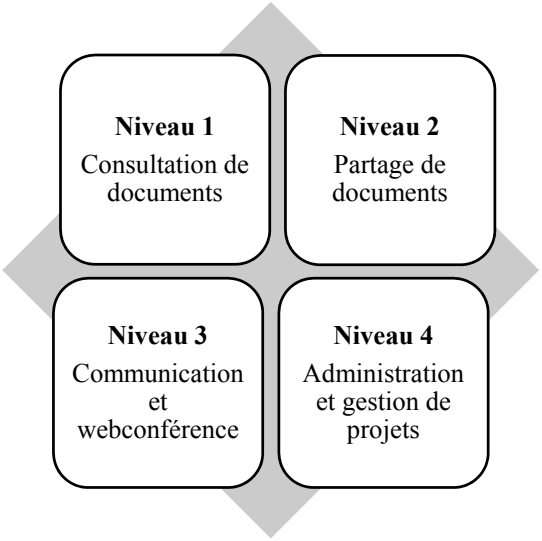
Après l'analyse du type de fonctionnement de ses applications, il en émerge que les fondations de celles-ci gravitent autour d'un usage majoritairement en mode actif. En clair, ces applications permettent non seulement de collecter de l'information en temps réel sur le chantier, mais également de générer une base de données centralisée qui permet de traiter et de gérer l'information de projet. Selon la compilation de ces données, les applications de collaboration et de gestion sont parmi les plus utilisées chez les usagers dans le secteur de la construction américain, et ce, dans un contexte global.

## 4.4 Proposition d'un cadre conceptuel

À la suite de la présentation des résultats de l'enquête provinciale réalisée, un cadre conceptuel se basant sur les divers bénéfices peut être proposé. La Figure 4.7 présente le cadre conceptuel suggéré qui prend la forme d'un d'étalonnage comprenant quatre niveaux. Les limites de chacun des niveaux de maturité sont fonction de la nature de l'utilisation de l'application mobile et les différents types de fonctionnalités mises en lumière lors de la collecte des données issues des questionnaires et entrevues.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

**PROPOSITION D'UN CADRE CONCEPTUEL PERMETTANT D'ÉVALUER LA MATURITÉ DES ENTREPRISES**




***Note*** *: La proposition de ce cadre conceptuel est issue des différents cas de figure présentés par les entreprises innovantes rencontrées en entrevues et elle représente la résultante des divers bénéfices atteints en fonction de la nature de l'usage des applications mobiles.*

Figure 4.7 Proposition d'un cadre conceptuel permettant d'évaluer la maturité

La catégorie « consultation de documents » (Niveau 1) correspond au plus bas niveau de maturité tandis que la catégorie « administration et la gestion de projets » (Niveau 4), au niveau le plus élevé. La proposition de ce cadre de maturité fait suite à une réflexion amorcée par la réalisation des entrevues avec les entreprises innovantes. Le cadre conceptuel vise à appuyer les entreprises en positionnant leurs objectifs en fonction de leur capacité afin d'en tirer les bénéfices maximums lors de l'utilisation des TM. Ces catégories permettent d'évaluer la maturité des entreprises en correspondance à l'utilisation des TM dans les projets. Ce positionnement est présenté sous forme d'un échelonnage et permet d'établir des barèmes d'évaluation des TM à travers une catégorisation de leurs fonctionnalités et de la perspective d'usage. En d'autres termes, cette échelle est un outil visant à créer une dynamique d'avancement et de progrès au sein des entreprises. Le Tableau 4.3 présente une définition de chacun des niveaux de maturité en plus de fournir le champ d'application, la description et les fonctionnalités de base permettant de dissocier facilement le potentiel d'impact des TM au sein des entreprises.

Tableau 4.3 Synthèse des différents niveaux de maturité proposés

| **NIVEAU 1 - CONSULTATION DE DOCUMENTS** | | |
|---|---|---|
| CHAMPS D'APPLICATION | DESCRIPTION | FONCTIONNALITÉS |
| Usage personnel de la TM dans un contexte passif. Utilisé pour consulter des documents, pour effectuer une tâche unique. | Permet de visualiser des documents numériques avec des applications d'annotation de base. Les notes générées ne sont pas paramétrées et leur gestion est manuelle. | ▪ Prise de note personnelle;<br>▪ Consultation de documents;<br>▪ Création d'une base de données personnelle. |
| **NIVEAU 2 - PARTAGE DE DOCUMENTS** | | |
| CHAMPS D'APPLICATION | DESCRIPTION | FONCTIONNALITÉS |
| Accès multi-usagers à une base de données. Accès à l'ensemble des documents d'un projet. Aucune modification ou annotation ne peut être faite sur les documents consultés sans d'autres manipulations. | Permet de partager des documents à l'aide d'un emplacement partagé sur le réseau.<br>Exemple : serveur privé, service d'infonuagique (Cloud), etc. | ▪ Permet d'accéder à divers types de documents;<br>▪ Permet de créer des bases de données centralisées multi-usagers;<br>▪ Peut être utilisé sur un appareil mobile ou un ordinateur. |
| **NIVEAU 3 - COMMUNICATION ET WEBCONFÉRENCE** | | |
| CHAMPS D'APPLICATION | DESCRIPTION | FONCTIONNALITÉS |
| Accès multi-usagers à une base de données centralisée. Les utilisateurs peuvent annoter les plans et les notes sont accessibles par les autres usagers. L'information est disponible uniquement sur les plans et d'autres manipulations devront être effectuées afin de gérer l'information et les données | Permet d'établir des communications audiovisuelles ou de consulter et d'annoter des documents de projet dans une base de données partagée à un ensemble de participants. Ce niveau est considéré comme étant le niveau intermédiaire entre les modes passif et actif, car il est possible de faire un usage de ce niveau de manière interne ou externe. | ▪ Permet l'annotation des plans sur la base de données;<br>▪ Création de standards de collaboration interne à l'entreprise;<br>▪ Création de standards de basse collaboration externe<br>▪ Permet de créer des légendes facilitant la prise de notes;<br>▪ Peut être utilisé sur un appareil mobile ou sur un ordinateur. |
| ▪ **NIVEAU 4 - ADMINISTRATION ET GESTION** | | |
| CHAMPS D'APPLICATION | DESCRIPTION | FONCTIONNALITÉS |
| Accès multi-usagers demandant la mise en place de séquences d'opérations pour la collecte, le suivi, la gestion et le traitement des données. Cette catégorie permet d'assurer le suivi de chacune des composantes d'un projet en fonction de processus clair établi avec l'ensemble des intervenants. | Permet de collaborer sur un projet à travers des outils de visualisation, de partage de notes, etc., et ce, dans un environnement de collaboration intégrée à l'ensemble des intervenants de projet. Ce niveau est associé aux applications interactives. La base de données est généralement gérée sur un fureteur web. | ▪ Saisie de données en temps réel;<br>▪ Information en mode actif;<br>▪ Mise en place de séquences d'opération personnalisées;<br>▪ Nombre infini de participants;<br>▪ Création d'une base de données;<br>▪ Données dynamiques permettent plusieurs manipulations et la création de filtres par les usagers. |

En se référant à ce qui précède, les catégories de Niveau 1 à 2 demandent des changements d'ordre mineur dans les méthodes et les processus de travail et représentent des usages en mode passif de la TM. Ces applications regroupent des outils suffisamment simples pour être aisément et rapidement intégrées au sein des équipes de travail. En contrepartie, leur valeur ajoutée sur les projets est faible et concerne davantage les volets communicatifs et l'accès à l'information de manière personnelle.

Le niveau 3 correspond à un palier intermédiaire de transformation puisqu'il appelle à des changements internes au sein d'une entreprise et dans certains cas, en collaboration avec d'autres entreprises. Ce niveau implique des modifications de moyenne importance dans les mécanismes de projet puisqu'il ne nécessite pas de revoir les mécanismes d'échange et de collecte de données. Ce niveau est défini comme intermédiaire étant donné qu'il se situe entre un usage en mode passif et actif de la TM. Les applications associées à ce niveau permettront aux intervenants de centraliser de l'information sur une base de données unique, mais, en contrepartie, l'information inscrite est statique et aucune séquence d'opération ne permet d'exercer un contrôle de l'information en cours de projet. La valeur ajoutée sur les projets est moyenne et varie en fonction du degré d'implication des intervenants. Au finel, ce niveau ne permet pas d'unifier les mécanismes de collecte et de partage de l'information des diverses entreprises impliquées.

Le plus haut niveau de transformation est le Niveau 4. Il est qui demande le plus d'efforts lors de l'implémentation, et ce, tant d'un point de vue financier que de celui de la transformation des pratiques. Une définition des besoins et des objectifs est donc à effectuer afin de bien cibler les résultats escomptés, et ce, en collaboration avec l'ensemble des disciplines réunies lors de la phase de réalisation de projet. Or, nous identifions le Niveau 4 comme étant la catégorie ayant le plus de potentiel d'amélioration de la productivité en chantier. D'une part, puisqu'il permet de collecter l'information en temps réel selon des paramètres établis et, d'autre part, puisqu'il diminue le nombre de canaux de communication au chantier. Ce niveau vise à améliorer la productivité globale du secteur en fonction d'une fusion des mécanismes de suivi et de contrôle de projet issus des diverses entreprises impliquées lors de cette phase par la création d'EVI.

## 4.5 Analyse et discussion

Les résultats issus de l'enquête permettent d'identifier les usages principaux des TM dans l'industrie de la construction québécoise ainsi que les applications qui sont le plus en utilisation. L'analyse des résultats en provenance des questionnaires et des rencontres avec les entreprises innovantes indique que leur emploi est non seulement orienté vers un usage individuel dans un mode passif, mais que les entreprises hésitent à les mettre en place de manière corporative au sein de leur projet. Les données mettent en évidence que l'emploi des TM n'est pas encore aligné avec les stratégies d'affaires de la plupart des entreprises innovantes rencontrées et qu'un manque de standardisation dans leur usage en réduit les bénéfices. Malgré le fait que certaines entreprises innovantes visent à moderniser leurs pratiques en intégrant des applications logicielles de Catégorie 4, la plupart de celles-ci font un usage rudimentaire des TM en fonction d'un manque de temps de préparation.

Comme le démontre le Tableau 4.4**,** l'industrie américaine fait un usage plus intensif et collaboratif des applications logicielles (Joyce, 2012) en comparaison avec les résultats issus de l'enquête provinciale québécoise. Rappelons que les applications logicielles de Niveau 4 possèdent un fort potentiel de valeur ajoutée sur les mécanismes de communication en chantier puisqu'elles permettent de générer de l'information en temps réel et demandent de redéfinir les processus de collecte de données.

Tableau 4.4 Comparaison des applications les plus utilisées par ordre croissant

| INDUSTRIE AMÉRICAINE | | INDUSTRIE QUÉBÉCOISE | | ENTREPRISES INNOVANTES | |
|---|---|---|---|---|---|
| APPLICATION | NIVEAU DE MATURITÉ | APPLICATION | NIVEAU DE MATURITÉ | APPLICATION | NIVEAU DE MATURITÉ |
| Bluebeam Revu | Niveau 4 | Adobe Reader | Niveau 1 | Dropbox | Niveau 2 |
| BIM 360 Field | Niveau 4 | PDF Reader | Niveau 1 | Smart-Use | Niveau 3 |
| PlanGrid | Niveau 3 | Dropbox | Niveau 2 | GoToMeeting | Niveau 3 |
| Dropbox | Niveau 2 | Skype | Niveau 3 | Bluebeam Revu | Niveau 4 |
| Good Reader | Niveau 1 | FaceTime | Niveau 3 | Tekla BIMsight | Niveau 3 |

Les résultats en provenance de l'enquête de Joyce (2013) montrent que les trois applications en tête de liste du classement sont des applications de Catégorie 3 et 4. Or, les applications les plus en usage dans le secteur québécois représentent les plus bas niveaux de maturité, soit le Niveau 1. Cela laisse présager qu'aucune stratégie de déploiement n'a été planifiée et que leur usage représente, pour le moment, des initiatives individuelles des utilisateurs. En contrepartie, les résultats issus des entreprises innovantes révèlent un décalage entre leur positionnement théorique et réel. D'une part, puisqu'une seule application logicielle de Niveau 4 figure dans le classement et, d'autre part, puisque les rencontres avec les intervenants permettent d'affirmer que les applications sont majoritairement utilisées de manière individuelle. Pourtant, les entreprises innovantes connaissent les potentiels attachés à l'usage des applications logicielles sur leurs activités, mais elles reconnaissent que leur mise en place est complexe. Le manque de temps pour évaluer les applications et la résistance aux changements sont les facteurs affectant le plus leur mise en place au sein de leur organisation respective.

La Figure 4.8 schématise un positionnement de la maturité de l'industrie québécoise à la suite de la réalisation de la Phase 1.

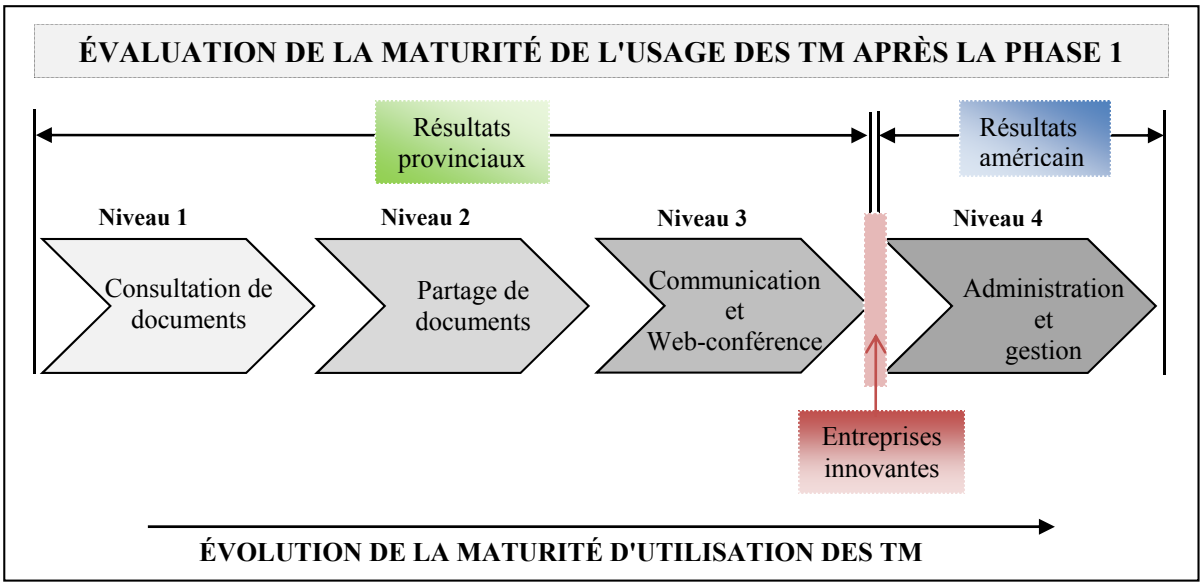



Figure 4.8 Industrie de la construction américaine comparée à la québécoise

D'abord, les résultats montrent une plus grande maturité de l'industrie américaine dans l'usage des TM comparativement à la québécoise. Appuyant ce propos, les résultats en provenance de l'étude de Bernstein et Russo (2012) démontrent que les retombées sur les projets sont plus importantes dans le contexte américain que le québécois. Par exemple, Bernstein et Russo (2012) ont identifié que les principaux bénéfices issus de l'usage des TM du côté américain sont : 1) la gestion des problèmes en chantier et 2) l'amélioration de la communication avec le bureau principal. En revanche, les entreprises innovantes rapportent que leurs principaux bénéfices concernant l'usage des TM sont : 1) l'accès à l'information et 2) une meilleure communication intégrant la définition correspondant à un niveau de maturité d'ordre 1 à 3.

En outre, les résultats en provenance de l'industrie américaine se situent au plus haut niveau de maturité puisque la plupart des applications en usage correspondent à la définition de cette catégorie. Les résultats obtenus à l'échelle provinciale sont, quant à eux, positionnés entre le niveau 1 et 3. Ce positionnement s'appuie sur le fait que l'utilisation en vigueur des TM par les usagers de l'industrie québécoise représente des usages personnels de mode passif. Malgré le

fait que les usagers peuvent en tirer des bénéfices, ce type d'utilisation n'a aucun impact sur l'amélioration des pratiques actuelles et sur la diminution des canaux de communication lors de la phase de réalisation. Finalement, les résultats issus des entreprises innovantes se situent à la limite de la Catégorie 4 puisqu'il a été observé que l'usage des TM n'est pas orienté avec les stratégies de la plupart des entreprises rencontrées. L'un des facteurs expliquant ce constat est un manque de standard de collaboration qui affecte les bénéfices liés à l'exploitation des TM. Ceci s'explique en raison que peu d'entre elles entreprennent des changements d'ordre majeur dans leur organisation afin de les intégrer dans une perspective de collaboration. Pire encore, moins de 12 % des entreprises innovantes rencontrées utilisent les TM afin de générer de l'information avec ces outils et de faire un usage dirigé vers un mode actif (Figure 4.4).

*« Il faut que la technologie permette aux gens de communiquer plus, mais surtout mieux. Soutenir la collaboration et la confiance entre les individus et les disciplines représente le plus grand défi du secteur, car le manque de confiance est un fléau. Si la technologie peut aider à établir des liens de confiance solides, cela va changer le visage de l'industrie à long terme. »*

*Architecte associé chez Aedifica*

La Catégorie 4 représente sans aucun doute celle qui possède la plus forte capacité d'amélioration des mécanismes de communication et de l'échange d'informations au sein des intervenants. Elle rejoint l'esprit de cette recherche dans son objectif de créer un EVI qui vise à bâtir des passerelles de communication entre les différentes spécialités présentes sur les chantiers de construction lors du processus de réalisation de projet.

## 4.6 Sélection des études de cas

À la suite de l'enquête provinciale, trois entreprises ont été retenues pour la réalisation de la Phase 2 puisqu'elles représentent les cas de figure les plus avancés à l'égard de leur usage des TM. L'exploitation de ces outils et des applications logicielles dans le cadre de ces organisations sont définies comme étant de niveaux 3 et 4. Ces études de cas permettront de définir avec plus de précision et de certitude comment l'emploi des TM, dans un contexte

d'EVI, améliore l'accès à l'information et facilite les mécanismes de communication en chantier.

L'évaluation de l'usage des TM et d'applications logicielles de ces entreprises va générer des exemples concrets d'usage de la TM dans un mode actif. La démonstration de ces essais mettra en place des études de cas permettant d'en définir les retombées et d'en orienter l'implémentation d'un EVI dans l'industrie. Ces études de cas sont des exemples réels afin que le secteur de la construction puisse améliorer l'efficacité de ses processus de communication lors de la phase de réalisation à travers une automatisation de ses mécanismes de collecte et de traitement de données.

Rapport-Gratuit.com

# CHAPITRE 5

# RÉSULTATS DES ÉTUDES DE CAS

Ce chapitre présente les résultats des trois études de cas réalisées lors de la Phase 2 afin de proposer un cadre d'opération d'un EVI pendant la phase de réalisation. Les améliorations qu'offre l'intégration d'un tel environnement pourraient s'avérer une solution viable afin de mettre un frein aux problématiques de transfert et de centralisation de l'information lors de l'étape de construction. Parmi ceux-ci, la réduction des canaux de communication au sein des divers intervenants s'avère l'enjeu prépondérant lié à l'intégration d'un EVI en chantier.

La présentation des résultats s'effectuera dans l'ordre croissant de maturité des entreprises, s'appuyant sur le canevas proposé lors de la Phase 1. En premier lieu, une synthèse des études de cas est présentée afin d'introduire leurs singularités. Elle sera suivie d'une description exhaustive de chacune des situations. Ensuite, un positionnement théorique de la maturité est exposé en correspondance aux entrevues réalisées auprès des chargés de projet technologique de chacune des études de cas. Par la suite, les résultats seront énoncés dans l'ordre correspondant au niveau de maturité suite aux entrevues conduites avec les gestionnaires de projet technologique. Enfin, les situations sont mises en parallèle afin d'exécuter une analyse transversale. La juxtaposition des études de cas permet l'établissement d'un argumentaire qui contribue à la définition de barèmes afin de proposer un cadre opérationnel relatif à l'usage d'un EVI lors de la phase de réalisation.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

## 5.1 Introduction des études de cas

Les trois études de cas ont été sélectionnées à la suite du développement du canevas construit lors de l'enquête réalisée en Phase 1. Ces choix s'appuient sur le fait que ces entreprises représentent les situations les plus avancées en matière de déploiement de TM identifiées lors de l'enquête. Le Tableau 5.1 illustre les caractéristiques de chacune des situations.

Tableau 5.1 Description des trois études de cas

| | **ÉTUDE DE CAS A** ENTREPRENEUR GÉNÉRAL | **ÉTUDE DE CAS B** ENTREPRENEURS GÉNÉRAUX | **ÉTUDE DE CAS C** DONNEUR D'OUVRAGE |
|---|---|---|---|
| CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES | | | |
| Nombre de projets inclus | 3 | 1 | 1 |
| Coût | 85 M$ et 400 M$ | 2 G$ | 6,5 G$ |
| Nombre de travailleurs | Indéterminé | 2 500 | 2 000 |
| Type de construction | Bâtiments | Bâtiment | Infrastructure |
| CARACTÉRISTIQUES SPÉCIFIQUES | | | |
| Choix technologique | *Smart-Use* | *Latista* | *Rétroaction de chantier* |
| Description de la technologie sélectionnée | Implanté et utilisé par l'entrepreneur général, le logiciel est introduit pour accéder aux plans de construction et permette aux intervenants d'annoter les plans en temps réel. | Désiré par le client et le consortium d'entrepreneurs généraux, l'application est mise ne place afin de suivre l'avancement des travaux. | Utilisé et implanté par le client afin de créer une base de données centralisée. |
| Durée d'intervention | Septembre à juin 2014 | Janvier à juin 2014 | Mars à juin 2014 |
| Nombre de participants | 32 | 12 | 9 |
| Intervenants impliqués lors de l'étude | ▪ Surintendants;<br>▪ Contremaîtres;<br>▪ Gestionnaires. | ▪ Équipe de surveillance qualité des E.G.;<br>▪ Équipe de construction de l'E.S. | ▪ Inspecteurs de chantier;<br>▪ Planificateurs;<br>▪ Contrôleurs de coûts. |

L'échantillon de l'étude de cas A représente les intervenants des équipes de gestion de l'entrepreneur général, tels que les surintendants, les contremaîtres et les gestionnaires de projet. L'étude de cas A regroupe la plus grande proportion de participants en fonction de la

disponibilité de l'échantillon et du déploiement de la technologie sur trois projets distincts. L'étude de cas B regroupe en majorité des intervenants des équipes de contrôle de la qualité du consortium d'entrepreneurs généraux, mais également des équipes de construction de l'entrepreneur spécialisé pris en charge par les intervenants de surveillance. Finalement, l'échantillon de l'étude de cas C s'est réalisé auprès des inspecteurs de chantier ainsi que les gestionnaires de projet du donneur d'ouvrage.

## 5.2 Description des études de cas

Les trois études de cas correspondent à des situations singulières où chacun des gestionnaires de projet a effectué des choix technologiques en fonction du rôle de l'entreprise et de son mandat dans les projets. Cette section vise alors à présenter chacune des études de cas ainsi que les applications qui leur sont associées.

### 5.2.1 Étude de cas A - Entrepreneur général

*« Un entrepreneur général est comme un chef d'orchestre, il ne joue d'aucun instrument, mais il doit identifier lesquels sonnent faux et il doit rapidement apporter les ajustements. L'entrepreneur ne bâtit rien, mais il doit savoir vers où et vers qui acheminer l'information et le faire dans les bons délais afin de garder le projet sur les rails. [...] Il doit être informé de tout et détenir l'ensemble de l'information afin de prendre la meilleure décision. »*

*Gestionnaire de construction*

L'étude de cas A représente la situation typique d'un entrepreneur général œuvrant dans l'industrie de la construction du Québec. L'entreprise est donc responsable de la construction, de la gérance des coûts et des échéanciers de projet, tout en s'assurant de la qualité des travaux réalisés par les entreprises spécialisées. Le choix technologique effectué par les gestionnaires de projets de l'étude de cas A est orienté vers un partage des plans de construction ainsi que par des fonctionnalités d'annotation. L'exploitation se caractérise par une centralisation des informations de construction dans une base de données unique et accessible grâce à différentes plateformes informatiques, telles que des appareils mobiles, des ordinateurs et des tables

numériques digitales. Les buts de l'intégration sont de limiter les erreurs de construction au chantier et de fournir aux équipes de construction un accès aux plans en temps réel. Le choix technologique de l'étude de cas A s'appuie sur le fait que l'entrepreneur désire réduire les risques associés aux différents transferts d'information entre les intervenants des entreprises spécialisées lors de la phase de réalisation et de s'assurer de la mise à jour régulière de l'information sur la base de données.

**Choix technologique - *Smart-Use***

*Smart-Use* est la solution logicielle sélectionnée par l'étude de cas A et correspond à une application de consultation et d'annotation de documents de niveau 3. Le Tableau 5.2 présente différentes caractéristiques de l'application logicielle *Smart-Use*. Celle-ci est conçue pour centraliser des documents PDF 2D et pour permettre leur annotation. Cette application peut être utilisée sur trois plateformes différentes, soit sur un ordinateur, sur une tablette PC ou sur une table *Smart-Use* (Figure 5.1)[10].

**UTILISATION DE LA TABLE DIGITALE SMART-USE PAR DES INTERVENANTS DE TERRAIN**

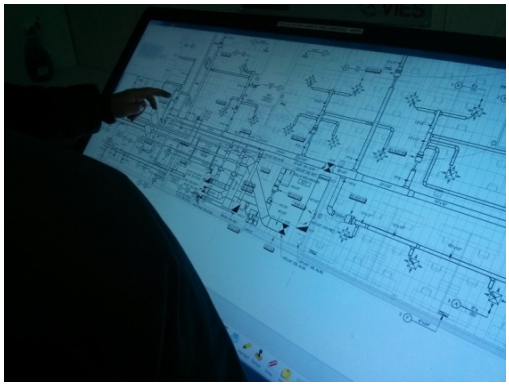


Figure 5.1 Usage de la table Smart-Use par l'entrepreneur général et spécialisé

[10] ***Note*** : une nouvelle version de Smart-Use est disponible et des changements importants y ont été apportés. L'application est désormais disponible sur davantage de plateformes et offre plus de fonctionnalités qu'en date de cette étude.

Site web Smart-Use : [https://www.smartuse.com/#en/] consulté le 18 juillet 2014

Les données sont stockées sur le nuage informatique et la mise à jour de la base de données est gérée par un administrateur unique. *Smart-Use* permet une utilisation par un nombre indéfini d'utilisateurs et chacun d'entre eux possède un identifiant privé. Chaque utilisateur se voit désigner une couche unique d'annotation et celui-ci demeure le seul à avoir l'autorisation de modifier ses annotations. Tout usager peut inclure de l'information de nature variée, par exemple insérer des photos, surligner des éléments ou ajouter des notes en format texte. Les annotations sont accessibles à tous les usagers, mais celles-ci sont lisibles uniquement avec la plateforme *Smart-Use*. Il est ensuite possible d'exécuter une sélection spécifique des couches d'annotation en fonction d'un utilisateur donné. Ceci permet alors une visualisation plus rapide et plus précise du PDF ainsi que de ses annotations.

Tableau 5.2 Fonctionnalités de l'application *Smart-Use*

| FONCTIONNALITÉS | |
|---|---|
| ▪ Comparaison de plans par superposition;<br>▪ Couche d'annotation par usager;<br>▪ Gestion des mises à jour des documents;<br>▪ Création d'arborescence et de dossiers personnalisés; | ▪ Outils de mesure (longueur, surface, volume);<br>▪ Administrateur en charge des comptes;<br>▪ Identification de groupes de plans (ex. : plans de construction axe AB/ 1-4). |

### 5.2.2 Étude de cas B - Consortium d'entrepreneurs généraux

*« Latista a été implanté sur le projet afin de réduire les temps de résolution des déficiences sur le site de construction et, éventuellement, pour faciliter la livraison du bâtiment. [...] L'objectif final de son intégration est de démontrer au client que le bâtiment est conforme et que chacune de ces exigences a été répondue selon le cahier des charges. Latista est un outil qui nous permet de prouver que nous répondons aux points contractuels. »*

*Administrateur et intégrateur de Latista*

L'étude de cas B représente une situation de consortium dans laquelle deux entrepreneurs généraux se sont réunis en ayant pour mandat de construire un important bâtiment. Le groupe d'entrepreneurs est responsable de l'architecture du projet, de son ingénierie, ainsi que de sa logistique de construction. Le choix technologique de l'étude de cas B est déterminé par une

approche d'administration et de gestion de construction afin de suivre l'évolution des travaux sur le site. L'objectif final de l'intégration est de limiter les opérations logistiques et de faciliter le contrôle de la qualité de la construction tout en fournissant un accès constant à l'information grâce à une base de données centralisée. Un poste d'administrateur 'intégrateur technologique a été créé au sein du consortium en appui au déploiement et au développement de séquences d'opérations personnalisées. En plus d'offrir un soutien technique et des formations, l'administrateur est en charge de l'intégration des séquences d'opérations avec les diverses entreprises spécialisées présentes lors de la phase de réalisation.

**Choix technologique - *Latista***

*Latista* correspond à une application logicielle d'administration et de gestion de projets de catégorie 4 (voir section 4.4). Elle est conçue pour capter l'information en temps réel sur le site de construction (Figure 5.2) et le Tableau 5.3 présente différentes caractéristiques de cette application logicielle. *Latista* a été mise en place afin de permettre aux intervenants de contrôle de la qualité de créer des listes de tâches et de travaux à compléter sur une base de données partagée afin de diminuer le temps de partage de l'information aux autres disciplines.

**UTILISATION DE L'APPLICATION LOGICIELLE PAR UN INTERVENANT DE TERRAIN**

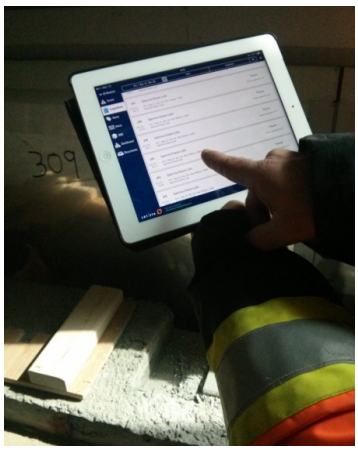



Figure 5.2 Latista en usage par un contremaître en chantier

De plus, *Latista* a été intégrée aux processus de collecte de données de l'ensemble des intervenants et est régie par l'administrateur afin de gérer les accès et la standardisation des processus de collecte de données. Celui-ci détient aussi le mandat d'unifier les différents processus de collecte de données des organisations impliquées. Les données captées sur le chantier sont synchronisées dans une base de données centralisée et unique, où elles sont emmagasinées sur le nuage (Cloud). Les données sont accessibles sur plusieurs plateformes informatiques, telles que les ordinateurs et les appareils mobiles. La base de données est accessible au moyen d'un accès à internet à l'aide de fureteur. Lorsque l'information est captée et synchronisée, les utilisateurs sont en mesure d'exécuter des opérations de traitement de l'information, tel que de créer des rapports d'incidents, de filtrer l'information par date, par type d'évènements ou encore par nom de compagnie. Les utilisateurs sont alors en mesure de faire un suivi de chacune des tâches entrées dans le système à l'aide d'un historique permanent.

Tableau 5.3 Fonctionnalités de l'application *Latista*

| **FONCTIONNALITÉS** | |
|---|---|
| ▪ Création de séquences d'opérations personnalisées;<br>▪ Recherche par filtre (date, type de travaux, etc.);<br>▪ Production de rapports;<br>▪ Automatisation de l'envoi de rapports;<br>▪ Accès aux plans 2D; | ▪ Historique de chacune des entrées de données;<br>▪ Historique de modification des données;<br>▪ Service de notifications automatisé. |

### 5.2.3 Étude de cas C - Donneur d'ouvrage

*« Le rêve de tous les estimateurs et les planificateurs est d'avoir la vérité. C'est-à-dire d'obtenir un retour sur les éléments planifiés afin de contre valider les prévisions [...] dans le but de faire des analyses intelligentes avec les données exactes provenant des inspecteurs de chantier. Implanter Rétroaction de chantier était une manière d'automatiser la collecte d'information et de valider les coûts et le temps réels pendant la construction. »*

*Chef proposition estimation*

L'étude de cas C représente la situation d'un client constructeur-propriétaire responsable de la conception et de la construction de l'ouvrage. Cette étude de cas s'est conduite lors de la phase de réalisation, alors que le donneur d'ouvrage était responsable du suivi des coûts, du respect de l'échéancier et de la qualité de ces travaux. Responsable d'un grand parc d'équipements, le client s'est doté d'une solution mobile permettant de canaliser l'information de suivi des travaux acquise en temps réel. L'application a été conçue par le client et a été mise en place en 2008 pour le suivi des coûts et de la planification des phases de construction. Le choix technologique du l'étude de cas C est fondé par la volonté d'administrer et de gérer l'information sur le chantier. L'intégration de la technologie a permis de standardiser la collecte de données par les divers inspecteurs présents sur le chantier et de faciliter le partage et le transfert de l'information parmi les différents intervenants impliqués dans le processus de suivi du projet. L'objectif final est de limiter la perte de données, phénomène qui est souvent associé à de l'information manuscrite difficilement lisible ainsi qu'imprécise.

**Choix technologique - *Rétroaction de chantier***

*Rétroaction de chantier* est une application logicielle de niveau 4 développée par l'entreprise afin de standardiser les journaux de chantier en fonction d'un découpage des travaux qui correspond au devis technique produit lors des phases de conception et de planification du projet. Le Tableau 5.4 présente différentes caractéristiques de l'application logicielle. Cette standardisation de la collecte de données permet une rétrospective juste et rapide des travaux exécutés en fonction des travaux estimés.

Tableau 5.4 Fonctionnalités de l'application *Rétroaction de chantier*

| FONCTIONNALITÉS | |
|---|---|
| ▪ Réalisation de journaux de chantier;<br>▪ Accès aux plans;<br>▪ Réalisation croquis personnels;<br>▪ Création de notes personnelles;<br>▪ Notification pour ajustement sur rapport; | ▪ Identification des conditions météo;<br>▪ Identification des incidents (environnement ou sécurité);<br>▪ Prise de photos. |

Figure 5.3 Rétroaction de chantier en utilisation par un inspecteur

Les inspecteurs de chantier doivent utiliser cette application logicielle, à l'aide de tablettes, afin de collecter l'information provenant du site de construction (Figure 5.3). *Rétroaction de chantier* a été conçue afin de remplacer les journaux de chantier traditionnels par des journaux numériques. Les inspecteurs ont pour mandat de créer plusieurs rapports journaliers en correspondance au découpage du devis émis en début de projet. Une fois complétés et contre-validés par les chefs inspecteurs, ces journaux sont téléversés vers les serveurs internes de l'entreprise et les données sont alors accessibles aux équipes d'estimation et de planification des travaux sur une base de données interne. Le découpage des journaux électroniques permet un suivi plus aisé et plus précis des différentes tâches, étant donné que celui-ci suit automatiquement les divisions proposées dans le devis technique. La base de données créée est ensuite accessible par le réseau internet à l'aide de l'application bureautique attachée avec *Rétroaction de chantier*. Les gestionnaires peuvent visualiser et traiter l'information en fonction de différents critères, tels que la date, la section du devis, l'entrepreneur ou l'inspecteur.

Rapport-Gratuit.com

## 5.3 Positionnement du niveau de maturité des études de cas

Des entrevues avec les gestionnaires de projets technologiques[11] ont été réalisées afin de positionner le niveau de maturité théorique de l'usage des TM (voir section 4.4). Le

Tableau 5.5 présente une description des rôles qu'occupent ces gestionnaires de projets responsables de l'intégration des TM au sein de leur entreprise tandis que le Tableau 5.6 illustre un sommaire des données recueillies en fonction des différents axes de discussions issus de ces rencontres. Les entrevues ont été réalisées quelques mois après l'intégration des TM dans la situation des études de cas A et B, tandis que celles de l'étude de cas C se sont déroulées six ans après la première intégration de leur plateforme mobile. Ces rencontres avaient pour objet de confirmer l'orientation technologique des entreprises et d'en évaluer le niveau de maturité théorique, en plus de confirmer les retombées factuelles des technologies dans leur contexte d'implantation et d'exploitation.

Tableau 5.5 Identification du rôle occupé par le gestionnaire de projet technologique

| IDENTIFICATION | RÔLE DE L'INTÉGRATEUR | DESCRIPTION DU RÔLE LORS DE L'INTÉGRATION |
|---|---|---|
| Étude de cas A<br>Entrepreneur général | *Directeur de construction* | Supervision des équipes de construction dans des projets d'envergure. |
| Étude de cas B<br>Consortium entrepreneurs | *Administrateur et intégrateur* | Administrateur et intégrateur de *Latista*. |
| Étude de cas C<br>Donneur d'ouvrage | *Chef proposition estimation* | Responsable de l'estimation et de la planification de projets. |

[11] ***Note*** : Terme faisant référence aux intervenants qui ont pris en charge l'intégration des TM et des applications sélectionnées au sein de leur entreprise.

Tableau 5.6 Feuille de route des entreprises lors de l'intégration des TM

| PROJET | JUSTIFICATION DE L'INTÉGRATION | ENJEUX | STRATÉGIES DE DÉPLOIEMENT | BÉNÉFICES ATTENDUS | MÉTHODE D'ÉVALUATION DES BÉNÉFICES | PLAN D'ÉVALUATION DE L'INTÉGRATION |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **ÉTUDE DE CAS A** Technologie - *Smart-Use* | - Ajouter une valeur supplémentaire aux projets;<br>- Accéder rapidement aux plans de construction. | - Simplicité d'utilisation;<br>- Évaluer la rentabilité financière;<br>- Adaptabilité de la technologie;<br>- Mise à jour des plans de construction. | - Respecter les besoins des utilisateurs;<br>- Réalisation de projets-pilotes pour évaluer la technologie sélectionnée;<br>- Déployer l'application hebdomadairement sur 2 chantiers pendant 6 mois;<br>- Une rencontre dans le premier mois d'utilisation. | - S'assurer de la mise à jour des plans de construction pour l'ensemble des intervenants;<br>- Centralisation de l'information de projet;<br>- Sauver du papier. | - Réussite du projet-pilote | - Aucune mesure spécifique mise en place |
| **ÉTUDE DE CAS B** Technologie - *Latista* | - Diminuer le temps de résolution des déficiences en chantier;<br>- S'assurer de la conformité des travaux;<br>- Établir un processus de contrôle qualité; | - S'assurer que tous les intervenants détiennent la bonne information;<br>- Réalisation des travaux selon les critères exigés. | - Élaboration d'un projet-pilote à petite échelle pour valider les objectifs;<br>- Création de séquences d'opérations personnalisées (*workflow*);<br>- Former les utilisateurs au fonctionnement et au déroulement des opérations. | - Garder un contrôle sur l'ensemble des opérations du projet;<br>- Traçabilité des évènements de chantier;<br>- Réduction du temps de résolution des problèmes et meilleures solutions;<br>- Création d'audits. | - Réussite du projet-pilote | - Aucune mesure spécifique mise en place |
| **ÉTUDE DE CAS C** Technologie - *Rétroaction de chantier* | - Améliorer la précision et la disponibilité de l'information;<br>- Automatiser le processus de recensement de l'information. | - Simplicité d'utilisation;<br>- Intégrer une nouvelle méthode de travail dans une organisation complexe. | - Intégration étape par étape (projet-pilote);<br>- Demeurer concentré sur les objectifs fixés;<br>- Formation du personnel et écoute des usagers;<br>- Évolution de la technologie sélectionnée;<br>- Demeurer raisonnable face aux attentes et aux objectifs. | - Information de meilleure qualité puisqu'elle est contre-validée au chantier;<br>- Plus de temps d'inspection au niveau du chantier;<br>- En mesure de connaître le coût réel en comparaison avec celui estimé;<br>- En mesure de créer de taux de production rapidement. | - Validation par étapes de l'usage par l'identification d'objectifs à court terme | - Évaluation par analyse de rentabilité pour chacune des étapes d'intégration;<br>- Rencontre des utilisateurs 1 par 1 |

[1] ***Note*** *: Voir questionnaire d'entrevue personne cadre en Annexe II*

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

### 5.3.1 Évaluation du niveau de maturité

Les hypothèses présentées au Tableau 5.6 s'appuient sur les données issues des entrevues avec les gestionnaires de projet technologique. Les points de vue justificatifs de l'intégration de la technologie ainsi que les stratégies de déploiement ont ici été juxtaposés afin de positionner le niveau de maturité théorique des différentes études de cas.

D'abord, on constate que les objectifs de l'étude de cas A se caractérisent par une accessibilité aux plans de construction et par l'intégration d'une technologie qui n'affectera pas les procédures de travail établies à l'intérieur de l'entreprise :

*« Nous désirions remplacer une table à plans conventionnel par une table digitale, nous ne voulions pas aller sur la lune. C'était un outil qui allait être utilisé par des gens qui ne sont pas très technologiques, nous voulions garder le tout simple, c'est-à-dire une implantation rapide et limiter les coûts reliés à la formation. [...] Smart-Use se rapprochait beaucoup de nos besoins. »*

*Gestionnaire de projet technologique, étude de cas A*

En revanche, les gestionnaires technologiques des études de cas B et C ont mentionné que l'objectif de leur intégration respective est la transformation de leurs processus avec l'implantation d'applications logicielles. En l'occurrence, l'objectif de l'étude de cas B est d'établir un processus de contrôle qualité :

*« Nos processus de contrôle de qualité sont transférés dans Latista, [...] nous travaillons avec les entreprises spécialisées et les professionnels afin d'établir des séquences d'opérations personnalisées pour chacune de nos équipes sur le terrain. Nous demandons à ce que les intervenants viennent nous voir et nous établissons un cycle de suivi pour la durée de vie d'une déficience ou une non-conformité. [...] Nous répétons ce procédé pour chaque opération du bâtiment. »*

*Gestionnaire de projet technologique, étude de cas B*

L'étude de cas C vise, quant à elle, une automatisation des processus de recensement de l'information en chantier par l'usage d'une application permettant la rédaction des rapports journaliers en format numérique.

*«Nous avons 250 inspecteurs sur le terrain qui font 10 rapports par jour multiplié par deux quarts, nuit et jour. Ça fait 5 000 rapports par jour. [...] Avant ces rapports étaient en format papier, il nous était impossible de gérer toute cette information dans ce format de données. Il fallait trouver une façon d'informatiser le processus de collecte d'information. »*

*Gestionnaire de projet technologique, étude de cas C*

Par la suite, en correspondance avec le degré de transformation visé pour chacune des études de cas, on constate que les stratégies d'intégration divergent considérablement, et ce, malgré le fait que chacune des études de cas a opté pour la réalisation de projets-pilotes, les stratégies de déploiement varient considérablement :

D'abord, l'étude de cas A s'appuie sur une stratégie de déploiement en vague successive dans les différentes équipes. L'objectif est de ne pas contraindre les futurs utilisateurs à utiliser la technologie, mais plutôt d'introduire la technologie petit à petit au sein des équipes.

