

Évaluation d'un modèle de lien entre les niveaux micro et macro d'adoption du BIM

par

Sébastien HEUSSE

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

MONTRÉAL, LE 20 MAI 2024

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC



Sébastien Heusse, 2024



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

PRÉSENTATION DU JURY

CE MÉMOIRE A ÉTÉ ÉVALUÉ

PAR UN JURY COMPOSÉ DE :

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

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

Mme Souha Tahrani, membre du jury
École de Technologie Supérieure

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

LE 24 AVRIL 2024

À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je souhaite remercier mon directeur de recherche, Daniel Forgues pour m'avoir guidé dans toutes les étapes du projet de recherche. Il a su prendre le temps de me donner les bases qui m'ont permis de comprendre en profondeur le sujet et de prendre du recul sur les données que j'ai pu accumuler au cours de ces deux années. Je le remercie aussi pour tout le temps qu'il a consacré à mon mémoire jusqu'à la fin.

Je souhaite aussi remercier Souha Tahrani qui a été d'une grande aide pendant le projet et qui m'a permis d'approfondir encore plus mon sujet de recherche. De plus, je souhaite remercier les directeurs de mon groupe de recherche ainsi que tous les membres de celle-ci et plus particulièrement Erik Poirier sans qui j'aurai accès à moins de ressources.

J'aimerais aussi remercier ma famille et mes amis qui m'ont apporté un soutien inconditionnel pendant les deux années que j'ai passé au Canada.

Évaluation d'un modèle de lien entre les niveaux micro et macro d'adoption du BIM

Sébastien HEUSSE

RÉSUMÉ

Le BIM est considéré comme un ensemble de technologies de rupture qui doit entraîner une reconfiguration du travail dans l'ensemble de l'industrie. Cependant, peu de recherche s'est penché sur un cadre multi-échelle pour faire face à ce défi. Cette recherche consiste en une analyse empirique d'un modèle d'adoption multi-échelle du BIM de Kassem & Ahmed (2022) appliqué au secteur québécois de la construction. Ce modèle, la feuille de route gouvernementale et le diagnostic IQC4.0 s'inspirent des mêmes outils leurs influences sont examinées à travers l'étude de cas de deux donneurs d'ouvrages publics. Comme contribution à la théorie, cette recherche a permis de montrer la pertinence du cadre de Kassem et Ahmed et de proposer des améliorations pour mieux gérer les influences réciproques entre les niveaux macro et micro d'adoption du BIM. Sur le volet de la pratique, certaines carences sont mises en évidence sur le modèle macro du diagnostic IQC4.0 et ses liens avec la feuille de route gouvernementale.

Mots-clés : IQC4.0, BIM, Multi-échelle, Québec, Usages BIM

Assessment of a model linking micro and macro levels of BIM adoption

Sébastien HEUSSE

ABSTRACT

The BIM is considered as a set of disruptive technologies that should lead to a reconfiguration of work in the entire industry. However, little research has focused on a multi-scale framework to address this challenge. This research consists of an empirical analysis of a multi-scale BIM adoption model by Kassem & Ahmed (2022) applied to the Quebec construction sector. This model, the governmental roadmap and the IQC4.0 diagnosis are inspired by the same tools and their influences are examined through the case study of two public project owners. As a contribution to the theory, this research has shown the relevance of the Kassem and Ahmed framework and proposed improvements to better manage the reciprocal influences between the macro and micro levels of BIM adoption. On the practical side, some deficiencies are highlighted in the macro model of the IQC4.0 diagnosis and its links with the government roadmap.

Keywords : IQC4.0, BIM, Multi-scale, Quebec, BIM uses

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 Les enjeux de la numérisation du secteur de la construction	5
1.1 Les enjeux historiques.....	5
1.2 La numérisation de la gestion des actifs immobiliers.....	7
1.2.1 La modélisation des données du bâtiment en tant que TI.....	7
1.3 L'écosystème numérique de la construction.....	7
1.3.1 Définition du niveau macro	9
1.3.2 Définition du niveau meso	10
1.3.3 Définition du niveau micro	10
1.4 Les avantages du BIM	10
1.4.1 Les avantages généraux du BIM.....	10
1.4.2 Les avantages du BIM pour la gestion des actifs immobiliers	12
1.4.3 L'évolution des avantages depuis les débuts des TI en construction.....	12
1.5 Les enjeux du BIM.....	13
1.5.1 Les enjeux du BIM au niveau macro	13
1.5.1.1 Des généralités	13
1.5.1.2 L'exemple de la Finlande pour l'implémentation multi- échelles du BIM	14
1.5.1.3 BIM Excellence, une initiative internationale pour l'implémentation du BIM	14
1.5.2 Les enjeux du BIM au niveau meso.....	15
1.5.3 Les enjeux du BIM au niveau micro.....	16
1.5.4 Les enjeux du BIM dans la gestion des actifs immobiliers	16
1.5.5 L'évolution des enjeux du BIM depuis les débuts des TI en construction.....	17
1.6 Synthèse	18
CHAPITRE 2 LES OUTILS POUR FAVORISER LA NUMÉRISATION DE LA GESTION DES ACTIFS	21
2.1 Séparation entre les niveaux Micro et Macro d'adoption du BIM	21
2.2 Les modèles d'adoption du BIM au niveau Micro	21
2.2.1 La diffusion d'une innovation.....	21
2.2.2 Les éléments de planification du BIM	22
2.2.3 Un modèle d'adoption du BIM.....	23
2.2.4 Les facteurs d'échecs dans le modèle d'adoption du BIM	25
2.2.5 Les enjeux du niveau micro présents dans ces modèles	27
2.3 Les modèles d'adoption du BIM au niveau Macro.....	27
2.4 Les liens entre les niveaux Micro et Macro pour l'adoption du BIM.....	30

2.5	Des outils pour faciliter l'adoption du BIM	35
2.5.1	Une normalisation de la numérisation des données : la série ISO 19650	35
2.5.2	Un modèle de maturité du BIM.....	37
2.5.3	Un modèle de compétence.....	37
2.5.4	Les usages de modèles BIM	38
2.6	Synthèse.....	39
CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE.....		41
3.1	Choix du type de recherche	41
3.1.1	Contexte de la recherche.....	41
3.1.2	Conception de la recherche.....	42
3.2	Les étapes de la recherche	43
3.2.1	Phase 1 : Diagnostic	44
3.2.2	Phase 2 : Plan d'action.....	48
3.2.3	Phase 3 et 4 : Prise d'actions et validation	49
3.2.4	Phase 5 : Spécifier l'apprentissage	49
CHAPITRE 4 ANALYSE DE L'INTERPRÉTATION DU CADRE CONCEPTUEL DANS LE CONTEXTE QUÉBÉCOIS.....		51
4.1	Comparaison entre le cadre conceptuel et la stratégie d'instanciation au Québec.....	51
4.1.1	Historique du parcours québécois.....	51
4.1.2	Feuille de route gouvernementale et IQC4.0.....	53
4.1.3	Similitude et différences avec le cadre conceptuel de Kassem & Ahmed (2022).....	58
CHAPITRE 5 ANALYSE DES RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES DES INITIATIVES QUÉBÉCOISES SUR LES ÉTUDES DE CAS.....		69
5.1	La méthodologie du diagnostic de l'IQC4.0	69
5.2	Étude de cas exploratoire : Un donneur d'ouvrage en événementiel	76
5.2.1	L'organisation et ses intentions dans la numérisation	77
5.2.2	Les résultats du diagnostic IQC4.0.....	78
5.2.3	L'instanciation des résultats du diagnostic IQC4.0.....	81
5.2.4	Discussion.....	81
5.3	Étude de cas : L'université	84
5.3.1	L'organisation et ses intentions dans la numérisation.....	84
5.3.2	Les résultats du diagnostic IQC4.0.....	85
5.3.3	L'instanciation des résultats du diagnostic IQC4.0.....	90
5.3.3.1	Révision de la priorisation des usages BIM suite à l'analyse détaillée des processus.....	91
5.3.3.2	Révision du plan d'action et des activités pour le déploiement des usages	102

5.3.4	Discussion sur l'étude de cas	105
5.4	Discussion des résultats	106
5.4.1	Les retombées du diagnostic IQC4.0 auprès des donneurs d'ouvrage (meso et micro)	106
5.4.2	Les enjeux d'une stratégie visant l'écosystème de la construction (macro)	108
	CONCLUSION.....	111
	RECOMMANDATIONS	115
	ANNEXE I FEUILLE DE ROUTE GOUVERNEMENTALE.....	117
	ANNEXE II VISION DES GROUPES DE L'UNIVERSITÉ PENDANT LE DIAGNOSTIC IQC4.0	119
	ANNEXE III ÉTAPES DE DÉPLOIEMENT D'UN USAGE.....	121
	ANNEXE IV ENJEUX DE L'UNIVERSITÉ D'APRÈS LE DIAGNOSTIC IQC4.0	123
	ANNEXE V QUESTIONS DU SONDRAGE SUR LES ACTIVITÉS SANS VALEUR AJOUTÉE.....	125
	ANNEXE VI RÉSULTATS DU SONDRAGE SUR LES ACTIVITÉS SANS VALEUR AJOUTÉE.....	127
	ANNEXE VII CAS D'USAGE : MISE À JOUR DES PLANS	133
	ANNEXE VIII CAS D'USAGE : LES PROJETS DE RÉAMÉNAGEMENTS	137
	ANNEXE IX CAS D'USAGE : LA CRÉATION D'UN BON DE TRAVAIL.....	141
	ANNEXE X CAS D'USAGE : L'EXÉCUTION D'UN BON DE TRAVAIL.....	146
	ANNEXE XI ACTIONS PERMETTANT D'INFLUENCER DES FACTEURS D'ADOPTION DU BIM. ADAPTÉ DE KASSEM & AHMED, 2022.....	149
	APPENDICE A CHARTE PRÉLIMINAIRE DE L'USAGE : "MAINTIEN DES ACTIFS"	147
	LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	180

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1.1	Définition des niveaux 9
Tableau 2.1	Boucles expliquant les relations causales menant à la décision d'adoption du BIM dans les organisations 33
Tableau 3.1	Liste des documents consultés 45
Tableau 3.2	Participation aux rencontres..... 46
Tableau 3.3	Liste des personnes rencontrées..... 47
Tableau 3.4	Objectifs de la recherche..... 50
Tableau 4.1	Les initiatives d'adoption du BIM au Québec 56
Tableau 4.2	Résumé des initiatives..... 65
Tableau 5.1	Objectifs SMART des ateliers IQC4.0 du donneur d'ouvrage 80
Tableau 5.2	Objectifs SMART des ateliers IQC4.0 de l'université 86
Tableau 5.3	Usages BIM retenus pendant les ateliers IQC4.0 de l'université 88
Tableau 5.4	Alignement avec la feuille de route gouvernementale..... 89
Tableau 5.5	Statistique de réponses au sondage 92
Tableau 5.6	Priorisation des enjeux de l'université..... 100
Tableau 5.7	Les différences entre les deux donneurs d'ouvrage..... 107
Tableau A XI-1	Actions de Kassem & Ahmed (2022) 143
Tableau AA.1	Ressources 154
Tableau AA.2	Tâches de la première étape 155
Tableau AA.3	Tâches de la deuxième étape 156
Tableau AA.4	Tâches de la troisième étape 157

Tableau AA.5	Tâches de la quatrième étape	158
Tableau AA.6	Tâches de la cinquième étape	159
Tableau AA.7	Tâches de la sixième étape	160
Tableau AA.8	Tâches de la septième étape	160
Tableau AA.9	Tâches de la huitième étape	161

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1.1	Modèle CONNET 8
Figure 2.1	Les éléments de planification du BIM 23
Figure 2.2	Modèle conceptuel d'adoption du BIM au niveau Micro..... 24
Figure 2.3	Modèle conceptuel d'adoption du BIM au niveau micro prenant en compte le risque d'échec..... 26
Figure 2.4	Diffusion areas 28
Figure 2.5	Résumé de l'approche macro-micro d'adoption du BIM 31
Figure 2.6	Les groupes de facteurs et leurs influences..... 34
Figure 2.7	La norme ISO 19650..... 36
Figure 2.8	Modèle de maturité du BIM pour le niveau 1 37
Figure 2.9	Niveau de compétence de l'ICI 38
Figure 3.1	Les étapes de la recherche-action 43
Figure 3.2	Les étapes de la recherche..... 44
Figure 4.2	Cartographie causale montrant les interrelations entre les facteurs, les niveaux et les initiatives québécoises d'adoption du BIM..... 66
Figure 5.1	Le processus suivi par le diagnostic IQC4.0..... 71
Figure 5.2	Matrice des compétences provenant de l'autodiagnostic de l'université 73
Figure 5.3	Diagramme de Venn – TOP 75
Figure 5.4	Résultats du sondage..... 93
Figure 5.5	Résultats du sondage..... 93
Figure 5.6	Résultats du sondage..... 94