*« Notre stratégie est d'intégrer deux tables Smart-Use par semaine sur chantier pendant les six prochains mois. Pour le moment, nous visons majoritairement le lancement de nouveaux projets, et la demande doit venir de l'équipe sur le projet. Nous n'obligeons personne à utiliser un outil technologique, mais nous comptons sur le bouche-à-oreille. Quand les gens s'aperçoivent des avantages, la demande arrive rapidement. Généralement, la boîte est déjà prête avec leur nom dessus. »*

*Gestionnaire de projet technologique, étude de cas A*

Ensuite, l'étude de cas B oriente son implantation vers la création de séquences d'opérations personnalisées (*Workflow*) à l'ensemble des intervenants concernés par un processus donné, par exemple, l'ensemble des différents intervenants touchés par la structure de bâtiment.

*« D'abord, nous avons créé un projet-pilote avec les intervenants d'une branche d'activité, dans notre cas, c'était avec les intervenants de la structure. Au départ, nous avons bâti nos processus avec une seule branche d'activité, maintenant, j'en ai 15. [...] J'essaie toujours de mettre tout le monde dans la salle, les consultants et les professionnels, les responsables de la qualité et les gestionnaires de chez nous. Je veux que tous les gens qui vont être impliqués dans le processus soient avec nous lors de son intégration. »*

*Gestionnaire de projet technologique, étude de cas B*

Finalement, l'étude de cas C opte pour une stratégie évolutive, c'est-à-dire, une intégration étape par étape tout en fixant des objectifs atteignables lors de la construction et de la mise en place de leur application logicielle maison.

*« Au lancement, en 2008, le projet de mobilité sur les chantiers était très flou. Je crois même que c'était davantage un rêve parce que nous avions des objectifs très élevés. [...] Nous avons donc divisé le projet en étapes en fixant des objectifs atteignables. Au départ, les objectifs étaient vraiment petits, chacun devait donner des résultats aux yeux de mes patrons afin de débloquer plus de budgets. Notre cheval de bataille, c'était vraiment le temps que l'on économisait à mettre en place un système comme celui-là. »*

*Gestionnaire de projet technologique, étude de cas C*

Or, même si les stratégies de déploiement divergent entre les études de cas, elles ont été mises en place en fonction des bénéfices désirés par les entreprises ainsi qu'au degré de difficulté associé à l'importance des changements affectant les méthodes de travail traditionnelles. Par exemple, le gestionnaire de l'étude de cas A mentionne : *« Nous désirions remplacer une table à plan conventionnel par une table digitale. »,* tandis que le gestionnaire de l'étude de cas B cite : *« Nos processus de contrôle de qualité seront transférés dans Latista. »*. En comparant les niveaux de changement de ces études de cas, on observe que la situation de l'étude de cas B est plus complexe puisqu'elle appelle à une transformation des mécanismes de collecte, de partage et de gestion de l'information en collaboration avec plusieurs entreprises.

Finalement, les entrevues ont permis d'identifier que dans l'ensemble des études de cas, on n'a pas mis en place de véritables stratégies pour obtenir une évaluation post-usage des TM sur leur projet. Il a été mentionné que l'évaluation des bénéfices s'appuie sur le retour des expériences des utilisateurs directs de la TM qui se traduit donc par une évaluation de bénéfices mise en place.

### 5.3.2 Positionnement théorique de la maturité

À la lumière des propos recueillis précédemment, les trois études de cas peuvent être positionnées de manière théorique en fonction des usages anticipés. La Figure 5.4 illustre de manière conceptuelle le niveau de maturité en fonction de la vision de la mise en place des TM pour chacune des études de cas.

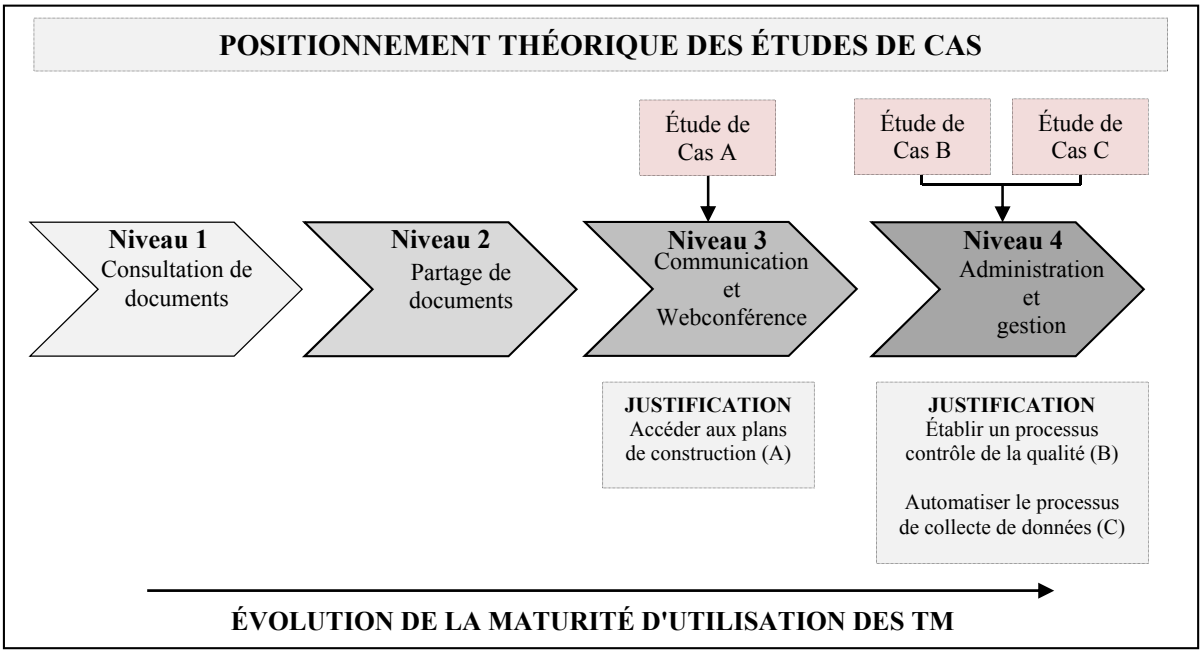



Figure 5.4 Positionnement théorique des études de cas

En correspondance avec les données obtenues lors des entrevues avec les gestionnaires de l'intégration, l'étude de cas A se caractérise comme étant une intégration de niveau 3 tandis que les études de cas B et C se décrivent comme de niveau 4. En revanche, malgré le fait qu'il est possible de déterminer de manière théorique le niveau de maturité projeté, une validation en

situation réelle permettra de confirmer empiriquement ce positionnement anticipé. La collecte de résultats auprès des utilisateurs permettra, d'une part, de confirmer le positionnement théorique de la maturité projetée et, d'autre part, de connaître les bénéfices et les améliorations factuels.

## 5.4 Résultats empiriques par étude de cas

Cette section présente les résultats recueillis afin d'illustrer les améliorations envisageables à la suite de l'exploitation des TM dans la phase de réalisation. Dans l'objectif de faciliter la présentation des données et de mettre en parallèle les différents points de vue des participants, l'échantillon est sous-divisé en trois groupes soit : 1) le groupe de *terrain*, 2) le groupe de *gestion* et 3) le groupe de *surveillance*[12]. D'abord, les participants de *terrain* représentent les intervenants responsables de l'avancement et de la coordination des travaux, ou la réalisation des travaux. Le groupe de *gestion* concerne les intervenants impliqués dans le suivi global du projet, par exemple, le suivi des coûts et de l'échéancier ou encore, le suivi des modifications aux plans. Finalement, les participants de *surveillance* correspondent aux intervenants de contrôle de qualité sur le chantier et des exigences de conformité sur le projet[13]. En correspondance au positionnement théorique de la maturité, les études de cas vous seront présentées en ordre de maturité, telles qu'illustrées à la Figure 5.4.

---

[12] ***Note*** : La division de ces groupes a été définie dans le cadre de cette recherche afin d'exposer les divers besoins, les attentes et les visions sur le projet en fonction des différents rôles occupés par les intervenants présents lors de la phase de réalisation. Ces termes sont génériques et visent à démontrer l'importance de comprendre les différents enjeux communicationnels des divers intervenants impliqués lors de cette phase.

[13] ***Note*** : Voir Annexe III pour description exhaustive des groupes.

### 5.4.1 Résultats - Étude de cas A

#### 5.4.1.1 Situation actuelle

Les outils et les moyens de transmission de l'information ont été étudiés afin d'en dégager les procédures de communication à l'intérieur des équipes de travail avant l'intégration de *Smart-Use*. La Figure 5.5 présente les données obtenues en fonction des trois groupes d'intervenants présents dans cette étude de cas. On constate d'abord que les outils et les moyens de communication divergent en fonction des rôles occupés dans le projet.

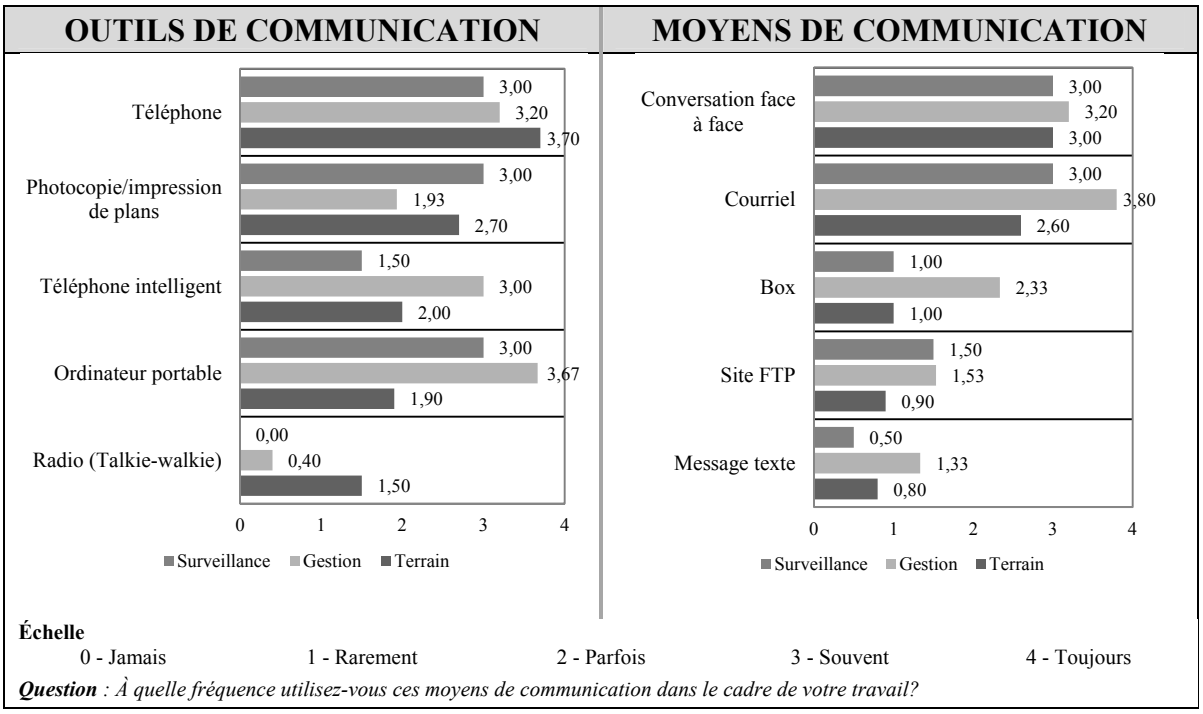



Figure 5.5 Situation actuelle étude de cas A

D'abord, les participants de type *terrain* utilisent davantage le téléphone (outil) et la conversation face à face (moyen) pour transmettre les données à l'intérieur de leur entreprise et communiquer leurs directives aux E.S. Toutefois, le courriel demeure un aspect important dans leurs pratiques, et ce, malgré le fait que la majorité de l'information est d'abord transmise de manière verbale aux autres disciplines de projet impliquées. Ce constat est expliqué par le fait que les intervenants doivent laisser des traces de leurs actions ou de leur engagement. Par

ailleurs, les intervenants de *terrain* n'ont pas indiqué utiliser le papier dans leurs pratiques journalières. Pourtant, la période d'observation démontre que le partage de données à l'intérieur de l'organisation est orienté vers un usage important de l'information manuscrite. La Figure 5.6 illustre ce processus manuel de partage et de stockage de données établi au sein de l'équipe *terrain*, voire les intervenants de *gestion*.

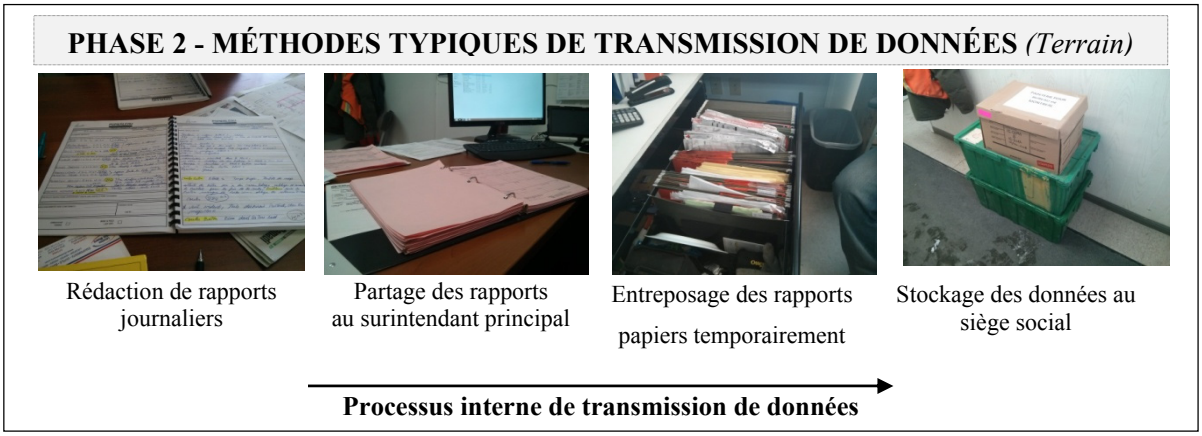



Figure 5.6 Méthode de transmission typiques par les intervenants terrain

La période d'observation a mis en lumière que l'information sauvegardée en phase de réalisation est majoritairement sous un format papier et les données s'y retrouvant sont transcrites manuellement. Ces données sont ensuite stockées dans des espaces de rangement prévus à cet effet pour la durée du projet et seront finalement envoyées vers le siège social de l'entreprise pour un entreposage final.

*« Pour suivre l'avancement des sous-traitants au chantier, nous avons mis en place un système de facturation interne à l'équipe. Chacun des contremaîtres fait une facture papier à la fin de son quart de travail et l'envoie au surintendant de secteur avant de me l'acheminer. Je rajoute deux ou trois commentaires et je mets ça dans le dossier. Il faut vérifier que le contenu est bien écrit et qu'il ne manque pas d'information. Si dans six mois on a besoin de la facture, il ne faut pas se poser de question sur son contenu. »*

*Surintendant principal*

Ensuite, les données obtenues auprès des intervenants de *gestion* illustrent que ceux-ci font un usage important du téléphone (outil) et du courriel (moyen) comme moyens de communication. Par ailleurs, les données qui leur sont partagées arrivent sous différentes formes, soit de manière verbale ou écrite. D'une part, l'information transmise de manière verbale est généralement issue de réunions de coordination, de rencontres avec le surintendant, de rencontres improvisées avec un contremaître ou encore avec un autre gestionnaire de projet. La Figure 5.7 illustre la situation de l'identification d'une problématique de constructibilité par le surintendant principal et les moyens entrepris pour remédier à cette situation.

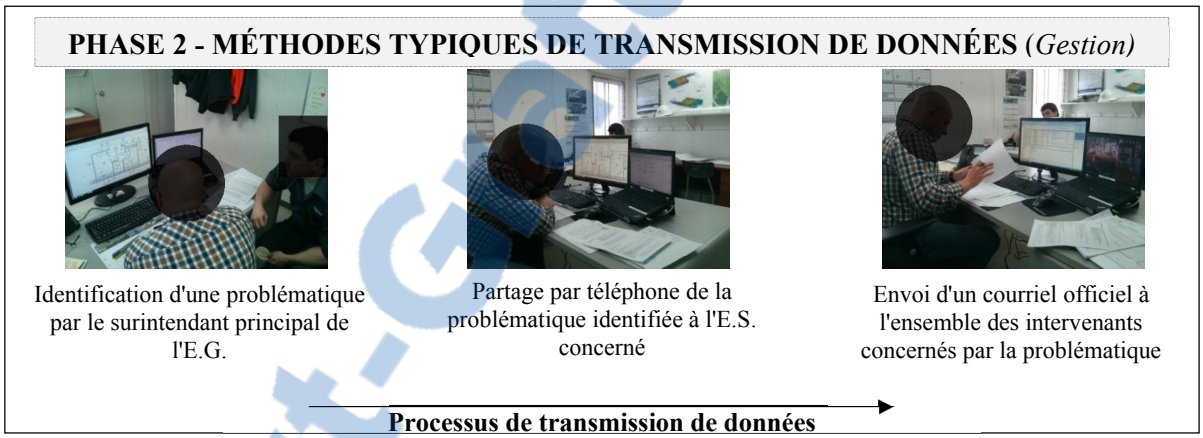



Figure 5.7 Méthode de transmission typiques par les intervenants *gestion*

D'autre part, l'information transmise de manière écrite est généralement émise par courriel et provient de différents intervenants. Dans certaines situations, les intervenants de *gestion* ne sont pas directement concernés par l'envoi. Il a d'ailleurs été mentionné que les intervenants de *gestion* doivent faire un usage intensif du courriel afin de répondre aux exigences de traçabilité de l'information en vigueur dans le projet. Cette situation accapare en outre la majorité de leur temps.

*« L'information arrive sous différentes formes. Parfois c'est un gars qui rentre dans la roulotte de chantier et il te dit qu'il faut rajouter telle et telle information sur le plan et, d'autres fois, ça arrive par courriel. C'est facilement 200 à 300 courriels par jour que je survole et que*

Rapport-Gratuit.com

*j'analyse. Dans certains cas, c'est des problèmes majeurs tandis que d'autres, je suis uniquement inclus dans une liste de courriel. »*

*Gestionnaire de construction*

L'une des raisons mentionnées expliquant l'usage intensif du courriel est le fait que les intervenants de *gestion* doivent générer une information officielle en tout temps. Afin d'y parvenir, ils doivent émettre l'information sous format écrit et acheminer l'information à une multitude d'intervenants issus des autres disciplines de projets. Il a été identifié que les intervenants de *gestion* doivent communiquer avec tous les intervenants du projet, tels que le client, les professionnels, les E.S. et, dans certains cas, les fournisseurs. Cet aspect engendre une problématique étant donné que la quantité d'informations à gérer est considérable et exponentielle en fonction de la complexité du projet à réaliser.

*« La difficulté dans le transfert de l'information, c'est qu'il y a tellement d'intervenants qui sont impliqués dans le processus. Il y a toujours quelqu'un qui revient pour te dire qu'il n'a pas été mis en copie conforme sur un courriel et cela engendre de la frustration. [...] Nous avons plusieurs rapports à produire par semaine et, en fonction du type de rapport, il faut différents intervenants en copie conforme. À un moment donné cela ne finit plus. »*

*Gestionnaire de construction*

Finalement, les participants de *surveillance* ont indiqué faire un usage de plusieurs médiums afin de véhiculer l'information qu'ils saisissent sur le chantier. D'un côté, ils ont recours au téléphone et aux conversations face à face pour transmettre des directives verbales, identifiés comme étant la procédure informelle par les participants. De l'autre, ils font un usage du papier pour prendre des notes personnelles en chantier puis ils utilisent le courriel ou le mémo pour transmettre de l'information de manière officielle vers l'entrepreneur général. Cette procédure a été identifiée par les participants comme étant la procédure formelle de transmission de l'information lors de la phase de réalisation.

*« Lorsque je fais ma visite de chantier, je prends des notes dans mon calepin et je prends des photos. [...] Une fois de retour à mon bureau, je fais un rapport format PDF sur les éléments généraux de ma visite. Par la suite, je l'envoie par courriel aux gens concernés et je demande que des changements soient faits. Il y a parfois des erreurs de localisation parce que sur le chantier ce n'est pas toujours évident de se localiser étant donné que nous sommes en train de monter la structure et qu'il n'y a pas de point de repère définitif. »*

*Professionnel*

La Figure 5.8 illustre le processus manuel de collecte d'information au chantier ainsi que les moyens de partage et de transmission officiels de l'information employés par les intervenants de *surveillance*.

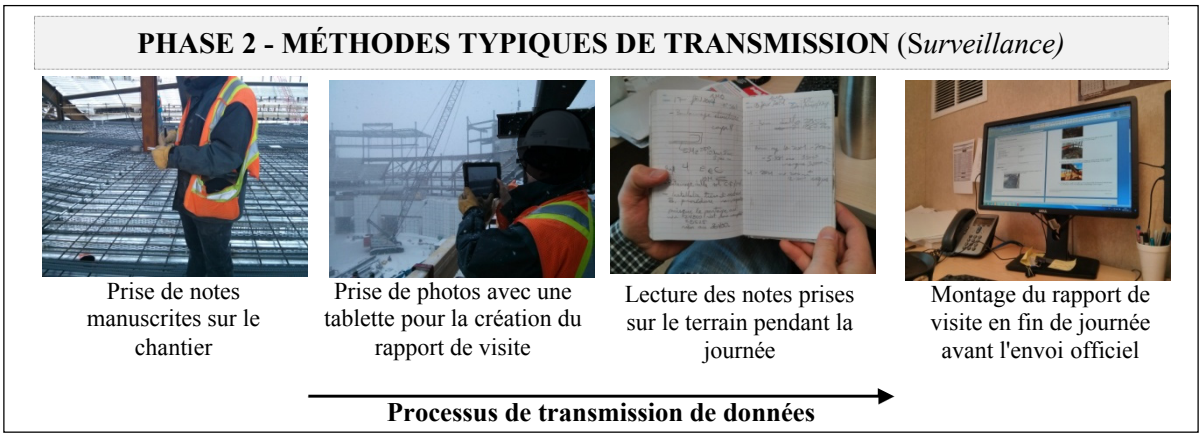



Figure 5.8 Méthode de transmission typiques par les intervenants *gestion*

### 5.4.1.2 Information nécessaire à la réalisation des tâches

La présence de divers rôles dans la phase de réalisation a pour effet que les intervenants nécessitent plusieurs sources d'information pour accomplir leur mandat respectif. Cet aspect a été étudié afin de comparer et d'analyser les informations nécessaires pour les intervenants afin qu'ils puissent répondre à leurs besoins spécifiques. La Figure 5.9 illustre ce constat en exposant la nature des informations les plus importantes en fonction des intervenants de *terrain*, de *gestion* et de *surveillance*.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

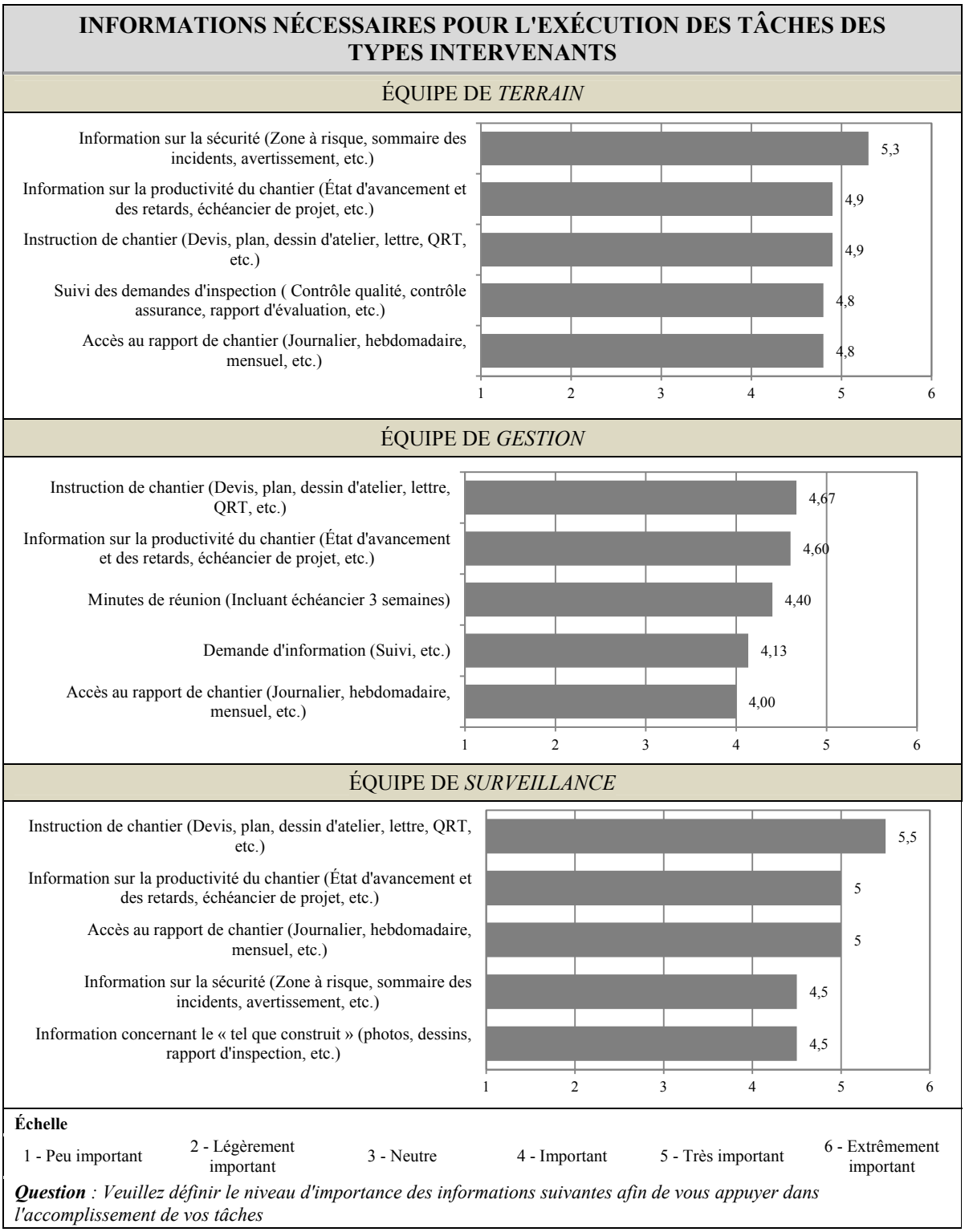



Figure 5.9 Informations nécessaires pour les intervenants (étude de cas A)

Selon la Figure précédente, on constate que les besoins en termes d'information se ressemblent, mais que le niveau d'importance accordé à ceux-ci varie en fonction des rôles occupés dans la chaîne de réalisation. Par exemple, les données démontrent que l'information relative aux instructions de chantier est des informations d'importance pour tous les types de rôles. Néanmoins, les intervenants de *surveillance* considèrent que ce type de données est très important, voire extrêmement important, pour la réalisation de leur mandat. Les raisons identifiées par ces intervenants sont, d'une part, que les *surveillants* sont les garants du projet et qu'ils se doivent de faire respecter les exigences du client, d'autre part, ils doivent s'assurer que leurs propres exigences de conception soient respectées. Ce constat illustre que le degré d'importance de l'information nécessaire pour la réalisation varie en fonction du rôle dans le projet.

Par ailleurs, les participants ont identifié que les données relatives à la productivité du chantier sont un facteur très important. Ce type d'information se classe au second rang pour tous les types de rôles. Fait intéressant, les entrevues et la période d'observation ont permis de valider que les informations relatives à la productivité sont transmises par courriel et issues de conversations face à face entre les disciplines. À la suite des observations en chantier, la Figure 5.10 révèle que tous les intervenants font une transcription manuscrite et individuelle de la productivité en chantier afin d'avoir un accès rapide et visuel à ce facteur important.

**PHASE 2 - TRANSCRIPTION MANUELLE DE L'INFORMATION POUR CHACUN DES RÔLES**

Bureau du surintendant de secteur

Bureau du surintendant principal

Bureau des professionnels

Figure 5.10 Transcription de l'information relative à la planification de projet

Dans un autre ordre d'idées, les données issues des intervenants de *terrain* ont révélé que l'accès aux informations relatives à « la santé et la sécurité » sont des informations extrêmement importantes pour ceux-ci. Pourtant, les observations en chantier valident le fait que ces informations sont difficilement disponibles sur le terrain. D'une part, puisque l'information est généralement transmise sous forme verbale ou manuscrite lorsqu'il s'agit d'avertissement (Figure 5.11) et, d'autre part, étant donné que les zones à haut risque sont discutées en rencontre et mises en place par d'autres intervenants. Au final, les intervenants de *terrain* ont très peu d'informations pour s'assurer de la sécurité optimale sur le chantier dans la mesure où l'information n'est pas centralisée et est difficilement accessible.

**CONTROLEUR SUR LE CHANTIER PAR UN AGENT DE SÉCURITÉ**

Figure 5.11 Transcription d'un avertissement de sécurité par l'agent de prévention

### 5.4.1.3 Objet et stratégie d'intégration des TM

L'objet de l'intégration résulte de certains défis préalablement identifiés par les gestionnaires de projet technologique à l'égard des problématiques de partage et d'accès à l'information. L'une des composantes analysées est les objectifs d'intégration perçus par les utilisateurs directs de la TM et de l'application logicielle sélectionnée. À ce propos, il important de valider s'il y a corrélation entre les objectifs d'intégration des décideurs par rapport à ceux des utilisateurs. La Figure 5.12 illustre quels sont les principaux objectifs de l'intégration de *Smart-Use* selon les utilisateurs en correspondance avec ceux établis par la haute direction (voir

section 5.3). Par la suite, les stratégies reliées à l'implémentation seront présentées afin de comprendre les mécanismes de mise en place lors de cette étude de cas.

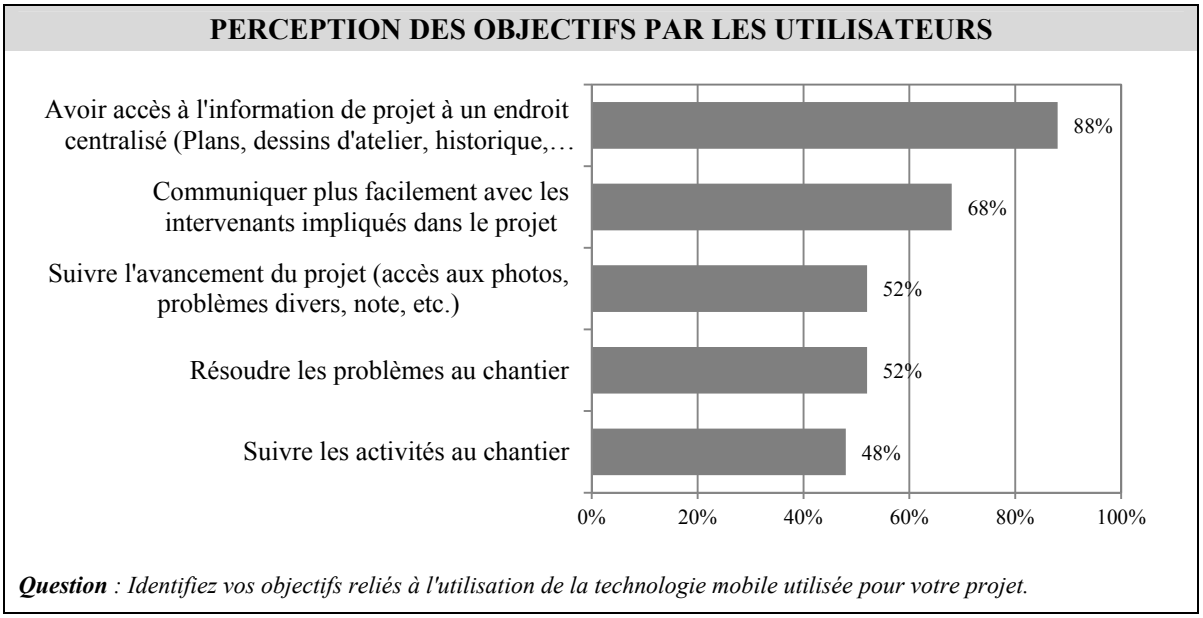



Figure 5.12 Raison de l'adoption des TM selon les usagers (Étude de cas A)

D'abord, les participants ont identifié majoritairement que la raison principale de l'usage des TM sur le chantier est d'obtenir un accès constant à l'information de projet, c'est-à-dire, les plans de construction et les dessins d'atelier. Les principaux utilisateurs corroborent donc les thématiques d'implantation revendiquées par le gestionnaire de projet technologique. Ce constat s'aligne également avec les résultats présentés à la Figure 5.12 qui illustraient que les instructions de chantier sont des données très importantes pour la majorité des intervenants. Par ailleurs, les répondants identifient que les raisons principales d'implantation de la TM ne sont pas orientées vers le suivi des activités de chantier tel qu'illustré à la Figure ci-dessus. De surcroît, ces données appuient le positionnement de maturité effectué précédemment (voir section 4.4).

Par ailleurs, les participants ont identifié que le principal défi auquel ils faisaient face est l'accès constant à une information qui est non seulement à jour, mais également, de qualité suffisante pour prendre la meilleure décision possible pour le projet.

*« Le défi principal est en début de projet, car les plans sont modifiés souvent et il y a beaucoup de changements. Ce que je fais alors pour m'assurer que mes sous-traitants ont la bonne information en chantier est que je leur imprime les changements et je vais leur donner en main propre. Mais là, avant de changer quelque chose, il faut qu'ils en parlent avec leur patron. Il faut refaire un prix et une estimation. Le fait que les gens ne reçoivent pas tous la même information en même temps est une problématique majeure pour nous. »*

*Surintendant principal*

Ensuite, à la lumière des entrevues réalisées avec les participants, il a été invoqué qu'aucune stratégie d'implantation n'a été mise en place. À ce propos, un participant a mentionné qu'il ne semblait pas y avoir de stratégie, voire d'objectifs, clairs afin d'implanter la TM dans leur contexte.

*« Présentement, nous sommes des testeurs pour le projet-pilote, on teste le produit en situation réelle. Les objectifs ont été établis plus haut dans la hiérarchie de l'entreprise. Ils nous ont dit qu'ils voulaient enlever les plans en papier dans le futur, c'est tout. Ils prennent nos commentaires et nos suggestions, mais mon avis, c'est que nous n'avons pas d'objectif clair. D'après moi, ils veulent voir comment la technologie évolue sur le terrain avant de faire un gros changement. »*

*Surintendant de secteur*

Les propos recueillis auprès d'un autre intervenant corroborent ces propos. En revanche, il mentionne que le point majeur de l'intégration était d'amorcer un changement de culture dans l'industrie de la construction.

*« Nous avons été avertis un mois d'avance avant l'arrivée de Smart-Use. Au départ, nous voulions initier un changement de mentalité dans la construction, être les pionniers dans l'implantation d'un nouveau système. [...] Par la suite, la mise à jour des plans et leur accessibilité sont devenues un incontournable. »*

*Gestionnaire de projet*

#### 5.4.1.4 Évaluation des bénéfices après essai en chantier

Les bénéfices présentés découlent de la section 3.5 et ils sont orientés vers cinq axes permettant d'illustrer les retombées à la suite de l'usage de *Smart-Use* en chantier. Ces axes sont : 1) l'économie de temps, 2) le suivi des coûts de projet, 3) le suivi de la qualité du projet, 4) la gestion de projet et 5) le rendement personnel.

**Axe A - Économie de temps**

Ce facteur est abordé de manière à dégager les économies de temps perçues par les utilisateurs et la Figure 5.13 révèle le classement des trois éléments principaux identifiés afin d'évaluer l'impact de *Smart-Use* sur le projet.

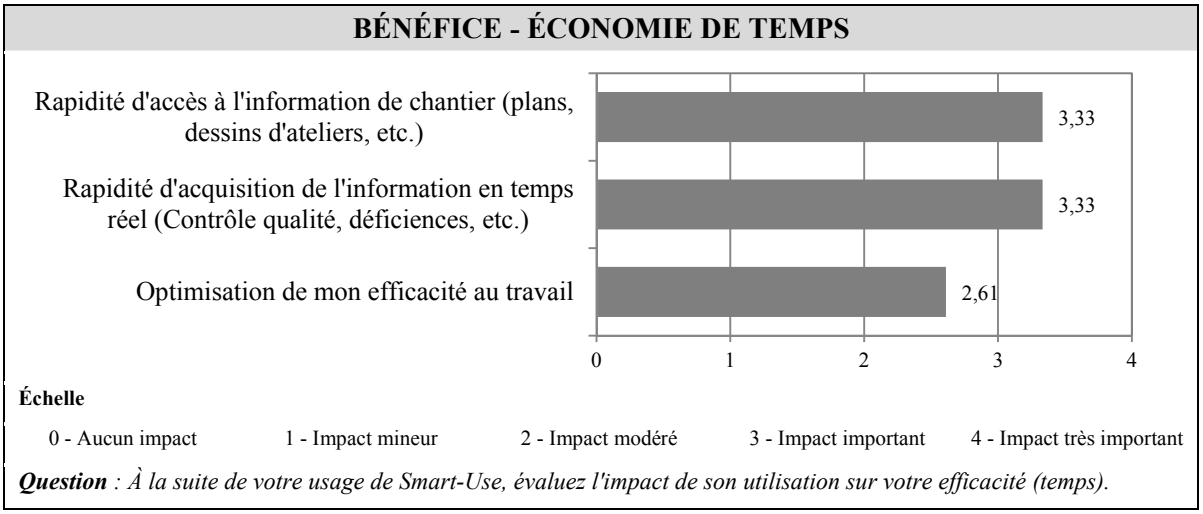



Figure 5.13 Bénéfices - Économie de temps (étude de cas A)

D'abord, la « rapidité d'accès à l'information » a été identifiée par les utilisateurs comme étant l'élément ayant eu un impact important lors de la réalisation de leurs tâches. Il a été mentionné que l'usage d'appareil mobile, combiné à un logiciel de centralisation d'information, permet aux intervenants d'économiser du temps, d'une part, en termes de préparation de l'information et, d'autre part, en matière de recherche d'information (Figure 5.14).

*« Avant, j'imprimais les plans dont j'allais avoir besoin pour mon inspection le matin en planifiant ma journée. J'imprimais les zones dont j'allais avoir besoin d'information, mais j'arrivais sur place et, là, quelqu'un me posait une question. Évidemment, je n'avais pas le bon plan pour répondre à la question. Je prenais une note et, quand j'étais de retour à la roulotte, je téléphonais et je répondais à la question. Avec Smart-Use, je sauve donc beaucoup, beaucoup de temps dans ma préparation de chantier et mon temps de réponse.*

*Surintendant de secteur*

**UTILIATION DE SMART-USE PAR UN INTERVENANT DE TERRAIN**

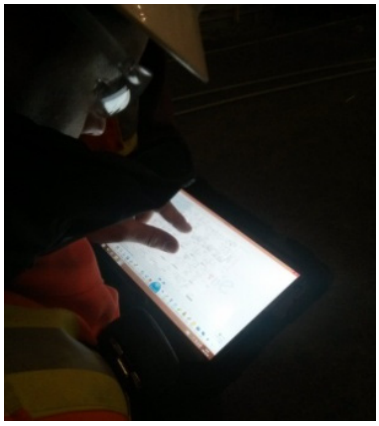


Figure 5.14 Consultation de plans en chantier par le surintendant de secteur

Par ailleurs, il a été mentionné que l'adaptation à un nouvel outil peut s'avérer difficile pour des questions d'habitude. Néanmoins, il a été rapporté que l'usage de plans numériques permet d'économiser énormément de temps et d'avoir un accès à l'ensemble de l'information dont les intervenants ont besoin pour accomplir leur travail.

*« C'est certain que ça prend du temps pour s'habituer à avoir une tablette numérique avec nous sur le chantier. La première semaine, tu as envie de la jeter aux poubelles parce qu'elle ne te sert à rien. Par contre, une fois habitué, c'est vraiment un charme sur le chantier. Maintenant, je ne traîne plus aucun plan papier avec moi sur le terrain.»*

*Surintendant de secteur*

Par la suite, il a été défini que « la rapidité d'acquisition de données » en temps réel en chantier a eu un impact très important pour les usagers. Toutefois, les données provenant de la période d'observation ne corroborent pas ce résultat, et ce, bien que *Smart-Use* permette l'annotation de plans. Les observations chantier avec un intervenant de *surveillance* illustrent que celui-ci accuse un retard de deux semaines sur les rapports de visites qu'il doit normalement acheminer à l'entrepreneur général de manière quotidienne. Ceci s'explique par le fait que le *surveillant* doit superviser une grande zone de travaux et, qu'en période de surcharge de travail, il manque de temps pour exécuter la transmission officielle des données. À ce propos, il est à noter que le *surveillant* continue à prendre des notes et des photos en chantier tous les jours, mais qu'il est à court de temps pour la mise en page de rapports officiels. La majorité de l'information est donc divulguée officieusement puisqu'elle est transmise verbalement et est ensuite acheminée sous la forme d'un rapport officiel de manière écrite vers les intervenants concernés.

*« Nous essayons d'envoyer les rapports de visites le plus rapidement possible, mais la vitesse de croisière du chantier est extrême rapide. J'ai présentement deux semaines de retard sur mes rapports journaliers. »*

*Professionnel*

Dans ce même ordre d'idées, la période d'observation a illustré que la situation n'est pas différente auprès du surintendant principal puisqu'il n'a généralement pas le temps de faire ses rapports journaliers sur ses heures de travail. Par conséquent, il est obligé de les terminer à la maison, voire même le lendemain matin avant le début de sa journée.

**Axe B - Suivi des coûts de projets**

Cet aspect a été abordé, malgré le fait que l'application logicielle sélectionnée n'a pas été mise en place pour répondre à ce besoin. La Figure 5.15 illustre le classement des trois bénéfices principaux à la suite de l'usage de *Smart-Use* dans une perspective de suivi des coûts.

Rapport-Gratuit.com

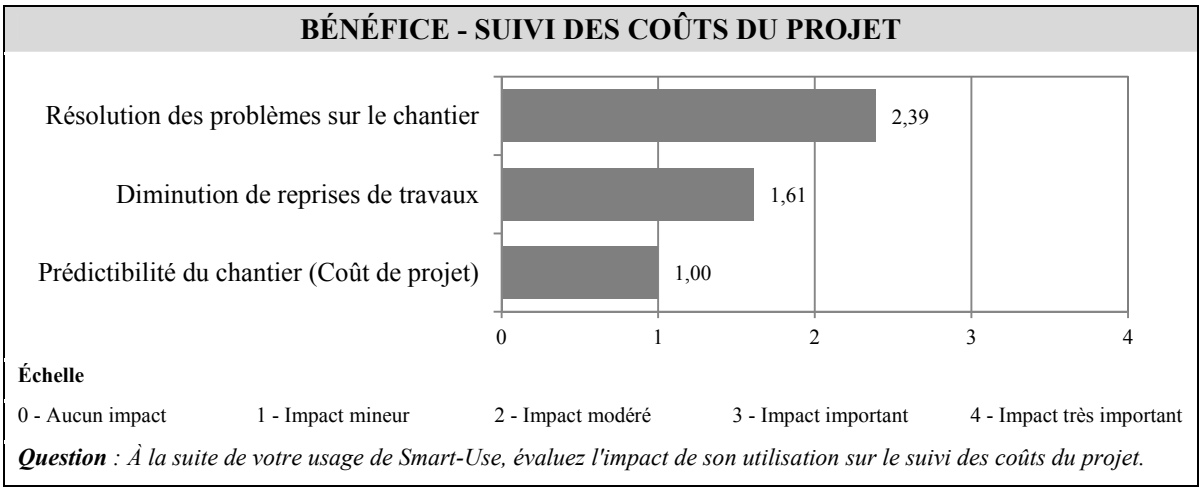



Figure 5.15 Bénéfice - Suivi de la qualité du projet (étude de cas A)

Le facteur dominant représente la possibilité de résoudre les problèmes sur le chantier de construction. Les utilisateurs ont mentionné que l'apport de l'application logicielle permet de maximiser le temps en chantier et, de ce fait, être en mesure de passer plus temps à la validation des travaux et au suivi des activités sur le terrain (Figure 5.16).

*« J'ai gagné beaucoup de temps sur le terrain et j'ai plus de temps à observer les travaux en cours ainsi que d'avoir plus de temps pour gérer les imprévus. Cela nous permet de faire une meilleure coordination, car plus tu vois le terrain, mieux tu es en mesure de coordonner le chantier. Avant d'avoir la tablette, on n'avait pas le choix d'être dans la roulotte une bonne partie de la journée pour communiquer. On n'avait pas le choix de venir s'asseoir devant notre ordinateur pour écrire un courriel, consulter un plan ou le devis. Maintenant, c'est très différent. »*

*Surintendant de secteur*

**UTILISATION DE SMART-USE PAR UN INTERVENANT DE SURVEILLANCE ET DE TERRAIN**

Figure 5.16 Consultation de plans en chantier par l'architecte et le surintendant

Par ailleurs, en dépit de son faible impact sur le projet en raison de son mode d'utilisation actuelle, certains usagers ont mentionné que l'usage des technologies va permettre de diminuer les erreurs de construction en chantier en raison d'une information toujours disponible.

*« La technologie nous aide beaucoup sur les chantiers, mais au final, son principal bénéfice est de nous aider à diminuer les erreurs lors de la construction. Les techniques de construction vont rester les mêmes, mais les moyens vont changer. »*

*Coordonnateur électromécanique*

**Axe C - Suivi de la qualité de projets**

Ce facteur a été abordé afin d'illustrer les retombées de l'application logicielle sur le projet dans un contexte de suivi de la qualité des travaux. La Figure 5.17 illustre les données provenant de cet axe de bénéfices à la suite de l'usage de *Smart-Use.*

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

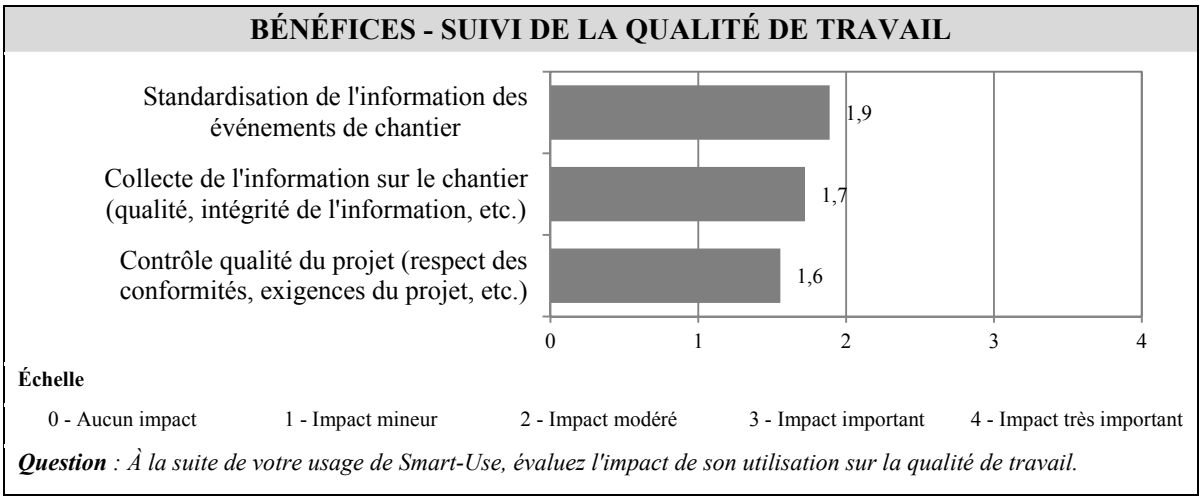



Figure 5.17 Bénéfice - Suivi de la qualité de travail (étude de cas A)

Les résultats découlant des usagers illustrent que l'emploi de *Smart-Use* a eu un faible impact sur le suivi de la qualité du projet de manière générale. Plusieurs facteurs pourraient en expliquer les raisons à la suite des observations réalisées en chantier. D'abord, les données issues des observations n'ont pas permis d'identifier de méthode de travail spécifique à l'usage de *Smart-Use*, et ce, plus de quatre mois après l'intégration de l'application logicielle au sein des équipes de travail. Par exemple, aucun système d'annotation n'a été mis en place afin de faire un recensement organisé de l'information. Cet aspect a eu un impact sur le taux de participation des usagers. D'ailleurs, les données en provenance des entrevues font état que cette possibilité a une incidence sur les taux de participation.

*« Si tout le monde utilise la technologie de différentes manières et que personne n'uniformise ses pratiques et son exploitation, je pense que les gens ne seront pas intéressés à l'utiliser réellement. »*

*Professionnel*

En contrepartie, il a été constaté qu'une séquence d'opération manuelle a été mise en place par l'équipe de *surveillance* afin de valider la position d'élément, tel que des éléments structuraux ou de drainage. La Figure 5.18 illustre la séquence d'opération mise en place en début de projet par les intervenants de contrôle qualité. À ce propos, deux problématiques ont été répertoriées lors des observations. D'abord, seule l'équipe de *surveillance* a un accès constant à cette

information étant donné que la méthode est fondée sur un document papier. Ensuite, la validation des éléments est confirmée une fois par semaine lors des rencontres hebdomadaires. Les intervenants approuvent alors l'avancement des travaux sans être sur le terrain, et dans certaines situations, plusieurs jours après la mise en place des composantes.

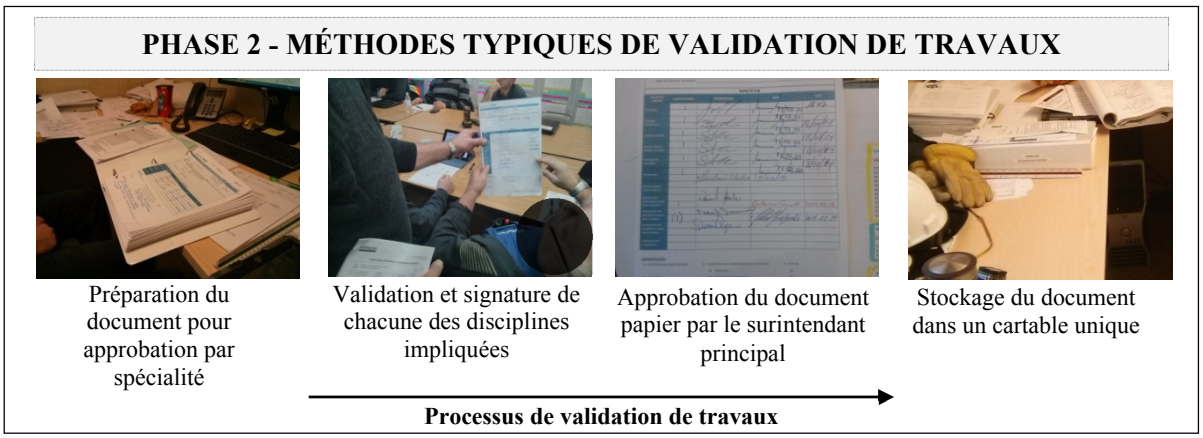



Figure 5.18 Séquence d'opération manuelle (Équipe de *surveillance*)

### Axe D - Gestion de projet

L'aspect gestion de projet a été abordé afin de démontrer les bénéfices reliés à l'emploi de *Smart-Use*, et la Figure 5.19 présente les principales retombées issues de l'exploitation des TM.

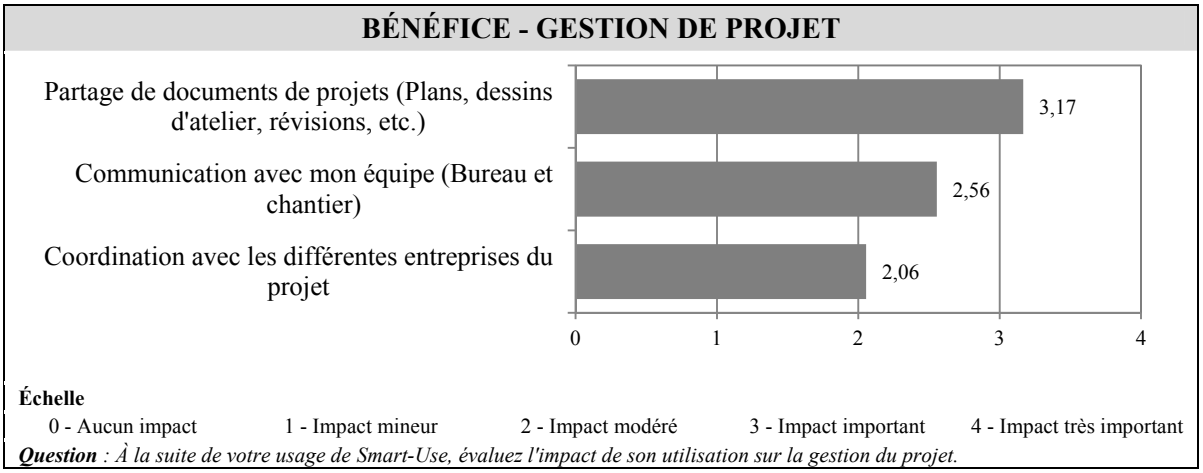



Figure 5.19 Bénéfice - Gestion de projet (étude de cas A)

D'abord, le principal bénéfice identifié est orienté vers le « partage de documents » de projet et, à ce propos, les participants ont identifié que l'emploi de *Smart-Use* a eu un impact très important dans le partage des documents.

*« Je crois que tout le monde travaille en double, en triple, en quadruple, en quintuple, etc. Toutes les entreprises impliquées font une classification de données et de documents. Tout le monde classifie les plans, les devis, les dessins d'atelier, les QRT[14], etc. Au final, nous perdons tous du temps et cela représente un enjeu important pour le projet. Avec l'emploi de Smart-Use, l'information est centralisée et nous nous assurons d'avoir l'information à jour pour tous. »*

*Gestionnaire de projet*

Le contexte d'utilisation de *Smart-Use* n'a toutefois pas permis de percevoir un impact élevé dans les communications internes des équipes de projet ni auprès de la coordination avec les différentes entreprises impliquées dans le processus de réalisation. Néanmoins, les participants s'accordent pour dire que les méthodes en vigueur sont davantage axées vers l'emploi du papier et que cela a un impact sur le déroulement du projet.

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

*Coordonnateur électromécanique*

**Axe E - Rendement personnel**

Ce bénéfice se traduit par les retombées personnelles perçues lors de l'usage de *Smart-Use*. La Figure 5.20 illustre les données en fonction de ce critère.

---

[14] ***Note*** : QRT - Question-réponse technique

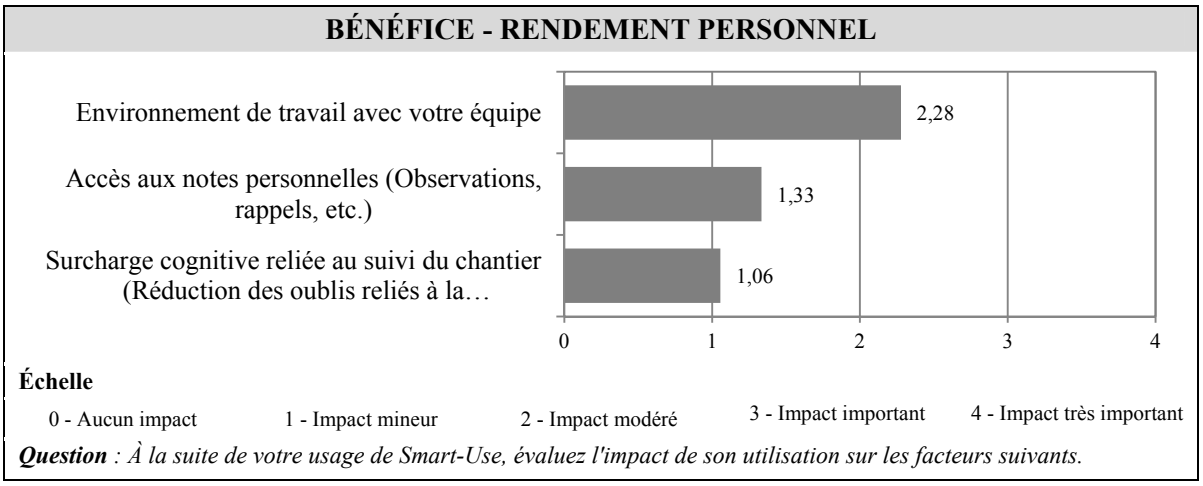



Figure 5.20 Bénéfice - Rendement personnel (étude de cas A)

D'abord, les participants ont identifié qu'ils n'obtiennent pas d'importantes retombées à la suite de l'emploi de *Smart-Use* en correspondance avec l'amélioration de l'environnement de travail ou encore de l'accès à leurs notes personnelles. Pourtant, ils ont mentionné lors des entrevues que la quantité d'information qu'ils se devaient de mémoriser lors de la phase de réalisation est complexe et exige un suivi constant.

*« Il y a tellement d'informations nouvelles dans une journée que, parfois, la mémoire fait défaut. Peu importe la mémoire que tu possèdes, il faut vider son cerveau après chaque journée de travail, l'écrire sur une feuille et prendre des notes au fur et à mesure que la journée avance facilite la mémorisation. »*

*Surintendant de secteur*

Par la suite, les participants ont fait état que la quantité d'événements à gérer simultanément altère parfois leur tâche principale. Ils doivent alors mettre les bouchés doubles pour combler le temps perdu et s'assurer que tous les éléments ont été validés et qu'ils sont conformes aux normes exigées.

*« Il y a des journées que c'est impossible de sortir de la roulotte, parce qu'il y a trop d'informations à gérer et d'activités à prévoir. Il faut faire les documents pour les paiements,*

*faire le suivi des quantités, planifier les livraisons, organiser et prévoir les rencontres de planification ou encore réaliser l'échéancier trois semaines. Pendant ce temps-là, le chantier avance, mais toi, tu ne sais pas ce qui s'est passé parce que tu n'y étais pas. »*

*Surintendant de secteur*

#### 5.4.1.5 Évolution des besoins des utilisateurs

À la suite de l'usage de *Smart-Use,* les utilisateurs ont été questionnés sur l'évolution de leurs besoins à l'égard de la TM. L'objectif de cette question vise à exposer la progression des exigences des usagers à l'égard de l'exploitation future des TM. La Figure 5.21 illustre les critères d'amélioration principaux afin d'optimiser l'exploitation des TM.

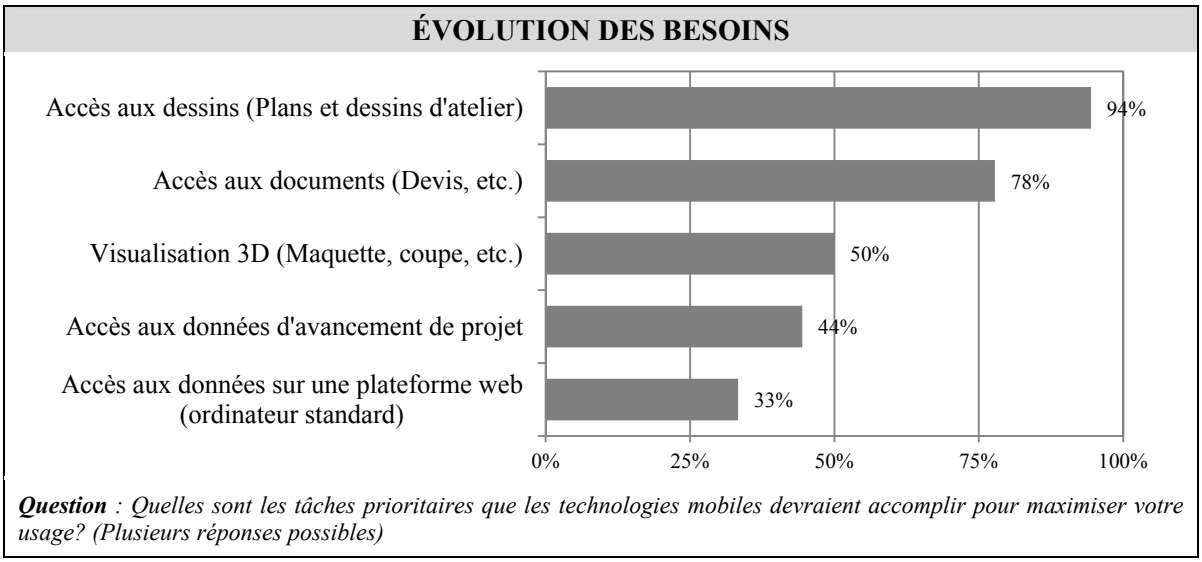



Figure 5.21 Évolution des besoins de l'usage des TM après essai (étude de cas A)

Avec 94 % de taux de réponse, l'accessibilité aux plans et aux dessins d'atelier est le critère d'évolution prioritaire pour les utilisateurs. Pourtant, l'un des principaux bénéfices identifiés par les participants issus de l'emploi de *Smart-Use* correspondait à l'accessibilité à l'information. Les participants ont indiqué qu'il demeurait difficile d'utiliser la tablette en chantier pour des raisons techniques. Deux raisons pourraient expliquer ce constat. D'une part, les usagers n'ont pas développé le réflexe d'apporter la tablette en chantier et, d'autre part,

parce qu'il semblait y avoir une défaillance dans l'équipement sélectionné notamment en ce qui concerne le modèle de la tablette. Or, il a été observé que les participants ont davantage utilisé la table tactile *Smart-Use* dans la roulotte que les tablettes en chantier. En ce sens, beaucoup d'efforts ont été portés sur la table tactile *Smart-Use* afin de reproduire les méthodes traditionnelles découlant de l'usage des plans papier, tandis que peu d'attention a été portée sur l'usage de *Smart-Use* sur le terrain.

#### 5.4.1.6 Barrière à l'implémentation

Les résultats présentés ci-dessous se réfèrent aux barrières d'implantation perçues par les utilisateurs de *Smart-Use* et la Figure 5.22 en expose les données obtenues.

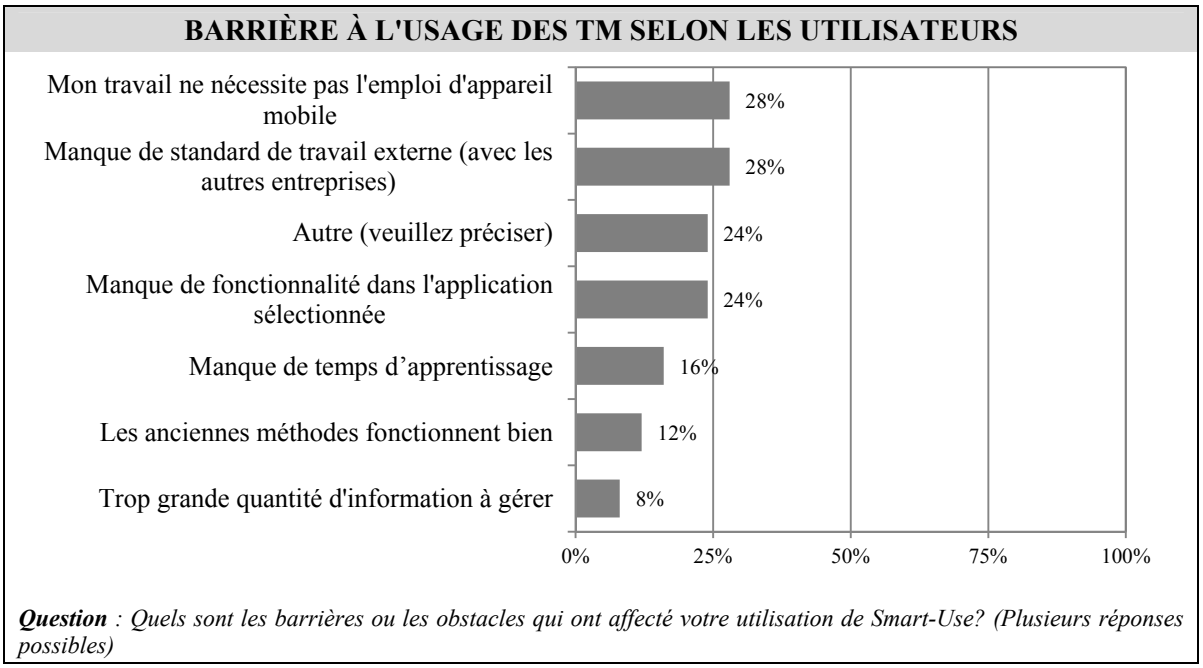



Figure 5.22 Barrière à l'implantation des TM (étude de cas A)

Selon les résultats issus du questionnaire, les principales raisons expliquant les barrières à l'implantation de l'application logicielle sont les suivantes. D'abord, certains usagers ne se sont pas sentis interpelés par l'usage de *Smart-Use* étant donné qu'ils n'ont pas à utiliser les TM dans le cadre de leur travail. Ensuite, en raison qu'aucun standard de collaboration n'a été mis en

place avec les autres entreprises impliquées, ceci a résulté d'un désintérêt des intervenants. Il a été mentionné que le manque de temps pour apprendre et pour mettre en pratique les TM ont été des enjeux importants dans le succès de la mise en place de technologie.

*« Le principal obstacle, c'est la réticence aux changements. Plusieurs personnes ont peur du changement. Un jour, j'ai eu un surintendant qui travaillait pour moi, il avait peur à mourir des ordinateurs, pour lui, c'était la fin du monde. Quand on lui a dit qu'il fallait un ordinateur pour répondre à ses courriels, cela le sortait vraiment de sa zone de confort. Quelques mois après, il naviguait là-dedans comme un poisson dans l'eau. »*

*Gestionnaire de projet*

Finalement, les principaux aspects signalés affectant la mise en place de nouveaux outils numériques sont la réticence aux changements de certains intervenants et la nature orthodoxe du secteur.

*« L'industrie de la construction est une industrie qui est en retard. Nous avons toujours été en retard sur toutes les nouvelles technologies. Nous avons été les derniers à avoir des télécopieurs, les derniers à avoir des téléphones cellulaires, les derniers à avoir des ordinateurs portables. L'industrie est réticente aux changements et les gens n'aiment pas changer leurs méthodes de travail. »*

*Gestionnaire de projet*

#### 5.4.1.7 Synthèse de l'étude de cas A

À la suite des essais de *Smart-Use* au sein de l'étude de cas A, voici une synthèse des résultats obtenus.

D'abord, la présentation de la situation avant l'intégration des TM illustre que l'outil de communication le plus en usage est le téléphone tandis que le moyen de communication le plus important est la conversation en face à face. Bien que les intervenants de type *gestion* aient

indiqué faire un usage important de l'ordinateur (outil) et du courriel (moyen), l'usage du téléphone et de la conversation face à face demeurent les options les plus utilisées afin de partager l'information de projet. Les raisons invoquées pour l'usage massif du courriel sont l'importance de la traçabilité de l'information en cours de projet. Par ailleurs, les intervenants ont invoqué faire un usage important du papier dans le processus de transmission des données, tant auprès des intervenants *terrain* que ceux de *surveillance.*

Ensuite, il a été démontré que l'information nécessaire à l'exécution des tâches varie en fonction des rôles occupés par les intervenants dans le projet. Par exemple, le type d'information le plus important pour les intervenants de *terrain* est l'information sur la sécurité sur le chantier. Du point de vue des intervenants de *gestion* et de *surveillance*, l'information traitant des instructions de chantier est la plus importante. Point intéressant, tous les types d'intervenants ont considéré que l'information concernant la productivité est très importante.

L'objet de l'intégration a été examiné auprès des utilisateurs principaux afin de déterminer s'il y a une correspondance avec les objectifs de la haute direction. Les participants à l'étude de cas A ont mentionné en majorité que l'objet principal de l'intégration des TM représente l'accessibilité à l'information appuyant ainsi les attentes de l'entreprise. En revanche, les participants identifient que les raisons principales d'implantation de la TM ne sont pas orientées vers le suivi des activités de chantier, ce qui vient appuyer le positionnement de maturité effectué précédemment (voir section 4.4).

Afin que le secteur de la construction puisse améliorer l'efficacité de ses processus de communication à l'aide des TM et des NTIC, certains axes de bénéfices ont été identifiés pour mesurer l'impact de *Smart-Use* sur le projet. Les cinq axes d'amélioration sont les suivants : 1) Économie de temps, 2) Suivi des coûts, 3) Suivi de la qualité, 4) Gestion de projet et 5) Rendement personnel. À la lumière des données recueillies par les usagers, l'axe d'amélioration principale de *Smart-Use* est l'économie de temps. Le Tableau 5.7 présente les principales retombées identifiées par les participants après essai en chantier.

Rapport-Gratuit.com

Tableau 5.7 Retombées par axe de bénéfice identifié après usage des TM

| AXES DE BÉNÉFICE | BÉNÉFICES IDENTIFIÉS DANS L'ÉTUDE DE |
|---|---|
| Économie de temps | ▪ Rapidité d'accès à l'information (Impact important, cote 3,33);<br>▪ Rapidité d'acquisition de l'information en temps réel (Impact important, cote 3,33);<br>▪ Optimisation de mon efficacité au travail (Impact important, cote 2,61). |
| Suivi des coûts | ▪ Résolution des problèmes sur le chantier (Impact modéré, cote 2,39);<br>▪ Diminution de la reprise des travaux (Impact modéré, cote 1,61);<br>▪ Prédictibilité du chantier (Impact mineur, cote 1,00). |
| Suivi de la qualité | ▪ Standardisation de l'information (Impact modéré, cote 1,90);<br>▪ Collecte d'information sur le chantier (Impact modéré, cote 1,70);<br>▪ Contrôle de la qualité (Impact modéré, cote 1,60). |
| Gestion de projet | ▪ Partage de documents de projet (Impact important, cote 3,17);<br>▪ Communication avec mon équipe de travail (Impact important, cote 2,56);<br>▪ Coordination avec les différentes entreprises du projet (Impact modéré, cote 2,06). |
| Rendement personnel | ▪ Environnement de travail avec votre équipe (Impact modéré, cote 2,28);<br>▪ Accès aux notes personnelles (Impact mineur, cote 1,33);<br>▪ Surcharge cognitive reliée au suivi de chantier (Impact mineur, cote 1,06). |

Dans une autre perspective, les participants ont été questionnés afin de définir si leurs exigences à l'égard des TM ont augmenté à la suite de l'usage de *Smart-Use.* Les participants ont indiqué que l'accessibilité aux plans et aux dessins d'atelier est le critère prioritaire pour les utilisateurs. Pourtant, l'un des principaux bénéfices identifiés par les participants issus de l'emploi de *Smart-Use* est l'accessibilité à l'information. Or, il a été observé que les utilisateurs ont davantage utilisé la table tactile *Smart-Use* dans la roulotte que les tablettes en chantier. En ce sens, beaucoup d'efforts ont été portés sur la table tactile *Smart-Use* afin de reproduire les méthodes traditionnelles émanant de l'usage des plans papier, tandis que peu d'attention a été portée sur l'usage de *Smart-Use* sur le terrain.

Finalement, les barrières à l'implantation des TM ont été évaluées afin de connaître les principaux éléments affectant la mise en place de ces outils lors de la phase de réalisation. Le premier élément mentionné est que près du quart des participants ne se sont pas sentis interpelés par *Smart-Use*. Deuxièmement, étant donné qu'aucun standard de travail n'a été mis en place avec les autres entreprises impliquées, cela a affecté l'usage global de l'application logicielle. Puis, les usagers révèlent que le manque de temps pour apprendre et pour mettre en pratique l'outil a été un des enjeux importants dans la mise en place de *Smart-Use.*

### 5.4.2 Résultats - Étude de cas B

#### 5.4.2.1 Situation actuelle

Les outils et les moyens de transmission de l'information ont été étudiés afin d'en dégager les mécanismes de communication à l'intérieur des équipes de travail avant l'intégration de *Latista*. La Figure 5.23 présente les données obtenues en fonction des trois groupes d'intervenants présents lors de cette étude de cas.

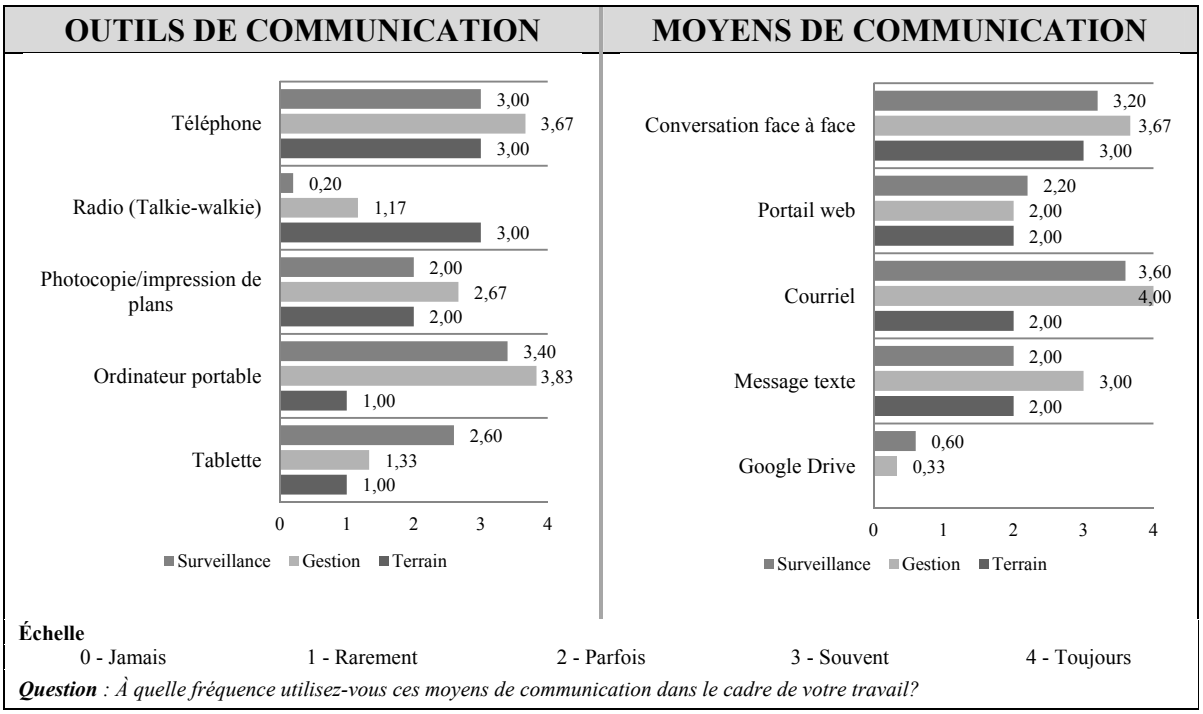



Figure 5.23 Situation actuelle (étude de cas B)

Selon les participants de type *terrain,* le téléphone et la radio sont des outils souvent utilisés afin de transmettre des instructions à leur équipe de travail et des directives aux autres disciplines impliquées dans le projet. En parallèle, le moyen de communication le plus utilisé par ces intervenants est la conversation face à face. Néanmoins, la période d'observation a mis en lumière un portrait orienté majoritairement vers un usage intensif du papier pour la prise de notes et le suivi des tâches en chantier par les intervenants de type *terrain*.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

*« J'ai besoin de beaucoup de papier pour faire mon travail de contremaître étant donné que je dois m'assurer que l'ensemble des travaux est conforme aux exigences. Par exemple, pour chacun des modules, nous avons deux feuilles à remplir et, par étage, il y a entre 150 et 300 modules. Je parle donc de 300 à 600 feuilles à remplir et à partager par étage. À ça, tu peux rajouter entre 50 et 60 feuilles de non-conformité par les inspecteurs par étage. »*

*Contremaître principal (E.S.)*

Afin d'illustrer ce constat, la Figure 5.24 présente la séquence de saisie de données typique dont fait usage le contremaître principal en début de projet.

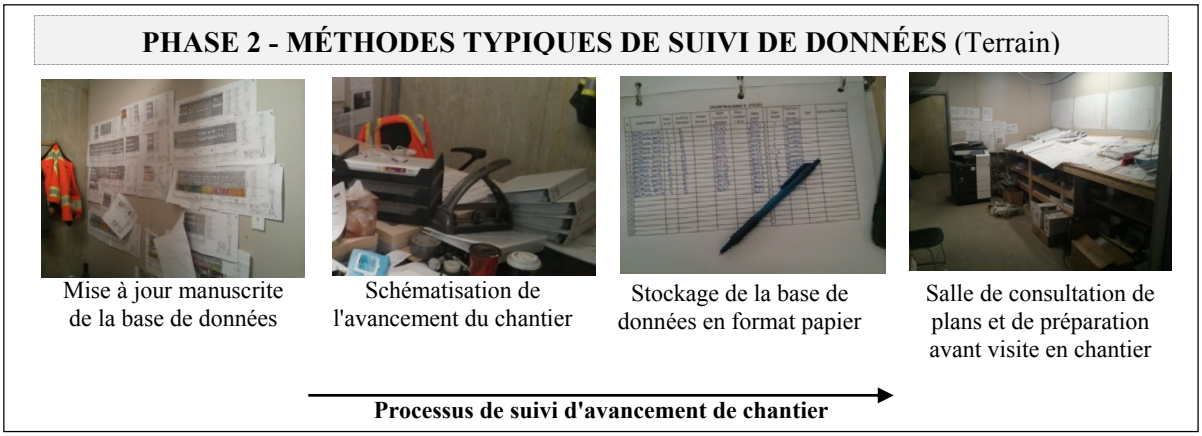



Figure 5.24 Processus de suivi d'avancement typique des intervenants de *terrain*

Ensuite, les données obtenues auprès des intervenants de *gestion* illustrent que ceux-ci font un usage important du téléphone et de l'ordinateur comme outils de communication. En revanche, le courriel et la conversation face à face sont toujours des moyens de communication utilisés. Les raisons invoquées appuyant ces résultats font état que l'usage intensif du courriel découle du fait que ces intervenants ont le mandat d'officialiser l'information en laissant une traçabilité de celle-ci. Pour y parvenir, le moyen utilisé est l'envoi de courriels. Pourtant, ce moyen de communication a été identifié par ces intervenants comme affectant la logistique de chantier en raison des procédures mises en place.

*« Notre mandat est de construire et, parfois, nous avons de la difficulté à la faire. Par exemple, à l'occasion, nous sommes installés dans la grue et nous sommes prêts à installer nos modules. Il y a l'inspecteur qui vient valider et confirmer que nous pouvons aller de l'avant avec les travaux, puis 30 minutes plus tard, un autre inspecteur vient et, là, il nous dit qu'il faut tout arrêter parce que tel ou tel élément n'est plus conforme. C'est réellement un gros problème pour nous. »*

*Gestionnaire de projet (E.S.)*

Finalement, les intervenants de *surveillance* ont identifié qu'ils faisaient toujours usage d'un ordinateur pour le transfert de données et qu'ils utilisaient le courriel comme moyen de transmission officiel de l'information. En revanche, ils font souvent usage de la conversation face à face et du téléphone afin de donner, directement aux intervenants de *terrain*, des instructions rapides sur les ajustements à apporter sur le chantier. Les données des entrevues révèlent que la procédure de transmission officielle de l'information, soit écrite, est longue et peut entraîner des délais importants sur le chantier résultant de coûts supplémentaires sur le projet. Les raisons invoquées sont, d'une part, que l'équipe qui se doit d'apporter des ajustements sur le terrain peut s'être démobilisée et, d'autre part, que des travaux peuvent être rendus impossibles en raison du passage d'une autre discipline sur le terrain. Par exemple, un mur peut avoir été fermé par un autre entrepreneur étant donné qu'il n'était pas au courant qu'une intervention été nécessaire avant la fermeture.

*« L'inspection et l'identification des non-conformités prennent beaucoup, beaucoup de temps. Je dois aller sur le chantier pour faire des relevés et prendre des photos. De retour au bureau, je dois transformer mes notes dans un rapport Word officiel et y joindre les photos. Généralement, je relève des déficiences de plusieurs sous-traitants lors de mon passage sur le chantier et, au final, je me retrouve avec 10 rapports à faire par jour. Il faut donc accélérer les choses et, souvent, je prends mon téléphone et j'appelle, sinon ça prend deux jours. Deux jours en construction, c'est énorme. »*

*Surveillant qualité*

Afin d'illustrer cette situation, la Figure 5.25 présente la séquence typique de suivi de travaux et de transmission de données par les intervenants de *surveillance*.

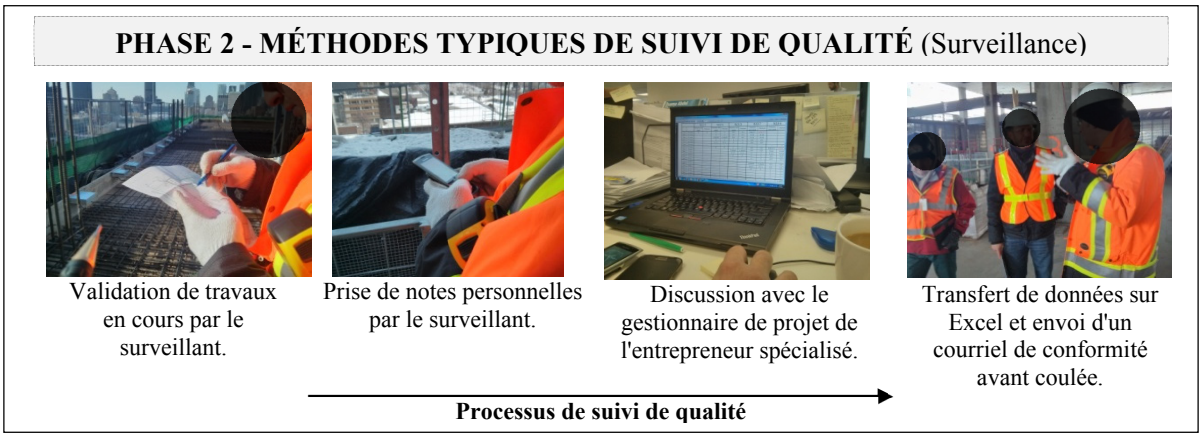



Figure 5.25 Méthode typique de suivi de la qualité par intervenants de *surveillance*

### 5.4.2.2 Information nécessaire à la réalisation des tâches

La présence de divers rôles dans la phase de réalisation résulte du fait que les intervenants nécessitent plusieurs sources d'information pour accomplir leur mandat respectif. Cet aspect a été étudié afin de comparer et d'analyser les informations nécessaires pour les intervenants afin qu'ils puissent répondre à leurs besoins spécifiques. La Figure 5.26 illustre ce constat en exposant la nature des informations les plus importantes en fonction des intervenants de *terrain*, de *gestion* et de *surveillance*.

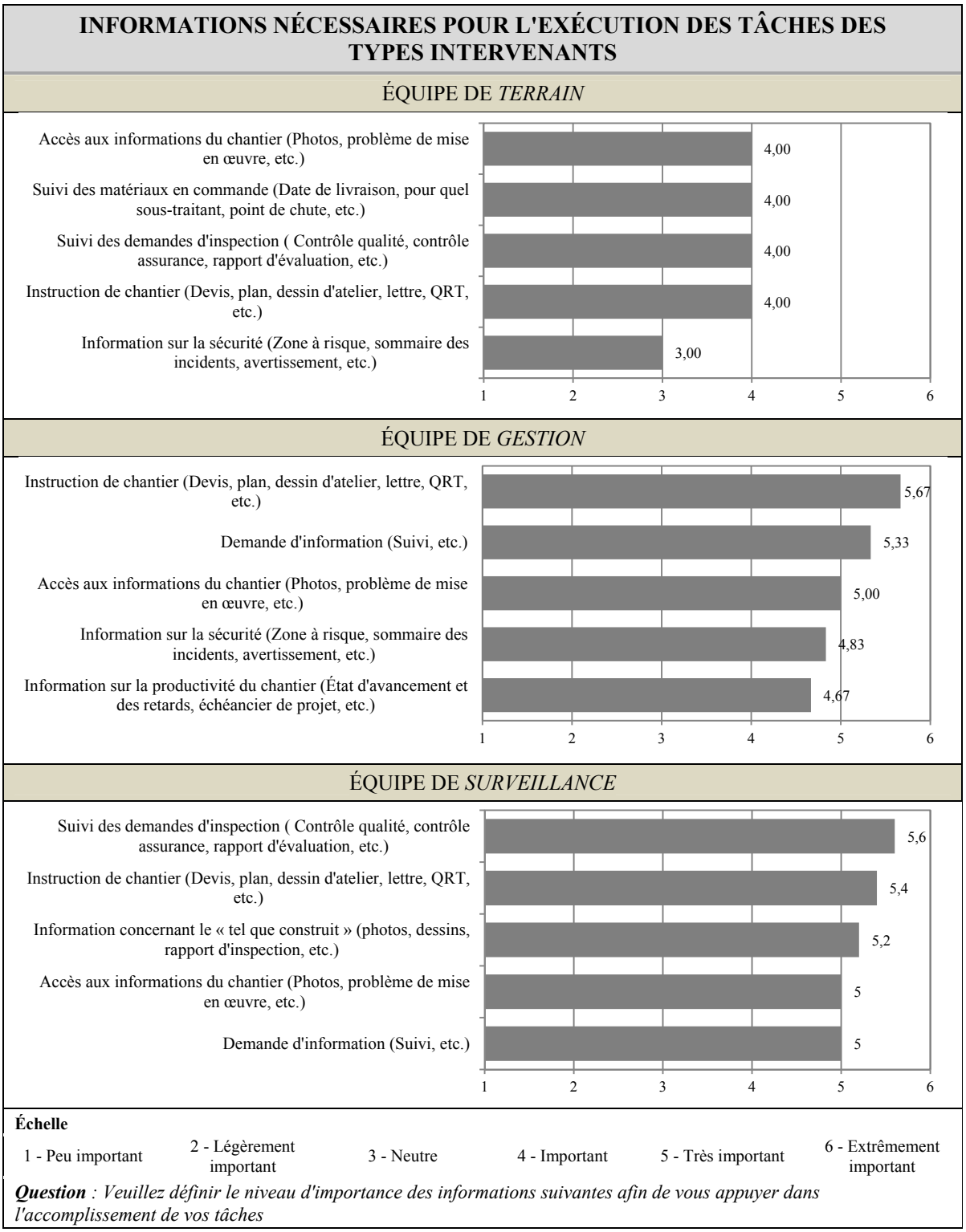
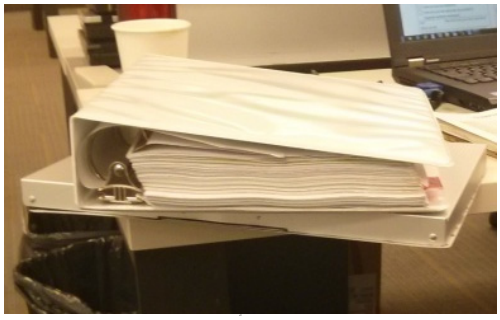



Figure 5.26 Information nécessaire pour les intervenants (étude de cas B)

On constate alors que les besoins en termes d'information se ressemblent, mais que le niveau d'importance accordé à ceux-ci varie en fonction des rôles occupés dans la chaîne de réalisation. Malgré une importance variée selon le profilage de l'échantillon, « l'accès aux informations de chantier », tels que les photos et le suivi de la qualité, représente un type d'information de haute importance pour l'ensemble des participants. Les données issues des entrevues révèlent que la majorité des données concernant les informations de chantier sont majoritairement sous un format papier et que celles-ci sont stockées dans des cartables (Figure 5.27). Chacun des intervenants gère ses informations selon son expérience et selon les processus internes établis par son entreprise. Les moyens de transmission utilisés sont le courriel ainsi que le téléphone. Dans ces conditions, les délais de communication dépendront de la gravité de la situation, mais également de la capacité de l'intervenant à partager l'information dans un délai raisonnable, et ce, bien qu'il y ait une surcharge de travail apparente.