Figure 5.7	Résultats du sondage	95
Figure 5.8	Résultats du sondage	96
Figure 5.9	Cas d'usages sur les bons de travail.....	98
Figure 5.10	Diagramme de scénario sur les bons de travail correctifs	99
Figure 5.11	Lien enjeux/solutions.....	101
Figure A I-1	Exemples de cibles	111
Figure A I-2	Exemples de cibles détaillées	111
Figure A I-3	Exemple d'axe	112
Figure A I-4	Exemples d'activités pour un axe	112
Figure A III-1	Étapes de déploiement d'un usage.....	116
Figure A VI-1	Résultats du sondage : Chiffres globaux	121
Figure A VI-2	Résultats du sondage : Chiffres administratifs	122
Figure A VI-3	Résultats du sondage : Chiffres conception.....	122
Figure A VI-4	Résultats du sondage : Chiffres gestion de projet.....	124
Figure A VI-5	Résultats du sondage : Chiffres gestionnaire.....	125
Figure A VI-6	Résultats du sondage : Chiffres corps de métiers	126
Figure A VII-1	Cas d'usage – Mise-à-jour des plans	127
Figure A VII-2	Diagramme de scénario : Classement sur MFiles	128
Figure A VII-3	Diagramme de scénario : Classement sur COBA.....	129
Figure A VII-4	Diagramme de scénario : Envoi des rapports au ministère	129
Figure A VIII-1	Cas d'usage : Les projets de réaménagements	131

Figure A VIII-2	Diagramme de scénario : Définir un projet de réaménagement	132
Figure A VIII-3	Diagramme de scénario : Concevoir le projet.....	133
Figure A VIII-4	Diagramme de scénario : Suivre l'avancement du projet	134
Figure A IX-1	Cas d'usage : La création d'un bon de travail.....	135
Figure A IX-2	Diagramme de scénario : Bon de travail préventif	136
Figure A IX-3	Diagramme de scénario : Bon de travail correctif	137
Figure A IX-4	Diagramme de scénario : Assignation du bon de travail	138
Figure A IX-5	Diagramme de scénario : Exécution du bon de travail	139
Figure A X-1	Cas d'usage : L'exécution d'un bon de travail	140
Figure A X-2	Diagramme de scénario : Création d'un bon de travail	141
Figure A X-3	Diagramme de scénario : Fermeture d'un bon de travail.....	142

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

AIM	Asset Information Management
AM	Asset Management ou gestion des actifs
AR	Architecte
BGPI	Bureau des Grands Projets Immobiliers
BIM	Building Information Modeling
CDE	Common Data Environment
DACR	Directeur adjoint – Construction et réaménagement
DAST	Directeur adjoint – Services techniques
DAIBIM	Directeur adjoint – Intégration BIM
DEST	Direction Entretien et Services Techniques
DGAI	Département de Gestion des Actifs Immobiliers
DGP	Directrice, gestion de projets
DS	Dessinateur
DSGAI	Directeur du Service de gestion des actifs
ETS	École de Technologie Supérieure
GMAO	Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur
IBIM	Ingénieur BIM
ICI	Individual Competency Index
IFC	Industry Foundation Classes
IGN	Institut de Gouvernance Numérique
IQC4.0	Initiative Québécoise pour la Construction 4.0

ISO	International Organization for Standardisation
MES	Ministère de l'Enseignement Supérieur
MDB	Modélisation des Données du Bâtiment
O&M	Opération et Maintenance
PCI	Processus de Conception Intégrée
PIM	Product Information Management
RA	Recherche-Action
SBIM	Spécialiste BIM
SGAI	Service de Gestion des Actifs Immobiliers
SMART	Spécifique, Mesurable, Atteignable, Réaliste, Temporel
SQI	Société Québécoise des Infrastructures
TA	Technicien en administration
TI	Technologie de l'Information
VPGBQ	Vice-président du Groupe BIM Québec – Responsable de l'IQC4.0

INTRODUCTION

La gestion des actifs immobiliers (Asset Management, AM) se déroule pendant la phase d'opération d'un bâtiment et consiste en une gestion générale du bâtiment, qu'elle soit à caractère humain ou financière, pendant n'importe quelle opération ou production (Alfatih et al., 2015). Cette phase est la plus longue de la durée de vie d'une construction et dure pendant en moyenne 50 ans. Elle est aussi celle qui a les plus hauts coûts en terme de problèmes d'interopérabilité soit 57.5% des pertes totales dans la durée de vie d'un bâtiment (IFMA & Teicholz, 2013).

La modélisation des données du bâtiment (Building Information Modeling, BIM) est une base de données qui comprend et tient à jour toutes les informations sur un bâtiment de manière numérique et pendant toute sa durée de vie (Davalaba et Delgadob cités dans Naghshbandi, 2016). Elle permet un travail collaboratif entre toutes les parties prenantes d'un projet à partir du moment où il est bien organisé (Dixit et al., 2018). Pendant la phase d'opérations, le BIM pourrait être utilisé entre autres pour aider dans la gestion de l'espace, de l'énergie, de la sécurité et de la maintenance (Dixit et al., 2018). Il permettrait de faire des économies d'environ 20% des dépenses et jusqu'à 80% du temps consacré à la gestion des installations (Naghshbandi, 2016).

Il y a plusieurs raisons pour lesquelles le BIM n'est pas encore beaucoup utilisé pour la gestion des actifs immobiliers, le premier étant que les acheteurs ne prennent pas en considération la phase d'Opération et de Maintenance (O&M) et se focalisent sur les coûts de construction au départ des projets, l'AM est donc laissée de côté (Dixit et al., 2018). La seconde est le manque d'interopérabilité entre les technologies associées au BIM et les plateformes de gestion des actifs qui empêche une transmission efficace des données après les phases de conception et de construction (Dixit et al., 2018).

De bonnes pratiques ont été proposés, entre autres pour éviter un surcoût causé par une négligence de l'impact des décisions de conception sur la phase O&M. par exemple toutes les parties prenantes, dont les gestionnaires de l'immobilier, devraient être présents dès la phase de conception pour que cet impact soit évalué sur toutes les phases de vie du bâtiment (Atkin, 2012). Il existe aussi des initiatives régionales ou nationales dont un des objectifs est d'améliorer l'utilisation du BIM dans leur territoire (Ahmed & Kassem, 2019)

Aussi, des cadres ont été développés pour formaliser ces pratiques émergentes. Une nouvelle norme a été publiée en 2018 pour décrire les meilleures pratiques dans la gestion de l'information de manière digitalisée, la norme ISO 19650 qui donne les principes et les besoins de cette gestion grâce à une standardisation des meilleures pratiques (Winfield, 2020). Cette norme peut être couplée avec la norme ISO 55000 qui regroupe les meilleures pratiques en terme de gestion des actifs immobiliers (Hodkiewicz, 2014). Cependant, le déploiement de la numérisation de la gestion des actifs représente une transformation radicale et multi échelle des pratiques actuelles. La littérature sur ce sujet reste limitée et les cas documentés sont rares.

Une des références est celle des chercheurs Ahmed et Kassem qui ont développé un modèle théorique de la numérisation de l'écosystème de la construction (Kassem & Ahmed, 2022). Cependant, ce modèle n'a jamais été validé empiriquement. Le Québec présente un cas unique où ce modèle a servi pour la mise en place d'initiatives multi-échelle permettant de supporter la transition vers le numérique de son secteur de la construction. Cela amène la question de recherche suivante :

Dans quelle mesure le cadre de déploiement BIM de Kassem et Ahmed peut être instancié dans une stratégie multi-échelle ?

L'objectif principal de cette recherche est d'effectuer la validation empirique de l'utilisation d'une feuille de route créé à l'échelle du gouvernement québécois (i.e. niveau Macro) dans des services de gestion des actifs immobiliers d'organisations (i.e. niveau Micro). La réponse à cet

objectif se fera au travers de deux études de cas sur les parcs immobiliers de l'université et du donneur d'ouvrage.

Il y a plusieurs objectifs secondaires à ce mémoire :

1. Développer les instruments d'investigation à travers d'une étude de cas pilote et analyser l'impact de l'IQC4.0 sur sa feuille de route
2. Analyser l'impact du diagnostic IQC4.0 sur la feuille de route du second cas
3. Analyser la stratégie et les impacts des actions entreprises dans le second cas
4. Évaluer, à partir de ces données, la robustesse et les enjeux du cadre et de son déploiement dans le contexte québécois
5. Proposer des recommandations pour le cadre du diagnostic IQC4.0 pour les donneurs d'ouvrages publics

Les services de gestion des actifs immobiliers d'un donneur d'ouvrage et d'une université à Montréal ont chacun suivi le diagnostic de l'IQC4.0. On se propose donc d'utiliser ces deux donneurs d'ouvrages québécois comme études de cas. Les résultats attendus de cette recherche sont au niveau théorique : la validation empirique d'un modèle d'adoption du BIM dans le contexte particulier des donneurs d'ouvrages.

Ce mémoire de recherche sera divisé comme suit. La première partie sera une revue de la littérature concernant la transition numérique du bâtiment à l'international pour le premier chapitre et la numérisation de la gestion des actifs immobiliers pour le second chapitre. La deuxième partie décrira la méthodologie qui a été appliquée dans ce mémoire et notamment sur la recherche-action. En troisième partie, une analyse du cadre théorique d'adoption du BIM dans le contexte québécois sera effectuée. La quatrième partie comprendra les analyses des résultats préliminaires des initiatives québécoises sur les deux études de cas. En dernière partie, des recommandations seront émises pour le diagnostic IQC 4.0 et l'utilisation des résultats préliminaires.

CHAPITRE 1

LES ENJEUX DE LA NUMÉRISATION DU SECTEUR DE LA CONSTRUCTION

L'objectif de ce chapitre est d'expliquer les origines de la modélisation des données du bâtiment (BIM), à quoi elle sert, quels sont ses avantages et ses enjeux et à quel niveau.

1.1 Les enjeux historiques

Les technologies de l'information (TI) comprennent l'utilisation de l'ensemble des machines électroniques et de leurs programmes, que ce soit du téléphone portable intelligent à l'imprimante connectée, qui permettent l'utilisation, le stockage, le transfert et la présentation de l'information. Elles comprennent notamment les technologies de la communication (Björk, 1999).

Pour comprendre l'évolution des TI dans les secteurs de la construction et de la gestion des actifs, il faut revenir dans la fin des années 1980 où leurs avantages stratégiques commencent à susciter l'intérêt des industries. Pour autant, elles ne sont pas du tout répandues dans le secteur de la construction bien que ce soit en passe de changer (Betts et al., 1991). Cela peut être expliqué par les réticences de l'industrie de la construction dans l'utilisation de méthodes qui n'ont pas encore été testées et dont les professionnels n'ont pas adopté (Breuer & Fischer, 1994).

Plusieurs raisons justifiaient d'utiliser les TI dans le secteur de la construction. Elles peuvent : apporter un avantage compétitif (Tatum, 1988), permettre d'améliorer la productivité et les performances d'une entreprise en réduisant le temps de traitement des tâches ou favoriser de nouvelles méthodes d'organisation et de gestion (Lim (1990) dans Betts et al., 1991). Beaucoup d'entreprises en dehors de celles du secteur de la construction utilisent les TI pour améliorer leur productivité ou pour ouvrir leurs marchés à l'international de manière plus

efficace (Betts et al., 1991). Au début des années 1990, dans les entreprises de construction, presque seuls les départements spécialisés dans les TI les utilisaient (Chow (1989) dans Betts et al., 1991).

Les technologies de l'information est une terminologie englobant un vaste panel de technologies. Beaucoup de départements TI de ces acteurs les utilisent, que ce soit les gouvernements, les entreprises, les constructeurs de matériels ou de logiciels TI, les clients ou les consommateurs (Earl (1989) dans Betts et al., 1991). Dans un projet de construction, ces parties prenantes sont amenés à collaborer entre elles ou au sein d'une même organisation avec les technologies d'échange de données qui font parties des TI. La technologie seule ne permet pas de coordonner tout le monde pour qu'elle soit utilisée le mieux possible, il faut donc faire appel à des gestionnaires qui auront été formés aux TI au préalable (Betts et al., 1991). Comme pour tous les autres types de ressources, que ce soit des ressources humaines ou des matériaux, l'information a besoin d'une méthode de gestion afin de pouvoir avoir une vision à plus long terme des projets portant sur les technologies de l'information (Breuer & Fischer, 1994).

Toutes les parties prenantes d'un projet d'ouvrage en construction n'ont pas les mêmes besoins concernant les logiciels de TI. Pendant que certaines vont les utiliser pour la visualisation de l'ouvrage, d'autres en auront besoin pour mettre en place des planifications. Pourtant beaucoup d'entre elles auront besoins des données de l'ensemble. Il y a donc un besoin pour un système interactif et interopérable (Betts et al., 1991). Un enjeu ressort de ce grand nombre d'utilisations différentes, c'est le stockage des données. Celles-ci doivent pouvoir être utilisées pendant plusieurs mois voire plusieurs années. Cela fait partie des objectifs des TI à cette époque, c'est-à-dire d'améliorer la qualité et accroître la quantité des données. Ce second objectif est freiné par les limitations de la capacité de stockage des ordinateurs à cette époque (Breuer & Fischer, 1994).

Selon ces chercheurs, les TI étaient vouées à évoluer très rapidement mais pour qu'elles restent attractives, il était requis d'établir des liens entre les personnes qui conçoivent les logiciels et

qui ne sont pas forcément au courant des besoins réels de l'industrie et les professionnels qui les utilisent. Ainsi, il devait y avoir plus d'interactions entre ces deux acteurs (Breuer & Fischer, 1994).

1.2 La numérisation de la gestion des actifs immobiliers

1.2.1 La modélisation des données du bâtiment en tant que TI

Le BIM peut être défini comme un ensemble d'outils numériques dont le but est d'aider les parties prenantes de l'industrie de la construction à mieux organiser leurs projets ainsi que leurs installations (Latiffi et al., 2014). Ainsi le BIM peut être utilisé pendant toutes les phases de la construction, c'est-à-dire la planification du projet, la conception, l'estimation des coûts, la construction en elle-même, la gestion de l'exploitation et la démolition tout en considérant les performances et la technologie nécessaire du bâtiment (Latiffi et al., 2014). Cette base de données orientée objets peut être utilisée pour la prise de décision car elle comporte toutes les données sur une infrastructure (Azhar et al., sd).

Compte tenu de la définition du BIM donnée dans cette partie et de la définition des TI donnée en première partie de ce chapitre, on peut conclure que le BIM est une TI à part entière. Mais les enjeux des TI et donc du BIM doivent avoir évolué depuis cette période, c'est ce sur quoi porte la suite de ce chapitre.

1.3 L'écosystème numérique de la construction

Avant les années 2000, les TI pour la communication numérique n'étaient pas très répandues dans l'industrie de la construction. Grilo et al., (1996) est le premier à avoir tenté d'expliquer ce retard dans l'adoption des TI par la nature de son écosystème. Ces chercheurs ont imaginé un modèle inspiré d'autres industries qui reprenait les diverses communications électroniques dans les industries pour les comparer avec celles présentes dans la construction, le modèle CONNET pour "CONstruction NETwork" (Figure 1.1).

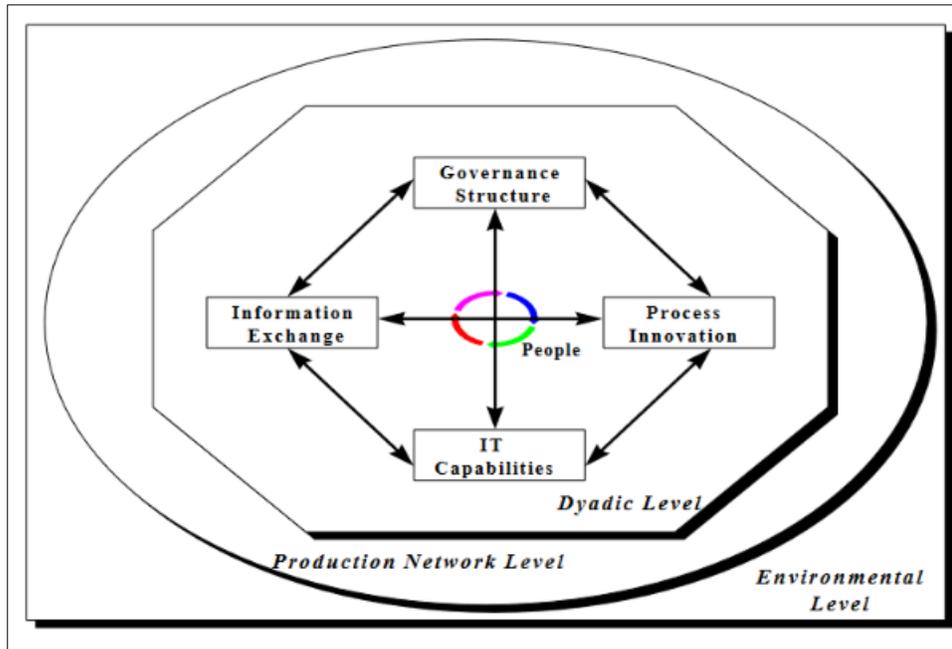


Figure 1.1 Modèle CONNET
Adaptée de de Grilo et al. (1996)

Dans ce modèle, il y a trois niveaux de représentés. Le premier i.e. "Dyadic Level" correspond aux différentes interactions entre les fournisseurs et les entrepreneurs. Le deuxième i.e. "Production Network Level" correspond aux communications internes aux projets entre les fournisseurs et les entrepreneurs. Le troisième i.e. "Environmental Level" correspond à l'influence de facteurs extérieurs à l'entreprise qui se reflètent dans les projets de construction entre les entrepreneurs et les fournisseurs (Grilo et al., 1996).

Le point de ces chercheurs est que ces trois niveaux sont interreliés et que l'adoption des TI en construction nécessite une approche multi-échelles en considérant l'écosystème dans son ensemble.

Aujourd'hui, le BIM est une innovation charnière qui transforme le « Production Network Level ». Cependant les conseil et guides d'adoption du BIM peuvent provenir de plusieurs acteurs qui diffèrent selon si la cible est une personne, un projet ou l'industrie de la construction

(i.e. les niveaux d'adoption du BIM). Ces conseils et guides sont souvent adressés à un seul niveau d'adoption du BIM et ne sont pas transposables aux autres niveaux. (Hochscheid & Halin, 2019) ce qui représente un enjeu. Ces chercheurs attachent à cette innovation une décomposition du « Environmental Level » en trois niveaux, les niveaux macro, meso et micro.

Tableau 1.1 Définition des niveaux
Tiré et adapté de Hochscheid & Halin (2019)

Niveau	Définition du niveau	Responsable de la politique
MACRO	Marchés et industries	Gouvernements, institutions internationales
MESO	Projets et équipes projets	Propriétaire, gérant de projet
MICRO	Organisations (Entreprises)	Hauts managers des entreprises

D'après les définitions générales du Tableau 1.1, on peut voir que cette nouvelle représentation de l'écosystème, en séparant d'une autre manière l'industrie de la construction, prend en compte plus de facteurs qui influencent l'adoption des TI, notamment avec le niveau macro.

1.3.1 Définition du niveau macro

Le niveau macro de l'adoption du BIM correspond à un grand nombre d'organisations qui évoluent à l'échelle régionale ou nationale (Kassem & Succar, 2017). Ces organisations participent aux changements au niveau des marchés et de l'industrie de la construction. Pour cela, ils mettent en place des initiatives régionales ou nationales pour promouvoir le BIM (Ahmed & Kassem, 2019), le but de ces initiatives étant d'améliorer l'utilisation du BIM qui se mesure via des modèles de maturité (Ahmed & Kassem, 2019). Les marché et les industries se définissent comme « l'action organisée de produire les biens et services en vente » (i.e. les industries) et « le monde de l'activité commerciale où les biens et les services sont vendus » (i.e. les marchés) (traduit à partir de Succar, 2010).

1.3.2 Définition du niveau meso

Le niveau meso de l'adoption du BIM correspond aux relations entre les entreprises pendant les projets de construction et ainsi aux équipes de projet. Les équipes de projet sont définies par des objectifs communs pour un projet en particulier et par le fait qu'elles sont temporaires (Succar, 2010). Le but de ce niveau est de partager au mieux les risques et les bénéfices de l'utilisation du BIM dans la réalisation d'un projet à tous les participants de celui-ci. Pour cela il faut, entre autres, améliorer l'interopérabilité des logiciels et la communication (Ahmed & Kassem, 2019).

1.3.3 Définition du niveau micro

Le niveau micro de l'adoption du BIM correspond à l'étude des facteurs qui affectent l'implémentation du BIM à l'intérieur même des entreprises ou des organisation (Kassem & Ahmed, 2022). Le BIM dans ces organisations apporte alors des procédés, des technologies ou encore de nouvelles politiques (Ahmed & Kassem, 2019). Une organisation est défini par un rassemblement social de personnes qui évoluent dans un environnement séparé par des limites de l'environnement extérieur tout en poursuivant des objectifs communs et en contrôlant ses performances (Succar, 2010).

1.4 Les avantages du BIM

Le BIM est aujourd'hui reconnu et promu internationalement car il présente beaucoup d'avantages pour toutes les parties prenantes de l'industrie de la construction.

1.4.1 Les avantages généraux du BIM

Les avantages généraux du BIM qu'on retrouve le plus dans la littérature sont plus représentatifs pour le niveau meso, c'est-à-dire pour un projet.

Un avantage direct pour les entreprises et les clients est que le BIM permet de faire des économies à hauteur de 10 à 30% de l'investissement global (Mihindu & Arayici, 2008). Cela permet d'avoir un retour sur investissement non négligeable pour les parties prenantes. Ce qui est permis par la gestion des coûts et dépenses qu'il est possible d'intégrer au BIM pendant toute la durée de vie de l'ouvrage (Azhar et al., sd). Cette intégration des aspects financiers du BIM correspond à ce qu'on appelle le BIM 5D, le 3D étant la modélisation d'une maquette en trois dimensions et le 4D l'intégration de la planification (Charef et al., 2018). La modélisation des données du bâtiment permet une meilleure productivité grâce à une meilleure collaboration et communication entre tous les intervenants qu'ils soient internes ou externes à l'entreprise, cela permet de minimiser la répétition des tâches et de réduire les erreurs (Criminale & Langar, 2017) en résolvant les conflits qui peuvent apparaître pendant les projets entre les modélisations des différents intervenants (Azhar et al., sd). En effet, les données sont plus précises et disponibles avant le début des travaux ce qui permet une meilleure compréhension des intervenants sur les travaux des autres et donc une meilleure coordination entre eux (Sabol, 2013). Le but du BIM étant de d'améliorer l'efficacité des intervenants et d'optimiser, un avantage est de pouvoir créer et réutiliser des informations numériques pendant toute la durée de vie et d'augmenter la qualité globale de l'ouvrage. Cela permet d'améliorer la valeur de l'infrastructure. L'optimisation de l'ouvrage peut passer par des simulations qui permettent de tester plusieurs solutions de manière totalement numérique (Mihindu & Arayici, 2008). Ainsi le BIM est aussi un outil d'aide à la décision parce qu'il permet de trouver des solutions à certains problèmes (Criminale & Langar, 2017). Cette prise de décision peut alors être prise en amont des travaux et elle est soutenue par la quantité de données qui est générée automatiquement par les modèles BIM (Sabol, 2013). L'avantage le plus important du BIM est qu'il a une grande interopérabilité entre plusieurs logiciels et plusieurs domaines. L'interopérabilité des systèmes consiste en la capacité de ceux-ci à pouvoir échanger des informations de manière efficace. Le format Industry Foundation Classes (IFC) permet un échange efficace et complet d'information entre les intervenants et pendant toute la durée de vie de l'ouvrage donc depuis la conception jusqu'à la démolition de celui-ci (Criminale & Langar, 2017).

1.4.2 Les avantages du BIM pour la gestion des actifs immobiliers

Maintenant que nous avons précisé certains avantages du BIM de manière générale dans les projets de construction, nous allons voir en quoi la modélisation des données du bâtiment peut améliorer la gestion des actifs immobiliers. La gestion des actifs immobiliers correspond à la façon dont on utilise des données de manière efficace pour empêcher qu'un actif se dégrade plus rapidement que prévu (Amadi-Echendu et al., 2010). Elle est grandement facilitée par l'utilisation des TI (Madu (2000) dans Amadi-Echendu et al., 2010).

Tout d'abord, le BIM apporte une nouveauté à la gestion des actifs immobiliers qui est la présence d'une maquette visuelle totalement numérique contenant une énorme quantité de données. Ces données peuvent être modifiées en temps réel et rendues visibles sur le modèle 3D (Sabol, 2013). Elles peuvent aussi être automatiquement mis-à-jour sur les systèmes de gestion des actifs (GMAO) et inversement, les informations présentes sur ces plateformes peuvent automatiquement être visibles sur le logiciel BIM (Liu & Issa, 2012). La modélisation peut être utilisée comme un outil pour la gestion des espaces notamment pour repérer l'encombrement des salles ou pour l'allouer à certaines activités. De la même manière, elle peut permettre d'aider à la mise en place de protocoles de sécurité pour l'évacuation des personnes en cas d'incendie par exemple. Pour finir, le BIM peut être utilisé comme support d'analyse pour les besoins énergétiques du bâtiment ou encore dans une optique de développement durable (Sabol, 2013).