**SUIVI ET STOCKAGE DE DONNÉES TYPIQUE AVANT USAGE DE LATISTA**



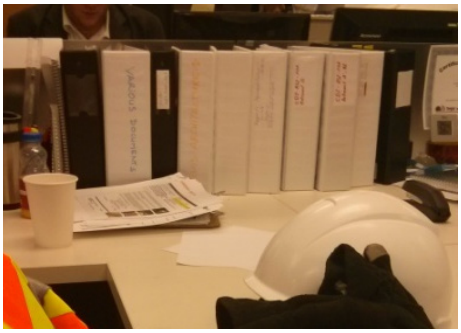


Figure 5.27 Stockage des données d'inspection et de demande de changement

Ensuite, par leur proximité en cours de projet, les intervenants de *terrain* et de *surveillance* se doivent de partager rapidement les informations découlant du contrôle de la qualité relevée sur le terrain au fur et à mesure que le projet avance. Ces deux types d'intervenants ont alors mentionné que le « suivi des demandes d'inspection » représente une information de haute importance pour leurs tâches respectives. Or, les participants ont mentionné que les contraintes contractuelles en vigueur affectent la transmission efficace de l'information en cours de processus de réalisation, notamment parce que ces intervenants ont l'obligation de passer par

la chaîne de communication officielle établie. Dans ce contexte, un courriel et un gabarit d'inspection doivent être fabriqués dans l'objectif de transmettre une requête conforme aux exigences.

*« En ce moment, avant qu'une information soit acheminée à la bonne personne qui se doit d'inspecter des travaux, c'est très long. On parle d'un délai d'une journée, voire deux journées avant que l'information lui soit acheminée et le même temps avant que nous recevions le retour de son inspection. Dans la meilleure des situations, on parle d'une semaine avant de recevoir une réponse. »*

*Contremaître principal (E.S.)*

#### 5.4.2.3 Objet et stratégie d'intégration des TM

L'objet de l'intégration résulte de certains défis préalablement identifiés par les gestionnaires de projet technologique à l'égard des problématiques de partage et d'accès à l'information. L'une des composantes analysées est les objectifs d'intégration perçus par les utilisateurs directs de la TM et de l'application logicielle sélectionnée. À ce propos, il important de valider s'il y a corrélation entre les objectifs d'intégration des décideurs avec ceux des utilisateurs. La Figure 5.28 illustre donc  quels sont les principaux objectifs de l'intégration de *Latista* en correspondance avec ceux établis par la haute direction (voir Section 5.3). Par la suite, les stratégies reliées à l'implémentation seront présentées afin de comprendre les mécanismes de mise en place lors de cette étude de cas.

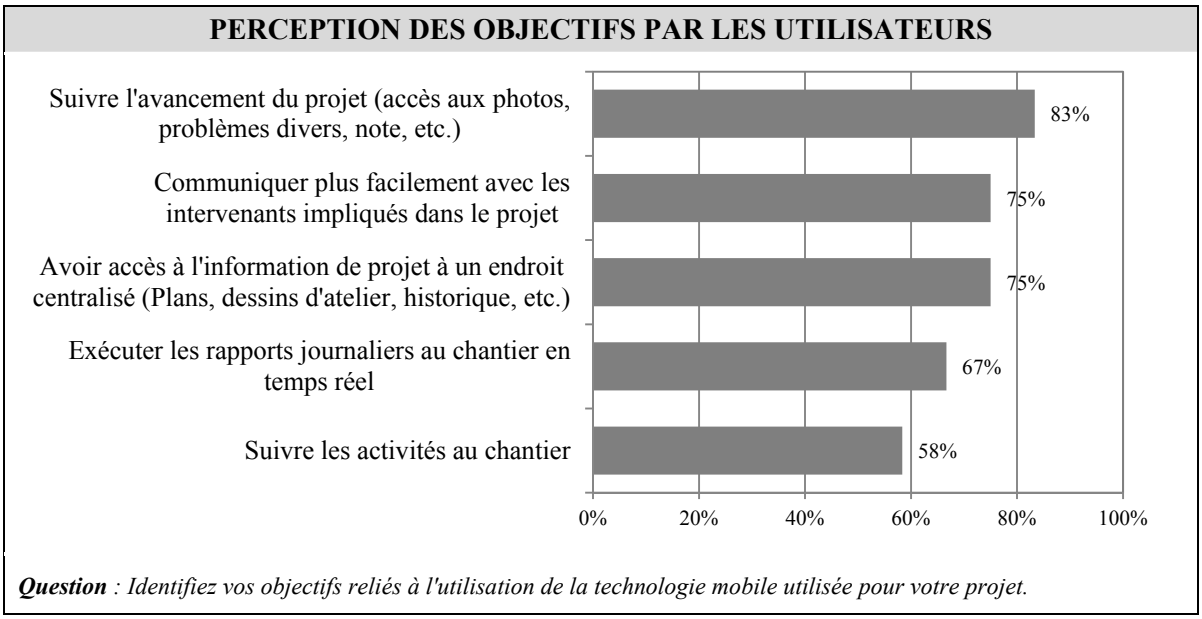



Figure 5.28 Raison de l'adoption des TM selon les usagers (étude de cas B)

Les entrevues réalisées avec les participants à l'étude ont permis de relever que des séances de formation personnalisées ont eu lieu avant l'intégration de *Latista*. Ces périodes de formations ont permis, d'une part, de partager les objectifs internes de l'organisation chapeautant la construction du projet et, d'autre part, d'inclure un maximum d'intervenants dans la mise en place de séquences d'opérations personnalisées. Les données issues du sondage illustrent que les participants connaissaient les raisons de la mise en place étant donné que la majorité d'entre eux ont mentionné que celle-ci a pour objectif d'appuyer le processus de suivi d'avancement du projet (Figure 5.28).

*« J'ai été consulté au début de l'intégration parce je faisais partie de l'équipe contrôle de la qualité. Au départ, nous avions besoin de quatre personnes pour faire le suivi interne, et personne ne suivait la procédure papier parce que c'était vraiment difficile. Lorsque nous avons su que Latista arrivait et que nous avons pris connaissance de son potentiel, nous étions tous très excités. [...] Par la suite, nous avons eu des séances de formation et nous avons décidé comment les données allaient être collectées sur le chantier en fonction de notre procédure afin de pouvoir les gérer et de les organiser. »*

*Gestionnaire de projet (E.S.)*

Un autre exemple qui illustre la présence de formation préimplantation est la mise à disposition d'une assistance constante aux utilisateurs de *Latista.* Les données des entrevues révèlent que les usagers ont accès à une assistance technique leur permettant d'apprécier la technologie mise en place et de continuer d'évoluer dans son utilisation.

*« Le soutien technique interne est vraiment excellent. Après notre première rencontre, l'intégrateur a pris contact directement avec moi et il m'a dit que je pouvais communiquer avec lui à n'importe quel moment. Si j'ai des questions, des problèmes ou encore des interrogations sur la procédure, je peux communiquer avec lui. Cela facilite vraiment l'intégration de Latista dans notre quotidien. »*

*Contremaître principal (E.S.)*

#### 5.4.2.4 Évaluation des bénéfices après essai en chantier

Les bénéfices présentés découlent de la section 3.5 et ils sont orientés vers cinq axes permettant d'illustrer les retombées à la suite de l'usage de *Latista* en chantier. Ces axes sont : 1) l'économie de temps, 2) le suivi des coûts de projet, 3) le suivi de la qualité du projet, 4) la gestion de projet et 5) le rendement personnel.

**Axe A - Économie de temps**

Ce facteur est abordé de manière à dégager les économies de temps perçues par les utilisateurs. La Figure 5.29 révèle le classement des trois éléments principaux identifiés afin d'évaluer l'impact de *Latista* sur le projet.

Rapport-Gratuit.com

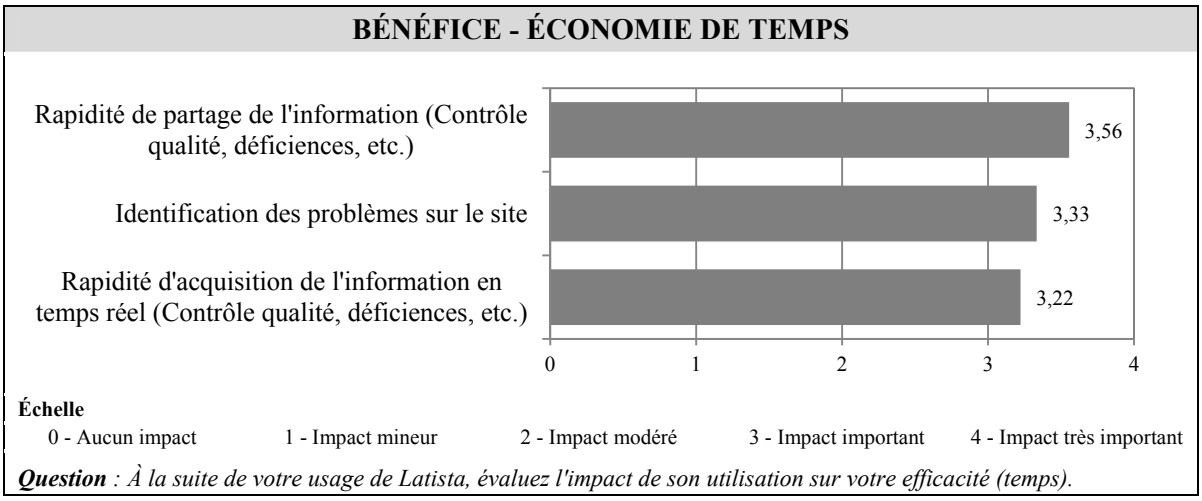



Figure 5.29 Bénéfices - Économie de temps (étude de cas B)

D'abord, le bénéfice principal à la suite de l'usage de *Latista* est la « rapidité à partager de l'information » vers les autres intervenants impliqués dans le projet. Cette facette a été invoquée par les usagers lors de la situation initiale puisqu'ils ont établi que les processus de communication traditionnels ont comme effet de ralentir les communications en chantier. La période d'observation a permis de confirmer qu'à la suite de l'implantation de cette application logicielle dans leur processus, les intervenants sont en mesure d'être plus longtemps et plus souvent sur le terrain à régler et à gérer des problématiques plutôt qu'être devant leur ordinateur à transmette leurs données.

*« L'usage d'une base de données centralisée fait en sorte que je passe plus de temps sur le terrain à relever des problématiques et à observer l'avancement des travaux. Je passe maintenant 25 % plus de temps sur le chantier étant donné que l'information que je saisis sur le chantier à l'aide de Latista est officielle. Je n'ai plus besoin d'écrire un courriel ou encore de créer des listes de déficiences à transmettre. Tout est fait automatique en fonction du processus mise en place. »*

*Surveillant qualité*

Ensuite, un bénéfice très important identifié par les utilisateurs représente l'aspect de la saisie de l'information en temps réel sur le terrain (Figure 5.30). En comparaison avec les méthodes

traditionnelles dans lesquelles les intervenants se devaient de prendre des notes manuscrites, l'usage de *Latista* découle du fait que l'outil est un catalyseur de l'information sur base de données. L'information est alors ordonnée et structurée, ce qui permet d'avoir une information précise et complète dans la majorité des situations en plus d'identifier les historiques de modification par les intervenants.

*« Avant lorsque j'étais dans mon bureau et que je me posais une question sur un élément installé ayant une déficience, il fallait que je valide avec mes notes, mais parfois je ne retrouvais plus l'information ou j'avais tout simplement oublié de la noter. Avec Latista, ça me force à avoir une structure et je m'assure d'avoir toujours l'information sous la main. J'économise beaucoup de temps de recherche d'information, mais également de déplacement inutile sur le chantier. »*

*Contremaître principal (E.S.)*

**EXPLOITATION DE LA BASE DE DONNÉES SUR CHANTIER PAR UN INTERVENANT DE TERRAIN**

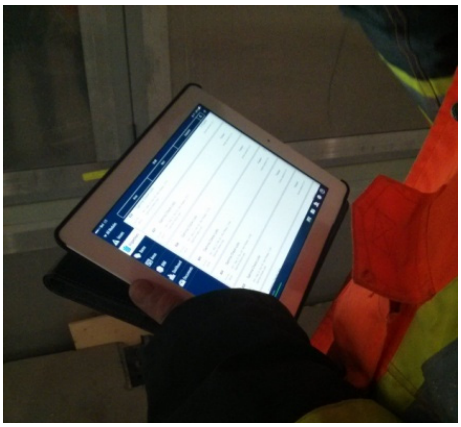


Figure 5.30 Consultation de la base de données par le contremaître de l'E.S.

**Axe B - Suivi des coûts de projets**

Cet a aspect été abordé malgré le fait que l'application logicielle sélectionnée n'a pas été mise en place pour répondre à ce besoin. La Figure 5.31 illustre le classement des trois bénéfices principaux à la suite de l'usage de *Latista* dans une perspective de suivi des coûts.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

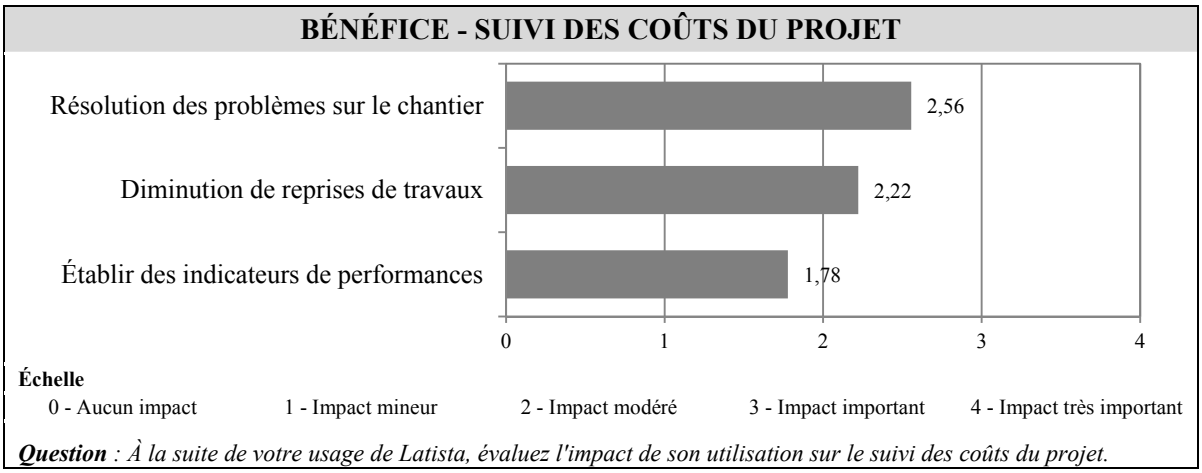



Figure 5.31 Bénéfice - Suivi de la qualité du projet (étude de cas B)

L'un des bénéfices principaux concernant le suivi des coûts de projet souligné par les participants représente l'aspect de la « résolution des problèmes sur le site ». Les participants ont mentionné que l'identification de déficience sur le chantier facilite le suivi des coûts de projet puisque tous les intervenants connaissent rapidement et précisément les problématiques identifiées sur le terrain. Des actions peuvent alors être prises avant que cela ne devienne critique pour l'avancement du projet. À ce propos, la période d'observation a mis en lumière que les intervenants gagnent beaucoup de temps en utilisant les TM, notamment pour le contrôle qualité.

*« Auparavant, c'était un formulaire papier qui devait être signé par une dizaine de parties. Obtenir l'ensemble des signatures était vraiment long et pénible puisque chaque personne responsable devait signer à la suite des autres. Cette même personne devait aller valider sur le chantier et valider avec d'autres parties de son côté. Au final, une seule signature pouvait prendre trois à quatre jours avant de passer au suivant, s'il y avait 10 personnes, cela pouvait prendre 30 à 40 jours. Avec Latista, tout le monde signe le même formulaire électronique et tout le monde peut donner l'information au même moment. Les délais sont désormais d'une semaine et nous économisions beaucoup de temps. »*

*Surveillant qualité*

**Axe C - Suivi de la qualité de projets**

Ce facteur a été abordé afin d'illustrer les retombées de l'application logicielle sur le projet dans un contexte de suivi de la qualité des travaux. La Figure 5.32 illustre les données provenant de cet axe de bénéfices à la suite de l'usage de *Latista.*

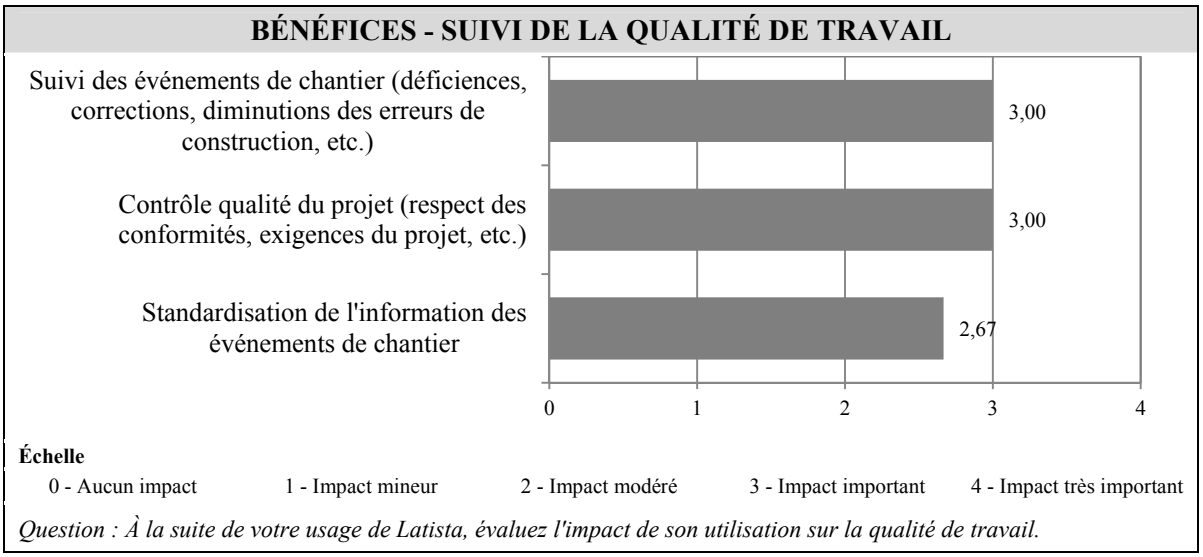



Figure 5.32 Bénéfice - Suivi de la qualité de travail (étude de cas B)

D'une part, un bénéfice ayant une incidence majeure sur la qualité des travaux est le « suivi des évènements de chantier ». Les données illustrent que le suivi des évènements et le contrôle de la qualité du projet ont été améliorés par l'usage de l'application logicielle dans le projet. D'ailleurs, la période d'observation a permis de mettre en lumière que les intervenants de *terrain* passent plus de temps sur le chantier depuis l'implantation de *Latista.*

*« Avant Latista, j'étais toujours trois étages en arrière de mes gars parce qu'il fallait que je transporte tous mes documents de contrôle qualité et que je remplisse au fur et à mesure. Maintenant, avec Latista, je suis au même niveau que mes hommes et je peux leur transmettre mes connaissances. Si je suis contremaître, c'est parce que j'ai beaucoup d'expériences dans le domaine et qu'un de mes mandats, c'est de partager cette expérience. »*

*Contremaître principal (E.S.)*

D'autre part, l'un des bénéfices découlant de l'usage de *Latista* est la « standardisation des méthodes » de collecte de données sur le terrain facilitant le transfert des données vers les équipes de *gestion*. Il a été mentionné que le manque de structure et d'unification des méthodes de collecte et de transfert de l'information complexifie le partage des données. La mise en place de l'application logicielle a permis de faire le point sur les méthodes utilisées et de minimiser les erreurs en chantier puisque les intervenants ont rapidement l'information en leur possession.

*« Les erreurs avec Latista sont vraiment limitées, nous avons tout à la portée de la main. Le fait d'avoir un logiciel, permettant de gérer notre information pour le contrôle de la qualité, facilite notre travail et le suivi des évènements de chantier. Cela allège réellement la charge de travail puisque la gestion de l'information est un aspect très compliqué de notre mandat, et ce, spécialement en raison que toutes les entreprises possèdent leurs propres méthodes et systèmes de traitement et de collecte de l'information »*

*Gestionnaire de projet (E.S.)*

**Axe D - Gestion de projet**

L'aspect gestion de projet a été abordé afin de démontrer les bénéfices reliés à l'utilisation de *Latista* dans le projet. La Figure 5.33 présente les principales retombées sur le projet.

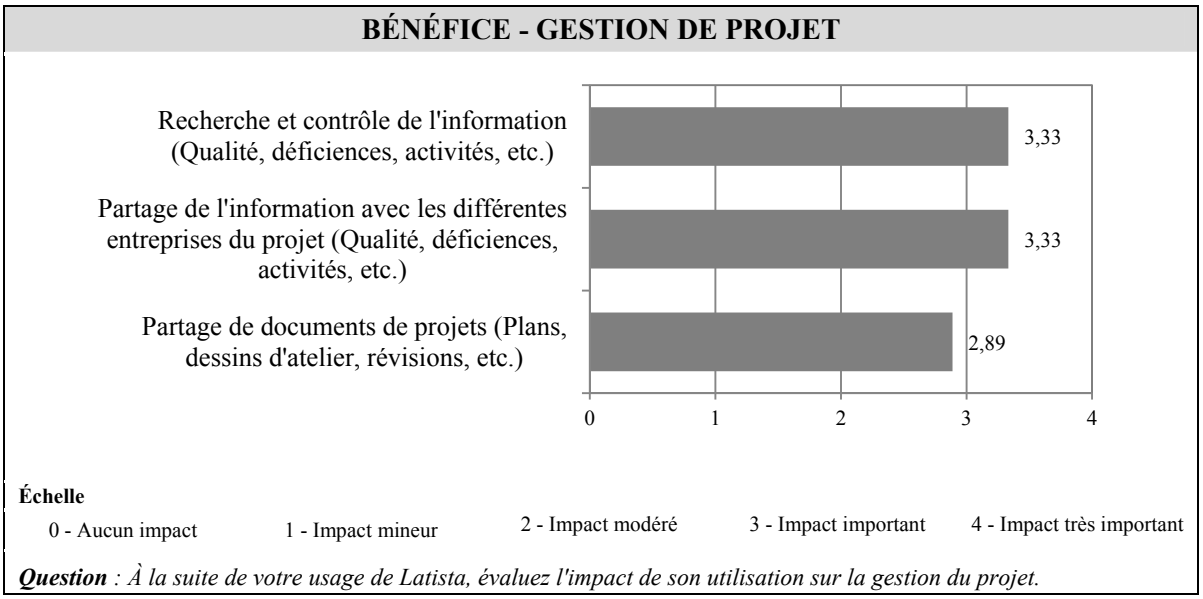



Figure 5.33 Bénéfice - Gestion de projet (étude de cas B)

Il a été mentionné par les utilisateurs de *Latista* qu'ils parvenaient à économiser énormément de temps comparativement à lorsqu'ils utilisaient les mécanismes de communication traditionnels. D'une part, la recherche et le contrôle de l'information sont grandement améliorés et, d'autre part, le partage de l'information aux autres intervenants de chantier est fait de manière expéditive puisque l'information est centralisée et accessible. La principale répercussion répertoriée est la rapidité à corriger des défectuosités ou des non-conformités sur le terrain.

*« L'usage de Latista fait en sorte que les déficiences sont réglées vraiment plus rapidement sur le chantier. Avant, une déficience prenait en moyenne trois semaines pour être réglée, maintenant, la même déficience prend trois jours. L'usage de Latista par l'ensemble des intervenants de finition intérieure fait en sorte qu'il est plus simple et plus rapide d'acheminer*

*l'information. Lorsque je rentre une information dans le logiciel, le contremaître la reçoit instantanément et peut intervenir avant de se démobiliser. »*

*Surveillant qualité*

À ce propos, la Figure 5.34 présente une rencontre de coordination directement avec le surveillant de contrôle-qualité et le contremaître de l'E.S.. Puisque les deux intervenants utilisent la même base de données, ils sont en mesure de suivre le cheminement de chacune des parties impliquées. D'une part, le surveillant peut suivre l'avancement des travaux exécutés par l'E.S. et, d'autre part, le contremaître peut suivre la validation des travaux en temps réel du surveillant qualité.

*« Je sens que maintenant les entrepreneurs ont davantage le réflexe de faire leurs travaux correctement du premier coup étant donné qu'ils savent qu'ils seront observés. Latista c'est davantage qu'un rapport de déficience, c'est réellement un outil de contrôle de la qualité. »*

*Surveillant qualité*

**MISE-À-JOUR DE L'AVANCEMENT DU PROJET SUR LE CHANTIER AVEC UN INTERVENANT DE SURVEILLANCE ET DES INTERVENANTS DE TERRAIN**

Figure 5.34 Rencontre improvisée avec le surveillant et un contremaître avec Latista

**Axe E - Rendement personnel**

Ce bénéfice se traduit par les retombées personnelles perçues lors de l'usage de *Latista*. La Figure 5.35 illustre les données en fonction de ce critère.

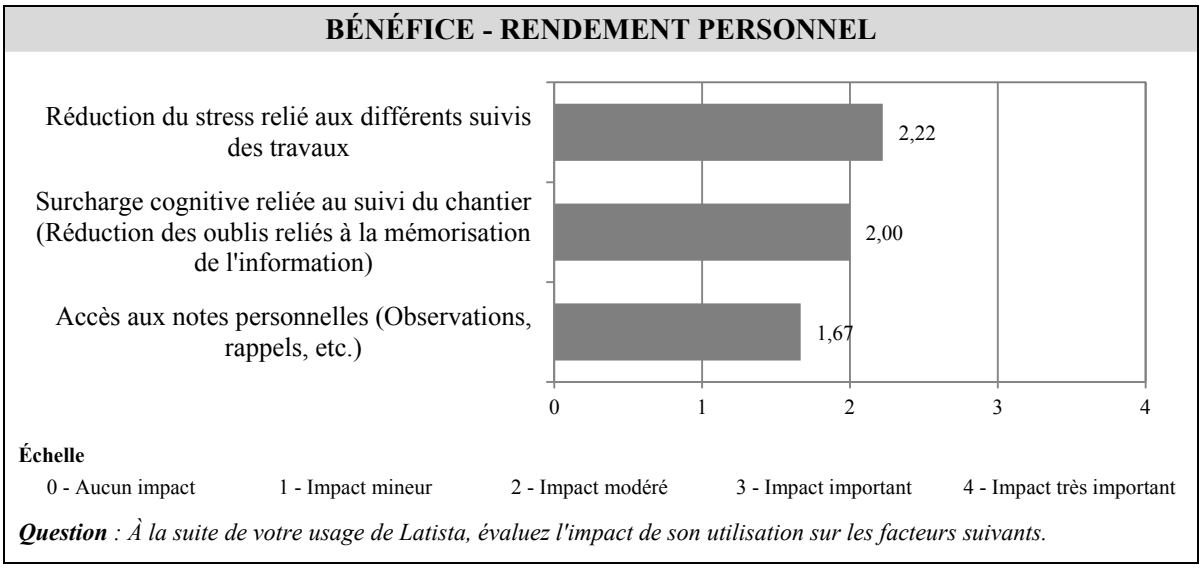



Figure 5.35 Bénéfice - Rendement personnel (étude de cas B)

D'abord, l'aspect le plus bénéfique de cet axe de bénéfices est la réduction du stress au travail. Ce facteur représente un point important dans l'usage de *Latista* étant donné que de nombreux utilisateurs ont mentionné subir un stress au travail qui affectait leur efficacité. Certains ont mentionné que le stress affecte leur productivité et le taux de concentration, ce qui occasionne des oublis, voire des erreurs importantes dans le projet.

*« L'utilisation de Latista fait en sorte que je suis moins stressé au travail. Avant, j'avais toujours peur d'oublier des informations lors des inspections et des réunions. Maintenant, quand je fais mes inspections, tout est standardisé. Lorsque j'arrive en réunion, je suis certain que j'ai fait mon travail à 100 % et que je pourrai avoir réponse à la majorité des problèmes soulevés lors de mes inspections sur le terrain. »*

*Surveillant qualité*

### 5.4.2.5 Évolution des besoins à la fin du test

À la suite de l'usage de *Latista,* les participants ont été questionnés sur l'évolution de leurs besoins à l'égard de la TM. L'objectif de cette question vise à exposer la progression des exigences des usagers à l'égard de l'exploitation future des TM. La Figure 5.36 illustre les critères d'amélioration principaux afin d'optimiser l'exploitation des TM.

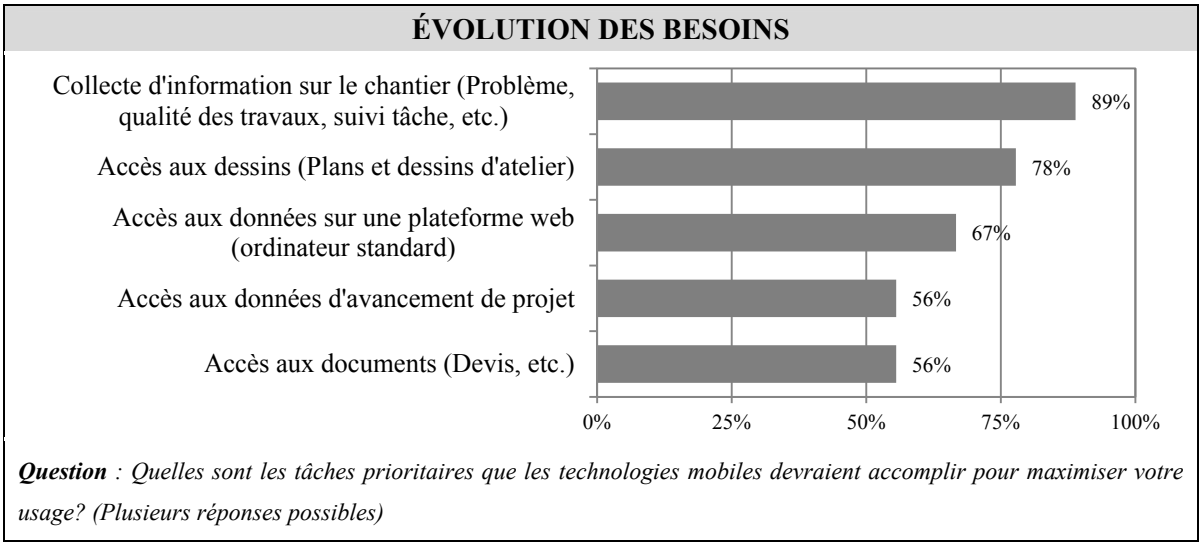



Figure 5.36 Évolution des besoins de l'usage des TM après essai (étude de cas B)

Les observations en chantier permettent d'affirmer que les utilisateurs de *Latista* voudraient aller plus loin dans l'usage de cette l'application logicielle dans leur contexte de travail. Malgré un usage par plusieurs corps de métier en chantier, de nombreuses entreprises n'ont pas emboîté le pas dans le processus d'informatisation du suivi des activités de chantier. Il a été mentionné par les utilisateurs principaux de *Latista* qu'un retour en arrière serait dorénavant impossible en matière d'utilisation de la TM.

*« L'usage de Latista est véritablement devenu incroyable, c'est devenu un outil indispensable pour le suivi des travaux en chantier. Je fais non seulement ma surveillance de chantier, mais je prépare également mes rencontres de coordination avec mon patron. Sans Latista, je me dis que cela aurait été impossible d'avoir un suivi aussi présent et d'avoir toute cette information à disposition. »*

*Surveillant qualité*

### 5.4.2.6 Barrière à l'implémentation

Les résultats présentés ci-dessous se réfèrent aux barrières d'implantation perçues par les utilisateurs de *Latista* et la Figure 5.37 en expose les données obtenues.

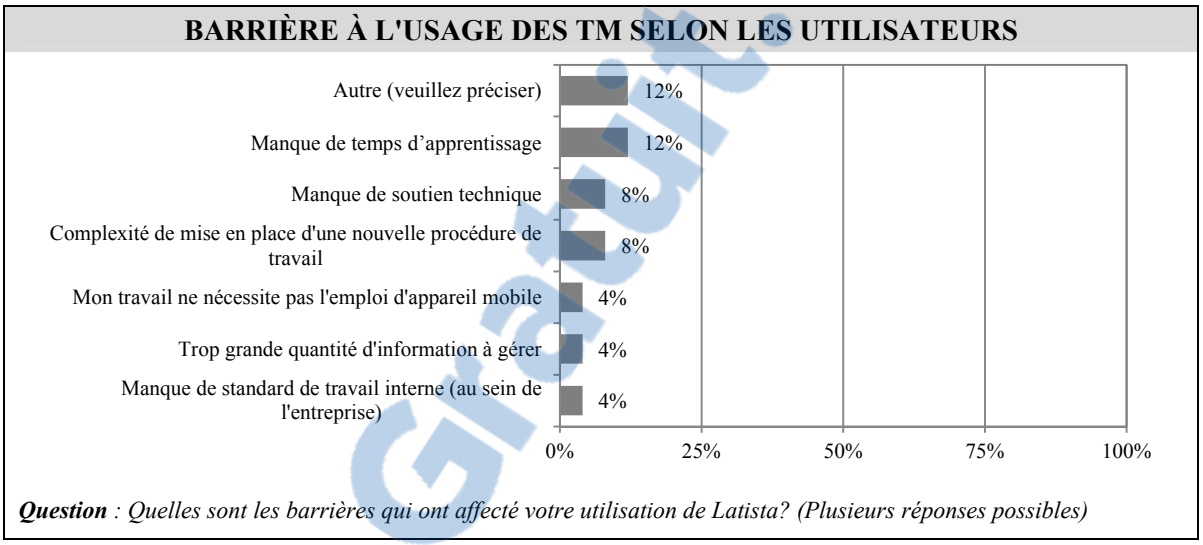



Figure 5.37 Barrière à l'implantation des TM (étude de cas B)

Même si la période d'observation a permis de constater que certains utilisateurs n'étaient pas à l'aise, voire ne voulaient pas utiliser l'application logicielle mise ne place, peu de données ont pu permettre de valider avec certitude les raisons pour lesquelles certains usagers n'ont pas utilisé l'outil en cours d'essai. Les entrevues de démarrage ont toutefois levé le voile sur certains éléments qui pourraient expliquer cette levée de boucliers de certains intervenants.

« *Notre rôle ici est de faire ce que le client veut, mais, au final, notre responsabilité est de construire un bâtiment. Si le client me dit tourne à droite, je tourne à droite, si le client veut telle ou telle chose, aucun problème. Mais nos méthodes de travail sont approuvées et elles fonctionnent bien. Je ne crois pas que le client peut nous demander, voire exiger, de changer nos méthodes de travail pour celles demandées.* »

*Gestionnaire de projet (E.S.)*

Rapport-Gratuit.com

#### 5.4.2.7 Synthèse de l'étude de cas B

À la suite des essais de *Latista* au sein de l'étude de cas B, voici une synthèse des résultats obtenus.

D'abord, la présentation des données avant l'intégration de *Latista* illustre que l'outil de communication le plus en usage est le téléphone tandis que le moyen de communication le plus important est la conversation en face à face. Néanmoins, les intervenants de types *gestion* et *surveillance* ont indiqué faire un usage très important de l'ordinateur (outil) et du courriel (moyen). Les raisons invoquées font état que l'usage intensif du courriel par ces types d'intervenants découle du fait qu'ils ont le mandat d'officialiser l'information et que le moyen utilisé pour y arriver est l'envoi de courriels. En contrepartie, il a été indiqué que la procédure de transmission officielle de l'information est très longue et peut entraîner des délais importants engendrant des coûts supplémentaires au projet.

Ensuite, il a été démontré que l'information nécessaire à l'exécution des différents mandats gravite autour des mêmes composantes. À ce propos, « l'accès aux informations de chantier », tel que les photos et le suivi de la qualité, représente une information de haute importance pour l'ensemble des participants. Néanmoins, en se penchant de manière individuelle sur chacune des disciplines, on constante des différences dans leurs besoins respectifs. D'abord, les intervenants de *terrain* ont défini que l'information correspondant au suivi des commandes de matériaux, des demandes d'inspection ainsi que les instructions de chantier sont des éléments importants pour la réalisation de leur mandat. En contrepartie, les intervenants de *gestion* identifient que les types d'information les plus importants pour eux sont les instructions de chantier et les demandes d'information. Ils ont d'ailleurs identifié celles-ci comme étant extrêmement importantes. Finalement, les intervenants de *surveillance* ont établi que les informations correspondant au suivi des demandes d'inspections étaient très importantes, voire extrêmement importantes, pour l'exécution de leur travail.

L'objet de l'intégration a été examiné auprès des utilisateurs principaux afin de déterminer s'il y a une correspondance avec les objectifs visés par la haute direction. Les participants de l'étude de cas B ont majoritairement mentionné que l'objet principal de l'intégration des TM représente le suivi de l'avancement du projet, appuyant ainsi les visées de l'entreprise. En plus, les participants ont indiqué que l'un des aspects importants de l'intégration est de communiquer plus facilement avec les intervenants du projet tout en ayant un accès aux données de projet de manière centralisée. L'objet de l'intégration appuie le positionnement de maturité effectué précédemment en Section 5.3.2.

Afin que le secteur de la construction puisse améliorer l'efficacité de ses processus de communication à l'aide des NTIC, certains axes de bénéfices ont été identifiés pour mesurer l'impact de *Latista* sur le projet. Les cinq axes d'amélioration sont les suivants : 1) Économie de temps, 2) Suivi des coûts, 3) Suivi de la qualité, 4) Gestion de projet et 5) Rendement personnel. À la lumière des données recueillies par les usagers, les trois axes de transformation principale à la suite de l'usage de *Latista* selon sont l'économie de temps, le suivi de la qualité et la gestion de projet. Le Tableau 5.8 présente les principales retombées identifiées par les usagers après essai en chantier par axe de bénéfices.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Tableau 5.8 Retombées par axe de bénéfice identifié après usage des TM

| AXES DE BÉNÉFICE | BÉNÉFICES IDENTIFIÉS DANS L'ÉTUDE DE CAS B |
|---|---|
| Économie de temps | ▪ Rapidité de partage de l'information (Impact très important, cote 3,56);<br>▪ Identification des problèmes sur le site (Impact important, cote 3,33);<br>▪ Rapidité d'acquisition de l'information en temps réel (Impact important, cote 3,22). |
| Suivi des coûts | ▪ Résolution des problèmes sur le site (Impact important, cote 2,56);<br>▪ Diminution de la reprise de travaux (Impact modéré, cote 2,22);<br>▪ Établir des indicateurs de performance (Impact modéré, cote 1,78). |
| Suivi de la qualité | ▪ Suivi des évènements de chantier (Impact important, cote 3,00);<br>▪ Contrôle qualité du projet (Impact important, cote 3,00);<br>▪ Standardisation de l'information (Impact important, cote 2,67). |
| Gestion de projet | ▪ Recherche et contrôle de l'information (Impact important, cote 3,33);<br>▪ Partage de l'information avec les différentes entreprises (Impact important, cote 3,33);<br>▪ Partage des documents de projets (Impact important, cote 2,89). |
| Rendement personnel | ▪ Réduction du stress relié aux différents suivis (Impact modéré, cote 2,22);<br>▪ Surcharge cognitive reliée au suivi du chantier (Impact modéré, cote 2,00);<br>▪ Accès aux notes personnelles (Impact modéré, cote 1, 67). |

Dans une autre perspective, les participants ont été appelés à définir si leurs besoins à l'égard des TM avaient augmenté à la suite à l'usage de *Latista.* Ils ont alors indiqué que la collecte d'information sur le chantier est l'aspect principal sur lequel leurs besoins avaient évolué. Les observations en chantier permettent d'affirmer que les utilisateurs de *Latista* voudraient aller plus loin dans l'usage de cette application logicielle dans la phase de réalisation. Néanmoins, malgré un usage par plusieurs corps de métier en chantier, plusieurs entreprises n'ont pas révisé leurs méthodes de travail afin de suivre le processus d'automatisation du suivi des activités de chantier. La principale répercussion de cet aspect est que certains intervenants doivent utiliser deux moyens de communication pour rendre l'information disponible à l'ensemble des intervenants. Plus précisément, les usagers de *Latista* doivent non seulement utiliser l'application logicielle et la séquence d'opérations établie, mais également les anciennes méthodes de travail manuelles.

Finalement, les barrières à l'implantation ont été évaluées afin de connaître les principaux éléments affectant la mise en place des TM en phase de réalisation. Bien que la période d'observation ait permis de constater que certains utilisateurs n'étaient pas à l'aise, voire qu'ils ne voulaient pas utiliser l'application logicielle mise en place, peu de données ont pu permettre

de valider avec certitude les raisons pour lesquelles certains usagers n'ont pas utilisé l'outil en cours d'essai. Toutefois, certains usagers ont mentionné ne pas vouloir changer les méthodes de communication établies au sein de leur entreprise.

### 5.4.3 Résultats - Étude de cas C

Tel que mentionné en Section 2.3, les résultats en provenance de l'étude de cas C touchent les objectifs d'intégration, les bénéfices, l'évolution des besoins des utilisateurs ainsi que les barrières à l'implantation des TM en chantier. Cette variance dans la présentation des résultats s'explique par le fait que les essais en chantier ont commencé plus tard auprès des participants de cette étude de cas puisque la TM a été implanté en 2008 (voir CHAPITRE 3).

#### 5.4.3.1 Objet et stratégie d'intégration des TM

L'objet de l'intégration résulte de certains défis préalablement identifiés par les gestionnaires de projet technologique à l'égard des problématiques de partage et d'accès à l'information. L'une des composantes analysées est les objectifs d'intégration perçus par les utilisateurs directs de la TM et de l'application logicielle sélectionnée. À ce propos, il est important de valider s'il y a corrélation entre les objectifs d'intégration des décideurs avec ceux des utilisateurs. La Figure 5.38 illustre donc quels sont les principaux objectifs de l'intégration de *Rétroaction de chantier* selon les participants en correspondance avec ceux établis par la haute direction (Section 5.3). Par la suite, les stratégies reliées à l'implémentation seront présentées afin de comprendre les mécanismes de mise en place lors de cette étude de cas.