1.4.3 L'évolution des avantages depuis les débuts des TI en construction

Les avantages du BIM présentés ci-dessus ne sont pas très différents de ceux des TI présentés dans la première partie de ce chapitre, néanmoins ils sont plus précis et quantifiables. Le fait que les TI permettent d'améliorer la productivité et les performances du secteur de la construction (Betts et al., 1991) est toujours d'actualité et est le but premier du BIM.

A l'inverse certains enjeux de l'époque ont commencé à devenir des avantages. C'est le cas des problèmes de transfert de données entre différents logiciels (Betts et al., 1991) qui est devenu un avantage avec l'apparition de format tel que l'IFC (Criminale & Langar, 2017). Il reste néanmoins beaucoup d'enjeux que nous allons voir dans la prochaine partie.

1.5 Les enjeux du BIM

Dans cette partie nous allons voir les enjeux que présente l'adoption du BIM dans chacun des niveaux, au niveau de l'industrie (i.e. macro), au des projet (i.e. meso) et au niveau des entreprises (i.e. micro) dans cet ordre. Nous verrons ensuite séparément les enjeux de l'adoption du BIM dans la gestion des actifs immobiliers puis pour finir les changements avec les enjeux des débuts des TI que nous avons vu dans la première partie du chapitre.

1.5.1 Les enjeux du BIM au niveau macro

1.5.1.1 Des généralités

Le premier enjeu qui permettra d'accélérer l'adoption du BIM est d'ordre financier. En effet, pour que les entreprises adoptent le BIM, il faut que les gouvernements en assurent les incitatifs nécessaires dans leurs pratiques d'approvisionnement et donc mettent en place des aides financières (Stojanovska-Georgievska et al., 2022). De plus le gouvernement a pour rôle de fournir les ressources nécessaires en formation pour utiliser des logiciels BIM. Il s'agit d'un enjeu parce que le nombre de demandes de la part des entreprises pour du personnel formé est grandissant et le sera encore dans le futur (Vass & Gustavsson, 2017). Dans la partie précédente, nous avons montré que l'interopérabilité des logiciels BIM était un avantage mais il s'agit aussi d'un enjeu. En effet, même si les formats du type IFC sont présents, ils ne sont pas obligatoires et il existe des formats différents pour chaque logiciel. Or le nombre de vendeurs de logiciels différents est très important donc il se peut qu'il y ait toujours des problèmes de transmission de données (Criminale & Langar, 2017). Les gouvernements

peuvent mettre en place des politiques pour régler ce problème (Vass & Gustavsson, 2017). Pour finir, les gouvernements peuvent inciter les entreprises et les clients à faire appel au BIM dans la réalisation de leur projet en les favorisant d'une manière ou d'une autre (Vass & Gustavsson, 2017).

1.5.1.2 L'exemple de la Finlande pour l'implémentation multi-échelles du BIM

Aksenova, (2020) présente une étude de cas sur la tentative de d'implantation de la numérisation de l'industrie de la construction en Finlande par un bailleur de fonds public TEKES. La stratégie adoptée était de donner les résultats de recherche sur la numérisation à des petites et moyennes entreprises sur la base du volontariat afin qu'elles deviennent des leaders dans le domaine et contribuent à répandre l'innovation. Cette stratégie a fait face à cinq problèmes. Le premier est que les parties prenantes se sont trop focalisés sur les types de marchés déjà existants plutôt qu'essayer d'en créer des nouveaux. Le deuxième est que les participants ont utilisé les recherches sur l'innovation pour produire des données sur l'innovation sans partager leurs découvertes avec les autres participants. Ils ont ainsi travaillé en silo. On peut alors faire un parallèle avec l'enjeu d'interopérabilité. Le troisième est que les investisseurs ont voulu regarder ce qui allait se passer avant de commencer à investir. Cela correspond au premier enjeu de la partie précédente. Le quatrième problème est que les compétences, qui ont été créées en interne aux entreprises, ont favorisé un climat de conflit entre les entreprises d'un même projet qui n'avait pas les mêmes compétences. Le cinquième et dernier problème provient de la stratégie de TEKES en elle-même qui ne voulait pas forcer les acteurs à participer au niveau national (Aksenova, 2020).

1.5.1.3 BIM Excellence, une initiative internationale pour l'implémentation du BIM

L'industrie de la construction manquait d'informations pour pouvoir comprendre et comparer les politiques d'implémentation du BIM des différents pays. De plus, elle manquait de matière pour assister les autres organisations dans le développement de leur propre politique (Kassem

& Succar, 2017). C'est un des travaux de recherche des chercheurs Bilal Succar et Mohamad Kassem sur lequel est construit principalement l'initiative BIM Excellence.

D'après BIM excellence, cette initiative est une approche basée sur la recherche industrielle et académique pour aider l'adoption du numérique dans la construction. Les objectifs principaux de BIM excellence sont d'améliorer les performances des différents acteurs de l'industrie de la construction via le numérique et notamment la création et l'échange des données ainsi que l'optimisation des processus (BIM Excellence, 2017).

1.5.2 Les enjeux du BIM au niveau meso

Comme pour le niveau macro d'adoption du BIM, le premier enjeu dont fait face celui-ci est d'ordre financier. En effet, pour qu'un projet utilise le BIM, il faut avoir des logiciels ou un environnement commun de données (CDE) et il faut donc un investissement initial de la part du client pour y avoir accès (Criminale & Langar, 2017). De plus, il existe beaucoup de logiciels différents qui ont des fonctionnalités différentes donc, entre les parties prenantes d'un projet, il se peut qu'il y ait de la perte d'information à cause d'un problème d'interopérabilité (Criminale & Langar, 2017). Un autre enjeu est qu'il faut convaincre les clients de mettre en place le BIM sur leur projet, l'enjeu est alors au niveau du manque d'information de ce que cela peut lui apporter. Il faut que le client soit au courant des avantages et des inconvénients de chacune des solutions qui lui sont proposées (Stojanovska-Georgievska et al., 2022). Pour finir, un grand frein à l'adoption du BIM pour les entreprises est le problème de responsabilité en cas de litige dans les données qui ont été rentrées. La question qui se pose est qui est la personne ou l'entreprise qui sera responsable de quelle donnée et à qui appartient la donnée fournie à la fin du projet (Criminale & Langar, 2017).

1.5.3 Les enjeux du BIM au niveau micro

Comme pour les deux premiers niveaux d'adoption du BIM, le premier enjeu auquel les entreprises font face est aussi d'ordre financier. En effet, pour utiliser les logiciels BIM, il faut du personnel qualifié et qui soit maintenu à niveau pour tous les nouveaux outils associés au BIM (Criminale & Langar, 2017). Comme la demande de personnel expérimenté est grande et qu'il n'y en a pas assez, ce personnel est cher, de plus la formation continue des employés est aussi coûteuse (Stojanovska-Georgievska et al., 2022). Enfin, il peut y avoir de la réticence d'une certaine partie du personnel qui ne connaît pas les avantages du BIM par manque d'information, ne veut pas changer ses anciennes manières de faire parce que cela fonctionnait ou a peur de se faire remplacer par le nouveau personnel formé aux logiciels BIM choisis par l'entreprise (Stojanovska-Georgievska et al., 2022). Pour favoriser une réponse efficace à l'enjeu précédent entre autres, nous pouvons repérer un nouvel enjeu qui est le besoin de faire des changements dans le modèle de management de l'entreprise et ainsi favoriser l'adoption du BIM (Hochscheid & Halin, 2019). Mais cela n'est pas possible sans un plus grand support de la part des hauts dirigeants de l'entreprise (Ahmed & Kassem, 2019). Pour finir, une barrière à l'adoption du BIM est le manque de demande du client pour un chantier BIM (Cao et al., 2019). Cela peut venir du manque d'informations et de compréhension de la valeur des données que peut fournir l'utilisation du BIM. Il en résulte des différences dans les données voulues pour la gestion des actifs et celles reçues de la part des parties prenantes des phases de conception et construction, comme les formats des données. Les données ne sont alors pas utilisées sans un grand travail de restructuration (Munir et al., 2020).

1.5.4 Les enjeux du BIM dans la gestion des actifs immobiliers

Il y a plusieurs enjeux dans l'utilisation du BIM dans la gestion des actifs immobiliers. Le premier étant la récupération de toutes les données utiles pour les gestionnaires. Les professionnels et les constructeurs sont moins concernés par le volet des données non-géométriques. Ces données sont souvent incomplètes, trop détaillées ou pas pertinentes. Pour

répondre à cet enjeu, les opérateurs pourraient récupérer leurs données directement dans les environnements communs de données utilisés pendant les premières phases de vie du bâtiment, c'est-à-dire la conception et la construction. L'utilisation des logiciels associés au BIM est encore compliquée pour la gestion des actifs (Munir et al., 2018).

Un autre enjeu majeur est qu'il faudrait changer la gestion des actifs immobiliers mis-en-place jusqu'à maintenant pour pouvoir avoir une bonne utilisation des logiciels. Mais cet enjeu est confronté à une adoption lente des stratégies et des protocoles et un changement lent dans la gestion et la culture de l'entreprise (Munir et al., 2018).

1.5.5 L'évolution des enjeux du BIM depuis les débuts des TI en construction

De nouveaux enjeux sont apparus depuis l'époque des débuts des TI mais ceux déjà présents et que j'ai présenté en première partie de ce chapitre ont évolués.

Le stockage des données qui était un enjeu dans la quantité et la qualité des données accessibles par les professionnels (Breuer & Fischer, 1994) n'est plus d'actualité. En effet, la construction est maintenant dans l'ère du Big Data ce qui veut dire qu'énormément d'informations sont accessibles par les professionnels, il n'y a donc plus de problème de stockage. De plus, de nombreux formats de fichiers peuvent être partagés, l'information est plus variée. Il est alors possible de choisir le type de donnée voulue, ce qui la rend plus adaptée à l'utilisation qui doit en être fait, cela améliore donc sa qualité (Bilal et al., 2016). Ce n'est cependant pas suffisant pour la phase d'opération et maintenance où les gestionnaires d'actifs ont du mal à trier la grande quantité de données qu'ils reçoivent (Munir et al., 2018).

Un autre enjeu présent au début de l'utilisation des TI en construction est l'interaction entre les concepteurs des logiciels TI et les utilisateurs qui était peu présente et qui ralentissait leur adoption car il manquait des outils (Breuer & Fischer, 1994). Cette interaction n'est plus un enjeu pour les phases de conception et de construction mais le fait qu'il y ait toujours des

enjeux pour l'utilisation des logiciels BIM en gestion des actifs immobiliers montre que la communication avec les concepteurs de logiciels est toujours important pour la phase d'opération (Munir et al., 2018).

1.6 Synthèse

Dans ce chapitre de revue de littérature, une première représentation de la construction en tant qu'écosystème, l'interopérabilité a été relevé comme enjeu principal pour un environnement de numérisation des données pour le secteur de la construction (Betts et al., 1991). Cela fait déjà plus de 30 années que cet enjeu a été relevé et pourtant, il pose encore énormément de soucis à mettre en place dans cette industrie et en gestion des actifs. Des écosystèmes présentant le secteur de la construction comme plusieurs niveaux différents permettent d'identifier facilement et indépendamment les enjeux. A contrario, ils peuvent poser des difficultés quand il s'agit de créer des liens entre leurs différents niveaux en participant à un décalage entre les visions qui leurs sont uniques. Ainsi, ces écosystèmes peuvent être la cause du retard de la numérisation de l'industrie de la construction par rapport aux autres industries. Une stratégie multi-échelle pourrait répondre à cette problématique. De plus, certains des enjeux qui ont été répondu depuis le début des années 1990 sont de nouveau d'actualité tel que le stockage des données qui peut poser un problème environnemental, dû à la pollution des centres de stockage des données, et géopolitique, dû à certaines obligations de localisation géographique des données.

Le BIM se place en solution des enjeux historiques de la numérisation du secteur de la construction, cette innovation pourrait en être le catalyseur. Les travaux de Hochscheid & Halin (2019) proposent un écosystème multi-échelle de l'industrie de la construction pour décrire l'adoption du BIM, composé de trois niveaux : macro, meso et micro. Un cadre conceptuel a été construit sur le même modèle par Kassem & Ahmed (2022) qui propose une stratégie d'intervention multi-échelle. Celle-ci sera détaillée dans le prochain chapitre.

CHAPITRE 2

LES OUTILS POUR FAVORISER LA NUMÉRISATION DE LA GESTION DES ACTIFS

Dans ce chapitre, des modèles d'adoption du BIM seront présentés pour les niveaux Micro et Macro. Ceux-ci peuvent être transposés aux donneurs d'ouvrages qui utilisent ensuite les données du BIM pour la gestion de leurs actifs.

2.1 Séparation entre les niveaux Micro et Macro d'adoption du BIM

Comme nous l'avons expliqué dans la section 1.3 donnant les définitions des différents niveaux d'adoption du BIM, les politiques d'adoption du BIM ne sont pas les mêmes pour chacun des niveaux (Hochscheid & Halin, 2019). De plus, il y a très peu de travaux traitant des liens entre les niveaux macro et micro (Kassem & Ahmed, 2022). C'est pourquoi nous allons dans un premier temps repérer les modèles d'adoption du BIM au niveau micro puis au niveau macro pour ensuite voir les liens entre les deux.

2.2 Les modèles d'adoption du BIM au niveau Micro

Dans cette partie nous allons voir un modèle d'adoption du BIM au niveau des entreprises et organisations et son évolution. Ceux-ci doivent répondre au mieux aux différents enjeux qui ont été repérés en fin de chapitre précédent.

2.2.1 La diffusion d'une innovation

L'adoption du BIM dans les entreprises est similaire à la diffusion d'une innovation (Ahmed & Kassem, 2018), elle se fait donc selon un processus comprenant cinq étapes (Rogers, 2003).

Voici ces 5 étapes :

- La première étape correspond à la connaissance d'une personne à propos d'une innovation et de certaines de ces fonctions clefs.
- La deuxième étape correspond à l'attitude qu'adoptent les décisionnaires d'une entreprise à propos de cette innovation, qu'elle soit positive ou négative.
- La troisième étape correspond à la décision finale qui est prise vis-à-vis de l'innovation, soit l'entreprise tente de l'intégrer soit elle ne le fait pas.
- La quatrième étape correspond à l'implémentation de l'innovation dans l'entreprise.
- La cinquième et dernière étape correspond à l'évaluation des effets de l'innovation sur l'entreprise.

2.2.2 Les éléments de planification du BIM

Dans le processus d'adoption du BIM, il y a six éléments de planification stratégique qui sont plus importants que les autres (Messner et al., 2013) :

- Les processus : Décrire les processus actuels, créer de nouveaux processus intégrant l'utilisation du BIM et développer le processus de transition
- L'information : Définir les informations et données dans l'organisation a besoin pour son activité
- La stratégie : Définir les objectifs stratégiques d'adoption du BIM et connaître le support du personnel et des gestionnaires
- Les infrastructures : Définir les besoins en termes de logiciels et de matériel informatique pour supporter l'utilisation du BIM
- Les usages : Déterminer les méthodes dans lesquels le BIM sera implémenté pour la gestion des actifs
- Le personnel : Déterminer les besoins en termes de ressources humaines, en compétences et en formation pour l'utilisation du BIM

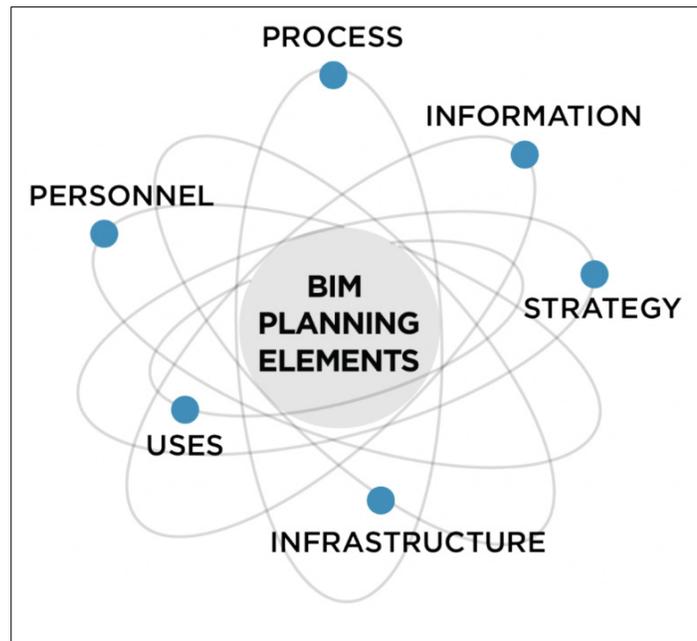


Figure 2.1 Les éléments de planification du BIM
Adaptée de de Messner et al. (2013)

2.2.3 Un modèle d'adoption du BIM

Ces 5 étapes ont été reprises par Ahmed & Kassem (2018) et adaptées aux entreprises du secteur de la construction (Figure 2.2). L'innovation dont il s'agit est alors la Modélisation des Données du Bâtiment.

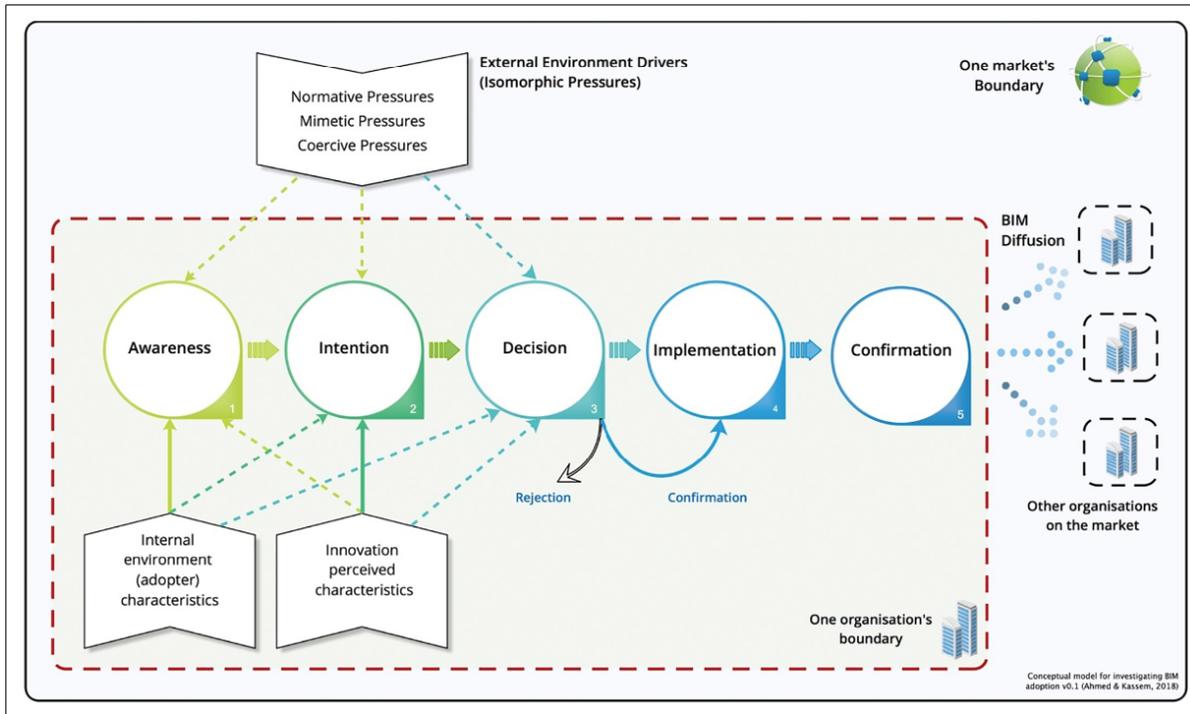


Figure 2.2 Modèle conceptuel d'adoption du BIM au niveau Micro
Adaptée de Ahmed & Kassem (2018)

Ce modèle suit les mêmes étapes que celui de Rogers (2003) mais il ajoute des éléments sur les différentes interactions des cinq étapes avec les caractéristiques internes et externes à l'organisation ainsi que les caractéristiques perçues du BIM.

Pour les trois premières étapes, Ahmed & Kassem, (2018) listent ces différentes interactions :

- « Awareness », qui correspond à l'étape « connaissance » de Rogers, ne présente pas ou faiblement des interactions externes à l'organisation mais est influencée par les caractéristiques du BIM, c'est-à-dire ses avantages relatifs à l'organisation, son observabilité et sa compatibilité, et est influencé par des facteurs internes à l'entreprise, c'est-à-dire les moyens de communication de l'entreprise, les motivations sociales et la volonté de l'entreprise.
- « Intention », qui correspond à « l'attitude » de Rogers, présente des interactions de types pressions coercitives en facteurs externes à l'entreprise, cette étape est toujours influencée

par les caractéristiques du BIM et selon les mêmes facteurs que pour l'étape précédente, et par les facteurs internes à l'entreprise, c'est-à-dire le support des hauts cadres de l'entreprise, les moyens de communication de l'entreprise, la préparation organisationnelle, la culture organisationnelle et la taille de l'entreprise.

- « Decision », qui correspond à la « décision finale » de Rogers, présente les mêmes interactions que l'étape précédente pour les facteurs externes à l'entreprise, elle est influencée par les caractéristiques du BIM, c'est-à-dire les avantages relatifs à l'entreprise et la compatibilité de la technologie, et par des facteurs internes à l'entreprise, c'est-à-dire le support des hauts cadres de l'entreprise, les moyens de communication, la préparation organisationnelle et la taille de l'entreprise.

Dans le modèle conceptuel de Ahmed & Kassem (2018) présenté en Figure 2.2, on remarque que c'est seulement à partir de la décision de l'entreprise qu'on peut passer aux étapes suivantes ou non.

2.2.4 Les facteurs d'échecs dans le modèle d'adoption du BIM

Le modèle présenté par Ahmed & Kassem (2018) manque de précision sur les deux dernières étapes de l'adoption du BIM, il peut alors être complété par celui de Hochscheid & Halin (2018), en Figure 2.3, qui en précise les facteurs d'implémentation et les types d'échecs pour l'adoption de l'innovation, sachant que dans les modèles de Rogers (2003) et d'Ahmed & Kassem (2018), la seule façon présentée de ne pas aller au bout du processus d'adoption est un refus au niveau de la décision finale (Hochscheid & Halin, 2018).

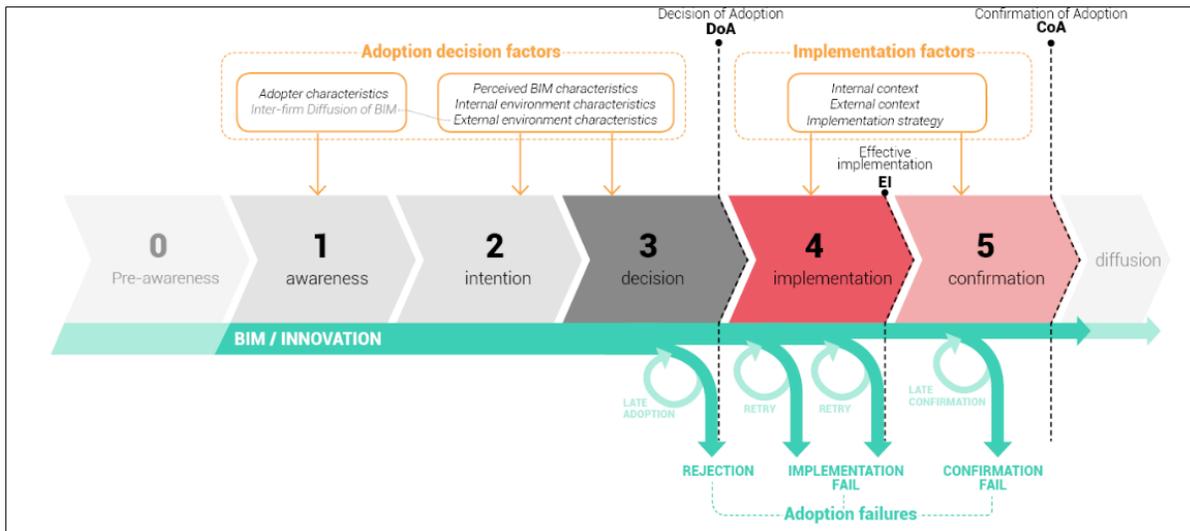


Figure 2.3 Modèle conceptuel d'adoption du BIM au niveau micro prenant en compte le risque d'échec
Adaptée de Hochscheid & Halin (2018)

Dans ce modèle, nous nous intéressons plus au processus d'implémentation qui démarre après la décision d'adoption donc après l'étape 3. Les deux étapes qui suivent sont influencés par les mêmes facteurs, c'est-à-dire les contextes internes et externes à l'entreprise ainsi que la stratégie d'implémentation du BIM choisie par l'entreprise. Les échecs d'adoption dépendent de l'étape et ne surviennent pas pour les mêmes raisons (Hochscheid & Halin, 2018).

Il peut y avoir un échec d'adoption du BIM pendant le début de l'étape d'implémentation, du entre autres à une grande résistance au changement de la part des membres de l'entreprise, et pendant cette étape d'implémentation, à cause d'un manque de rapidité de l'entreprise pour opérer le changement par exemple. L'adoption du BIM peut aussi être un échec après son implémentation, donc pendant la phase de confirmation, si les dirigeants de l'entreprise jugent que cette innovation n'est pas rentable ou moins efficace que les anciennes pratiques (Hochscheid & Halin, 2018).