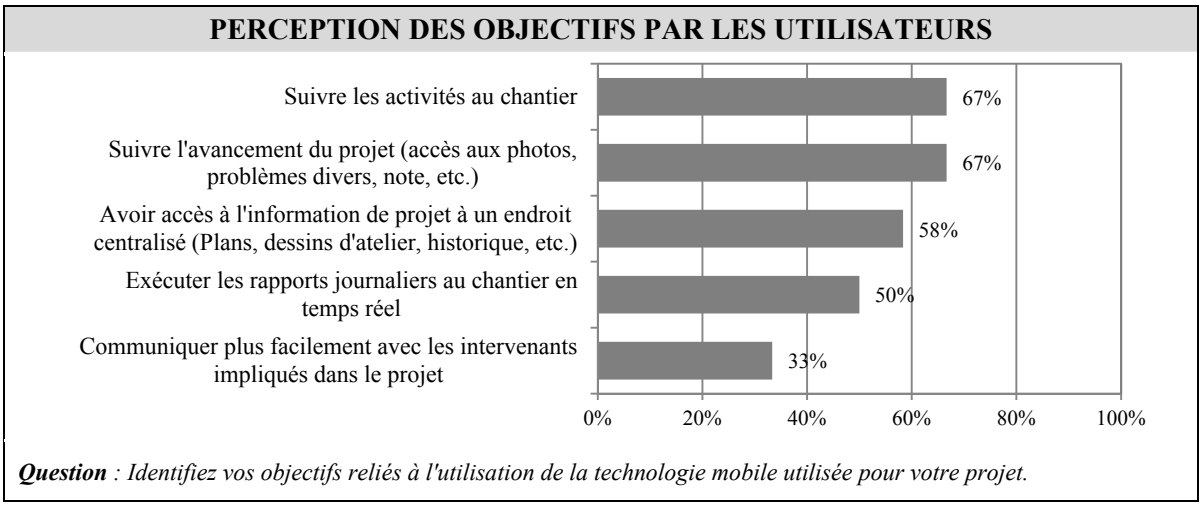



Figure 5.38 Raison de l'adoption des TM selon les usagers (étude de cas C)

Les résultats des entrevues démontrent que les utilisateurs n'ont pas été informés des objectifs d'utilisation de l'application logicielle par la haute direction. Les participants ont mentionné ne pas avoir eu de formation leur permettant de bien comprendre les objectifs reliés à l'usage de *Rétroaction de chantier*. Pourtant, malgré ce facteur, lors des entrevues, ils mentionnent avoir compris rapidement les raisons de l'implantation. Les résultats présentés à la Figure 5.38 illustrent également ce constat étant donné que les deux objectifs principaux sont le « suivi des activités en chantier » et le « suivi de l'avancement ».

*« Personne ne nous a parlé des objectifs. Mais nous nous sommes doutés de la raison de son implantation. Les patrons voulaient éliminer le papier. Mais, au final, nous savions tous que c'était pour le contrôle de coûts et la saisie de l'information en chantier. Nous n'avons pas eu de formation, nous sommes arrivés un matin et il y avait une tablette sur notre bureau et notre patron nous a dit : "Maintenant vous faites vos rapports avec ça. »*

*Inspecteur de chantier*

Néanmoins, l'importance d'inclure les utilisateurs directs a été invoquée par certains participants étant donné que les intervenants de *surveillance* ont la capacité de porter un jugement critique sur la séquence d'opérations élaborée. Les raisons invoquées pour justifier l'importance d'inclure ces intervenants dans le processus de mise en place sont les suivantes :

d'abord, pour s'assurer de la séquence logique d'opérations auprès des intervenants vivant le chantier au jour le jour, ensuite, maximiser et assurer la correspondance de l'information saisie en chantier et les besoins des intervenants en aval de la collecte de données.

*« Il faut que les données que tu compiles soient simples et précises. Si les données sont mal rentrées dans le système, l'information ne sera pas utilisable et l'application ne sera pas utile. Il faut donc inclure les utilisateurs finaux pour maximiser la qualité de l'information saisie et non se fier uniquement à des gens de bureau qui sont souvent en dehors de la réalité du chantier. »*

*Planificateur de projet*

#### 5.4.3.2 Évaluation des bénéfices après essai en chantier

Les bénéfices présentés découlent de la Section 3.5 et ils sont orientés vers cinq axes permettant d'illustrer les retombées à la suite de l'usage de *Rétroaction de chantier* en chantier. Ces axes sont : 1) l'économie de temps, 2) le suivi des coûts de projet, 3) le suivi de la qualité du projet, 4) la gestion de projet et 5) le rendement personnel.

**Axe A - Économie de temps**

Ce facteur est abordé de manière à dégager les économies de temps perçu par les utilisateurs. La Figure 5.39 révèle le classement des trois éléments principaux identifiés à la suite de l'envoi du questionnaire de fin de test afin d'évaluer l'impact de *Rétroaction de chantier* sur le projet.

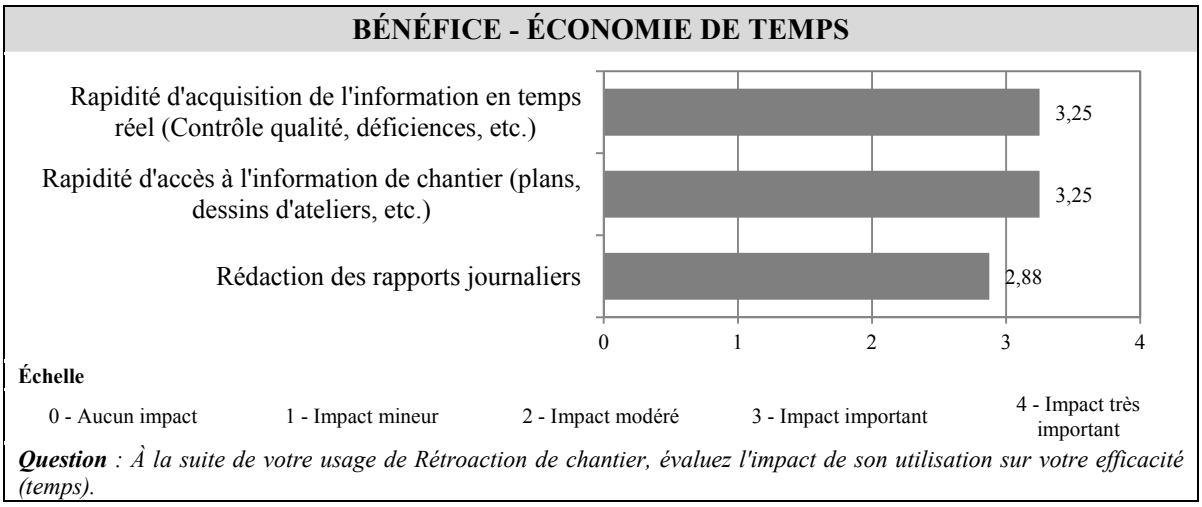



Figure 5.39 Bénéfices - Économie de temps (étude de cas C)

Les deux éléments principaux identifiés par les participants correspondent à un impact important et ils représentent la rapidité d'acquisition de l'information et d'accessibilité à l'information de projet.

D'abord, l'acquisition des données par un rapport informatisé permet à des intervenants autres que ceux de *surveillance*, par exemple, les intervenants de *gestion* de projet, d'avoir un accès à l'information à n'importe quel moment. Ceux-ci ont alors la possibilité de valider des travaux en cours de réalisation avec de l'information précise et complète. Il a été mentionné que l'usage de *Rétroaction de chantier* permet aux gestionnaires d'être plus autonomes et de se sentir près du chantier, malgré le fait qu'ils ne peuvent y être très souvent.

*« Un surveillant va toujours te dire que la job est faite, mais je les comprends parce que nous n'avons pas les mêmes besoins. Avant les inspecteurs remplissaient des rapports papier et, pour avoir l'information dont j'avais besoin, je passais chacun des rapports un par un. Cela me prenait des jours et, au final, je crois que j'étais seul à le faire. Rétroaction nous permet d'être autonome et d'aller chercher l'information dont nous avons réellement besoin rapidement et à n'importe quel moment afin d'accomplir notre rôle de gestionnaire. »*

*Planificateur de projet*

Le troisième bénéfice d'importance identifié par les participants est la rédaction des rapports journaliers. Ils ont alors mentionné que l'application est très utile pour la construction de leurs rapports journaliers étant donné que cela leur apporte une structure globale établie à l'ensemble des équipes de *surveillance* (Figure 5.40). Malgré cela, il a été relaté que les participants de *surveillance* n'ont pas une confiance absolue envers l'emploi de l'application logicielle. La raison invoquée est l'impossibilité de connaître les personnes qui auraient pu modifier le contenu du rapport et de savoir si une modification a eu lieu.

*« Je ne fais pas confiance à l'application Rétroaction de chantier parce que les notes que je prends dans l'application peuvent être modifiées sans que je le sache. Donc, je prends toutes mes informations en double, dans mon calepin et dans la tablette. Personne ne peut modifier mes notes dans mon calepin, contrairement, à l'application où il n'y a pas de trace des modifications effectuées par mes supérieurs. Mon calepin me permet de contre-valider Rétroaction de chantier en cas de doute. »*

*Inspecteur de chantier*

**CONSULTATION DE RAPPORTS JOURNALIERS ET VALIDATION DE L'AVANCEMENT DES TRAVAUX PAR UN INTERVENANT DE SURVEILLANCE**

Figure 5.40 Interface de l'application logicielle Rétroaction de chantier

**Axe B - Suivi des coûts de projets**

Cet aspect a été abordé bien que l'application logicielle sélectionnée n'ait pas été mise en place pour répondre à ce besoin. La Figure 5.41 illustre le classement des trois bénéfices principaux à la suite de l'usage de *Rétroaction de chantier* dans une perspective de suivi des coûts.

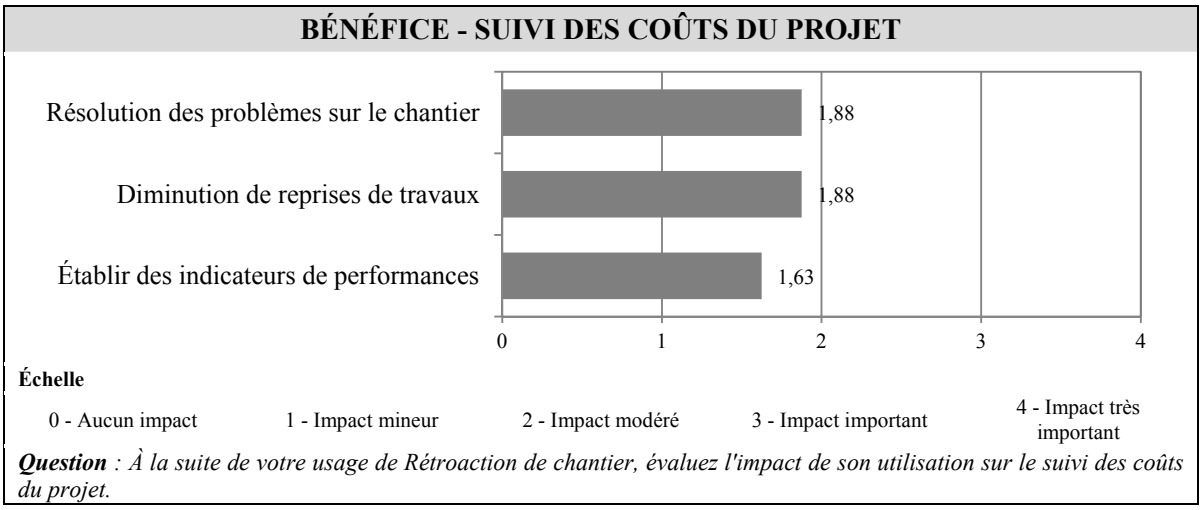



Figure 5.41 Bénéfice - Suivi de la qualité du projet (étude de cas C)

Bien que les données ne permettent pas d'identifier de manière directe les retombées sur le projet en matière de suivi des coûts de projet, les rencontres auprès des participants mettent en lumière des effets collatéraux de l'usage de *Rétroaction de chantier*. En l'occurrence, les participants ont indiqué que le contrôle des travaux effectués sur le chantier est mieux encadré avec l'application logicielle, par exemple, le recensement des travaux faits en régie, c'est-à-dire les travaux en dépenses contrôlés qui se caractérisent par la réalisation de tâche non prévue dans le contrat.

*« D'utiliser Rétroaction de chantier nous permet d'avoir un meilleur suivi principalement sur les validations du nombre d'heures en dépense contrôler. Nous sommes une grosse équipe et les intervenants qui font les chèques ne sont pas ceux sur le terrain. Rétroaction nous impose*

*de saisir les bonnes informations pour réaliser un excellent suivi des évènements de chantier et cela aide énormément ceux qui n'y sont pas. »*

*Inspecteur de chantier*

Ensuite, il a été établi que l'usage de *Rétroaction de chantier* permet un meilleur échange de l'information et un suivi entre les différents intervenants liés à la chaîne d'intervention. Par exemple, l'ampleur des projets résulte généralement d'un imposant organigramme de projet résultant d'un transfert d'information très difficile, spécifiquement lorsqu'une rétroaction doit être exécutée sur une tranche de travaux. L'usage de l'application permet aux intervenants de retrouver facilement des travaux antérieurs à l'aide d'une centralisation des données construite avec *Rétroaction de chantier*.

*« Auparavant, les validations de la quantité des heures de travail, homme / machine, étaient évaluées lorsqu'il y avait une réclamation avec les rapports papier. Les gestionnaires prenaient des rapports vieux de trois ans et, souvent, l'inspecteur qui suivait les travaux n'était même plus là. C'était problématique. Maintenant, avec Rétroaction de chantier cela nous permet de faire des suivis rigoureux sur les heures de travail. Les gestionnaires peuvent faire un suivi au quotidien et valider avec l'inspecteur ou l'entrepreneur en temps réel. »*

*Inspecteur de chantier*

**Axe C - Suivi de la qualité de projet**

Ce facteur a été abordé afin d'illustrer les retombées de l'application logicielle sur le projet dans un contexte de suivi de la qualité des travaux. La Figure 5.42 illustre les données provenant de cet axe de bénéfices à la suite de l'usage de *Rétroaction de chantier*.

Rapport-Gratuit.com

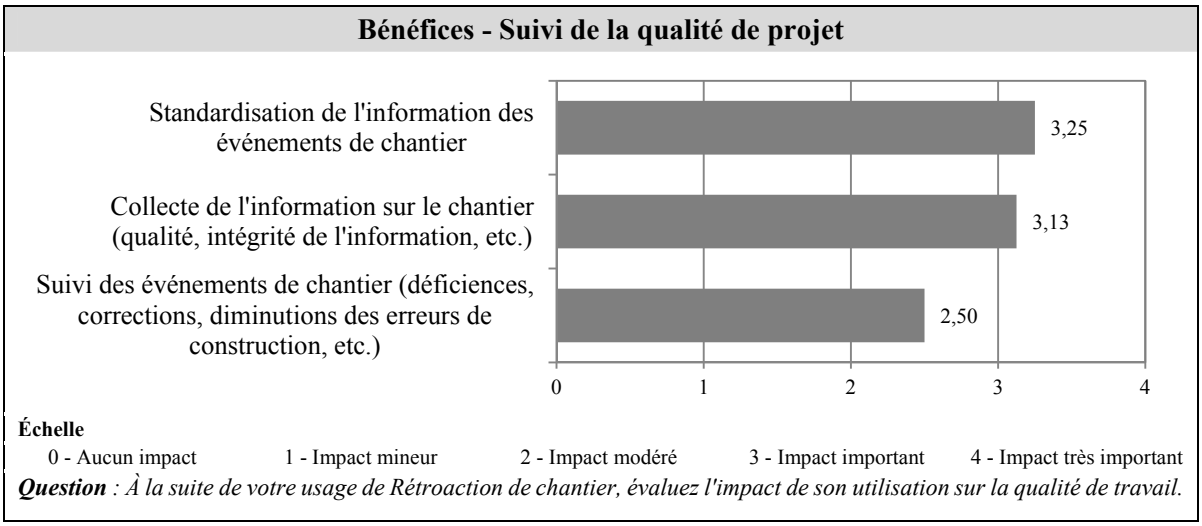



Figure 5.42 Bénéfice - Suivi de la qualité de projet (étude de cas C)

Selon les données obtenues, l'un des éléments ayant eu un impact important dans le suivi de la qualité du travail est l'aspect de la standardisation de l'information saisie en chantier. Les participants ont affirmé que le découpage de l'information proposé dans l'application permet d'avoir constamment des points de repère sur l'information à saisir.

*« Les évènements de chantier sont davantage décrits et sont plus faciles à suivre. Les activités de chantier sont plus détaillées et les rapports sont plus accessibles étant donné qu'ils sont directement sur la base de données. C'est plus facile de suivre ce qui se passe au chantier au quotidien parce l'information qu'on prend en chantier est claire et structurée. »*

*Inspecteur de chantier*

Afin de soutenir ce qui précède, la Figure 5.43 présente la séquence de partage d'information et de suivi des travaux de chantier mise en place lors de l'usage de l'application *Rétroaction de chantier*. La période d'observation a permis d'identifier le processus de transmission de l'information dans le cycle de gestion de projet de l'étude de cas C. À ce propos, une séquence d'opérations a été établie afin de valider l'information découlant du chantier à travers différents intervenants impliqués dans le processus de réalisation.

Figure 5.43 Processus de suivi et de traitement de l'information en cours de projet

**Axe D - Gestion de projet**

L'aspect gestion de projet a été abordé afin de démontrer les bénéfices reliés à l'utilisation de *Rétroaction de chantie*r et la Figure 5.44 en présente les principales retombées sur le projet.

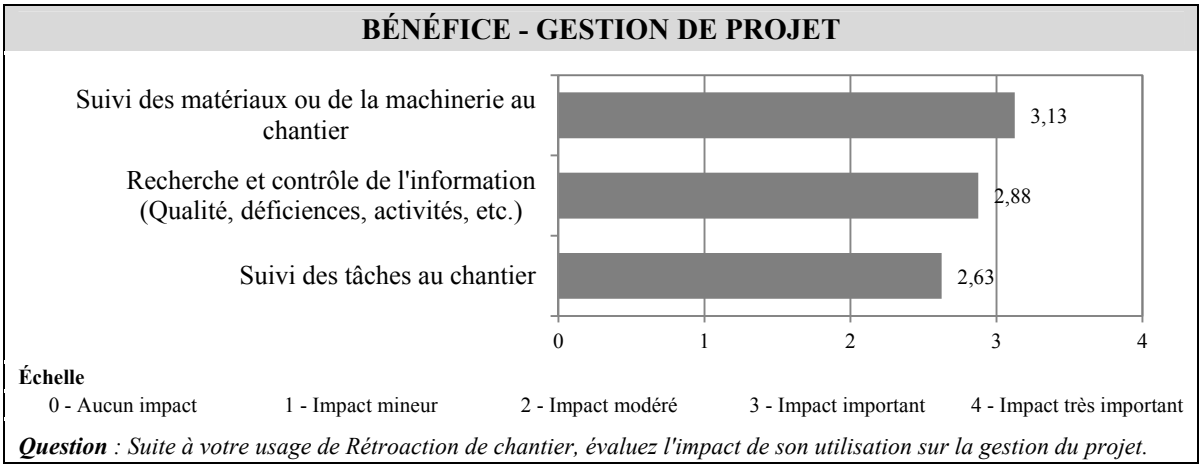



Figure 5.44 Bénéfice - Gestion de projet (étude de cas C)

D'abord, le premier bénéfice identifié par les participants représente le suivi des matériaux et de la machinerie en chantier. Les intervenants de *surveillance* ont indiqué que le chantier représente un environnement en perpétuel changement et qu'il exige un suivi rigoureux au quotidien. Parallèlement, les intervenants de *gestion* soutiennent que l'information en provenance du chantier est capitale pour la réalisation de leur mandat. Il a alors été mentionné

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

que *Rétroaction de chantier* leur permet de suivre plus aisément l'avancement du chantier en raison d'un accès simple et rapide à celle-ci.

*« Le plus gros défi pour nous, les gestionnaires, c'est de suivre l'avancement du chantier parce que tout est en perpétuel changement sur le terrain. Une semaine au chantier, il s'en passe des choses. Si tu poses une question qui n'est plus d'actualité, parce que ça fait deux jours que c'est arrivé, alors les gars de chantier vont dire que tu n'es pas à ton affaire, ça ne fonctionne pas. Avec Rétroaction de chantier, ça nous permet de poser des questions précises, de suivre les travaux en simultané et d'avoir la confiance de mes collègues. »*

*Planificateur de projet*

Ensuite, les participants de *surveillance* indiquent que la recherche, le contrôle de l'information et le suivi de chantier ont été améliorés. Néanmoins, ils s'accordent pour dire que les principales retombées de l'usage de l'application logicielle ne se situent pas à leur niveau, mais davantage à celui des gestionnaires. Les participants de *surveillance* ont soulevé le fait qu'en raison de plusieurs problématiques issues de la rédaction manuscrite des rapports, dont la qualité de l'écriture et la divergence des données saisies, il était difficile pour les gestionnaires de trouver l'information qu'ils cherchaient.

*« Pour moi, aucune différence à faire un rapport papier ou un rapport numérique. Mais je crois que le plus gros avantage, c'est vraiment au niveau des gestionnaires. Avant, il fallait que les gestionnaires passent un par un les rapports papier, souvent mal écrits, pour accéder à l'information et, souvent, les rapports étaient validés en fin de projet. Avec les versions informatisées, le suivi se fait rapidement et quotidiennement par les gestionnaires. »*

*Inspecteur de chantier*

**Axe E - Rendement personnel**

Ce bénéfice se traduit par les retombées personnelles perçues lors de l'usage de *Rétroaction de chantier*. La Figure 5.45 illustre les données en fonction de ce critère.

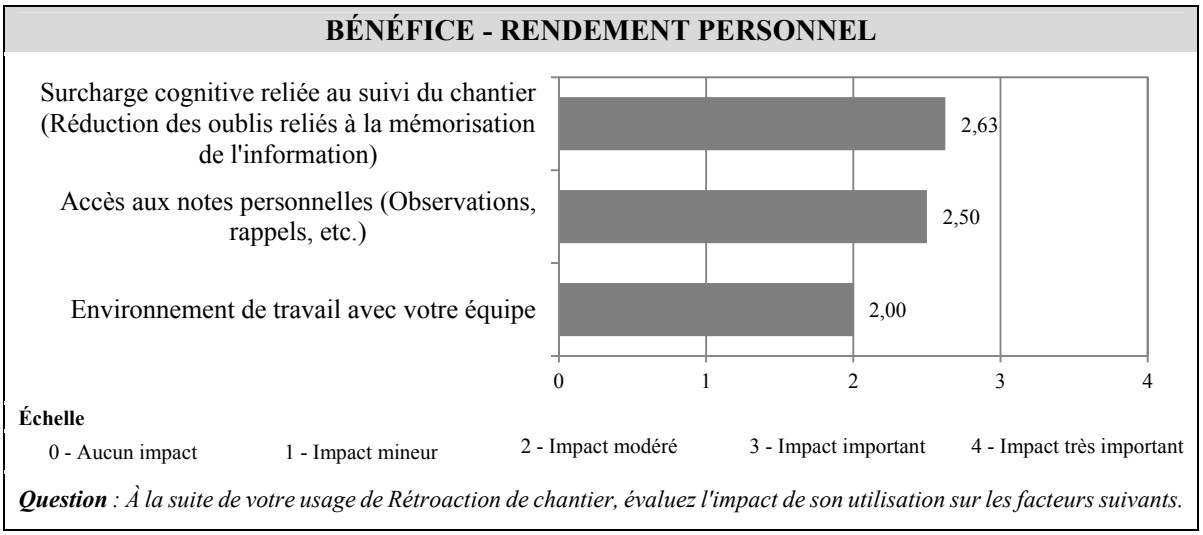



Figure 5.45 Bénéfice - Rendement personnel (étude de cas C)

Selon les participants, le premier bénéfice à l'usage de *Rétroaction de chantier* concernant cet axe d'amélioration est l'aspect cognitif qui se traduit par une amélioration du processus de suivi des travaux. Les utilisateurs ont mis en lumière que l'usage de l'application leur impose une structure bénéfique à la rédaction des nombreux rapports journaliers. Cette composante s'aligne avec les besoins des gestionnaires de projet qui nécessitent des rapports journaliers précis pour la supervision du budget du projet.

*« L'usage de Rétroaction me permet d'éviter d'oublier des éléments importants lors de mes inspections. L'application nous impose une structure et cela me permet de faire des rapports propres et toujours complets avec l'information que mes patrons s'attendent d'avoir lorsqu'ils consultent un rapport post inspection. »*

*Inspecteur de chantier*

Ensuite, le second bénéfice soulevé par les participants représente l'aspect environnement de travail. Il a été invoqué lors des observations en chantier que la mise en place de l'application logicielle permet un échange plus important et de meilleure qualité entre les intervenants de différents types. Dans la présente situation, il a été mentionné que les échanges de données entre le personnel de *surveillance* et celui de *gestion* ont été améliorés après l'usage de *Rétroaction de chantier.* Ceci est appuyé par le fait que les gestionnaires de projet possèdent davantage d'informations leur permettant de comprendre et d'analyser une situation afin d'intervenir en toute connaissance de cause.

*« Grosso modo, tu sais toujours qu'est-ce qui s'est passé sur le chantier, mais jamais dans le détail et, à mon niveau, le détail c'est très important. Avec l'application, lorsque je pose une question, c'est une vraie bonne question, c'est pour régler une problématique réelle et non pour obtenir une information de base ou avoir plus de détails sur une activité. Rétroaction me permet de répondre à mes besoins de manière autonome. »*

*Planificateur de projet*

#### 5.4.3.3 Évolution des besoins à la fin du test

À la suite de l'usage de *Rétroaction de chantier,* les utilisateurs ont été questionnés sur l'évolution de leurs besoins à l'égard de la TM. L'objectif de cette question vise à exposer la progression des exigences des usagers à l'égard de l'exploitation future des TM. La Figure 5.46 illustre les critères d'amélioration principaux afin d'optimiser l'exploitation des TM.

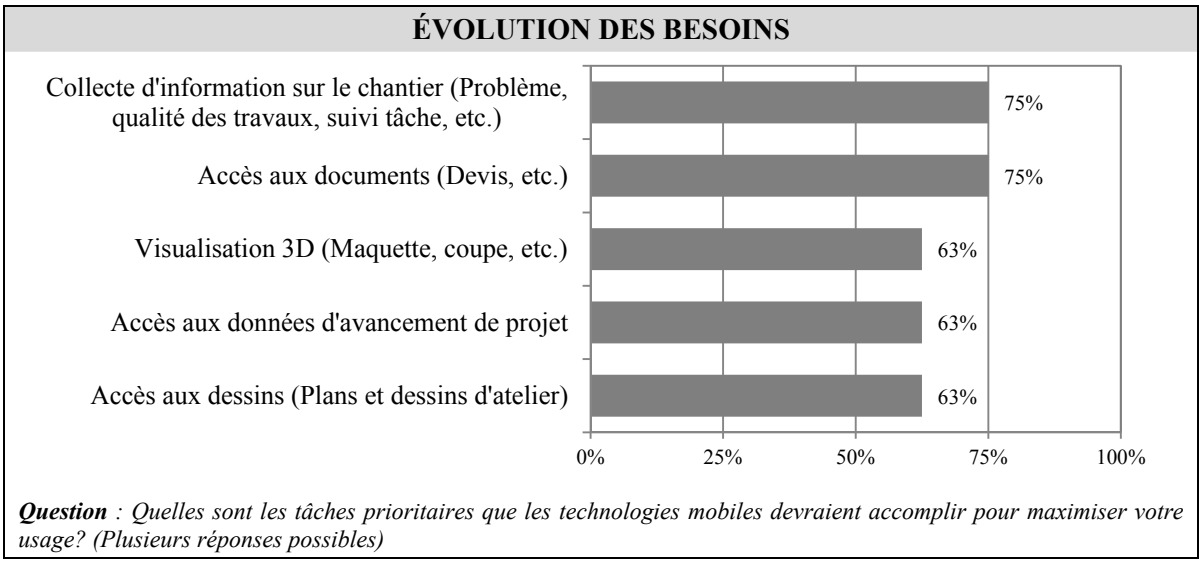



Figure 5.46 Évolution des besoins de l'usage des TM après essai (étude de cas C)

D'abord, la période d'observation en chantier a permis de mettre en évidence que la majorité des inspecteurs de chantier considèrent que l'emploi d'une tablette numérique est dorénavant indispensable pour la collecte d'informations sur le terrain.

*« Au départ, je n'aimais vraiment pas me servir de la tablette, j'étais habitué et confortable dans mes méthodes de collecte de l'information en chantier. Maintenant, je ne me passerais plus de la technologie mobile au quotidien parce qu'elle contient toute l'information dont j'ai besoin pour faire mon travail et, en plus, elle me permet de collecter mes données en temps réel. »*

*Inspecteur de chantier*

À la lumière des données recueillies auprès des participants, une amélioration qui doit être apportée à la technologie en place est l'aspect du suivi de la qualité des travaux. Même si les participants de *surveillance* ont indiqué être au courant de l'objectif principal de *Rétroaction de chantier*, ils ont indiqué que l'ajout d'un volet qualité leur permettrait de gagner du temps, notamment en ce qui concerne le partage de l'information dans la chaîne de communication. Par ailleurs, il a été mentionné qu'une amélioration pourrait être faite à l'égard de la facilité à traiter les données issues de l'application logicielle *Rétroaction de chantier*. Cet élément a été

invoqué par les participants de *gestion* étant donné qu'ils sont les principaux utilisateurs des données après leur collecte sur le chantier. Ils ont alors indiqué que cet aspect permettrait d'exploiter davantage les données puisqu'elles seraient plus maniables.

*« Le point qui pourrait être amélioré est l'aspect touchant les taux de production. Actuellement, dans Rétroaction, nous pouvons trouver un nombre de camions, mais on ne peut pas trouver les quantités volumétriques. On peut faire une recherche par date et avoir un nombre de camions entre des dates précises, mais les filtres ne nous permettent pas d'établir des taux de productivité en mètre cube à l'heure. Il faudrait raffiner les possibilités de recherche en rajoutant des critères de recherche. »*

*Planificateur de projet*

#### 5.4.3.4 Barrière à l'implémentation

Les résultats présentés ci-dessous se réfèrent aux barrières d'implantation perçues par les utilisateurs de *Rétroaction de chantier* et la Figure 5.47 en expose les données obtenues.

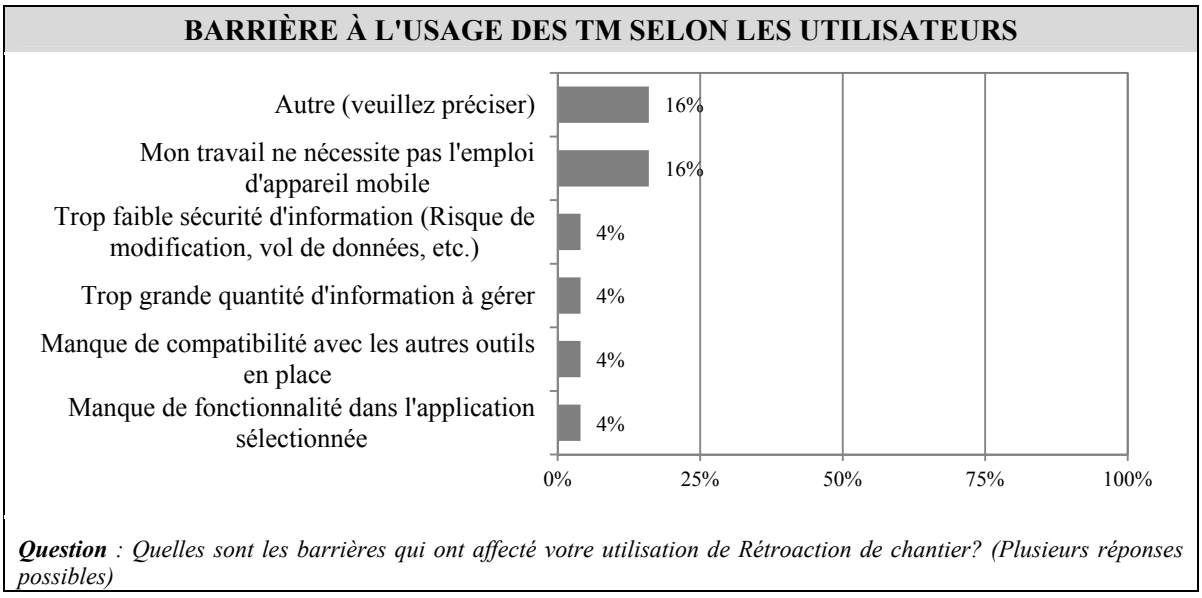



Figure 5.47 Barrière à l'implantation des TM (étude de cas C)

D'abord, l'un des points abordés par les utilisateurs de *Rétroaction de chantier* représente leur relation avec l'usage du papier. Il a été revendiqué par certains intervenants que l'usage du papier a pour effet de stimuler leur mémoire et que, pour cette raison, ils sont réticents à utiliser une tablette.

*« L'accès à la documentation est vraiment rapide, mais malgré le fait que je sais que l'usage de la technologie me permettrait de partager rapidement l'information, quand j'écris les choses dans mon calepin ou sur un plan, je ne l'oublie pas. Sur la tablette parfois, je ne sais plus où j'ai noté les informations et cela me ralentit dans mon travail. »*

*Inspecteur de chantier*

Ensuite, les participants ont souligné que la rapidité avec laquelle les changements ou les ajustements sont apportés à l'application logicielle lorsque des commentaires sont acheminés au service technique affecte leur appréciation de *Rétroaction de chantier*. Bien que les intervenants aient indiqué avoir un excellent support lors de l'emploi de l'application, les usagers ont l'impression que les améliorations proposées ne sont pas prises en compte.

*« Les délais reliés aux ajustements que nous suggérons sont vraiment longs avant d'être mis en application. Avant de convaincre la personne qui doit faire les changements, cela peut prendre des mois, il faut trouver un moyen de lui démontrer la pertinence du changement que l'on propose. C'est une personne du bureau, elle vient peu souvent et elle ne comprend pas exactement ce qui se passe sur le chantier. D'ailleurs, je n'ai jamais vu la personne sur le chantier avec nous. »*

*Inspecteur de chantier*

#### 5.4.3.5 Synthèse de l'étude de cas C

À la suite des essais de *Rétroaction de chantier*, voici une synthèse des résultats obtenus. Rappelons que parce que l'étude de cas C a implanté la TM en 2008, celle-ci n'a pas été sollicitée afin de participer au premier segment de la recherche (voir Section 2.3).

D'abord, l'objet de l'intégration a été étudié auprès des utilisateurs principaux afin de déterminer s'il y a une correspondance avec les objectifs de la haute direction. À ce propos, les participants de l'étude de cas C ont mentionné deux objectifs principaux émanant de l'usage de *Rétroaction de chantier*, soit 1) suivre les activités en chantier et 2) suivre l'avancement du projet. Ces objectifs s'alignent en partie avec ceux de la haute direction. En revanche, les participants ont invoqué en entrevue que les utilisateurs n'ont pas été très informés des intentions des dirigeants. Les participants ont mentionné ne pas avoir eu de formation leur permettant de bien comprendre les objectifs reliés à l'implantation. Malgré tout, les rencontres avec les participants font état qu'ils se doutaient que l'objectif était d'améliorer le contrôle de coûts et la saisie de l'information en chantier. À la lumière de ce qui précède, l'objet de l'intégration vient appuyer le positionnement de maturité effectué précédemment (voir Section 5.3.2).

Afin de pouvoir améliorer l'efficacité des processus de communication dans le secteur à l'aide des NTIC, certains axes de bénéfices ont été identifiés pour mesurer l'impact de *Rétroaction de chantier* sur le projet. Les cinq axes d'amélioration sont : 1) Économie de temps, 2) Suivi des coûts, 3) Suivi de la qualité, 4) Gestion de projet et 5) Rendement personnel. À la lumière des données recueillies par les usagers, les trois axes de transformation principale de *Rétroaction de chantier* sont l'économie de temps, le suivi de la qualité et la gestion de projet. Le Tableau 5.9 présente les principales retombées identifiées par les usagers après les essais en chantier par axe de bénéfices.

Tableau 5.9 Retombées par axe de bénéfice identifié après usage des TM

| AXES DE BÉNÉFICE | BÉNÉFICES IDENTIFIÉS DANS L'ÉTUDE DE |
|---|---|
| Économie de temps | ▪ Rapidité d'acquisition de l'information en temps réel (Impact important, cote 3,25);<br>▪ Rapidité d'accès à l'information sur le site (Impact très important, cote 3,25);<br>▪ Rédaction des rapports journaliers (Impact important, cote 2,88). |
| Suivi des coûts | ▪ Résolution des problèmes sur le site (Impact modéré, cote 1,88);<br>▪ Diminution de la reprise de travaux (Impact modéré, cote 1,88);<br>▪ Établissement d'indicateurs de performance (Impact modéré, cote 1,63). |
| Suivi de la qualité | ▪ Standardisation de l'information des évènements (Impact important, cote 3,25);<br>▪ Collecte de l'information sur le chantier (Impact important, cote 3,13);<br>▪ Suivi des évènements de chantier (Impact important, cote 2,50). |
| Gestion de projet | ▪ Suivi des matériaux ou de la machinerie (Impact important, cote 3,13);<br>▪ Recherche et contrôle de l'information (Impact important, cote 2,88);<br>▪ Suivi des tâches en chantier (Impact important, cote 2,63). |
| Rendement personnel | ▪ Surcharge cognitive reliée au suivi du chantier (Impact important, cote 2,63);<br>▪ Accès aux notes personnelles (Impact important, cote 2,50);<br>▪ Environnement de travail avec votre équipe (Impact modéré, cote 2,00). |

Dans une autre perspective, les participants ont été appelés à définir si leurs besoins à l'égard des TM ont augmenté à la suite de l'usage de *Rétroaction de chantier*. Les participants ont indiqué que la collecte d'information est l'aspect principal sur lequel leurs besoins ont évolué. Les observations en chantier permettent d'affirmer que les utilisateurs de *Rétroaction de chantier* voudraient aller plus loin dans l'usage de cette l'application logicielle dans leur contexte de travail. La majorité des inspecteurs de chantier considèrent que l'emploi d'une tablette numérique est dorénavant indispensable à la réalisation de leur mandat. À la lumière des résultats recueillis auprès des participants, une amélioration qui doit être apportée est le suivi de la qualité des travaux à l'aide de l'application logicielle. Les inspecteurs de chantier ont indiqué être au courant de l'objectif principal de *Rétroaction de chantier*, soit la rédaction des rapports journaliers, mais en dépit de cela, ils ont indiqué que l'ajout d'un volet qualité leur permettrait de gagner davantage de temps, notamment en ce qui a trait au partage de l'information avec les entrepreneurs.

Finalement, les barrières à l'implantation ont été évaluées afin de connaître les principaux éléments affectant la mise en place de TM en phase de réalisation. Il a été établi que certains intervenants considèrent que l'usage du papier a pour effet de stimuler leur mémoire et qu'ils

Rapport-Gratuit.com

n'éprouvent pas le besoin de faire un usage de la technologie. Un autre aspect mentionné est la rapidité avec laquelle les changements ou les ajustements sont apportés à l'application lorsque des commentaires sont acheminés au service technique. À ce propos, Il a été mentionné que parce que leurs commentaires ne sont pas pris en considération, le désir de participer à l'amélioration de *Rétroaction en chantier* en est affecté.

## 5.5 Analyse transversale des études de cas

Cette section vise à exposer une analyse transversale des études de cas étudiées en corrélation avec les cinq axes de bénéfices identifiés dans le but d'en illustrer les différentes retombées obtenues. Les points suivants seront abordés : 1) Analyse globale et 2) Validation empirique du niveau de maturité.

### 5.5.1 Analyse globale

L'analyse globale sera réalisée en s'appuyant sur les cinq axes de bénéfices identifiés en Section 3.5. Ces axes sont : 1) Économie de temps, 2) Suivi des coûts, 3) Suivi de la qualité, 4) Gestion de projet et 5) Rendement personnel. Dans l'objectif d'ordonner les différents effets de l'usage des applications logicielles au sein des études de cas, les critères d'évaluation issus de chacun des axes de bénéfices ont été mis en ordre croissant. L'ordonnancement a été réalisé en faisant une moyenne du pointage de chacun des critères d'évaluation par étude de cas[15].

#### 5.5.1.1 Économie de temps

La Figure 5.48 présente l'ensemble des critères d'évaluation par ordre d'importance de l'axe de bénéfice « économie de temps ». D'abord, selon l'application logicielle utilisée, on constate que différents niveaux de bénéfices ont été ressentis par les utilisateurs en fonction de

---

[15] ***Note*** : Cette procédure a été utilisée pour les cinq axes de bénéfices présentés dans l'étude globale des études de cas de cette recherche. Prenez note que la section 5.4 présentait uniquement les trois plus importants critères d'amélioration indiqués par les utilisateurs de la TM par étude de cas. En revanche, l'analyse globale présente l'ensemble des critères d'évaluation présenté aux participants dans le questionnaire de fin de test.

l'application logicielle. Malgré tout, certains critères d'évaluation semblent unanimes au sein des études. Par exemple, il a été défini que l'usage des TM en chantier à un impact important sur la « rapidité d'acquisition de l'information en temps réel » et la « rapidité d'accès à l'information de chantier » selon les usagers de première ligne.