2.2.5 Les enjeux du niveau micro présents dans ces modèles

Dans les différents modèles présentés dans les sections précédentes, il est possible de trouver des parallèles avec les enjeux trouvés dans la fin du premier chapitre. En effet, certains facteurs des étapes d'intention et de décision internes à l'entreprise (Ahmed & Kassem, 2018) se retrouvent dans les enjeux, tel que le besoin du support des hauts cadres de l'entreprise (Ahmed & Kassem, 2019) pour changer le modèle de management qui permettrait l'adoption du BIM (Hochscheid & Halin, 2019). La grande résistance au changement qui pourrait être la cause de l'échec de l'adoption du BIM (Hochscheid & Halin, 2018) se retrouve dans les enjeux de manque d'information des parties prenantes, des réticences à changer les manières de faire parce qu'il faut se former ou encore la peur de se faire remplacer par quelqu'un de plus qualifié (Stojanovska-Georgievska et al., 2022). Et pour finir, un enjeu de l'adoption du BIM en gestion des actifs immobiliers est l'adoption lente des stratégies et protocoles liés au BIM (Munir et al., 2018). C'est aussi un exemple de cause d'échec de l'adoption du BIM lors de l'étape d'implémentation (Hochscheid & Halin, 2018).

Après avoir vu une méthode générale d'adoption du BIM dans le cadre d'une entreprise (niveau micro), nous allons voir des méthodes d'adoption au niveau régional ou national (niveau macro).

2.3 Les modèles d'adoption du BIM au niveau Macro

Succar & Kassem (2015) présentent 5 modèles de diffusion du BIM. Nous allons d'abord les présenter pour ensuite les comparer à plusieurs contextes internationaux dont celui québécois.

Les 5 modèles de diffusion du BIM sont :

- Diffusion areas
- Macro-maturity component
- Macro-diffusion dynamics

- Policy actions
- Macro-diffusion responsibilities

Le principe du premier modèle de diffusion du BIM, « Diffusion areas », est d'identifier trois domaines différents, soit la technologie, les processus et la politique, et de les composer avec trois caractéristiques majeures du BIM, soit la modélisation, la collaboration et l'intégration (Figure 2.4).

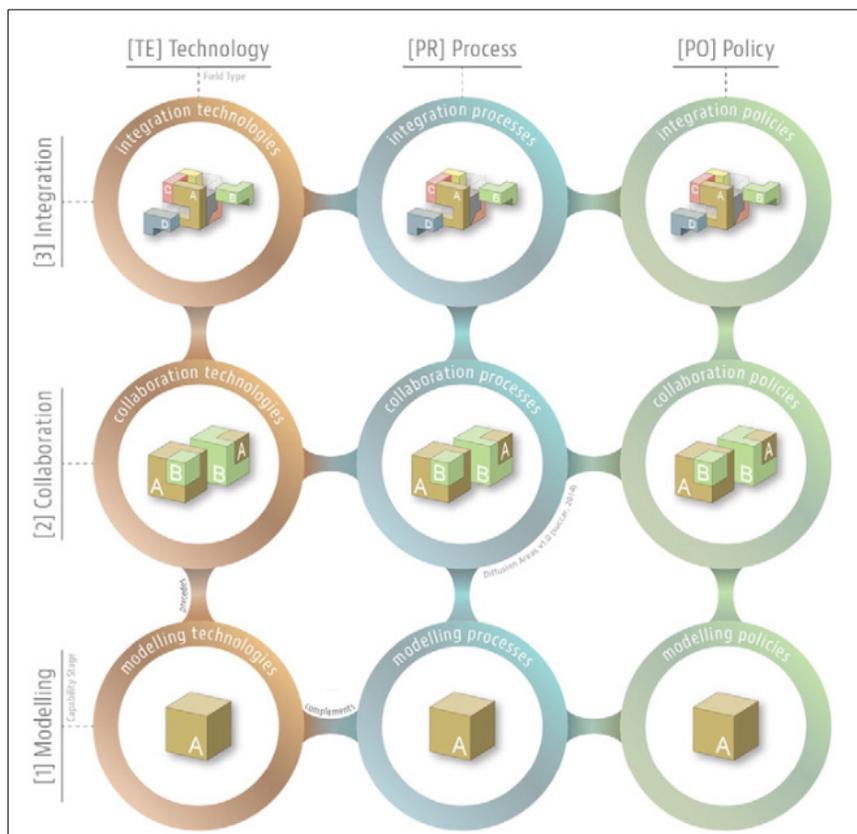


Figure 2.4 Diffusion areas
Adaptée de Succar & Kassem (2015)

En croisant ces domaines avec les caractéristiques, on obtient neuf zones de diffusion distinctes, tel que les technologies de collaboration, les processus de modélisation ou encore la politique de collaboration. Il est alors possible de créer une stratégie différente pour chacune

des zones de diffusions et grâce aux neuf stratégies ainsi choisies, une stratégie globale pour un marché donné (Succar & Kassem, 2015).

Le principe du deuxième modèle de diffusion du BIM, « Macro-maturity component » est d'utiliser huit éléments complémentaires pour mesurer et établir la maturité du BIM dans un pays. Chacun de ces éléments est mesuré sur une échelle de cinq niveaux de maturité grâce à des critères prédéterminés avec un plus ou moins haut niveau de détail. On obtient ainsi une matrice qui, pour un pays donné, donnera une visibilité sur la maturité d'adoption du BIM et montrera les points à améliorer (Succar & Kassem, 2015).

Le principe du troisième modèle, « Macro-diffusion dynamics » est de repérer trois dynamiques de diffusion selon leur échelle, soit les gouvernements (« top-down »), les grandes organisations ou les associations d'organisations (« middle-out ») et les petites entreprises (« bottom-up ») et d'analyser l'influence qu'ont chacun des niveaux entre eux. En effet, la diffusion d'une innovation, le BIM dans notre cas, depuis les gouvernements a des répercussions sur les petites entreprises mais l'inverse est aussi vrai (Succar & Kassem, 2015).

Le principe du quatrième modèle, « Policy actions » est de définir les actions que peut avoir un gouvernement pour influencer l'adoption d'une innovation au niveau d'un marché particulier. Pour cela, de la même manière que pour la première méthode, trois activités, soit la communication, l'engagement et le contrôle, sont composés avec trois approches, soit une passive, une active et une assertive, pour donner neuf politiques d'action. Ces politiques d'action peuvent alors être subdivisée en plusieurs tâches (Succar & Kassem, 2015).

Le principe du cinquième et dernier modèle, « Macro-diffusion responsibilities » est d'identifier le rôle des parties prenantes en tant qu'acteurs dans leurs réseaux et qui peuvent influencer dans l'adoption du BIM. Il a été identifié neuf groupes de parties prenantes réparties dans trois domaines du BIM, la technologie, les processus et la politique. Dans chacun des groupes de parties prenantes, il y a plusieurs types de participants tel que des architectes, des

entrepreneurs ou encore ingénieurs entre autres. Le but de cette méthode étant de pouvoir comparer les apports pour l'adoption du BIM entre plusieurs types de participants ou entre un groupe de parties prenantes et un autre (Succar & Kassem, 2015).

2.4 Les liens entre les niveaux Micro et Macro pour l'adoption du BIM

Les chercheurs Kassem et Ahmed, 2022, ont proposé une méthode qui permet de comprendre les influences des différents acteurs des niveaux micro et macro sur l'adoption du BIM afin d'aider à planifier les interventions à l'intérieur d'une feuille de route multi-échelle (Figure 2.5).

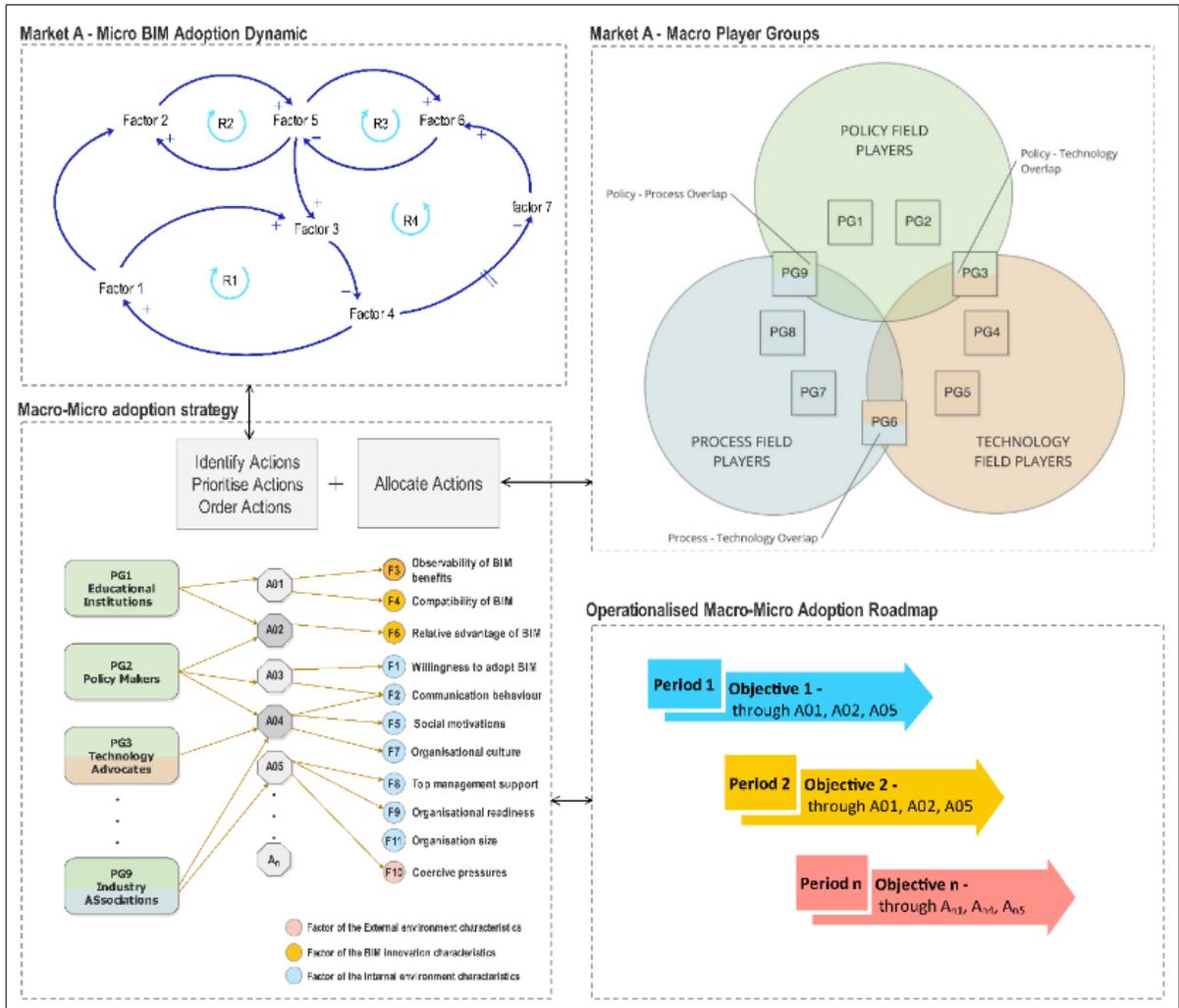


Figure 2.5 Résumé de l'approche macro-micro d'adoption du BIM
Adaptée de Kassem & Ahmed (2022)

Cette figure présente la stratégie de déploiement illustrée ici, établit d'abord la relation entre les facteurs facilitant l'adoption du BIM au niveau macro et micro et comment ils affectent la dynamique d'adoption au niveau micro. Ensuite, on identifie les acteurs et leurs rôles dans l'écosystème pour établir la feuille de route. Dans la suite, les facteurs d'adoption du BIM et leur lien avec des actions seront développés.

Les obstacles quant à l'adoption du BIM dans l'industrie de la construction sont multiples. La complexité de son adoption provient entre autres du nombre élevé de facteurs l'influençant. Kassem & Ahmed (2022) en dénombrent 11 de plus importants que les autres :

- F1 – La volonté et l'intention d'adoption du BIM
- F2 – Les comportements en communication
- F3 – L'observabilité des bénéfices du BIM
- F4 – La compatibilité du BIM
- F5 – La motivation sociale parmi les membres de l'organisation
- F6 – Les avantages relatifs au BIM
- F7 – La culture de l'organisation
- F8 – Le support des hauts gestionnaires
- F9 – La préparation organisationnelle
- F10 – Les pressions coercives (extérieures)
- F11 – La taille de l'organisation

Ces facteurs sont présentés dans quatre boucles causales qui mènent toutes à la décision d'adoption du BIM. Ces boucles sont décrites dans le Tableau 2.1 et schématisées dans la partie « Market A – Micro BIM Adoption Dynamic » de la Figure 2.5. Dans ce tableau, les dépendances entre les différents facteurs d'adoption du BIM sont présentées et en rouge sont représentées les facteurs influencés par des pressions coercives (F10).

Tableau 2.1 Boucles expliquant les relations causales menant à la décision d'adoption du BIM dans les organisations
Tiré et adapté de Ahmed & Kassem (2022)

Boucle	Nom de la boucle	Facteurs interdépendants
R1	Les bénéfices de l'innovation BIM	<p><u>Les avantages relatifs au BIM (F6)</u> → La volonté et l'intention d'adoption du BIM (F1) → La culture de l'organisation (F7) → La motivation sociale parmi les membres de l'organisation (F5) → Les comportements en communication (F2) → L'observabilité des bénéfices du BIM (F3) → La compatibilité du BIM (F4) → Le support des hauts gestionnaires (F8) → La préparation organisationnelle (F9)</p> <p>→ Les avantages relatifs au BIM (F6) → Décision d'adopter le BIM</p>
R2	La visibilité des bénéfices du BIM	<p><u>L'observabilité des bénéfices du BIM (F3)</u> → Les avantages relatifs au BIM (F6) → La compatibilité du BIM (F4) → Le support des hauts gestionnaires (F8) → La préparation organisationnelle (F9) → La volonté et l'intention d'adoption du BIM (F1) → La culture de l'organisation (F7) → La motivation sociale parmi les membres de l'organisation (F5)</p> <p>→ Les comportements en communication (F2) → L'observabilité des bénéfices du BIM (F3) → Décision d'adopter le BIM</p>
R3	La préparation de l'organisation pour procéder à un changement	<p><u>La préparation organisationnelle (F9)</u> → La volonté et l'intention d'adoption du BIM (F1) → La culture de l'organisation (F7) → La motivation sociale parmi les membres de l'organisation (F5) → Les comportements en communication (F2) → L'observabilité des bénéfices du BIM (F3) → Les avantages relatifs au BIM (F6) → La compatibilité du BIM (F4) → Le support des hauts gestionnaires (F8)</p> <p>→ La préparation organisationnelle (F9) → Décision d'adoption du BIM</p>
R4	Utiliser le BIM avec de l'expérience et des besoins	<p><u>La compatibilité du BIM (F4)</u> → Le support des hauts gestionnaires (F8) → La préparation organisationnelle (F9) → Les avantages relatifs au BIM (F6) → La volonté et l'intention d'adoption du BIM (F1) → Décision d'adoption du BIM</p>
	→	Relation de cause
	➔	Deux conséquences simultanées



Les facteurs sont répartis dans deux catégories distinctes, les causes et les impacts. La Figure 2.6 présente l'influence entre ces deux catégories. Par exemple, développer F6 dans une organisation (Les avantages relatifs au BIM) a une influence directe sur le développement de F1 (La volonté et l'intention d'adoption du BIM), F2 (Les comportements en communication), F8 (Le support des hauts gestionnaires), F9 (La préparation organisationnelle et F3 (L'observabilité des bénéfices du BIM). Les facteurs causes sont plus intéressants à développer car ils ont plus d'influences sur les facteurs impacts que l'inverse (Kassem & Ahmed, 2022).

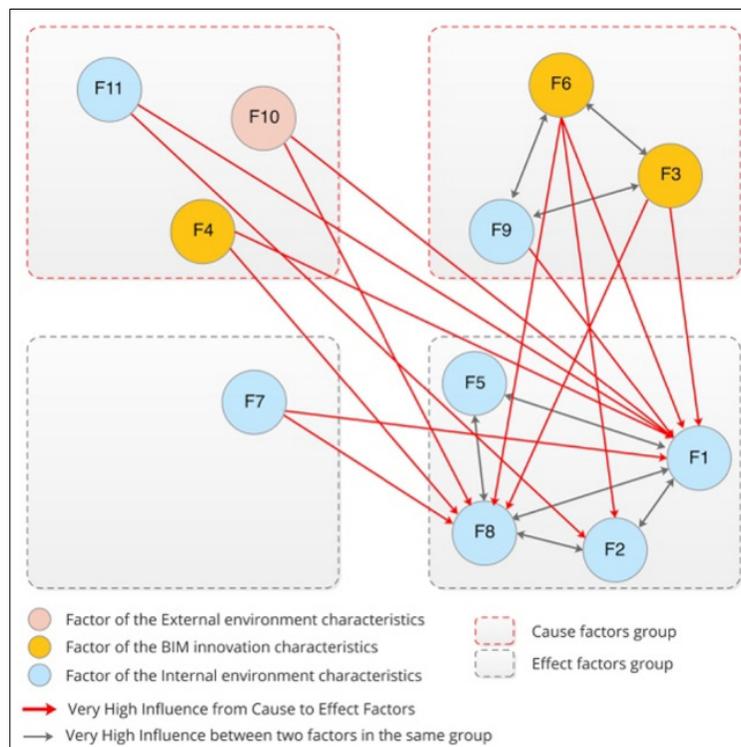


Figure 2.6 Les groupes de facteurs et leurs influences
Adapté de Ahmed & Kassem (2022)

Chacun des facteurs peut être affecté par des actions réalisées par des acteurs des niveaux macro et micro.

Voici par exemple la première action présentée par Kassem & Ahmed, 2022 : Les décideurs politiques peuvent favoriser l'adoption du BIM en mettant en place des remboursements de taxes, de crédits ou autre. En faisant cela, ils montrent aux organisations un avantage relatif au BIM (F6) ce qui enclenche, entre autres, la boucle R1. Dans l'article, c'est en tout 19 actions qui sont présentées (ANNEXE XI). Ces diverses actions peuvent être réalisées par différents acteurs macro provenant de différents secteurs, le secteur des politiques, celui des processus et celui des technologies. En combinant les acteurs qui effectuent des actions avec les facteurs qui sont ainsi influencés, on obtient une feuille de route à suivre pour l'adoption du BIM comme le montre la Figure 2.5.

C'est ainsi que se crée le lien entre les niveaux micro et macro d'adoption du BIM (Kassem & Ahmed, 2022).

2.5 Des outils pour faciliter l'adoption du BIM

En plus des modèles d'adoption du BIM qu'on peut trouver dans la littérature, les organisations et les gouvernements peuvent s'appuyer sur différentes normes internationales et des modèles de maturité et de compétences afin de construire leur plan d'actions.

2.5.1 Une normalisation de la numérisation des données : la série ISO 19650

Étant donné sa nature fragmentée, l'industrie de la construction est différente de toutes les autres industries mais son développement en termes de TI étant en retard par rapport aux autres, elle peut s'inspirer d'elles dans sa gestion des données. C'est pourquoi nous nous intéressons à la norme ISO 19650 qui reprend les meilleures pratiques des industries en termes de gestion de l'information dans un contexte où les données sont totalement numérisées (Winfield, 2020).

Cette norme peut aider l'industrie de la construction à réduire et contrôler les coûts, le temps et la qualité de l'information notamment en aidant les entreprises à créer des contrats qui

favorisent la meilleure gestion des données (Shillcock, 2019 in Winfield, 2020). Elle a pour cible toute personne ou organisation qui est impliqué dans le cycle de vie d'un actif. Elle est utilisable pour tous les types de données, que ce soient des modèles, des fichiers Excel ou des PDF. La Figure 2.7 illustre comment cette norme s'insère dans les phases de réception d'un actif avec le PIM (Product Information Management) ainsi que la phase d'opération avec le AIM (Asset Information Management) (UK BIM FRAMEWORK, 2019) dans tout le cycle de vie de l'information d'un actif.

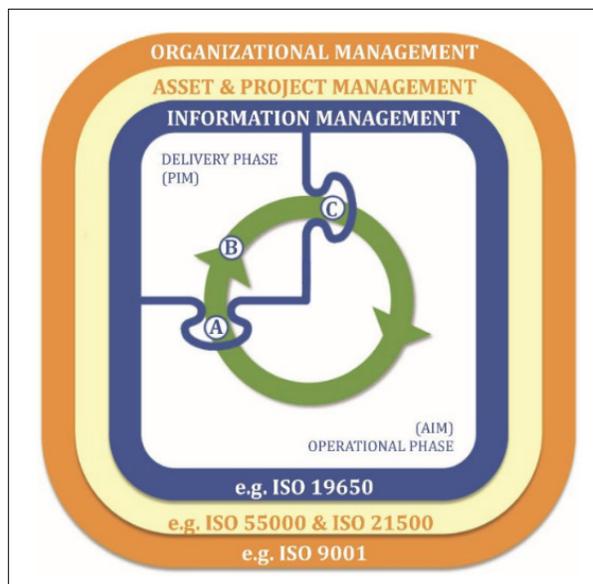


Figure 2.7 La norme ISO 19650
Adaptée de UK BIM FRAMEWORK (2019)

Cette norme a aussi des limites pour l'industrie de la construction. Elle est sujette à interprétation dans son lien avec le BIM. De plus, les pays sont censés avoir un complément d'information qui permet d'utiliser la norme ISO 19650 dans le contexte du pays et c'est rarement le cas (Winfield, 2020). Le Canada a une annexe de cette norme depuis 2018.

2.5.2 Un modèle de maturité du BIM

La création d'un modèle de maturité pour le BIM permet aux organisations et entreprises de connaître leurs performances au niveau de l'utilisation du BIM. Il permet de représenter la qualité, la répétabilité et le niveau d'excellence de l'utilisation du BIM (Succar et al., 2014). Dans le modèle présenté ci-dessous en Figure 2.8, il y a 5 étapes de maturité du BIM différents allant de "Initial" à "Optimisé". Améliorer la maturité du BIM et passer d'une étape à une autre veut dire améliorer les performances du BIM dans une organisation. Cela se remarque quand l'écart entre la cible de l'entreprise et les résultats réels se retrouvent réduits et quand une organisation est plus efficace pour atteindre des objectifs ou qu'elle est capable d'en créer des plus ambitieux (Succar et al., 2014).

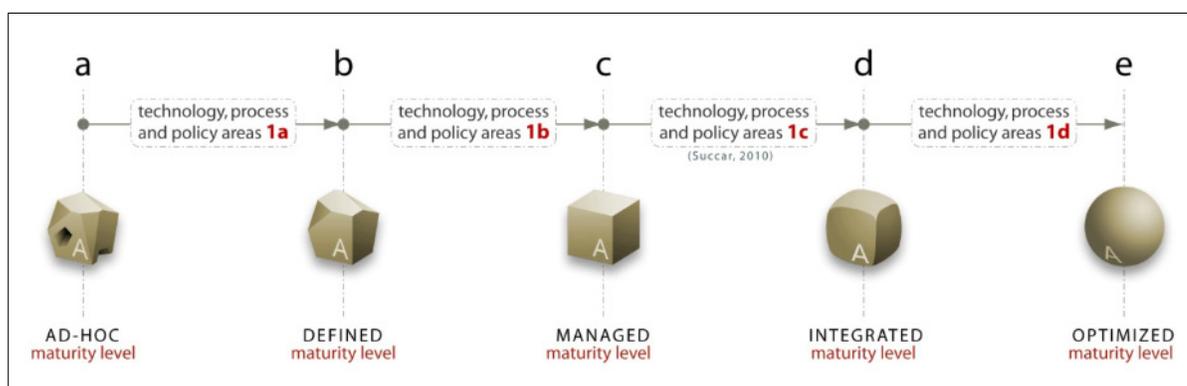


Figure 2.8 Modèle de maturité du BIM pour le niveau 1
Adaptée de Succar et al. (2014)

2.5.3 Un modèle de compétence

Les compétences d'une entreprise au niveau du BIM sont l'image des compétences de ses employés, c'est pourquoi il est important de les prendre en compte (Succar et al., 2013). Pour cela, les chercheurs ont fait et utilisé un modèle de compétence.

Une compétence peut se définir par l'alliance de savoir-faire, de connaissances et d'expériences qui permettent à une personne ou une entreprise d'effectuer une tâche. Selon l'ICI (Individual

Competency Index), une compétence ne peut pas s'évaluer de manière binaire mais plus selon une échelle. C'est comme ça qu'ils ont créé un modèle sur 5 niveaux allant de 0, "aucune" qui signifie n'avoir aucune connaissance ni expérience, à 4, "expert" qui signifie avoir une connaissance extensive, un savoir-faire ainsi qu'une expérience qui permettent la meilleure qualité de travail en utilisant la compétence (Succar et al., 2013). Le modèle est présenté ci-dessous en Figure 2.9.