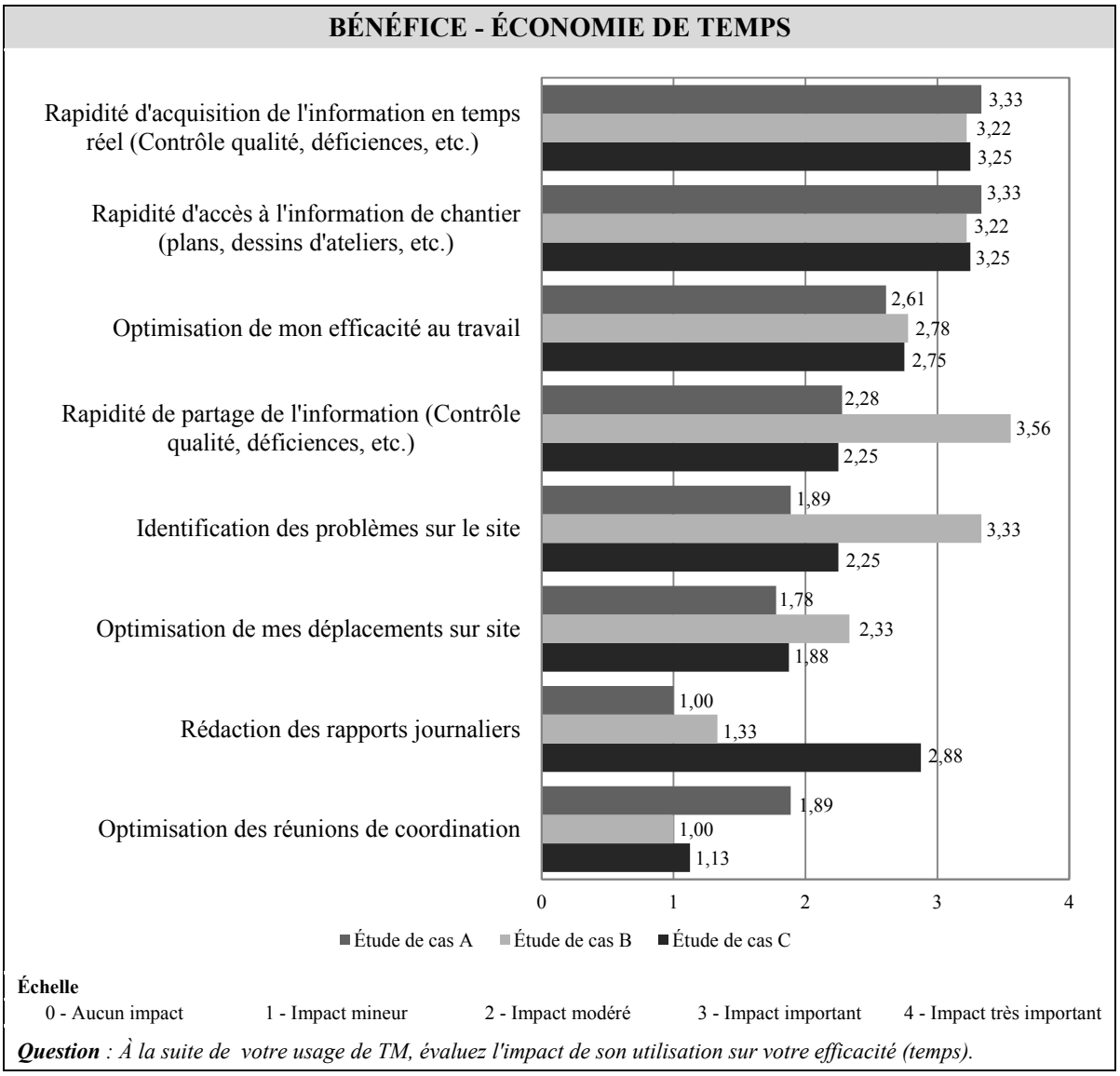



Figure 5.48 Bénéfice - Économie de temps (résultats globaux)

Au chapitre de la comparaison des différents bénéfices, les participants de l'étude de cas A ont souligné que l'usage de *Smart-Use* a eu un impact important dans « l'optimisation de leur

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

déplacement sur le terrain ». En revanche, les participants de l'étude de cas B ont indiqué que l'usage de *Latista* a, non seulement, eu un impact très important en ce qui a trait à la « rapidité de partage de l'information », mais a aussi eu un impact important sur l'identification des « problèmes sur le site ». Du côté de l'étude de cas C, les participants ont indiqué que l'usage de *Rétroaction de chantier* a eu un impact important en termes de « rédaction des rapports journaliers ». Toutefois, on observe que ce critère n'a pas obtenu le plus haut pointage auprès des utilisateurs. L'une des raisons qui pourraient expliquer cela est que les utilisateurs ont mentionné le fait qu'ils doivent rédiger plusieurs rapports dans différents formats.

*« Je n'ai pas d'économie de temps parce qu'au final, j'ai trois rapports à écrire. Je prends toutes mes notes dans un calepin pour mon supérieur immédiat, plus mon rapport numérique en fin de journée pour les gestionnaires et je fais un sommaire journalier au bureau pour mes collèges travaillant sur le quart de nuit. Mes collègues n'ont pas accès à mes notes, seulement mon patron. Il nous demande de sauver du papier, mais au final, j'ai l'impression d'en faire plus qu'avant et de perdre du temps dans mon travail. »*

*Inspecteur de chantier*

#### 5.5.1.2 Suivi des coûts

La Figure 5.49 présente l'ensemble des critères d'évaluation par ordre d'importance de l'axe de bénéfice « suivi des coûts ». À la lumière des résultats obtenus, cet axe de bénéfice est celui ayant généré le moins de retombées, et ce, sur l'ensemble des études de cas étudiées. De manière globale, les participants ont évalué ce critère comme ayant engendré des changements d'ordre mineur à modéré au sein des différents projets. Malgré ces résultats, il est important de mentionner qu'aucune intégration des applications logicielles n'a été réalisée afin de suivre l'évolution des coûts sur le projet. Ce fait vient justifier l'une des raisons résultant du faible impact général des applications logicielles sur cet axe de bénéfice.

Malgré tout, les participants de l'étude de cas B ont identifié que l'usage de *Latista* a procuré un impact important en fonction de cet aspect. À la lumière des propos recueillis, ils ont indiqué être plus en mesure de régler des problématiques sur le terrain avant qu'elles ne se produisent,

par exemple, en évitant de fermer un mur avant que l'ensemble des composantes n'y ait été installé et vérifié. En dépit du fait que cet aspect n'est pas directement lié au contrôle des coûts, cette facette permet de réaliser des économies considérables.

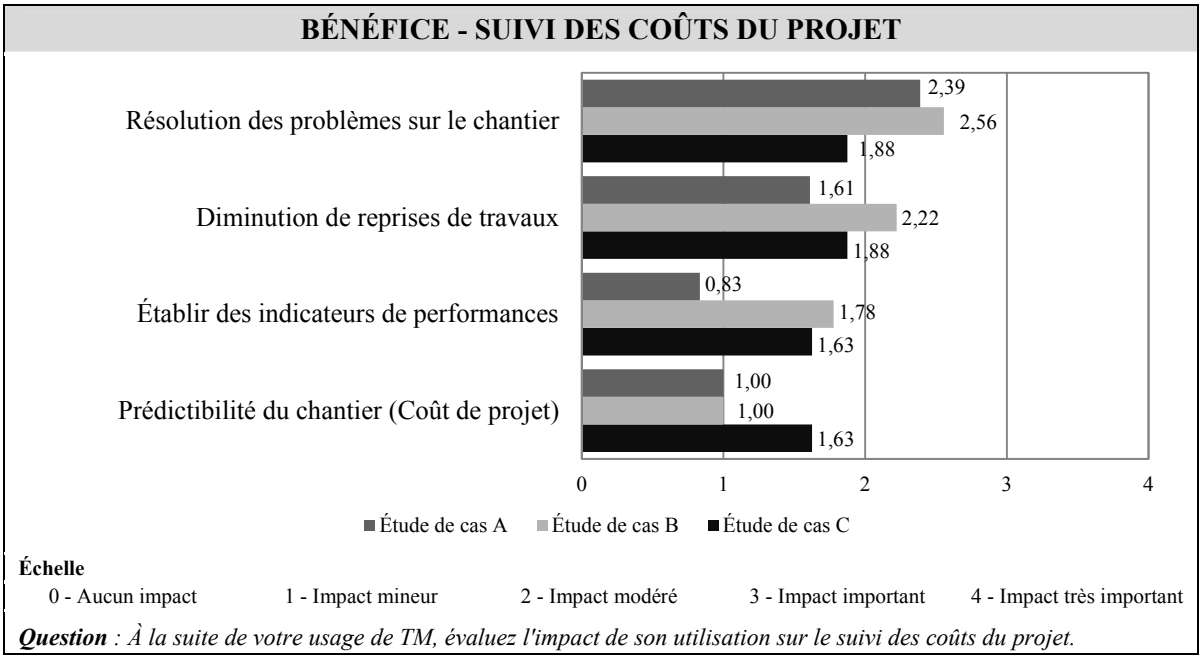



Figure 5.49 Bénéfice - Suivi des coûts de projet (résultats globaux)

#### 5.5.1.3 Suivi de la qualité

La Figure 5.50 présente l'ensemble des critères d'évaluation par ordre d'importance de l'axe de bénéfice « suivi de la qualité ». De manière globale, les études de cas ayant le plus profité de l'usage des applications logicielles dans ce contexte d'utilisation sont les études de cas B et C. Les participants de ces études ont évalué que l'usage de *Latista* et de *Rétroaction de chantier* a eu un impact important. En revanche, les données recueillies auprès des participants de l'étude de cas A indiquent que l'usage de *Smart-Use* a eu un impact modéré sur le suivi de la qualité du projet.

Du point de vue des usagers de l'étude de cas B, les critères d'évaluation ayant eu le plus d'impact sont le « contrôle de la qualité du projet » et le « suivi des évènements de chantier ». Les participants de *surveillance* ont indiqué qu'ils avaient perçu un meilleur contrôle et un

meilleur partage de l'information sur le projet à la suite de la mise en place d'une base de données centralisée. Il a été invoqué que l'usage intégré aux diverses équipes de construction, telles que les entreprises spécialisées, facilite le suivi des évènements de chantier puisque l'information est disponible, mais surtout centralisée. De plus, ils ont indiqué que ce processus facilite le suivi du projet résultant d'une meilleure qualité générale de construction.

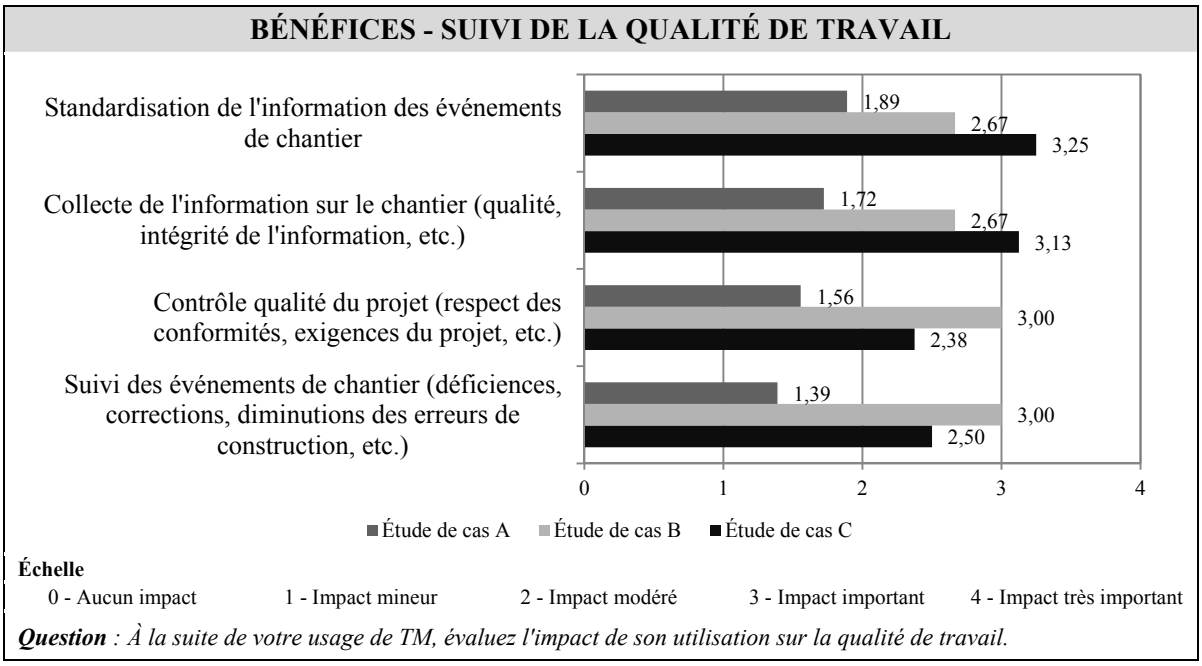



Figure 5.50 Bénéfice - Suivi de la qualité (résultats globaux)

L'étude de cas C a, quant à elle, fait état que les critères d'évaluation ayant eu le plus d'impact à la suite de l'usage de l'application logicielle sont la « standardisation de l'information des évènements de chantier » et la « collecte d'information sur le site ». Bien que les participants de projet aient indiqué qu'ils aimeraient pouvoir en faire plus avec l'application logicielle, ils avouent que le découpage des travaux facilite les communications avec les équipes de *gestion.* En revanche, ils soutiennent que la principale faiblesse de *Rétroaction de chantier* est que l'application logicielle n'est utilisée qu'à l'interne. Les participants ont indiqué que si les autres disciplines dans le projet utilisaient l'application logicielle, elle serait plus efficace et performante.

#### 5.5.1.4 Gestion de projet

La Figure 5.51 présente l'ensemble des critères d'évaluation par ordre d'importance de l'axe de bénéfice « gestion de projet » permettant de mettre en lumière les différents impacts de la technologie utilisée en fonction des choix des études de cas.

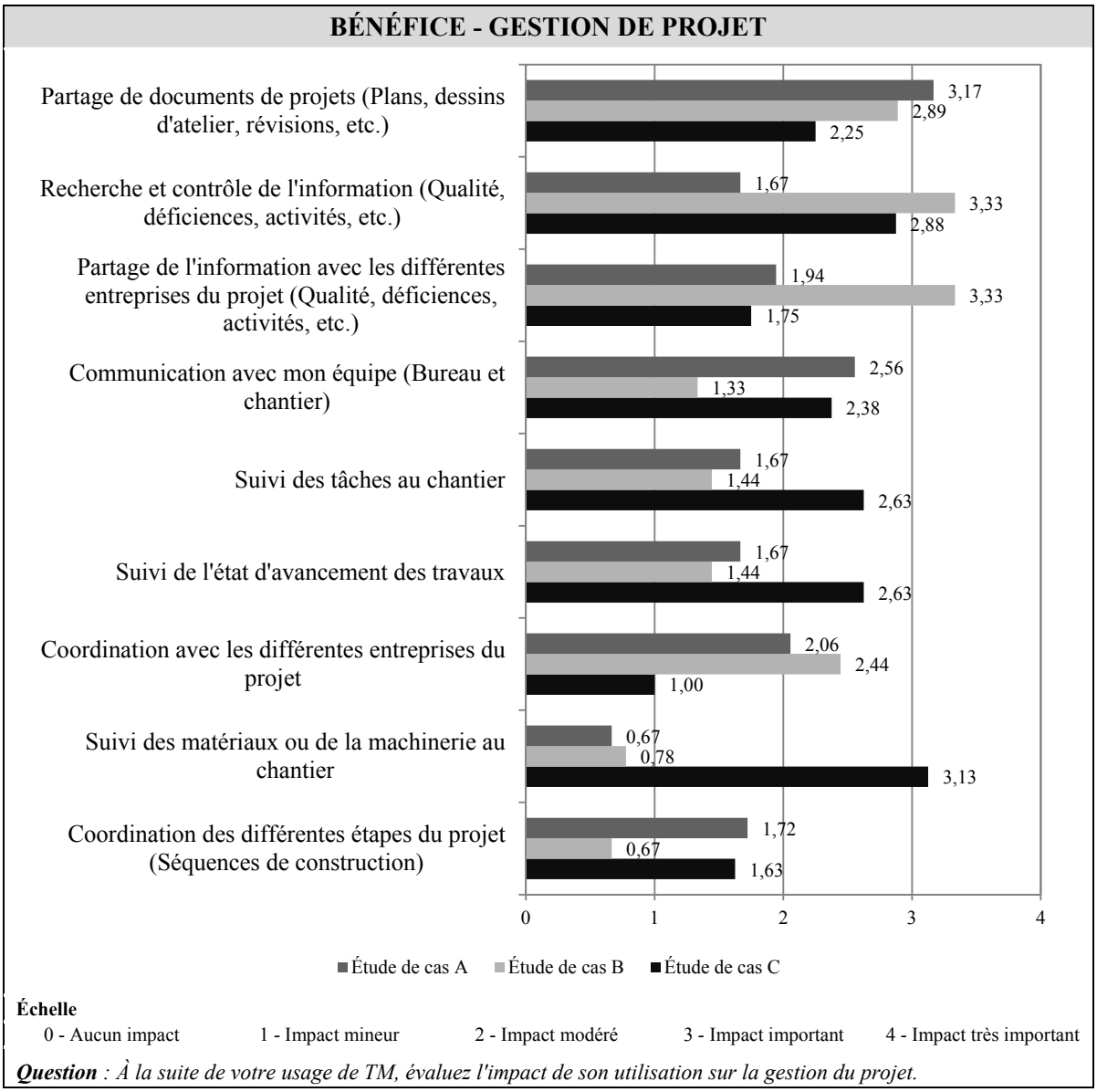



Figure 5.51 Bénéfice - Gestion de projet (résultats globaux)

D'abord, on constate que les critères d'évaluation principaux identifiés par chacune des études de cas corroborent les justifications de l'intégration établie par les gestionnaires de projet technologique. À ce propos, l'objectif d'intégration de l'étude de cas A était d'accéder rapidement aux plans de construction alors que les participants ont indiqué que la principale retombée est « le partage de documents de projet ». Les objectifs de l'étude de cas B étaient de s'assurer de la conformité des travaux et de diminuer le temps de résolution des déficiences en chantier. À ce chapitre, les usagers ont indiqué que le « partage de l'information avec les

différentes entreprises du projet » et la « recherche et le contrôle de l'information » sont les principales répercussions de l'usage de *Latista*. Concernant l'étude de cas C, les objectifs principaux étaient d'automatiser le processus de recensement de l'information ainsi que d'améliorer la précision et la disponibilité de l'information. À ce propos les usagers ont indiqué que le « suivi des matériaux ou de la machinerie au chantier » est le critère d'évaluation ayant été le plus affecté le projet.

Plus précisément, les participants de l'étude de cas A ont invoqué que la mise à jour de l'information est un défi commun à tous les projets. Ils ont pourtant indiqué que, selon le rôle occupé par leur entreprise, l'importance d'avoir un accès à une information à jour représente un aspect capital pour la réussite du projet.

*« Que chacune des entreprises impliquées au chantier doive gérer la mise à jour de l'information est vraiment inefficace et cela accentue le risque d'erreur pendant la construction. Notre décision d'utiliser ce type de technologie s'appuie sur le fait que nous prenons le risque de nous assurer que l'information sera à jour pour tous les intervenants que nous devons gérer. Mais, au final, c'est un risque très faible parce notre travail d'entrepreneur général est de s'assurer que les gens travaillent avec la bonne information. La technologie facilite donc notre travail. »*

*Gestionnaire de projet technologique, étude de cas A*

Ensuite, les participants de l'étude de cas B ont mentionné qu'il est très important que l'information chemine rapidement parmi les intervenants de projet. Certains ont fait mention que la difficulté principale associée à la phase de réalisation est le facteur temps et qu'en raison de sa forme actuelle, l'information ne suit pas l'évolution rapide et constante du chantier.

*« Dans tous les projets de construction auxquels j'ai participé, pour avoir une bonne information, il faut que celle-ci circule dans l'équipe. Le temps est devenu tellement important,*

*nous n'avons pas le temps de chercher l'information. Je pense que le seul moyen qui nous permettra d'y arriver est l'usage des outils informatiques en chantier. »*

*Surveillant qualité*

#### 5.5.1.5 Rendement personnel

La Figure 5.52 présente l'ensemble des critères d'évaluation par ordre d'importance de l'axe de bénéfice « rendement personnel ». De manière globale, les intervenants ont ressenti de faibles retombées sur leurs projets. Or, les participants de l'étude de cas B sont ceux ayant quantifié ce bénéfice comme ayant eu un impact important.

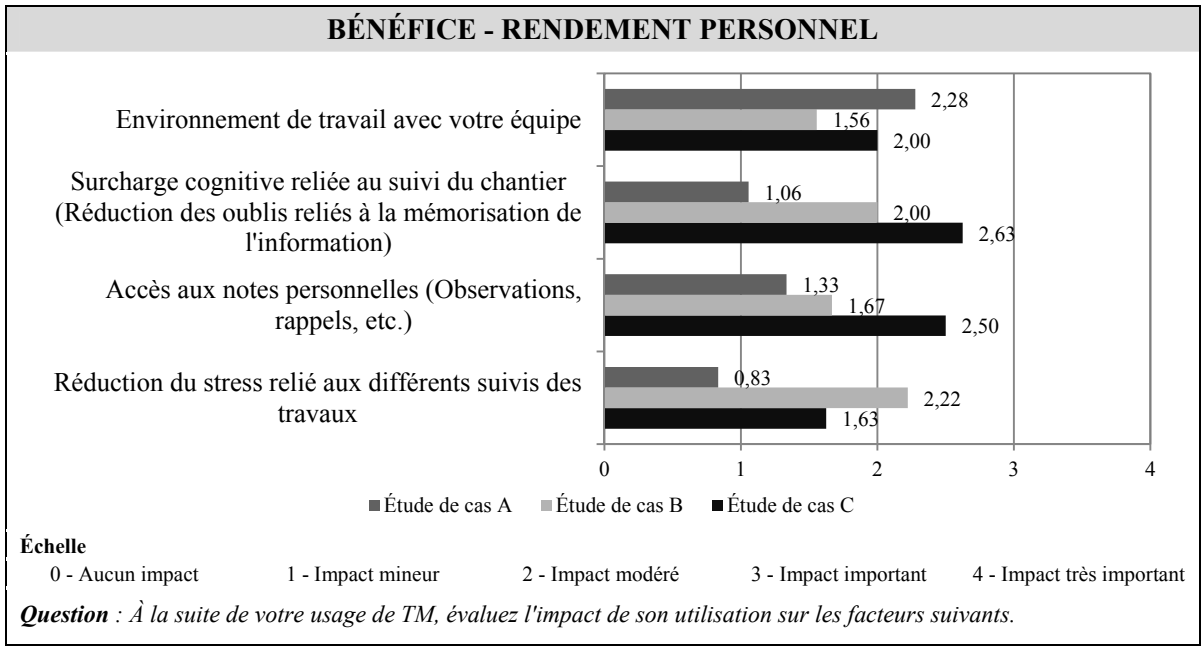



Figure 5.52 Bénéfice - Rendement personnel (résultats globaux)

Les participants ont indiqué être plus en confiance dans leur travail à la suite de l'usage de *Latista* puisqu'ils estimaient avoir un meilleur contrôle de l'information.

*« L'utilisation de Latista fait en sorte que je suis moins stressé au travail. Avant, j'avais toujours peur d'oublier des informations lors des inspections et des réunions. »*

*Surveillant qualité*

### 5.5.2 Validation empirique du niveau de maturité

Une validation empirique du niveau de maturité est maintenant effectuée afin de la comparer avec le positionnement théorique[16]. L'objectif de ce positionnement expérimental a pour but de confirmer les visées individuelles des entreprises tout en évaluant les bénéfices réels sur le projet. Le positionnement empirique sera réalisé en fonction de deux critères. D'abord, il sera déterminé selon les retombées principales identifiées, par étude de cas, et ce, indépendamment des axes de bénéfice. Ensuite, le positionnement sera calibré en fonction de l'usage réel de l'application logicielle pour chacune des situations lors de la période d'observations en chantier.

D'abord, le Tableau 5.10 présente les trois critères principaux identifiés par les participants des études de cas et est accompagné du niveau de maturité qui lui est associé. Nous observons alors que différents niveaux de bénéfice ont été atteints en fonction de l'application logicielle sélectionnée. Dans la situation de l'étude de cas A, la « rapidité d'accès à l'information » est le critère d'évaluation ayant obtenu la plus haute cote. Cet aspect correspond à un degré de maturité de niveau 2 en correspondance avec la définition établie en Section 4.4 soit de permettre le partage des documents à l'aide d'un emplacement partagé et centralisé sur un réseau. Ensuite, le bénéfice ayant eu le plus haut taux d'impact au sein de l'étude de cas B est la « rapidité de partage de l'information ». Ce bénéfice correspond à un niveau de maturité 4 puisqu'il permet de collaborer avec les autres intervenants impliqués. Finalement, le bénéfice principal de l'étude de cas C est la « standardisation de l'information » qui s'aligne avec un niveau de maturité 4 puisqu'il permet de mettre en place des séquences d'opérations.

Rapport-Gratuit.com

---

[16] ***Note*** : Se référer à la section 5.3.2 - Positionnement théorique de la maturité

Tableau 5.10 Présentation des trois principaux bénéfices par étude de cas

| ÉTUDE DE CAS A | | ÉTUDE DE CAS B | | ÉTUDE DE CAS C | |
|---|---|---|---|---|---|
| CRITÈRES D'ÉVALUATION | IMPACT | CRITÈRES D'ÉVALUATION | IMPACT | CRITÈRES D'ÉVALUATION | IMPACT |
| Rapidité d'accès à l'information (Niveau 2) | Important cote 3,33 | Rapidité de partage de l'information (Niveau 4) | Très important cote 3,56 | Standardisation de l'information des évènements de chantier (Niveau 3) | Important cote 3,25 |
| Rapidité d'acquisition de l'information en temps réel (Niveau 3) | Important cote 3,33 | Identification des problèmes sur le site (Niveau 3 et 4) | Important cote 3,33 | Acquisition de l'information en temps réel (Niveau 1) | Important cote 3,25 |
| Partage de documents de projets (Niveau 2) | Important cote 3,17 | Partage de l'information avec les différentes entreprises dans le projet (Niveau 4) | Important cote 3,33 | Rapidité d'accès à l'information (Niveau 2) | Important cote 3,25 |

***Note :*** *Chacun des critères d'évaluation est attaché à un niveau de maturité en fonction de son potentiel d'impact sur les processus de communication des intervenants de chantier.*

Ensuite, la seconde retombée identifiée par les participants de l'étude de cas A correspond à la « rapidité d'acquisition de l'information en temps réel ». Or, il a été observé qu'aucune information autre que les informations d'ordre général n'a été annotée sur la table. Par ailleurs, les observations en chantier ont permis de constater que très peu d'utilisateurs, voire aucun, n'ont utilisé la fonctionnalité d'annotation sur le terrain. Ceci s'explique par le fait que beaucoup d'effort a été porté sur la table tactile *Smart-Use* afin de reproduire les méthodes traditionnelles émanant de l'usage des plans papier. En revanche, peu d'attention a été portée sur l'usage de *Smart-Use* sur le terrain. Finalement, à la suite des essais en chantier, aucun standard de collaboration n'avait été mis en commun, et ce, non seulement dans les processus internes, mais également dans les processus externes avec les autres entreprises impliquées.

En contrepartie, il a été observé que *Smart-Use* a été très utile comme support visuel lors de travaux nécessitant la collaboration de plusieurs entreprises avant d'effectuer les travaux sur le terrain. Dans la situation exposée en Figure 5.53, le surintendant principal a utilisé les fonctionnalités de superposition de plans afin de coordonner plusieurs disciplines avant la mise en place complexe d'une unité de ventilation. Cette situation a permis d'établir la procédure qui sera utilisée en chantier et les moyens mis en place pour assurer la sécurité des autres corps de métier sur le terrain.

**RENCONTRE DE COORDINATION ENTRE DES INTERVENANTS DE TERRAIN À L'AIDE DE TECHNOLOGIE COLLABORATIVE**

Figure 5.53 Coordination d'équipe de construction dans la roulotte

Par la suite, en se référant aux retombées principales de l'étude de cas B, on constate qu'un impact important a été perçu en matière de « partage de l'information avec les différentes entreprises ». Les effets de ce partage d'information sont perceptibles dans différents aspects du projet tant en ce qui concerne le suivi des activités que le temps de résolution des problèmes. D'abord, il a été mentionné que de nombreuses erreurs de construction ont pu être évitées en raison d'une présence plus accrue des intervenants-cadre sur le terrain : « *Avant, j'étais toujours trois étages en arrière de mes gars parce qu'il fallait que je transporte tous mes documents de contrôle, [...] maintenant, je suis au même niveau que mes hommes et je peux leur transmettre mes connaissances.* ». Ensuite, il a été mentionné qu' « a*vant, une déficience prenait en*

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

*moyenne trois semaines pour être réglée, maintenant, la même déficience prend trois jours »*. La mise en place de processus de collecte et de partage d'information unifiés sur le chantier a donc permis à tous les intervenants d'économiser du temps, facteur qui a été identifié comme étant capital par les intervenants de la phase de réalisation.

Puis, à la lumière de l'usage de *Rétroaction de chantier* au sein de l'étude de cas C, il a été démontré que « l'acquisition de l'information en temps réel » a été améliorée. En revanche, les participants ont indiqué que son usage n'est pas orienté vers un emploi externe à l'entreprise et que l'information qui y est saisie est statique. D'abord, bien que l'usage de l'application logicielle ait permis d'améliorer les processus internes, l'exploitation de l'application n'a pas modifié les mécanismes de travail traditionnel d'un point de vue externe. Ensuite, selon les commentaires recueillis, le fait que l'information demeure statique dans l'application logicielle limite sa pleine exploitation. C'est-à-dire que d'autres manipulations doivent être faites par les gestionnaires afin d'utiliser l'information. Par exemple, il a été mentionné par un intervenant que « *Rétroaction nous permet de trouver un nombre de camions, mais on ne peut pas trouver les quantités volumétriques*. »

Finalement, en comparant les retombées et en analysant l'usage réel des applications logicielles en chantier lors des périodes d'observation, il est alors possible de positionner expérimentalement le niveau de maturité de chacune des études de cas (Figure 5.54). Comme illustré, les études de cas A et C ont été repositionnées à la baisse en fonction de leur usage réel[17].

---

[17] ***Note*** : Il est important de mentionner que le repositionnement des études de cas A n'est pas en fonction de l'application logicielle en soit, mais dans la manière dont les applications sélectionnées en usage ont été employées.

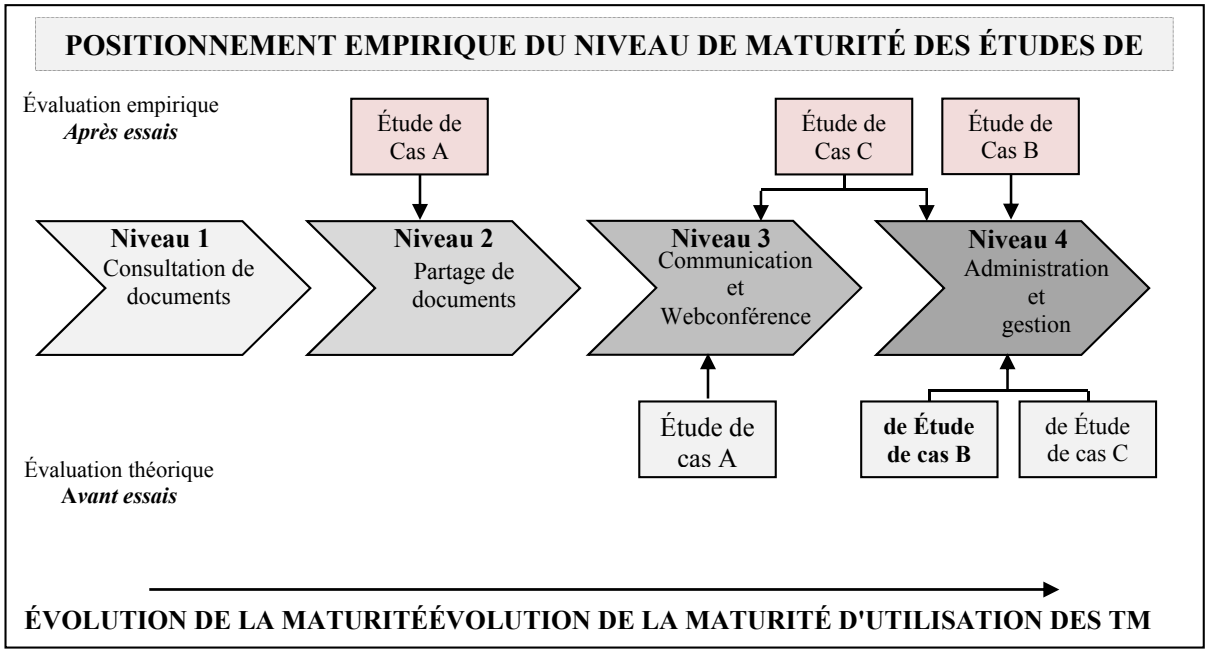



Figure 5.54 Positionnement empirique du niveau de maturité

Les justifications sont les suivantes. D'abord, l'étude de cas A est passée d'un niveau de maturité 3 à un niveau 2 en raison de son exploitation locale et non spécifique de l'application au sein de ses équipes de travail. Le repositionnement du niveau de maturité de l'étude de cas A se base sur les faits suivants. D'une part, l'exploitation de *Smart-Use* s'est faite dans un usage passif, même si l'application logicielle offre des fonctionnalités d'annotation efficaces. D'autre part, puisqu'aucun standard de collaboration n'a été mis en place, et ce, aussi bien à l'interne des équipes de l'étude de cas A qu'avec les entreprises externes utilisant cette technologie, l'exploitation de cet outil s'est avérée moins efficace. Précisément, il a été observé que l'usage principal de la technologie a été de consulter les plans de construction. Bien que l'étude de cas A ait intégré de nombreuses entreprises dans l'usage de *Smart-Use* afin de répondre aux enjeux liés à la mise à jour de l'information, aucune mesure n'a été prise afin de mettre en place des stratégies de collaboration. Pourtant, l'application logicielle possède des fonctionnalités permettant de collaborer, mais il a été observé qu'aucun standard de collaboration n'a été mis en place. Ce constat a été identifié par les participants comme étant l'une des barrières affectant l'exploitation de *Smart-Use* sur le chantier. Appuyant ces propos, ils ont alors indiqué que le

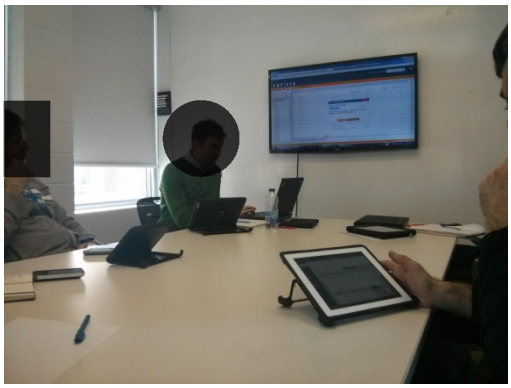
manque de temps accordé à l'apprentissage de *Smart-Use* a été l'un des facteurs affectant l'emploi de l'application logicielle dans une perspective de collaboration.

Ensuite, l'étude de cas C est passée d'un niveau de maturité 4 à une exploitation à cheval avec les niveaux de maturité 3 et 4. Les principales raisons de ce repositionnement s'appuient sur les faits suivants. D'une part, l'exploitation de *Rétroaction de chantier* a permis de standardiser la collecte d'informations en chantier facilitant la gestion et le contrôle des données (Niveau 4). D'autre part, son exploitation a permis d'établir des séquences d'opérations internes claires permettant de faciliter le partage de l'information entre les intervenants de *surveillance* et de *gestion* (Niveau 4). L'une des raisons justifiant le positionnement à un niveau de maturité 3 s'appuie sur le fait que l'usage de *Rétroaction de chantier* est uniquement orienté vers une exploitation interne et locale à l'entreprise. Plus précisément, aucune entreprise externe n'est appelée à travailler avec l'application logicielle mise en place par l'étude de cas C. Cette situation a comme répercussion principale de multiplier les canaux de communication sur le projet et d'ainsi, complexifier les procédures de travail. Par ailleurs, une autre raison appuyant le repositionnement de l'étude de cas C est que les données qui sont recueillies avec l'application logicielle sont statiques et que cela limite la pleine exploitation des données collectées par les équipes de *surveillance*. Il a été mentionné par les intervenants de *gestion* que plusieurs autres manipulations doivent être exécutées afin d'exercer un suivi sur les différentes tâches du projet ces faits ne s'alignent pas avec la définition d'un EVI cela explique les raisons pour lesquelles l'étude de cas C se situe à cheval entre les niveaux de maturité 3 et 4. En revanche, ils ont indiqué que *Rétroaction de chantier* permet de suivre efficacement le déroulement du chantier et d'accéder à une grande quantité de données. Il a alors été indiqué que l'application logicielle permet d'assurer le suivi de chacune des composantes d'un projet en fonction de processus clair et établi.

Finalement, l'étude de cas B est demeurée à un niveau de maturité 4 en raison de son exploitation généralisée de *Latista* par l'ensemble des disciplines impliquées dans le projet. Les principales raisons qui justifient le non-mouvement de maturité de l'étude de cas B sont les suivantes. D'abord, l'étude de cas B a mis en place des séquences d'opérations permettant de

collaborer avec les diverses entreprises sur le projet dans un contexte d'EVI. Il a été observé et confirmé par les participants qu'une procédure de mise en place de l'application logicielle a été étudiée de manière rigoureuse par l'entreprise chapeautant le projet. Puis, le gestionnaire de l'intégration technologie a déterminé une nomenclature en collaboration avec les intervenants impliqués dans le suivi des travaux en organisant des séances de formation et d'organisation ( Figure 5.55) tout en fournissant un support technique aux usagers à la suite de la mise en place de *Latista*.

**MISE EN PLACE D'UNE PROCÉDURE DE SAISIE ET DE GESTION DE DONNÉES**



Mise en place d'une séquence d'opération aux intervenants de *terrain*, de *surveillance* et de *gestion*

Soutien technique à un intervenant de *terrain* lors de son exploitation de *Latista*

Figure 5.55 Mise en place d'une séquence d'opérations personnalisée et support

Ensuite, la deuxième raison justifiant le non-repositionnement de l'étude de cas B est l'exploitation des données après la collecte de celles-ci sur le terrain, et ce, tant par les intervenants de *surveillance* que ceux de *terrain* et de *gestion*. Précisément, l'information est d'abord centralisée sur la base de données et est ensuite traitée en utilisant des critères de sélection (filtres). Les données issues de l'application sont dynamiques et les manipulations externes sont limitées étant donné que l'application peut gérer différents critères de recherche et d'analyse. Finalement, *Latista* permet de faire un suivi des activités à travers un historique des changements apportés à la base de données. Il a été mentionné par les participants que cet aspect permet aux intervenants de se sentir plus à l'aise et plus en sécurité lors de l'usage de

*Latista,* car l'application logicielle permet de savoir qui a modifié un élément et quand cela a été fait.

## 5.6 Discussion

Cette section vise à formuler l'interprétation des résultats présentés précédemment afin de comprendre comment l'exploitation des applications logicielles au sein des études de cas a transformé les méthodes de travail. L'aboutissement de cette discussion permettra de répondre à la question de recherche adressée lors de l'introduction de document soit : comment le déploiement des TM peut améliorer l'accès à l'information et faciliter la communication entre les intervenants impliqués dans la phase de réalisation? À la suite de cette interprétation, la question de recherche sera répondue et un cadre d'opération sera être présenté en appui au processus de communication en chantier. Cette discussion se polarisera autour des trois axes de discussion issus de la section 3.5, soit 1) technologie, 2) organisation et 3) processus.

### 5.6.1 Axes de discussions

#### 5.6.1.1 Technologie

La *technologie* est un terme qui désigne l'exploitation des outils technologiques dans le secteur de la construction dans le but d'en appuyer les intervenants afin que les intervenants soient en mesure de mieux collaborer sur le projet. Paradoxalement, malgré le fait que les outils technologiques permettent d'être plus efficace sur le plan de partage d'information, ceux-ci ne permettent pas de mieux collaborer dans le projet. *Collaborer* signifie de se joindre à une cause, à un but. Or, seul l'Humain peut collaborer dans un projet afin de le rendre à terme.

À la lumière de la définition présentée ci-dessus, il a été identifié par les participants, lors de l'étude, que l'usage des TM peut rendre les intervenants de chantier plus efficaces en matière de partage de données. Les principaux points d'amélioration mentionnés sont notamment la création automatique et instantanée de listes d'intervention centralisées et la conformité de la localisation des déficiences.

*« Les intervenants de surveillance de chantier, comme les architectes, les ingénieurs en mécanique, les ingénieurs électrique ou encore, en structure, seraient vraiment plus efficaces s'ils travaillaient avec des tablettes munies d'une application leur permettant d'annoter et de créer des listes d'interventions directement sur le terrain. Ils pourraient faire leur rapport sur le chantier et nous l'envoyer plus rapidement. Actuellement, les rapports arrivent avec des erreurs de localisation, souvent il n'y a pas suffisamment de détails et les délais sont trop longs. »*

*Coordonnateur électromécanique*

Il a été mentionné lors de l'étude que *« pour avoir une bonne information, il faut que celle-ci circule dans l'équipe ».* Or, les intervenants de chantier se doivent de gérer et d'accéder à une quantité importante d'informations afin d'accomplir leur mandat. Cette masse d'informations peut devenir critique si aucune mesure n'est mise en place afin d'améliorer les délais de transmission de l'information. Il a été mentionné que le facteur « temps en construction » est un élément décisif pour le succès de la phase de réalisation et que les technologies peuvent contribuer à réduire les temps de partage d'information.

**Situation avant l'exploitation des TM**

*« L'inspection et l'identification des non-conformités prennent beaucoup, beaucoup de temps.* [...] *Il faut donc accélérer les choses et, souvent, je prends mon téléphone et j'appelle, sinon ça prend deux jours. Deux jours en construction, c'est énorme. »*

*Surveillant qualité*

**Situation après l'exploitation des TM**

*« L'usage de Latista fait en sorte que les déficiences sont réglées vraiment plus rapidement sur le chantier. Avant, une déficience prenait en moyenne trois semaines pour être réglée, maintenant la même déficience prend trois jours. »*

*Surveillant qualité*

Finalement, il a été suggéré que l'exploitation des TM dans un contexte collaboratif lors de la phase de construction peut améliorer les délais de communication en plus d'apporter une meilleure qualité de construction dans la mesure où les intervenants peuvent passer plus de temps à surveiller ou à gérer le projet plutôt qu'à transférer de l'information aux autres intervenants.

*« L'usage d'une base de données centralisée fait en sorte que je passe plus de temps sur le terrain à relever des problématiques et à observer l'avancement des travaux. »*

*Surveillant qualité*

**5.6.1.2 Organisation**

L'*organisation* est terme signifiant qu'un ensemble d'entreprises se fédéreront vers une exploitation commune des technologies afin d'en optimiser les retombées dans l'industrie. Cet aspect est de loin le plus difficile à mettre en place puisqu'il appelle à la mise en commun d'expertise dans le but d'intégrer une vision d'affaires à un groupe d'entreprises, voire à l'industrie de la construction dans son ensemble.

À la différence de l'axe *processus*, qui est orienté vers l'exploitation de la technologie lors d'un seul projet en fonction des intervenants impliqués et de la nature des travaux à réaliser, l'axe *organisation* vise à transformer les pratiques traditionnelles vers une exploitation globale des technologies. À la lumière de cette description, aucune des études de cas analysées n'a exploité les TM dans une vision d'affaires communes à plusieurs entreprises et dans le contexte de plusieurs projets. Néanmoins, certains participants ont invoqué des pistes qui laissent supposer que l'industrie doit apporter des changements afin d'améliorer les relations entre les intervenants impliqués dans la phase de réalisation afin de faciliter le cheminement de l'information.

*« Avoir un système de notifications permettrait d'éliminer beaucoup d'envois de courriels ou de réceptions de courriels avec nos partenaires impliqués dans nos projets. En ce moment, on*

*reçoit des rappels, des téléphones, des gens apparaissent en panique dans nos bureaux. La situation est tendue. »*

*Gestionnaire de projet*

Dans le même ordre d'idées, il a été recommandé que l'industrie modifie à la hausse ses exigences afin d'améliorer la performance du secteur. Il a été mentionné que l'industrie souffre d'un retard technologique et qu'elle doit se donner les moyens d'améliorer ses processus de communication et de construction.

*« Un chirurgien à Chicago est capable d'opérer à Montréal en étant à distance avec des outils électroniques et il fait de la chirurgie cardiaque. Nous, on fait de la construction, au seizième de pouce, on est capable d'en prendre. Il faut pousser la construction parce que la construction est retardée, elle est retardée de milliers d'années en comparaison avec d'autres secteurs. L'industrie n'a pas évolué, je te dirais même qu'elle a régressé. »*

*Gestionnaire de projet*

**5.6.1.3 Processus**

Le terme *processus* fait référence à la mise en place d'une ou de plusieurs séquences d'opérations personnalisées à un groupe d'intervenants dans le but de réaliser des tâches précises. L'importance de créer des stratégies communes lors de l'usage de la technologie est un aspect important, voire décisif, afin d'améliorer les mécanismes de communication au sein de la phase de réalisation. À ce propos, il a été mentionné par les intervenants que les processus manuels traditionnels ralentissent la circulation de l'information au sein des équipes.

*« Auparavant, c'était un formulaire papier qui devait être signé par une dizaine de parties. Obtenir l'ensemble des signatures était vraiment long et pénible puisque chaque personne responsable devait signer à la suite des autres. [...] Avec Latista tout le monde signe le même formulaire électronique et ils peuvent tous donner l'information au même moment. »*

*Surveillant qualité*

Rapport-Gratuit.com

L'importance de mettre en place une séquence d'opérations est très importante afin d'atteindre le plein potentiel des TM dans un cadre d'EVI. En revanche, il est important de fédérer les intervenants et de démontrer les bénéfices d'un tel processus de communication. Les essais en chantier ont démontré qu'il peut s'avérer difficile d'intégrer des séquences d'opérations communes, et ce, malgré les bénéfices perçus par les plus convaincus.

*« Si le client me dit tourne à droite, je tourne à droite, si le client veut telle ou telle chose, aucun problème. Mais nos méthodes de travail sont approuvées et elles fonctionnent bien. Je ne crois pas que le client peut nous demander de changer nos méthodes de travail. »*

*Gestionnaire de projet*

### 5.6.2 Répondre à la question de recherche

À la lumière des résultats présentés dans ce document, les TM ont le potentiel d'améliorer les processus de communication au sein de la phase de réalisation de projet. Peu importe la technologie sélectionnée, l'ensemble des études de cas a bénéficié de retombées à la suite de l'usage des TM dans leur contexte. En l'occurrence, les principaux bénéfices sont la rapidité d'accès à l'information (étude de cas A), le partage d'information avec les autres entreprises (étude de cas B) et l'acquisition de l'information en temps réel (étude de cas C).

La question de recherche adressait précédemment comment le déploiement des TM pouvait améliorer l'accès à l'information et faciliter la communication, il est maintenant possible d'y répondre.

D'abord, il a été démontré que l'exploitation des TM a le potentiel d'améliorer l'accès à l'information qui se traduit par deux bénéfices majeurs pour un projet de construction lors de sa phase de réalisation. D'une part, l'emploi des TM permet aux intervenants d'avoir sous la main l'ensemble des informations nécessaires afin de répondre à un maximum de questions techniques sur le terrain. D'autre part, l'objectif de centraliser l'information de projet dans le but de donner accès à une information sûre aux intervenants a comme principal effet de réduire

les risques d'erreurs en chantier. Il a été démontré que la mise à jour de l'information est un enjeu critique et que celle-ci peut engendrer des erreurs de construction provoquant des coûts supplémentaires importants sur le projet. À ce propos, il a été mentionné *« que le fait que chacune des entreprises impliquées au chantier doit gérer la mise à jour de l'information est inefficace et que cela accentue le risque d'erreur pendant la construction. »*

Ensuite, il a été confirmé que l'usage des TM, lorsqu'employées dans un contexte d'EVI, facilite la communication parmi les intervenants impliqués dans la phase de réalisation. Dans le cas qui nous occupe, les essais effectués permettent d'établir que l'emploi des TM, dans un cadre EVI, offre de mettre en place des séquences d'opérations personnalisées permettant d'économiser du temps, non seulement dans le partage de l'information avec les entreprises partenaires, mais également dans la recherche de données. À ce propos, les participants ont revendiqué que l'emploi des TM permet aux intervenants de passer davantage de temps sur le terrain et de gérer le projet plutôt que d'être devant un ordinateur à envoyer des courriels.

*« Je passe maintenant 25 % plus de temps sur le chantier. [...]Je n'ai plus besoin d'écrire un courriel ou encore de créer des listes de déficiences. »*

*Surveillant qualité*

Et puis, il a été affirmé que l'usage d'une application logicielle permettant la centralisation de l'information optimise la recherche de données par les intervenants.

*« Avant, lorsque j'étais dans mon bureau et que je me posais une question sur un élément installé et ayant une déficience, il fallait que je valide avec mes notes, mais parfois je ne retrouvais plus l'information ou j'avais tout simplement oublié de la noter. [...] J'économise beaucoup de temps de recherche d'information, mais également de déplacement sur le chantier. »*

*Contremaître principal (E.S.)*

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Dans ce même ordre d'idées, il a été démontré que l'usage des TM dans un cadre collaboratif permet de limiter les erreurs en chantier étant donné que l'information est rapidement disponible pour les intervenants qui en ont le plus besoin, c'est-à-dire les intervenants réalisant les travaux sur le terrain, mais également ceux réalisant la surveillance.

*« Les erreurs avec Latista sont vraiment limitées, nous avons tout à la portée de la main. Le fait d'avoir un logiciel permettant de gérer notre information pour le contrôle de la qualité facilite notre travail et le suivi. »*

*Gestionnaire de projet (E.S.)*

En réponse à la question de recherche, les données issues des diverses études de cas font état de divers bénéfices qui sont liés en fonction du type de l'application logicielle sélectionnée. Il est alors possible d'affirmer que les bénéfices atteints varient en fonction du niveau de maturité sélectionné par les entreprises ainsi que les méthodes et les efforts de mise en place.

En analysant davantage les procédures communicationnelles internes de chacune des situations, il a été remarqué qu'une structure de communication typique s'applique dans les diverses études de cas impliquées. Ce constat ouvre la porte à la mise en place d'un schéma de communication simplifié qui permettra de proposer un cadre d'opération s'appuyant sur l'usage des TM dans un cadre d'EVI. La conceptualisation de ce schéma permettra de mieux comprendre l'importance d'amorcer d'autres stratégies de communication lors de la phase de réalisation. La Figure 5.56 illustre la complexité des échanges d'informations lors de la phase de réalisation.

D'abord, il a été établi que les disciplines impliquées doivent communiquer par des processus de partage d'information formel, c'est-à-dire un mode écrit. Ce mode de fonctionnement a comme répercussion de complexifier les échanges entre les intervenants puisqu'ils devront passer par la chaîne de communication établie afin de se partager de l'information conforme en cas de problème. Par exemple, à la suite de la découverte d'une anomalie en chantier, un intervenant de *surveillance* devra rédiger un courriel officiel à l'entreprise concernée avant

qu'une modification ne soit faite sur le terrain. Ce processus entraîne de longs délais d'ajustement en chantier et implique que de nombreux intervenants, autres que ceux qui devraient régler la problématique, seront impliqués. Dans le cas où les intervenants ne passeraient pas par la chaîne de communication, de graves conséquences peuvent survenir étant donné qu'aucune trace des demandes de correction de travaux ne sera retraçable. Ce processus implique finalement non seulement une énorme perte de temps pour les intervenants de chantier puisque chacun des partis attendra que l'information lui soit acheminée avant de procéder, mais également, parce que le projet perd en efficacité et en productivité en raison de lourdeurs administratives.

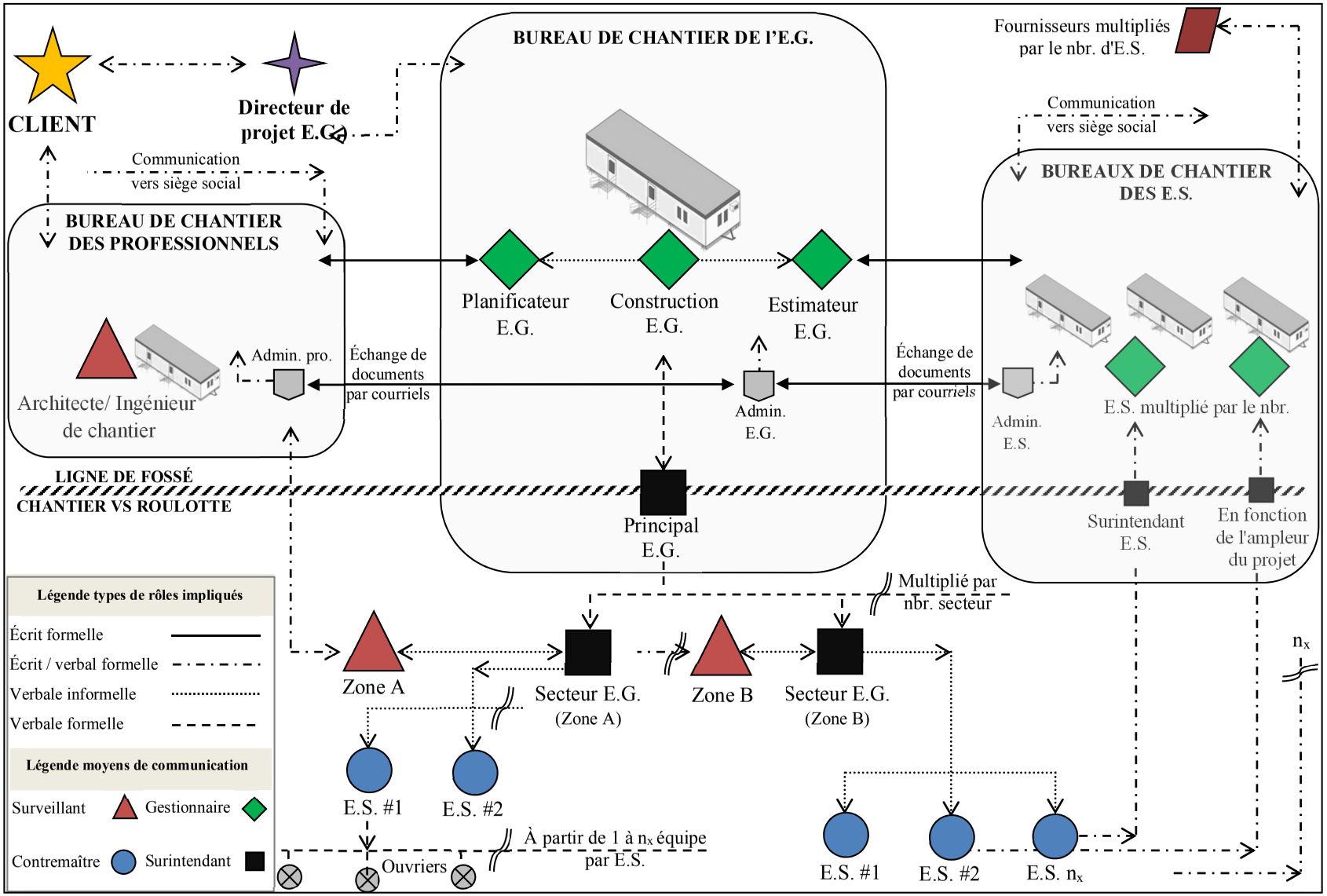



Figure 5.56 Processus de communication traditionnelle

On constate alors qu'afin de pallier les problématiques associées aux délais de transmission de l'information, les intervenants partagent les données de manière verbale et informelle. Les intervenants sur le chantier commencent généralement les travaux avant que l'ensemble des intervenants ne soit impliqué dans le processus. Les intervenants de *terrain* et de *surveillance* utilisent donc deux moyens de communication, soit un qui se définit comme étant informel (verbal) afin de gagner du temps et l'autre, formel (écrit) afin de laisser des traces de leurs actions. Ensuite, une fois les données acheminées aux intervenants de *gestion* impliqués, ceux-ci mettent à jour leurs différents registres et les gestionnaires aviseront les membres de leur organisation respective de la suite des évènements. Ce processus est multiplié par le nombre d'entreprises impliquées dans la phase de réalisation en fonction de la complexité du projet à réaliser.

En s'appuyant sur les éléments mentionnés ci-dessus, il est alors possible d'affirmer que plus un projet sera complexe et de grande dimension, plus il y aura d'intervenants impliqués et, qu'en conséquence, il y aura davantage de canaux de communication et qu'il sera plus difficile de se partager l'information de ce projet et d'y accéder.

On constate également que le client est très peu impliqué lors de la phase de réalisation et que l'information lui est partagée par l'entremise d'intermédiaires, c'est-à-dire généralement par des acteurs non directement impliqués dans le projet. Ceci s'explique en raison du mode de fonctionnement compartimenté de l'industrie. D'abord, le client est alimenté par deux sources d'information officielle en opposition, soit 1) l'entrepreneur général qui souhaite que le projet se termine le plus rapidement possible et 2) les professionnels qui souhaitent faire respecter les exigences des bureaux d'études. Par la suite, chacune de ces parties possède des méthodes différentes de traitement de l'information et d'évaluation de l'avancement du projet en fonction des standards établis à l'intérieur des organisations. En conséquence, puisque les données peuvent différer entre ces deux parties, un climat de tension s'installe et il en résulte habituellement un manque de confiance entre les intervenants.

En somme, il a été observé qu'un fossé sépare les intervenants qui gèrent le projet (équipe *gestion*) et ceux qui construisent le projet (équipe *terrain)*. Ces deux types d'intervenants utilisent deux méthodes de communication différentes, soit la méthode formelle pour les équipes *gestion* et la méthode informelle pour les équipes *terrain*. En revanche, on constate que les intervenants de *surveillance* sont contraints de respecter les processus de communication formels mis en place. Ce processus se résulte par une perte de temps en chantier reliée au temps nécessaire pour saisir, traiter et partager l'information vers les autres intervenants. On s'aperçoit alors qu'une information est gérée et répétée à plusieurs reprises avant que l'ensemble des intervenants impliqués dans une situation ne soit au fait d'une situation donnée. De plus, l'ensemble de l'information est traité de manière manuelle, ce qui occasionne une cassure entre les intervenants de *terrain*, de *gestion* et de *surveillance* étant donné qu'aucun processus n'est mis en place afin d'unifier les méthodes de communication.

À la lumière des résultats de cette étude, tout laisse croire que l'usage des TM dans un cadre d'EVI permettrait d'améliorer la productivité globale d'un projet de construction quant à une amélioration des mécanismes de communication. Néanmoins, afin d'y arriver, une évaluation et une redéfinition des stratégies de communication doivent être faites afin d'aligner les différentes visions des entreprises et d'instaurer un vent de changement dans l'industrie de la construction dans un contexte d'automatisation du contrôle de chantier.

# CHAPITRE 6

# PROPOSITION D'UN CADRE D'OPÉRATION D'UN EVI

En réponse aux problématiques adressées dans ce mémoire de recherche, un cadre d'opération d'un EVI est maintenant proposé afin de pallier les enjeux communicationnels relatifs à l'industrie de la construction. De surcroit, la proposition de ce cadre s'appuie sur l'usage des TM lorsqu'elles sont couplées aux NTIC. Les enjeux identifiés lors de ces travaux ont permis de mettre en lumière que les méthodes traditionnelles de traitement et de gestion de l'information affectent non seulement le temps nécessaire à la résolution des problèmes sur le chantier, mais également la qualité du produit à réaliser. Ceci s'explique par le fait que les intervenants n'ont pas toujours suffisamment d'informations entre les mains afin de prendre la meilleure décision. Il a été défini que l'exploitation des TM améliore l'accessibilité à l'information et que la mise en place d'EVI facilite les communications entre les intervenants dans le cas où les mesures appropriées seraient mises correctement en place. La proposition de ce cadre d'opération a donc pour but d'illustrer comment l'exploitation globale des TM et des NTIC permettrait d'améliorer la productivité de la phase de réalisation.

## 6.1 Proposition du cadre d'opération

La Figure 6.1 présente un cadre d'opération dans l'objectif d'établir des stratégies d'unification des processus de collecte et de traitement de l'information en phase de réalisation. Ce cadre vise à appuyer les processus de contrôle de la qualité, de suivi des matériaux, de la machinerie et de la mise en service du bâtiment. Il vise à centraliser l'information vers une base de données unique afin de limiter les canaux de communication à l'intérieur des équipes et des intervenants de projets. La mise en place d'un EVI fournit une solution afin d'unifier les méthodes de communication. Dans ce contexte, le rôle des TM est de servir de catalyseur de l'information pour permettre de visualiser et de transmettre efficacement un ensemble de données dans la chaîne d'approvisionnement du projet.

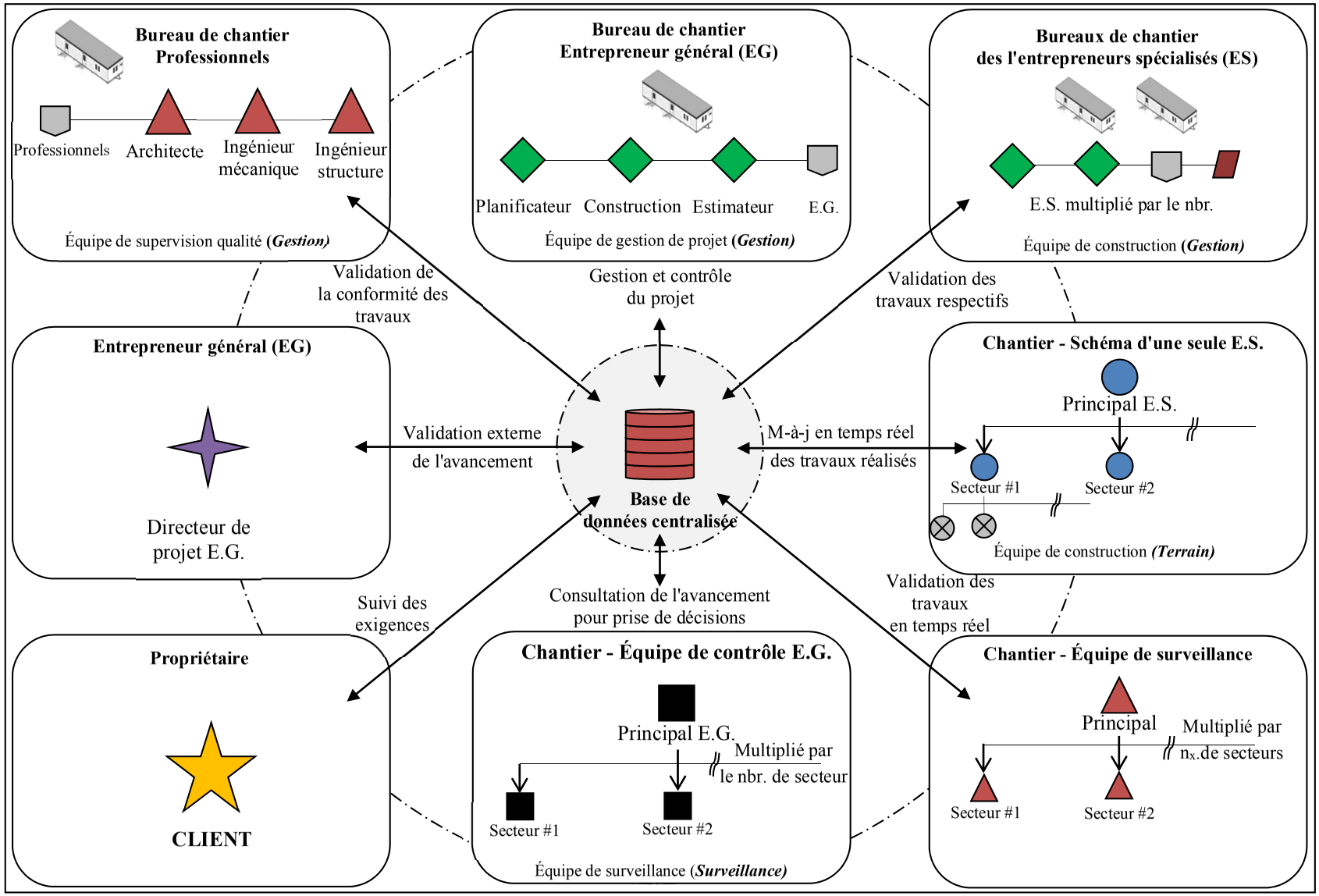



Figure 6.1 Processus de communication dans un contexte EVI (voir légende page 181)

En se référant au cadre proposé ci-dessus, les TM ont le potentiel de briser les silos de communication créés par les mécanismes de communication traditionnelle, et ce, non seulement entre les diverses entreprises impliquées, mais également au sein d'une même entreprise. Précisément, il a été constaté, lors des observations en chantier, qu'un fossé séparait les intervenants de *gestion* et de *terrain* issus d'une même organisation étant donné que les moyens et les outils permettant de communiquer sont différents. Parallèlement, il a été observé que les intervenants de *surveillance* doivent composer avec un système de communication à deux vitesses. D'une part, la voie lente qui suit les processus officiels de transmission de l'information. Et d'autre part, la voie rapide qui partage l'information de manière informelle, c'est-à-dire verbalement, afin d'accélérer le processus et d'éviter une démobilisation de la main d'œuvre exécutant les travaux. Les intervenants de *surveillance* sont alors très exposés au risque qu'une information, cheminant par la voie officielle, n'ait pas le temps de passer à travers la chaîne de communication traditionnelle. Cette situation a comme répercussion de se conjuguer par des erreurs en chantier générant des coûts supplémentaires sur le projet. Afin de pallier cet enjeu, les intervenants de *surveillance* transmettent plusieurs informations de manière verbale directement aux intervenants de *terrain*, et ce, même si cela représente un risque.

Les TM ont alors la capacité de créer des passerelles de communication non seulement entre les disciplines impliquées dans le projet, mais également parmi les intervenants d'une même entreprise. En outre, la mise en place d'un EVI a le potentiel d'unifier les processus de communication pour accélérer le cheminement d'information formelle vers les intervenants devant exécuter les travaux. Toutefois, les applications sélectionnées doivent avoir les fonctionnalités requises. En l'occurrence, les applications ciblées dans le but de répondre à ce mandat se caractérisent par des applications dites logicielles et doivent s'aligner avec la définition d'un niveau de maturité 4. En somme, l'objectif final de l'exploitation de ces outils est de mettre en place des procédures d'automatisation des mécanismes de collecte, de gestion et de traitement de l'information lors de la phase de réalisation. Néanmoins, l'un des enjeux liés au fait d'unifier les processus de communication est qu'une discipline ou une entreprise ne fait

Rapport-Gratuit.com

pas usage de la séquence d'opérations établie. La conséquence de cette non-utilisation est de doubler les canaux de communication en chantier et de limiter le potentiel d'amélioration de l'efficacité du transfert automatisé de l'information.

Dans ce même ordre d'idées, les applications logicielles sélectionnées dans le but de créer des environnements collaboratifs doivent permettre une certaine latitude dans la mise en place de séquences d'opérations personnalisées. L'une des premières mesures suggérées est de confier l'implantation à un gestionnaire technologique compétent. Celui-ci aura d'abord comme mandat de fédérer les intervenants autour d'un processus unifié et automatisé puis de fournir une assistance technique aux utilisateurs et aux entreprises impliquées. Du point de vue technique, l'application sélectionnée devra permettre de gérer les accès aux données, c'est-à-dire que les données entrées dans le système pourront donc être visibles ou invisibles en fonction des configurations mises en place par le gestionnaire technologique. Ces configurations pourront être, par exemple, la gestion d'un utilisateur ou d'un groupe d'utilisateurs, l'enregistrement des modifications apportées aux données par un intervenant ou encore, le droit de modifier ou de non des données[18]. Ces quelques fonctionnalités faciliteront la mise en place d'un tel système d'opérations et permettront au groupe d'avoir confiance en celui-ci.

Finalement, la conceptualisation de ce cadre d'opération n'a pas pour objectif de limiter les échanges verbaux entre les intervenants, mais plutôt que les intervenants soient en mesure d'échanger davantage et d'économiser du temps de partage et de traitement de données. Il a été démontré qu'une même information peut être entrée dans les logiciels de gestion des entreprises en moyenne sept fois en cours d'un projet (Danielsen, 2007). Or, la mise en place d'un cadre d'opération axé vers la centralisation, l'automatisation de la collecte et de la gestion de l'information permettrait de limiter les pertes de temps et de qualité de l'information liée à la

---

[18] ***Note*** : Communément appelé historique d'évènements.

multiple manipulation de celle-ci. En fin de compte, l'usage généralisé des TM dans un cadre collaboratif offre la chance de mettre en place des stratégies innovantes en matière de traitement de l'information automatisée à travers l'emploi des technologies infonuagiques. À travers leur simplicité d'utilisation, l'exploitation des TM doit inciter le secteur de la construction à faire une rétrospective sur les méthodes traditionnelles en vigueur dans le secteur au profit d'une exploitation plus massive des NTIC en appui au processus de communication et de collaboration du projet à réaliser.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

# CHAPITRE 7

# RECOMMANDATIONS

L'évolution des TM dans le secteur de la construction appelle à s'interroger sur les pratiques traditionnelles en vigueur dans l'industrie, et ce, principalement en matière de collaboration entre les entreprises engagées dans le processus de réalisation. Tel que mentionné en début de ce mémoire, la fragmentation des intervenants a comme répercussion d'affecter le transfert efficace de l'information sur l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement des projets. L'émergence des NTIC offre désormais de nouvelles avenues de soutien au processus communicationnel lors de cette phase de projet. Il a été démontré précédemment que l'usage d'un EVI a le potentiel de métamorphoser les pratiques en vigueur en fonction d'une centralisation de l'information par l'unification des méthodes de travail. Ce dernier chapitre se veut un guide, présenté sous forme de recommandations, pour les entreprises ayant l'intention d'implanter les TM dans un contexte d'EVI au sein de leurs activités. Les sujets abordés seront les suivants : 1) les stratégies d'intégration, 2) l'évaluation des objectifs et 3) la rétrospection des bénéfices. Une synthèse sera finalement présentée sous format d'un schéma conceptuel.

## 7.1 Définition d'une stratégie d'intégration

Indépendamment du niveau d'utilisation visé, l'implantation des TM a pour objet de répondre à un besoin spécifique. Afin d’atteindre celui-ci, il est important de mettre en place des stratégies permettant la réussite du projet technologique et d'ainsi, éviter les cas l'échec liés à une implantation non encadrée. Cet échec pourrait avoir des répercussions négatives sur la mise en route d'autres projets de mobilité non seulement en raison des pertes monétaires encaissées par l'entreprise, mais également d’une perte de temps et de confiance envers les TM. Il est donc primordial de mettre en place une stratégie adaptée aux besoins favorisant le succès d'un projet technologique. Voici donc une série de mesures permettant d'orienter les

premiers pas d'une stratégie d'intégration : 1) intégrez les utilisateurs, 2) soyez visionnaire, mais pragmatique, 3) soyez flexible, mais rigoureux, et 4) mettez en place des projets pilotes.

**Stratégie #1 - Intégrez les utilisateurs**

Une fois la décision prise d'implanter les TM au sein de l'entreprise, il est important d'intégrer les utilisateurs primaires dans le processus de mise en place. Les raisons principales appuyant cette stratégie sont, d'une part, pour tenter d'éviter une trop forte résistance aux changements et, d'autre part, pour stimuler les utilisateurs afin qu'ils s'approprient le projet technologique. Cette intégration prématurée permettra aux intervenants de s'acclimater à l'arrivée d'un nouveau processus de travail et aux futurs usagers d'être en mesure de fournir leur opinion en toute connaissance de cause. Néanmoins, le degré d'implication des utilisateurs variera en fonction du niveau de maturité projeté. Par exemple, dans le cas d'un niveau d'utilisation 1 et 2, seuls les manipulateurs directs de l'appareil peuvent être consultés et intégrés lors du cycle de mise en place. En revanche, les niveaux 3 et 4 appellent à une transformation plus radicale des méthodes de travail et exigeront une consultation des utilisateurs directs et indirects de la TM. Les utilisateurs directs sont ceux utilisant la TM pour catalyser l'information tandis que les utilisateurs indirects correspondent à ceux qui consulteront l'information une fois qu'elle sera collectée, par exemple, les gestionnaires de projet. Quoi qu'il en soit, il est important d'intégrer l'ensemble des intervenants pour maximiser les chances de réussite dans tous les cas de figure.

**Stratégie #2 - Soyez visionnaire, mais pragmatique**

Il important d'identifier des cibles à court, à moyen et à long termes afin d'atteindre un objectif plus grand et d'ainsi limiter un avortement du projet. Par exemple, une entreprise visant à utiliser une application dans un esprit de niveau 4, mais qui n'a jamais fait l'usage de ce type de technologie, risque de se buter à de nombreuses problématiques non envisagées. L'un des dangers identifiés avec les TM est le contexte ludique avec lequel ce type de technologie est souvent associé. En réalité, malgré le fait que les TM sont représentées comme étant des outils simples et conviviaux, les décideurs estiment généralement que leur intégration sera sans

adversité. Or, il a été observé que l'implantation des TM, spécialement dans une équipe néophyte, apporte son lot de difficultés, tant humaines, technologiques, qu'organisationnelles. En réalité, plus le niveau de maturité sélectionné sera élevé, plus le degré de difficulté sera rehaussé. Conséquemment, il est conseillé de découper l'implantation par étapes afin de risquer l'abandon du projet

**Stratégie #3 - Soyez flexible, mais rigoureux**

Cette stratégie d'intégration s'adresse principalement au contexte d'utilisation des niveaux 3 et 4 puisqu'une séquence d'opérations devra être mise sur pied. L'une des raisons qui expliquent la bonne performance des applications logicielles est le découpage de l'information et la création d'une nomenclature avant sa mise en place. En fait, la mise sur pied d'une séquence d'opérations aura pour effet de permettre à l'information d'être traitée et manipulée par les usagers selon différents critères. L'une des répercussions associées à un mauvais contrôle, voire découpage, de l'information est de menacer l'intégrité de l'application logicielle. L'une de ces répercussions immédiates sera le délaissement des utilisateurs de l'application qui se traduira généralement par un esprit de méfiance envers les TM. Il est donc prioritaire d'établir des règles et des manières de procéder claires et précises afin d'atteindre les objectifs escomptés. L'intégrateur se devra donc d'établir une structure rigoureuse de l'information. L'une des méthodes généralement utilisées est le découpage en fonction de groupe de travail, c'est-à-dire réunir l'ensemble des intervenants d'une discipline, par exemple les intervenants s'occupant de l'enveloppe du bâtiment, lors d'une rencontre ayant comme but l'unification des méthodes de travail. L'objet principal de la rencontre sera de créer une séquence d'opérations correspondant aux besoins de tous les intervenants. Pour y arriver, il est conseillé de rencontrer simultanément les équipes dites de terrain, de gestion et de surveillance. Il se peut que cette étape soit périlleuse, soyez flexible, mais ne perdez pas de vue l'importance du découpage de l'information, puisque celle-ci est la clé du succès.

**Stratégie #4 - Mettez en place des projets pilotes**

La mise en place de projet pilote peut s'avérer une avenue très intéressante pour intégrer les TM dans des équipes de travail et essayer plusieurs options jugées intéressantes. Peu importe

le degré de maturité ciblé, l'utilisation du projet pilote permettra à une entreprise de valider ses choix technologiques à travers des essais concrets. Il est suggéré de tenter des projets pilotes tant auprès des intervenants convaincus qu'auprès des détracteurs du projet. Cette procédure permettra de rejoindre un maximum d'intervenants en plus de comprendre la situation sous différents angles. Néanmoins, le principal danger guettant le projet pilote est l'absence de barèmes permettant de valider les solutions technologiques sélectionnées. À ce propos, des barèmes d'évaluation se doivent d'être mis en place afin de s'assurer de la correspondance de l'application avec les objectifs ciblés et les retombées réelles sur le projet. Un projet pilote sera considéré comme non valide si aucun barème d'évaluation n'est mis en place puisque seule une information arbitraire sera extraite de ces tests. La durée du projet pilote peut varier d'une semaine à quelques mois en fonction du niveau de maturité ciblé. Il ne faut pas hésiter à aller sur le terrain afin de valider quelques éléments avec les utilisateurs de premières lignes et, dans le cas d'une application logicielle de niveau 3 ou 4, de valider auprès des intervenants de gestion et de surveillance. Finalement, dans le cas d'une initiation avec les TM, n'hésitez pas à acheter quelques appareils à vos équipes et à les tester simultanément avant une intégration complète. D'une part, les utilisateurs néophytes pourront tirer profit d'un temps d'apprentissage avec ces appareils et, d'autre part, les utilisateurs convaincus pourront voir des solutions de rechange ou des problématiques non détectables lors d’essais en salle de test.

## 7.2 Évaluation des objectifs d'intégration

L'évaluation des objectifs représente un élément déterminant pour le succès de l’intégration des TM dans les processus d'une entreprise. Afin de s'assurer que les TM répondront à un besoin déterminé, il est recommandé d'établir des objectifs qui serviront de guide lors de la sélection d'outils et d'applications mobiles, et ce, indépendamment du niveau de maturité souhaité. L'une des difficultés reliées aux TM est l'abondance sur le marché des appareils et des applications qui leur sont associés. De nombreux fournisseurs, souvent concepteurs d'applications, identifieront leur solution comme étant celle permettant à une entreprise de se démarquer de la concurrence. Or, la réalité de l'utilisateur et du concepteur sont généralement

très différente, et il vaut mieux prendre du recul afin d'identifier plusieurs solutions technologiques en fonction de besoins spécifiques. Il est conseillé de cibler des objectifs internes à l'entreprise, voire externes dans le cas de maturité 3 ou 4, afin d'optimiser l'intégration des TM. Voici deux mesures permettant d'orienter les premiers pas d'une d'intégration technologique : 1) Cibler les objectifs propres à votre entreprise et 2) Cibler des objectifs communs avec vos partenaires.

**Évaluation #1 - Cibler les objectifs propres à votre entreprise**

Cette évaluation d'objectifs s'adresse à un contexte d'utilisation des niveaux 1 à 3 étant donné que ceux-ci consistent généralement en des changements internes à une entreprise. Dans un premier temps, l'avènement de masses des TM performantes encourage de nombreuses entreprises à les intégrer au sein de leur équipe de travail. Malgré le fait que certaines entreprises fournissent des appareils uniquement pour la consultation de courriels, d'autres entreprises décident d'utiliser les TM afin de partager des documents ou des notes. Il est alors suggéré de faire une recherche approfondie et régulière sur le marché afin de connaître les possibilités offertes pour en identifier celles s'alignant avec les objectifs internes de l'organisation. Il est reconnu que les applications évoluent rapidement et que de nouvelles solutions apparaissent promptement sur le marché. Il est estimé que la flotte d'applications se renouvelle tous les trois à cinq mois. Dans un second temps, dans la situation d'une entreprise désirant implanter des solutions mobiles à faible coût (niveaux 1 et 2), il est suggéré de fournir un budget aux futurs utilisateurs et de les encourager à essayer plusieurs applications qui pourraient s'aligner avec leurs besoins. Après la période de test, les utilisateurs pourront alors être appelés à discuter des applications découvertes et à les partager avec leurs pairs. Ce mécanisme d'intégration a comme avantage de stimuler les futurs usagers à employer les TM et, dans le cas d'utilisateurs néophytes, de les familiariser avec ce type d'outils.

**Évaluation # 2 - Cibler des objectifs communs et désigner un intégrateur unique**

Cette évaluation de bénéfices s'adresse à un contexte d'utilisation de niveau 4 puisqu'une séquence d'opérations devra être mise sur pied avec des entreprises partenaires. D'abord, dans le cas d'un regroupement d'entreprises désirant implanter une application d'administration et

de gestion de projet, il est important qu'une entreprise établisse ses propres objectifs. Cette identification permettra à une entreprise d'identifier ses propres objectifs et de participer activement au processus de mise en place d'une application logicielle lors de la réalisation d'un projet. Par la suite, des objectifs communs pourront être mis en place en exposant les enjeux internes et externes des entreprises impliquées. Dans le but d'arriver à la mise en place d'une application logicielle de niveau 4, un intervenant commun et unique doit être désigné comme étant le responsable de l'intégration afin d'assurer le lien entre les décideurs et les utilisateurs. L'intégrateur, désigné comme le gestionnaire de projet technologique (Manager IT ou Mobile IT), aura comme mandat de proposer et de construire les séquences d'opérations (workflow), de déterminer une nomenclature commune, de valider les processus avec les utilisateurs de terrain, de gestion et de surveillance, de fournir un soutien technique (Hotline / Redline) et de faire une liaison avec le fournisseur / concepteur de l'application logicielle sélectionnée. Le gestionnaire de projet technologique doit être rigoureux et à l'écoute tant des besoins des utilisateurs des TM sur le terrain, que ceux faisant usage des données issues de l'application logicielle. Néanmoins, il est conseillé que chacune des entreprises désigne un intervenant clé qui possède les moyens de partager non seulement les besoins et objectifs, mais également les défis techniques ou organisationnels de son entreprise.

## 7.3 Rétrospection des bénéfices

L'étape la plus importante permettant de valider les retombées réelles de l'emploi des TM au sein des groupes de travail est la rétrospective des bénéfices. Se doter de mécanismes d'autoévaluation permet une rétrospective qui fournit les moyens nécessaires aux entreprises afin de valider leurs choix technologiques et de limiter les cas d'échec à court, à moyen et à long termes. Il est recommandé d'identifier des mesures permettant de valider les bénéfices des TM. Voici deux suggestions permettant de créer des barèmes d'évaluation, soit : 1) la mise en place de point de mesure et 2) l'identification d'indicateurs de performance.

**Rétrospection #1 - Identifiez des points de mesure**

L'identification de points de mesure est un moyen d'évaluer une série d'applications à court terme. Ce moyen d'autoévaluation peut s'avérer très utile pendant ou après la réalisation d'un projet pilote, spécialement si l'entreprise hésite entre plusieurs applications. Il est important de trouver des mesures simples et efficaces avec lesquelles il sera possible d'évaluer rapidement les retombées d'une application. L'identification de points de mesure se définit comme étant des barèmes permettant d'évaluer une application mobile sous différents aspects, par exemple, sa facilité d'utilisation, ses limites, ses fonctionnalités ou encore, son coût global en fonction des retombées sur le projet. Afin de recueillir certaines données, des questionnaires très simples peuvent être acheminés aux utilisateurs et des rencontres individuelles ou de groupe peuvent être réalisées. L'identification de point de mesure est en parallèle à l'identification des besoins puisqu'elle permettra de contre-valider si les fonctionnalités de l'application correspondent aux besoins préliminaires ciblés par l'entreprise. L'identification de points de mesure permettra de se doter d'une plus grande marge de manœuvre afin d'évaluer une application. Il est conseillé de valider avec plusieurs individus en provenance de divers contextes ou projets pour éviter un jugement arbitraire d'une application selon une bonne ou une mauvaise l'expérience d'un seul individu.

**Rétrospection #2 - Identifiez des indicateurs de performance**

L'emploi d'indicateurs de performance est pour les entreprises averties en matière de technologies et s'adresse spécialement aux applications logicielles de niveau 4, voire de niveau 3. L'usage d'indicateurs de performance permettra de connaître les retombées réelles d'une application logicielle sur le projet à moyen et à long termes. La mise en place d'indicateurs de performance est complexe et longue et elle demande des connaissances importantes en matière de projet de construction et spécifiquement sur les bénéfices potentiels que peuvent fournir les TM dans un contexte de communication et de collaboration. L'usage de ce type de barèmes permettra à une entreprise de s'autoévaluer sur une longue période avec des critères d'évaluation définis permettant de démontrer et d'identifier les bénéfices atteints. La démonstration des bénéfices est un point déterminant dans des perspectives interne et externe. D'abord, le côté interne représente l'aspect patronal et administratif. Ensuite, le côté externe

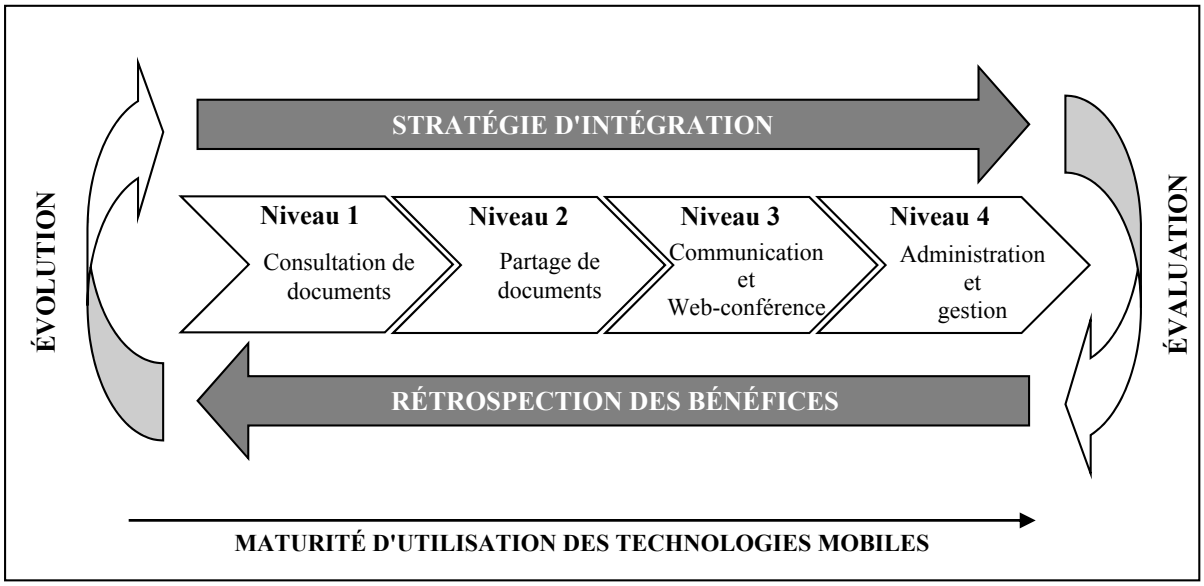
Rapport-Gratuit.com

représente les collaborateurs en provenance d'autres disciplines ou parties prenantes, par exemple, le client, les firmes de professionnels, les entrepreneurs spécialisés, voire même les fournisseurs. D'un point de vue interne, la mise en place de mesure de performance permettra à une entreprise d'obtenir des éléments tangibles afin de démontrer les retombées sur un projet. La mise en place de ce moyen est susceptible d'encourager une entreprise à investir, voire investir davantage, dans les TM ou de continuer le développement technologique en phase de réalisation. D'un point de vue externe, l'emploi d'indicateurs de performance permettra de démontrer les bénéfices d'exploitation liés aux TM. L'usage d'indicateurs de performance permettra de justifier l'intention d'une entreprise à implanter une application logicielle dans un cadre d'administration et de gestion dans l'objectif d'unifier les processus de communication. Ce mémoire présentait déjà quelques pistes de solution permettant de rédiger quelques indicateurs, soit 1) L'Économie de temps, 2) Suivi des coûts, 3) Suivi de la qualité, 4) Gestion de projet et 5) Rendement personnel.

## 7.4 Synthèse

À la lumière des recommandations présentées ci-dessus, la mise en place de stratégies, d'objectifs et de moyens permettant d'obtenir une rétrospective de l'usage des TM permettra de valider l'atteinte des objectifs attendus à court, à moyen et à long termes. La Figure 7.1 propose un schéma conceptuel du cycle d'intégration des TM, indépendamment du niveau de maturité ciblé, et encourage les entreprises à faire évoluer leur usage des TM à travers un cycle évolutif. La figure propose un cycle d'évolution continu à travers l'évaluation de la mise en place des TM. La figure propose une séquence regroupant l'identification des besoins, l'établissement de stratégies internes et externes, l'évaluation des retombées et une rétrospection des outils sélectionnés.

Figure 7.1 Conceptualisation de l'intégration et évaluation des TM




En référence à la Figure ci-dessus, il est recommandé qu'une entreprise néophyte dans l'emploi des TM exécute des essais sur une courte période dans une perspective de maturité de niveau 1 à 3. L'objectif est de familiariser les utilisateurs de première ligne et de stimuler leur curiosité à l'égard des TM. Toutefois, l'objectif ultime de ce mémoire est de promouvoir l'usage des TM dans un cadre intégré à l'ensemble des intervenants d'un projet, soit dans une perspective d'EVI.

À ce propos, l'usage d'un EVI a pour mandat la mise en application de solutions de partage, de gestion et de traitement de l'information au sein des intervenants impliqués dans la phase de réalisation. Tel que mentionné en début de ce mémoire, l'objectif primaire de l'EVI est la mise en place d'application logicielle axée vers le partage et la centralisation de l'information. De manière explicite, l'usage des applications logicielles a pour mandat de créer des passerelles de communication entre les intervenants d'un même projet, soit les équipes de terrain, de gestion et de surveillance.

L'ensemble des recommandations présentées dans ce chapitre a donc comme mission d'encourager l'industrie de la construction à prendre un virage technologique axé vers l'implantation d'un cadre collaboratif sur le chantier.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

# CONCLUSION

Les objectifs principaux de ce mémoire ont ciblé, d'une part, le développement d'une ontologie et d'une définition de caractéristiques intrinsèques des technologies mobiles (TM) et, d'autre part, la proposition d'un cadre d'opération d'un environnement virtuel intégré (EVI) lors de la phase de réalisation. Ces travaux de recherche ont démontré comment les TM s'avèrent être un levier important dans la modernisation des mécanismes de communication en chantier par la réalisation de deux phases. D'abord, puisque l'exploitation de TM fournit une mobilité et une centralisation de l'information et, ensuite, puisqu'elles permettent de limiter les canaux de communication parmi les intervenants lorsqu'elles sont utilisées dans un contexte d'EVI. Toutefois, le foisonnement technologique et la surabondance des applications logicielles complexifient la sélection technologique ainsi que sa mise en place en situation réelle. Ces facteurs ont pour conséquence, d'une part, d'affecter les bénéfices et les retombées des TM appliquées lors de la phase de relatinisation et, d'autre part, de compromettre les cibles d'implémentation fixées par les entreprises.

La Phase 1 de ce projet a permis de conceptualiser un cadre d'évaluation permettant de juger le niveau de potentiel des différentes applications mobiles sous une échelle de maturité à quatre échelons, soit 1) la consultation de documents, 2) le partage de documents, 3) la communication et la web-conférence et 4) l'administration et la gestion. Ce cadre propose aux entreprises un ensemble de connaissances afin de les soutenir et de les guider vers une exploitation efficace et pragmatique de la TM en phase de réalisation de projet. Celui-ci suggère un éventail d'usages permettant aux entreprises d'aligner leurs choix technologiques à leurs objectifs d'utilisation. Ce cadre met en place un premier canevas, non seulement plus adapté au contexte de l'industrie de la construction, mais également à celui de l'intégration d'un EVI lors de la phase de réalisation de projets. Toutefois, la finalité de ce cadre est l'atteinte du niveau 4 puisque celui-ci a pour but de pousser l'industrie de la construction à collaborer davantage en unifiant ses processus de communication en phase de réalisation et de permettre l'automatisation du cheminement de l'information en chantier.

Appuyant ces propos, il a été démontré que l'emploi des TM en construction n'est pas un phénomène nouveau, mais que leur usage actuel s'oriente davantage vers un mode passif, et ce, malgré l'évolution des technologies nuagiques. L'emploi dit passif des TM a été défini comme étant un usage n'ayant aucun impact pour le suivi et l'administration des projets, par exemple, la consultation unique de documents ou encore l'annotation de plans pour des fins personnelles. Or, les avancées récentes en matière technologique offrent de nouvelles occasions d'intégrer les technologies informatiques dans l'objectif d'améliorer les mécanismes de transfert et de gestion de l'information en chantier. La plupart des entreprises identifient pourtant les TM comme étant des vecteurs de changement, mais peu d'entre elles choisissent de les intégrer dans un environnement de centralisation de l'information. Les raisons qui ont été invoquées lors des études de cas sont le manque de temps pour évaluer les logiciels sur le marché et la résistance aux changements de l'ensemble des intervenants lors de cette phase.

De nombreuses études dénotent pourtant que la fragmentation des groupes d'intervenants et des entreprises œuvrant dans le secteur de la construction affecte son efficacité globale et représente son plus grand enjeu vers l'atteinte des objectifs de projets. En dépit d'une présence accrue des technologies lors des phases de conception et de planification de projet, la situation des technologies informatiques en chantier est faible, voire inexistante. L'emploi des TM peut donc s'avérer une solution viable afin de catalyser l'information lors du processus du suivi et d'administration du projet et de limiter les canaux de communication.

La Phase 2 de ce mémoire avait pour mandat le développement d'un cadre d'opération dans le but de fournir des pistes de solutions vers l'intégration d'un EVI dans la phase de réalisation ainsi qu'une exploitation dans un mode actif des TM. L'un des objectifs visait à démontrer à l'industrie le potentiel d'amélioration relié à l'usage des TM afin que le secteur soit en mesure de moderniser ses processus de communication lors de la phase de construction. La recherche s'est donc appuyée sur la réalisation d'étude de cas afin de démontrer les bénéfices et les retombées réels à travers des usages concrets de la TM dans un contexte de chantier. La Phase 2 visait à démontrer à l'industrie l'importance d'automatiser ses processus de gestion et de

traitement de l'information en chantier à travers cinq axes de transformation orientés vers l'exploitation des NTIC. Ces cinq axes d'amélioration sont : 1) l'Économie de temps, 2) le Suivi des coûts, 3) le Suivi de la qualité, 4) la Gestion de projet et 5) le Rendement personnel. À la lumière des résultats obtenus après l'usage des applications logicielles lors des études de cas, les principaux axes de bénéfices sont l'économie de temps et la gestion de projet. Plus précisément, à la suite de l'usage des différentes applications logicielles, les principales retombées ressenties par les utilisateurs sont les suivantes : 1) la rapidité de partage de l'information, 2) le partage de l'information avec les différentes entreprises dans le projet, 3) l'identification des problèmes sur le site et 4) la rapidité d'acquisition en temps réel. D'ailleurs, certains intervenants ont même mentionné qu'aucun retour en arrière ne serait désormais possible à la suite de leur usage de l'application logicielle.

*« L'usage de l'application est véritablement devenu incroyable, c'est devenu un outil indispensable pour le suivi des travaux en chantier. Je fais non seulement ma surveillance de chantier, mais je prépare également mes rencontres de coordination avec mon patron. Sans Latista, je me dis que cela aurait été impossible d'avoir un suivi aussi présent et d'avoir toute cette information à disposition. »*

*Surveillant qualité*

Ce mémoire suggère l'intégration d'un environnement facilitant l'accès et le partage de l'information lors de la phase de construction afin que le secteur puisse améliorer sa productivité globale. Cet environnement propose l'unification des stratégies de collecte et de traitement des données au sein des intervenants provenant des nombreuses entreprises impliquées lors de la phase de réalisation. Toutefois, ce projet n'est pas une fin, mais plutôt le premier pas vers une automatisation et une informatisation du processus de collecte et de traitement de l'information en chantier. Les technologies continueront d'évoluer et de se transformer au fil des ans. Il est donc primordial que l'industrie de la construction modernise ses pratiques et demeure au fût des avancées technologiques et infonuagiques de demain afin d'exploiter au maximum les avantages des technologies lors de la phase de réalisation. La prochaine évolution de l'industrie de la construction se trouve maintenant dans la gestion du

cheminement de l'information parmi les diverses entreprises impliquées, facteur qui est critique au succès du projet. L'avenir technologique de l'industrie de la construction doit s'orienter vers l'emploi des NTIC lors de l'ensemble de ses phases, mais plus particulièrement lors de la phase de réalisation afin de soutenir l'échange d'information.

## FUTURS TRAVAUX

- Accompagner un projet de construction dans son intégration ou son utilisation d'un EVI afin de développer et de mettre en place des indicateurs de performance permettant de juger plus efficacement les retombées sur un projet.

- Stratifier le niveau de maturité 4 sous diverses catégories permettant de mieux calibrer les niveaux de maturité des entreprises.

- Développer une grille d'analyse permettant d'appuyer les entreprises à cibler leurs besoins dès le début d'un projet de mobilité.

## ANNEXE I

## DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES NIVEAUX DE MATURITÉ

### MATURITÉ DE NIVEAU 1 : CONSULTATION DE DOCUMENTS

La Catégorie 1 correspond à la visualisation de documents numériques à partir d'un appareil mobile. Elle est utilisée dans un contexte passif puisque l'utilisateur engendre de l'information statique d'où il aura à exécuter d'autres manipulations pour la traiter et la partager. La base de données est générée et consultée par l'utilisateur et il y dépose seulement les documents dont il a besoin pour effectuer ses tâches personnelles.

Tableau-A I-1 Niveau 1 : Consultation de documents

| CHAMPS D'APPLICATION | DESCRIPTION | FONCTIONNALITÉS |
|---|---|---|
| Usage personnel de la TM dans un contexte passif. Utilisé pour consulter des documents pour effectuer une tâche unique. | Permet de visualiser des documents numériques avec des applications d'annotation de base. Les notes générées ne sont pas paramétrées et leur gestion est manuelle. | ▪ Prise de note personnelle;<br>▪ Consultation de documents;<br>▪ Création d'une base de données personnelle. |

**Cas de figure**[19] : Jean est un inspecteur de chantier. Il possède une tablette qui est munie de *Dropbox* pour accéder aux plans dont il a besoin. Ce matin, il doit inspecter une série de locaux à l'étage 8. Jean téléverse le plan de l'étage désiré dans *Dropbox* et synchronise la base de données sur son iPad. Une fois sur le chantier, Jean ouvre le plan de l'étage 8 et prend des notes personnelles. Une fois de retour au bureau, Jean ouvre son ordinateur et consulte les notes prises. La plupart de celles-ci seront transmises verbalement, tandis que Jean écrira des courriels aux personnes touchées en guise de résumé de visite. Il est à noter que Jean ne partage pas ses plans annotés avec son équipe de projet.

---

[19] ***Note*** : Les noms qui seront utilisés dans les prochains cas de figure son*t* des nom*s* fictifs. En aucun t*emps,* l'identité des participants ne sera d*ivulguée.*

Rapport-Gratuit.com

| EXPLOITATION D'UNE TABLETTE NUMÉRIQUE POUR SUR LE CHANTIER PAR UN INTERVENANT DE *SURVEILLANCE* |
|---|
| |

Figure A-I-1 Utilisation d'une application dans un cadre personnel

**MATURITÉ DE NIVEAU 2 : PARTAGE DE DOCUMENTS**

La Catégorie 2 représente le partage de documents à travers une base de données commune et accessible à l'aide de divers appareils tant mobiles (ex. : téléphone intelligent) que statiques (ex. : ordinateur). La base de données est générée par un utilisateur responsable de la maintenir à jour. Le responsable attribue les accès et gère les utilisateurs. Les documents s'y trouvant ne peuvent pas être annotés ou modifiés, mais les usagers peuvent consulter les documents dont ils ont besoin pour exécuter leurs tâches.

Tableau-A I-2 Niveau 2 : Partage de documents

| CHAMPS D'APPLICATION | DESCRIPTION | FONCTIONNALITÉS |
|---|---|---|
| Accès multi-usagers à une base de données. Accès à l'ensemble des documents d'un projet. Aucune modification ou annotation ne peut être faite sur les documents consultés. | Permet de partager des documents à l'aide d'un emplacement partagé sur le réseau.<br>Exemple : serveur privé, service d'infonuagique (*Cloud*), etc. | ▪ Permet d'accéder à divers types de documents;<br>▪ Permet de créer des bases de données centralisées multi-usagers;<br>▪ Peut être utilisé sur un appareil mobile ou sur un ordinateur |

**Cas de figure** : Paul est un gestionnaire de projets pour le compte d'une entreprise spécialisée en construction de bâtiment. L'un de ses surintendants lui fait un compte rendu de l'avancement journalier des tâches en utilisant un chiffrier électronique (Excel) et il téléverse ensuite le document en format PDF sur le réseau. Le surintendant accède le lendemain aux comptes rendus du surintendant et constate l'avancement des travaux réalisés la veille. N'étant pas certain d'une note de son surintendant, il communique avec lui par téléphone afin de confirmer certains détails. Ayant trouvé réponse à ses questions, Paul communique avec le gestionnaire de l'entrepreneur général afin de lui faire part de l'avancement des travaux et lui rappelle qu'un courriel lui sera envoyé afin de faire une planification des activités pour les prochaines semaines.

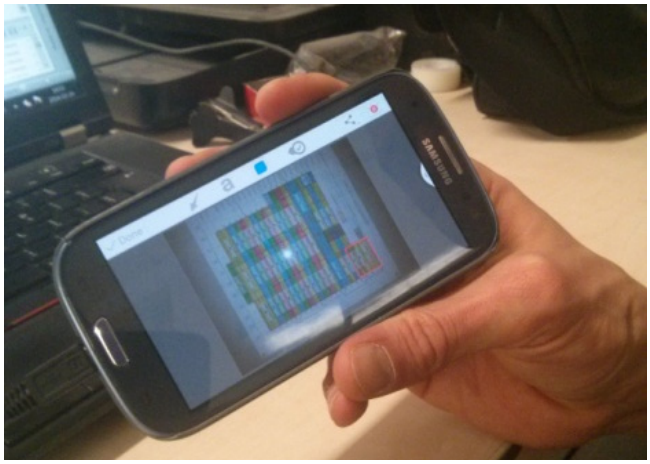
| EXPLOITATION DE DONNÉES STATIQUES SUR UNE TÉLÉPHONE MOBILE PAR UN INTERVENANT DE *GESTION* |
| --- |
|  |

Figure-A I-2 Utilisation d'un téléphone intelligent pour consulter des données

**MATURITÉ DE NIVEAU 3 : COMMUNICATION ET WEBCONFÉRENCE**

La Catégorie 3 représente le volet communication tant d'un point de vue *oral* qu'*écrit*. Cette catégorie se situe à la limite d'un mode actif compte tenu de la nature de son utilisation. D'abord, le volet dit *oral* correspond aux applications permettant de communiquer à l'aide de conférence audiovisuelle. Ensuite, le volet dit *écrit* correspond aux applications permettant d'annoter des documents sur une base de données centralisée. Le volet *oral* permet aux utilisateurs de communiquer plus facilement avec les intervenants, tandis que le volet *écrit*

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

permet de partager des annotations à un ensemble d'intervenants. Les données peuvent être transmises en temps réel, toutefois l'information demeure statique sur le document annoté et d'autres manipulations devront avoir lieu pour la traiter.

Tableau-A I-3: Niveau 3 : Communication et webconférence

| CHAMPS D'APPLICATION | DESCRIPTION | FONCTIONNALITÉS |
|---|---|---|
| Accès multi-usagers à une base de données centralisée. Les utilisateurs peuvent annoter les plans et les notes sont accessibles par les autres usagers. L'information est disponible uniquement sur les plans et d'autres manipulations devront être effectuées afin de gérer l'information. | Permet d'établir des communications audiovisuelles ou de consulter et d'annoter des documents de projet dans une base de données partagée à un ensemble de participants. | ▪ Permet l'annotation des plans sur la base de données;<br>▪ Création de standards de collaboration internes à l'entreprise;<br>▪ Permet de créer des légendes facilitant la prise de notes;<br>▪ Peut être utilisés sur un appareil mobile ou sur un ordinateur. |

**Cas de figure** : Luc est un surintendant de secteur sur un important projet de construction d'une usine. Luc fait partie d'une équipe de trois surintendants de secteur qui sont tous trois sous la responsabilité d'un surintendant général. Luc doit gérer une équipe de trois contremaîtres et, afin de faciliter la communication entre eux, l'entreprise a implanté un logiciel leur permettant de consulter et d'annoter les plans de construction afin de faciliter le suivi des tâches en chantier. Afin de standardiser la prise de notes, les surintendants ainsi que les gestionnaires de l'entreprise se sont réunis pour établir une légende permettant de standardiser la prise de notes en chantier. Luc exige donc de ses contremaîtres qu'ils utilisent l'application et la légende afin de centraliser l'information. L'information est collectée directement sur le chantier et, si la connectivité le permet, les données sont accessibles instantanément. Luc économise beaucoup de temps puisqu'il n'a plus à échanger un ensemble d'information oralement fréquemment avec chacun de ses hommes et il se concentre sur l'essentiel, c'est-à-dire maximiser l'exécution en chantier et régler les conflits.

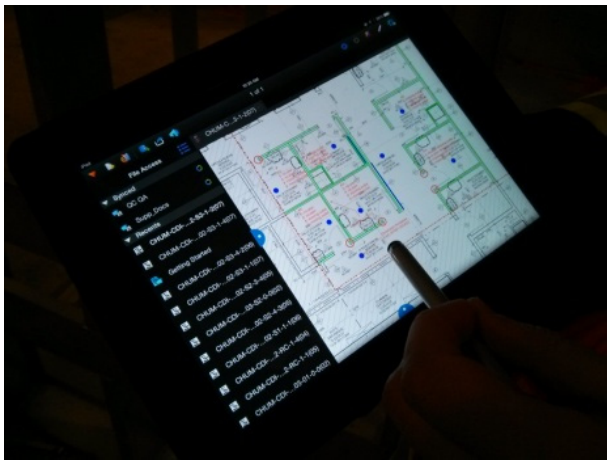
| EXPLOITATION DE BLUBEAM SUR LE CHANTIER PAR UN INTERVENANT DE *TERRAIN* |
| --- |
|  |

Figure-A I-3 Usage d'une application permettant l'annotation de documents et leur partage

**MATURITÉ DE NIVEAU 4 : ADMINISTRATION ET GESTION**

La Catégorie 4 représente le volet administratif d'un projet de construction et correspond au mode actif. Cette catégorie exige la collaboration de plusieurs entreprises impliquées dans la réalisation du projet afin de mettre en place un processus de collecte, de suivi, de gestion et de traitement des données. Les données issues de ce type d'application sont dynamiques, c'est-à-dire que des actions peuvent être exécutées sur celles-ci. Les applications qui sont associées à ce niveau de maturité se définissent comme étant des applications logicielles. Ces applications peuvent être utilisées tant sur un appareil mobile que sur un ordinateur conventionnel à l'aide d'un fureteur. Les applications logicielles permettent, d'une part, de collecter l'information en temps réel sur le chantier avec les TM et, d'autre part, elles autorisent les gestionnaires à exécuter une gestion et un traitement de l'information sur leur poste informatique. L'objectif final de la Catégorie 4 est d'inclure un maximum d'usagers lors de son implantation afin de réduire les canaux et les différents médiums de communication. Pour y arriver, des séquences d'opérations devront être mises en place afin d'unifier les méthodes traditionnelles jusqu'alors fragmentées. Un intégrateur doit être impliqué dans le processus de mise en place et d'utilisation afin de maximiser l'usage des applications logicielles.

Tableau-A I- 4 Niveau 4 : Administration et gestion de projets

| CHAMPS D'APPLICATION | DESCRIPTION | FONCTIONNALITÉS |
|---|---|---|
| Accès multi-usagers demandant la mise en place de séquence d'opérations pour la collecte, le suivi, la gestion et le traitement des données. Cette catégorie permet d'assurer le suivi de chacune des composantes d'un projet en fonction de processus clair établi avec l'ensemble des intervenants. | Permet de collaborer sur un projet à travers des outils de visualisation, de partage de notes, etc., et ce, dans un environnement de collaboration intégrée. | ▪ Saisie de données en temps réel;<br>▪ Information en mode actif;<br>▪ Mise en place de séquences d'opérations personnalisées;<br>▪ Nombre infini de participants;<br>▪ Création d'une base de données. |

**Cas de figure** : Marie est une inspectrice responsable de la qualité et du respect des exigences de construction pour le client. Son rôle consiste à valider la mise en place des éléments construits et de s'assurer de la qualité des travaux réalisés par les différentes entreprises spécialisées impliquées lors de la construction. Elle doit gérer cinq étages et cela occupe la majorité de son temps. Afin d'optimiser son horaire et d'accélérer le processus de communication avec les divers intervenants, elle utilise une application logicielle mise en place par le client. Ce processus permet d'alerter immédiatement les contremaîtres des entreprises spécialisées se devant d'exécuter des modifications ou des corrections en plus d'avertir le surintendant de secteur de l'entrepreneur général instantanément. En plus d'entrer des données, Marie peut valider la correction des travaux par les contremaîtres puisque l'application est munie d'un historique permettant de vérifier si une modification a eu lieu sur un évènement créé précédemment. Elle utilise donc sa tablette pour voir au contrôle de la correction par l'entrepreneur étant donné qu'un des murs se doit d'être fermé cet après-midi afin de respecter l'horaire prévu. Validation faite, Marie confirme que la correction a été exécutée et que l'entrepreneur responsable de la finition intérieure peut aller de l'avant. Cet entrepreneur reçoit une notification lui indiquant qu'une inspection a été faite par Marie en matinée et que ses travaux peuvent débuter comme convenu lors de la rencontre de coordination. Marie poursuit ses inspections et valide l'ensemble des étages en matinée.

**COLLECTE DE DONNÉES SUR LE CHANTIER PAR UN INTERVENANT DE *SURVEILLANCE***

Figure-A I-4 Saisie d'une inspection sur le chantier par un surveillant qualité

## ANNEXE II

## QUESTIONNAIRE D'ENTREVUE

**Intervenants ciblés :** Gestionnaire de projet technologique

### PARTIE 1 : INTRODUCTION (2 min.)

**Mot de bienvenue (2 min.)**

- Présentation de l'interviewer
- Permission d'enregistrer l'entrevue à demander
- Faire signer le formulaire de consentement

### ENTREVUE (30 min.)

- Quelle est votre implication dans ce projet?
- Qu'est-ce qui a mené votre organisation à intégrer les technologies mobiles dans la phase de construction de vos projets?
- Pourquoi avoir choisi _____ plutôt qu'une autre technologie mobile?
  - *Caractéristiques de l'application?*
  - *Il n'existait que cette technologie sur le marché?*
- Compte tenu du fait que ce type d'outil est relativement nouveau sur le marché, qu'est-ce qui a poussé l'entreprise à intégrer ce type de technologie au sein de ses équipes de projets?
- Quels étaient les enjeux reliés à l'intégration des technologies mobiles sur vos projets?
  - *Quels étaient les gains escomptés?*
  - *Quels étaient les objectifs de l'intégration?*
  - *Y avait-il une stratégie de l'entreprise à intégrer ce type d'outil de collaboration?*

- Quels étaient votre stratégie ou votre plan d'action dans le déploiement des technologies mobiles?

  - *De quelle manière l'outil a-t-il été intégré aux équipes?*
  - *Y a-t-il eu des périodes de formation? Comment? Pourquoi? Internes ou externes?*
  - *Les objectifs et les besoins du personnel ont-ils été identifiés?*
  - *Pour qui sont les bénéficiaires principaux des technologies mobiles?*

- Quels étaient les attentes ou les bénéfices escomptés par l'entreprise lors de l'intégration des technologies mobiles?

  - *Quels étaient les résultats recherchés? Ces objectifs sont-ils atteints?*
  - *Y a-t-il eu des bénéfices imprévus/inattendus? Lesquels?*

- Quelles étaient / sont vos stratégies permettant de faire une étude rétrospective de l'utilisation de l'outil?

- *Quel est ou était votre plan pour évaluer l'impact de _____ dans le contexte de votre projet?*

  - *Évaluer les gains réalisés au sein de vos équipes de travail? Comment? De quelle manière évaluez-vous l'usage et les caractéristiques de l'outil utilisé?*
  - *Comment évaluez-vous les avantages réels?*
  - *Comment évaluez-vous les manques?*
  -

***Avez-vous d'autres commentaires que vous voudriez partager?***

## ANNEXE III

## DESCRIPTION DES SOUS-DIVISIONS DES RÔLES

Équipe terrain : L'équipe de *terrain* est constituée des intervenants dirigeant les activités avec les divers corps de métier issus des entreprises spécialisées. Le mandat de ces équipes consiste à organiser les tâches au chantier sur une période quotidienne, hebdomadaire et mensuelle exclusivement. Malgré le fait qu'ils doivent s'assurer de la qualité des travaux, leur tâche principale est de faire respecter l'horaire planifié, de coordonner les livraisons sur le chantier ainsi que l'entreposage des matériaux et de s'assurer du bon déroulement des travaux.

Il est à noter que ces intervenants interagissent principalement des moyens informels afin de partager les données d'avancement de projet.

- **Axes principaux** : Tâches journalières, organisation en chantier et matériaux.
- **Poste** : Ouvrier, contremaître et surintendant de secteur.
- **Provenance** : Entreprises spécialisées et entrepreneur général.

Équipe gestion : L'équipe de *gestion* regroupe les intervenants responsables du suivi des coûts et de la planification de chantier. Le mandat de ces équipes consiste à coordonner les activités sur une longue période de temps, c'est-à-dire une étendue allant d'un mois jusqu'à la fin des travaux. Les intervenants de gestion représentent chacune des entreprises impliquées dans le processus de construction. Ils se doivent de communiquer efficacement afin d'avoir un maximum d'informations pour prendre les meilleures décisions pour le projet.

- **Axes principaux** : Suivi des coûts, suivi des échéanciers, production ou suivi de la documentation de projet (dessins d'atelier, mise à jour, avis de changement).
- **Poste** : Gestionnaire de projet, gestionnaire de construction, administrateur de contrat, etc.
- **Provenance** : Entreprises spécialisées, entrepreneur général, manufacturier, client.

RapportGratuit.com

Équipe surveillance : L'équipe de *surveillance* se compose des intervenants embauchés par le client ou par les firmes de professionnels lors de la réalisation d'un projet. Le mandat de ces équipes consiste à valider la qualité, la quantité, l'avancement et la conformité des travaux selon les exigences du devis, des échéanciers et des plans de construction. Le travail de ces équipes consiste à communiquer les anomalies ou les corrections qui doivent être exécutées sur le chantier.

- **Axes principaux** : Suivi de la qualité, suivi de la conformité selon les exigences, suivi des coûts et de la planification.
- **Poste** : Ingénieur de chantier, architecte, surveillant de chantier et inspecteur de chantier.
- **Provenance** : Client, professionnels de conception

## BIBLIOGRAPHIE


Abduh, M, et MJ Skibniewski. 1999. « Utility Assessment of Electronic Networking Technologies In Construction ». In *Eighth International Conference on Durability of Building Materials and Components, 8 dbmc*. p. 2259-2269. < http://itc.scix.net/data/works/att/w78-1999-2259.content.pdf >.

Ahuja, Vanita. 2011. « Mobile Information Communication Technologies and Construction Project Management: Indian Scenario Case Study ». *Mobile Information Communication Technologies Adoption in Developing Countries: Effects and Implications*, p. 36.

Almohsen, Adbulmohsen, et Janaka Ruwanpura. 2011. « Logistics Management in Construction Industry ». In *Proceeding of the International Council for research and Innovation in Building and construction (CIB)*. (France, 26-28 octobre 2011), p. 10. < http://2011-cibw078-w102.cstb.fr/papers/Paper-51.pdf >.

Andersen, Tom, et Christian Koch. 2001. « Knowledge in Bricks? Management of knowledge at Construction Sites-the Case of Risk Management ». In *The Tenth International Conference on Management of Technology IAMOT 2001*.

Bernstein, Harvey, et Michele Russo. 2012. « New Survey Shows That Mobile Tools Boost Jobsite Productivity ». *Engineering News-Record*, p. 23-28.

Boussabaine, AH., Br. Grew et D. Currin. 1999. « Increasing on-site productivity through wireless computer control ». In *Proceedings of the 8th International Conference on Durability of Building Materials and Components–CIB-W78 Workshop, Vancouver*. p. 2277-2286.

Bowden, Sarah. 2005. « Application of mobile IT in construction ». *Thèse, Loughborough University, 194 p.*

Bowden, Sarah, Alex Dorr, Tony Thorpe et Chimay Anumba. 2005a. « Mobile ICT Support for Construction Process Improvement ». *Automation in construction,* vol. 15, n° 5, p. 664-676.

Bowden, Sarah, Alex Dorr, Tony Thorpe, Chimay Anumba et Paul Gooding. 2005b. « Making the Case For Mobile IT in Construction ». In *International Conference on Computing in Civil Engineering. L. Soibelman & F. Pena-Mora, eds., ASCE*. < http://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/40794(179)46 >.



Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Bowden, Sarah, et Antony Thorpe. 2002. « Mobile Communications for On-Site Collaboration ». In *Proceedings of the ICE-Civil Engineering*. Vol. 150, p. 38-44. Ice Virtual Library. < http://www.icevirtuallibrary.com/content/article/10.1680/cien.2002.150.6.38 >.

Changyoon, Kima, Parka Taeil, Limb Hyunsu et Kimc Hyoungkwan. 2013. « On-site Construction Management Using Mobile Computing technology ». *Automation in construction,* vol. In Press, Corrected Proof Note to users. 9 p.

Chen, Yuan, et John M Kamara. 2008. « Using Mobile Computing for Construction Site Information Management ». *Engineering, construction and architectural management,* vol. 15, nº 1, p. 7-20.

Chen, Yuan, et John M. Kamara. 2005. « The Use of Mobile Computing in Construction Information Management ». *Proceedings of the 21st Annual Conference of the Association of Researchers in Construction Management (ARCOM) SOAS, London.*

Chiocchio, François, Caroline Lacasse, Hugues Rivard, Daniel Forgues et Claude Bédard. 2006. « Information technology and collaboration in the Canadian construction industry ». In *Joint International Conference on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering*. < http://itc.scix.net/data/works/att/w78-2006-tf591.pdf >.

Crotty, Ray. 2012. « The Impact of Building Information Modeling Transforming Construction ». *Abingdon (Oxon) : Spon Press, 212 p.*

Dale, Jorgenson W., Ho S. Mun et Stiroh J. Kevin. 2005. « Growth of US industries and investments in information technology and higher education ». *Economic Systems Research,* vol. 15, nº 3, p. 279-325.

Danielsen, Svein Willy. 2007. « International perspective on BIM : Experiences Internationally and in Norway ». In *Launching the Icelandic Construction Technology Platform* (SINTEF Byggforsk, Norway, 17 août 2007).

Dao, Lieu, et Daniel Forgues. 2013. « Transformer la gestion des équipements avec la BIM : Une étude de cas ». In *CSCE 2013*. (Montréal, 29 mai 2013), p. 9.

Dave, Bhargav, Stefan Boddy et Lauri Koskela. 2010. « Improving Information Flow Within the Production Management System With Web Services ». *Proceedings of the 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, p. 445-455.

Davidson, C.H., et R. Moshini. 1990. « Effects of organizational variables upon organizations' performance in the building industry. ». *Ireland. J. & Uher. T. (Eds) CIB-90. Building Economics and Construction Management,* vol. 4.

Deibert, Sina, Erik Hemmerk et Armin Heinzl. 2009. « Mobile Technology in the Construction Industry - the Impact on Business Processes in Job Production ». In *AMCIS 2009 Proceedings*. (San Francisco (California), 6 août 2009), p. 10.

Dikaiakos, Marios, Dimitrios Katsaros, Pankaj Mehra, George Pallis et Athena Vakali. 2009. « Cloud computing: distributed internet computing for IT and scientific research ». *Internet Computing, IEEE,* vol. 13, nº 5, p. 10-13.

Dinh, Hoang T, Chonho Lee, Dusit Niyato et Ping Wang. 2013. « A survey of mobile cloud computing: architecture, applications, and approaches ». *Wireless communications and mobile computing,* vol. 13, nº 18, p. 1587-1611.

Dossick, Carrie Sturts, et Gina Neff. 2011. « Messy talk and clean technology: communication, problem-solving and collaboration using Building Information Modelling ». *The Engineering Project Organization Journal,* vol. 1, nº 2, p. 83-93.

Eastman, Chuck, Paul Teicholz, Rafael Sack et Kathleen Liston. 2011. « BIM Handbook : A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors ». *2nd ed. Hoboken (N.J.) : Wiley, 626 p.*

Egan, John. 1998. « Rethinking Construction : The Report of the Construction Task Force ». *London (UK) : Departement of Trade and Industry, 37 p.*

Egan, John. 2002. « Accelerating Change : A report by the Strategic forum for Construction Chaired by sir John Egan ». *London (UK) : Departement of Trade and Industry, 44 p.*

Elvin, George. 2003. « Tablet and Wearable Computers for Integrated Design and Construction ». *Construction Research Congress In Construction - Wind change : Integration and Innovation*, p. 1-11.

Elvin, George. 2007. « Integrated Practice in Architecture : Mastering Design-Build, Fast-track, and Building Information Modeling ». John Wiley & Son, Inc., Hoboken, NJ, 263 p.

Emmit, Stephan. 2010. « Managing Interdisciplinary Projects : A Primer for Architecture, Engineering, and Construction ». *1st ed., London ; New York : Spon Press, 189 p.* .

Fiactech. 2012. « User accpetance of mobile IT Phase 2 report ».

Forgues, D. 2014. L'intégration des TI dans la construction: Les potentiels offerts par l'ingénierie simultanée et les technologies électroniques de réseau. Mémoire de maitrise en informatique de gestion, Montréal, Université de Montréal, 173 p.

Forgues, Daniel. 2008. « Using Boundary Objects to Generate Better Value in the Contruction Industry ». Thèse de doctorat en environnement bâti, UK, Salford University, 304 p.

Forgues, Daniel, et Leila M. Farah. 2013 «Back to the future : Is the canadian AEC education adapting to the new needs of its industry ». In *CSCE 2013*. (Montréal, 29 mai 2013), p. 9.

Forgues, Daniel, et Sheryl Staub-French. 2013. *L'inévitable passage à la modélisation des données du bâtiment (BIM) dans l'industrie de la construction au Canada - Synthèse de trois expérimentations*. 2013, 26 p.

Forgues, Daniel, Souha Tahrani et Sébastien Frenette. 2014. *Construction 2.0 - l'efficacité par le numérique*. Montréal: CEFRIO, 64 p. < http://www.cefrio.qc.ca/publications/numerique-entreprise/construction-efficacite-numerique/ >.

Froese, Thomas M. 2010. « The impact of emerging information technology on project management for construction ». *Automation in construction,* vol. 19, nº 5, p. 531-538.

Gallaher, Michael, Alan O'Connor, John Dettbarn et Linda Gilday. 2004. *Cost analysis of inadequate interoperability in the US capital facilities industry*. < http://fire.nist.gov/bfrlpubs/build04/PDF/b04022.pdf >.

Gamage, Ravindu. 2011. « The Current State of Information Technology Usage by Large Scale Sri Lankan and British Construction Firms ». Liverpool John Moores University. < http://www.academia.edu/1147784/the_current_state_of_information_technology_usage_by_large_scale_sri_lankan_and_british_construction_firms >.

Gorse, Christopher A, et Stephen Emmitt. 2009. « Informal interaction in construction progress meetings ». *Construction Management and Economics,* vol. 27, nº 10, p. 983-993.

Grilo, António, et Ricardo Jardim-Goncalves. 2010. « Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments ». *Automation in Construction,* vol. 19, nº 5, p. 522-530.

Hewage, Kasun N, et Janaka Y Ruwanpura. 2006. « Carpentry Workers Issues and Efficiencies related to Construction Productivity in Alberta's Commercial Construction Projects ». *Canadian Journal of Civil Engineering,* vol. 33, nº 8, p. 1075-1089.

Hewage, Kasun N, et Janaka Y Ruwanpura. 2009. « A novel solution for construction on-site communication-the information booth ». *Canadian Journal of Civil Engineering,* vol. 36, nº 4, p. 659-671.

Irizarry, Javier, et Taran Gill. 2009. « Mobile Applications for Information Access on Construction Jobsites ». In *International Workshop on Computing in Civil Engineering*. p. 176-85. ASCE. < http://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/41052(346)18 >. Consulté le 2 aout 2013.

Joyce, Erin. 2013. « Collaboration Apps Top ENR Survey Results ». *Engineering News-Record*.

Kajewsk, Sephen, 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*.

Koskela, Lauri. 2000. « An exploration towards a production theory and its application to construction ». Thèse de doctorat, VTT Technical Research Centre of Finland, 298 p.

Krygiel, Eddy, et Brad Nies. 2008. « Green BIM: successful sustainable design with building information modeling ».

Lebeau, Daniel, et Cécile Plourde. 2003. « Bâtir et innover : tendances et défis dans le secteur du bâtiment ». *Avis (Québec (Province). Conseil de la science et de la technologie), 272 p.*

Lee, Ching-Chang, Hsing Kenneth Cheng et Hui-Hsin Cheng. 2007. « An empirical study of mobile commerce in insurance industry: Task–technology fit and individual differences ». *Decision Support Systems,* vol. 43, nº 1, p. 95-110.

Leeuwen, Jp. Van. 2003. « Computer Support for Collaborative Work in the Construction Industry ». In *Charm Gonçalves and Steiger-Garçao, Proceedings of the international conference on concurrent engineering*. p. 599-606. < http://www.idbe.org/uploads/xie%20e1-idbe16-final.pdf >. Consulté le 9 septembe 2013.

Liao, Warren, P. J. Egbelu, B. R. Sarker et S. S. Leu. 2011. « Metaheuristics for project and construction management – A state-of-the-art review ». *Automation in Construction,* vol. 20, nº 5, p. 491-505.

Löfgren, Alexander. 2007. « Mobility in-site: Implementing mobile computing in a construction enterprise ». *Communications of the Association for Information Systems,* vol. 20, nº 1, p. 12.

Lucas, Jason, Tanyel Bulbul et Walid Thabet. 2013. « An object-oriented model to support healthcare facility information management ». *Automation in Construction,* vol. 31, nº 1, p. 281-291.

Matouzko, Valeriy, et Natapatchara Methanivesana. 2012. « Improving Construction Logistics: a case study of Residential Building Project ». Stockholm, KTH Architecture and the Built Environnement, 44 p.

Navon, Ronie, et Eytan Goldschmidt. 2003. « Monitoring labor inputs: automated-data-collection model and enabling technologies ». *Automation in Construction,* vol. 12, nº 2, p. 185-199.

Newton, Paul. 1998. « Diffusion of IT in the Building and Construction Industry ». In *". CSIRO, Building for Growth Innovation Forum*. (Sydney, 4-5 May 1998).

Pallis, Georges. 2010. « Cloud Computing : The New Frontier of Internet Computing ». *IEEE Computer Society* p. 4.

Rebolj, Danijel, et Karsten Menzel. 2001. « Mobile computing in construction ». In *Advances in concurrent engineering-CE2001: Proceedings of the 8th ISPE International conference on concurrent engineering, Anahaeim*. < http://zuse.ucc.ie/MobileLab/download/2004_19.fullText.05182.pdf >.

Reinertsen, Donald G. 1997. « Managing the Design Factory ». *The Free Press, New York.* , p. 267.

Rivard, Hugues. 2000. « A survey on The Impact Of Information Technology On The Canadian Architecture, Engineering and Construction Industry ». *Electronic journal of information technology in construction,* vol. 5, p. 37-56.

Ruwanpura, Janaka Y., Kasun N. Hewage et George F. Jergeas. 2008. « IT Usage in Alberta's Building Construction Projects: Current Status and Challenges ». *Automation in Construction,* vol. 17, nº 8, p. 940-947.

Ruwanpura, Janaka Y., Kasun N. Hewage et L.P. Silva. 2012. « Evolution of the i-Booth© onsite information management kiosk ». *Automation in Construction,* vol. 21, p. 52-63.

Sage. 2013. « Survey on Mobile Devices - Construction Industry ». The Sage Group, 15 p.

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.

Saram, D. Darshi De, et Syed M. Ahmed. 2001. « Construction coordination activities: What is important and what consumes time ». *Journal of Management in Engineering,* vol. 17, nº 4, p. 202-213.

Silva, Lahiru P, Janaka Y Ruwanpura, Kasun N Hewage et Jamal Siadat. 2010. « Real Time Information Integration via "i-Booth©" ». In *Construction Research Congress 2010, Innovation for Reshaping Construction Practice*. p. 102-111. ASCE. < http://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/41109(373)11 >.

Staub-French, Sheryl, Daniel Forgues, Ivanka Iordanova, Amir Kassaian, Basel Abdulaal, Mike Samilski, Hasan Burak Cavka et Madhav Nepal. 2011. *Building Information Modeling (BIM) - Best Practices Project Report*. University of British Columbia and École de Technologie Supérieure, 176 p. < http://bim-civil.sites.olt.ubc.ca/files/2014/06/BIMBestPractices2011.pdf >.

Tam, CM. 1999. « Use of the internet to enhance construction communication: total information transfer system ». *International Journal of Project Management,* vol. 17, nº 2, p. 107-111.

Topping, Ray. 2011. « FIATECH - Advancing Technology to Build the World ». In *PCA Semantic DAy*. (Olso, Norvège).

Trupp, T., L. Soibelman, TMA Hashash et Ly Lui. 2004. « Novel technologies for construction field data collection ». In *International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, ICCCBE*. Vol. 10.

Tsai, Ming-Kuan. 2009. « Improving Communication Barriers for On-site Information Flow: An Exploratory Study ». *Advanced Engineering Informatics,* vol. 23, nº 3, p. 323-331.

Venkatraman, N. 1994. « IT-enabled business transformation: from automation to business scope redefinition ». *Sloan management review,* vol. 35, p. 73-73.

Venkatraman, Sitalakshmi, et Pak Yoong. 2009. « Role of mobile technology in the construction industry–a case study ». *International Journal of Business Information Systems,* vol. 4, nº 2, p. 195-209.

Weerasinghe, Tharindu, et Janaka Ruwanpura. 2009. « Automated data acquisition system to assess construction worker performance ». In *Proceedings of Construction Research Congress 2009*. p. 11-20. < http://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/41020%28339%297 >.

Wikforss, Örjan, et Alexander Löfgren. 2007. « Rethinking communication in construction ». *Journal of information technology in construction,* vol. 12, p. 337-45.

Winch, Graham. 2010. « Managing Construction Projects : An Information Processing Approach ». *2nd ed. Ames, Iowa : Blackwell Pub. 522 p.*

Yin, Robert. 2003. *Case study research : design and methods*, 3. Thousand Oaks, Calif. : Sage Publications 179 p.