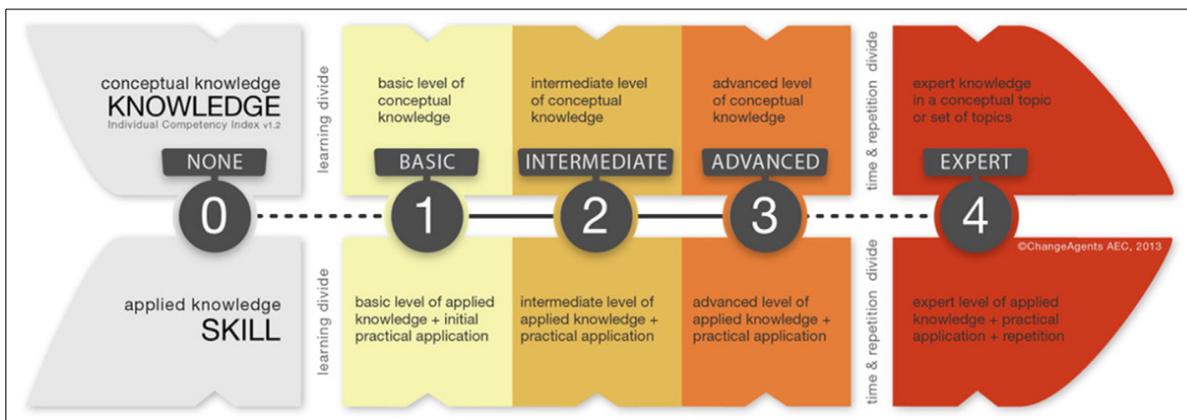


Figure 2.9 Niveau de compétence de l'ICI
Adaptée de Succar et al. (2013)

Pour chaque personne de l'entreprise, les compétences sont identifiées pour être ensuite classées selon une taxonomie avancée. Cette taxonomie peut être sous la forme de huit ensembles de compétences individuelles comme proposé par Succar et al., (2013) : administration, gestion, fonctionnel, implantation, technique, support, opérations, recherche et développement. Elles sont ensuite rangées dans une base de donnée d'entreprise qui est mise-à-jour au fur et à mesure que des compétences sont apprises, améliorées ou même utilisées par un employés (Succar et al., 2013).

2.5.4 Les usages de modèles BIM

La littérature de l'initiative BIM Excellence définit les usages de modèle BIM de la manière suivante :

« Les Usages de modèle identifient et compilent les exigences en matière de données qui doivent être livrées en tant que modèle numérique 3D ou être intégrées à celui-ci. » (BIM Excellence, 2019)

Il y a trois types d'usages de modèle :

- Les usages généraux de modèle
- Les usages précis de modèle
- Les usages personnalisés de modèle

Les usages généraux de modèle BIM s'appliquent : « aux domaines de connaissance, aux systèmes d'information et aux industries ». Le code de ces usages commence par un « 1 ». Les usages précis de modèle BIM permettent de souligner les utilisations dans l'industrie. Le code de ces usages est compris entre « 2 » et « 8 ». Les usages personnalisés de modèle BIM sont spécifiques à un marché ou une organisation donnée et dépendent donc du contexte où les usages sont utilisés (BIM Excellence, 2019).

2.6 Synthèse

Dans ce chapitre, sont abordées les étapes de diffusion d'une innovation avec les facteurs d'échecs qui les accompagnent. De plus, des outils sont présentés comme les modèles d'adoption du BIM, les normes ISO 19650 et ISO 55000 et pour finir les modèles de maturité et de compétences qui aident l'industrie québécoise de la construction à produire sa démarche de numérisation.

Le modèle de diffusion d'une innovation (Sections 2.2.1 et 2.2.3) permet de comprendre où se placent les initiatives notamment celles du Québec, dans l'adoption du BIM au niveau national. Ainsi, ce modèle aidera à mieux comprendre l'initiative IQC4.0 et donc répondre à certains objectifs de ce mémoire.

Les enjeux et avantages du BIM pour la gestion des actifs présentés dans les sections 1.4.2 et 1.5.4 seront vérifiés pendant les études de cas. Cela permettra de mieux comprendre si les difficultés rencontrées sont uniques à ces cas particuliers.

Le diagnostic de l'IQC4.0 utilise le modèle de compétence de Succar et al. (2013) (Section 2.5.3) ainsi que les usages de modèle BIM de l'initiative BIM Excellence (Section 2.5.4). Il est donc important d'avoir une bonne compréhension de ces outils. Ces deux outils devraient être mis en lien dans le futur afin de connaître les compétences requises pour déployer un usage BIM (BIM Excellence, 2019).

Il n'y a pour l'instant que très peu de recherche concernant les liens multi-échelles d'adoption du BIM. La seule littérature présentant des liens entre les niveaux micro et macro est celle de Kassem & Ahmed (2022) (Section 2.4). Ce modèle se base sur le niveau macro pour effectuer l'adoption de l'innovation au niveau micro. Il ne prend pas en compte l'inverse c'est-à-dire du niveau micro vers le niveau macro pour l'adoption du BIM. De plus, les liens entre les niveaux micro et macro ont été développés théoriquement et n'ont pas été validés empiriquement, il est alors légitime de se demander s'ils fonctionnent réellement et favorisent l'adoption du BIM. Un des objectifs de cette recherche est donc de faire une vérification empirique du modèle d'adoption du BIM de Kassem & Ahmed (2022) et de proposer une cartographie multi-échelle au niveau du Québec.

CHAPITRE 3

MÉTHODOLOGIE

3.1 Choix du type de recherche

Dans la revue de littérature constituant les deux premiers chapitres de ce mémoire, il a été soulevé le manque de lien entre les niveaux micro et macro d'adoption du BIM dans la littérature académique. Cette recherche répond à ce manque en effectuant une validation empirique de modèles d'adoption du BIM existants. Dans les prochaines sections, le choix du type de recherche sera développé.

3.1.1 Contexte de la recherche

Cette recherche fait une analyse empirique du déploiement du cadre de Kassem et Succar dans l'initiative Québécoise pour la Construction (IQC) 4.0. Dans la revue de littérature, la conclusion était le nombre restreint de modèles d'adoption du BIM du niveau macro vers les niveaux meso et micro.

La feuille de route gouvernementale (ANNEXE I) du Québec est un outil du niveau macro pour favoriser le virage du numérique dans l'industrie de la construction québécoise en utilisant le BIM, elle se déroule sur 5 ans, de mars 2021 à mars 2026. L'IQC4.0 y fait référence.

L'IQC4.0 est une initiative qui a été mise en place pour évaluer le niveau de maturité numérique, les enjeux ainsi que les besoins d'entreprises et de donneurs d'ouvrages de façon personnalisée. Une analyse est effectuée pour donner à chaque demandeur un plan d'action pour la numérisation de ces activités en gestion des actifs et des indicateurs pour en assurer le suivi (*IQC 4.0 - Initiative Québécoise pour la Construction 4.0*, s. d.-a). L'intention de cette initiative est de créer un lien concret de diagnostic et d'accompagnement entre les 3 niveaux d'adoption du BIM.

Les modèles d'adoption du BIM présents dans l'IQC4.0 ont été testés sur des entreprises du secteur de la construction mais très peu sur des donneurs d'ouvrages. Cette recherche vise donc à vérifier l'utilité de l'initiative via une validation empirique sur deux donneurs d'ouvrages précurseurs ayant suivi les ateliers dispensés par l'IQC4.0.

3.1.2 Conception de la recherche

Afin d'effectuer la validation empirique en utilisant comme deux donneurs d'ouvrage publics, une méthodologie de recherche-action a été adoptée. La recherche action correspond aux besoins de cette recherche, car elle combine les besoins de la recherche fondamentale en créant de nouvelles connaissances théoriques et de la recherche appliquée en contribuant à la résolution de problèmes pratiques. Elle porte sur deux cas :

- Une organisation parapublique en événementiel : Un de ses départements a suivi le diagnostic IQC4.0 entre septembre et décembre 2022 avec des ateliers majoritairement à distance. L'organisation était déjà conseillée par une entreprise pour l'adoption du BIM dans ses projets. Ce cas est donc utilisé comme étude exploratoire pour cerner les aboutissants du diagnostic et resserrer le mode d'investigation.
- Une université au Québec : Il s'agit du premier donneur d'ouvrage à avoir suivi le diagnostic IQC4.0. Plusieurs de ses départements ont suivi les ateliers entre juin et septembre 2022 dans l'objectif d'obtenir une feuille de route d'adoption du BIM dans son activité. Ce cas est utilisé en étude principale car il était possible d'agir directement dans ses méthodes de numérisation.

L'étude de cas vise à répondre aux questions comment et pourquoi. Elle permet d'obtenir l'ensemble des caractéristiques d'événements réels et contemporain. Elle est adaptée aux recherches descriptives (Yin, 2003). Les données seront collectées et analysées comme précisé plus loin dans ce mémoire. La recherche action vise à augmenter la compréhension des parties

prenantes dans des situation problématiques, à résoudre des problèmes pratiques, étendre les connaissances scientifiques et à étendre les compétences de tous (Azhar et al., 2010).

Comme présenté dans la Figure 3.1, la RA proposée par Azhar et al., se déroule en 5 étapes :

1. Diagnostic du problème
2. Plans d'actions
3. Prises d'action
4. Validation
5. Spécification de l'apprentissage

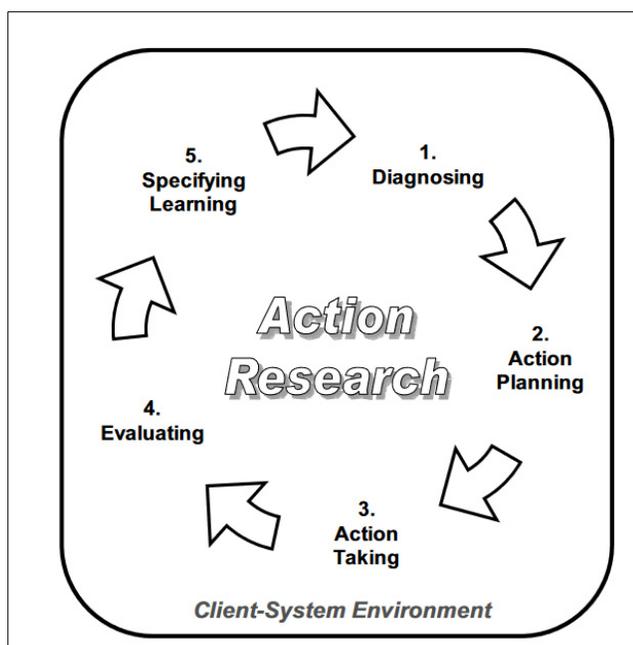


Figure 3.1 Les étapes de la recherche-action
Adaptée de de Azhar et al. (2010)

3.2 Les étapes de la recherche

Comme spécifié précédemment, cette recherche se déroule selon les 5 étapes de la recherche-action. L'étude de cas du donneur d'ouvrage interviendra plus spécifiquement pendant la phase de diagnostic afin de proposer une comparaison entre les deux donneurs d'ouvrages.

La Figure 3.2 présente les différentes étapes de la recherche ainsi que les différentes sources de données.

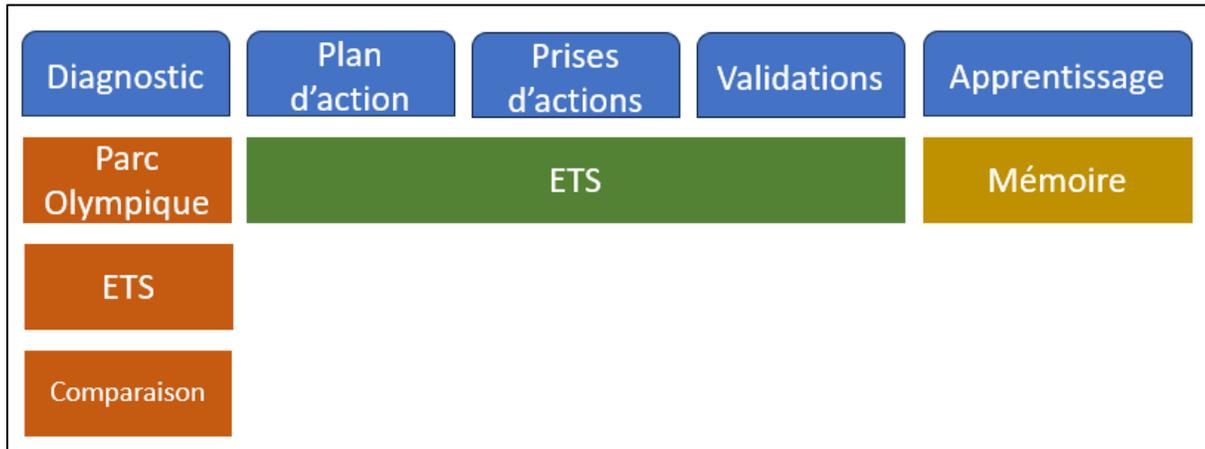


Figure 3.2 Les étapes de la recherche

Les sources de données de cette figure sont rangées par étape de la recherche selon les 4 premières étapes de la RA. La dernière étape n'est pas représentée ici car elle correspond à la spécification de l'apprentissage et n'a donc pas été utilisée comme source de données pendant la recherche.

3.2.1 Phase 1 : Diagnostic

La collecte des données s'est faite de juin 2022 à juillet 2023 à partir de 3 principales sources, la revue de documentation qui comprend les travaux précédents sur le sujet (Tableau 3.1), l'observation et la participation à des ateliers ou à des rencontres (Tableau 3.2) et des entrevues avec des personnes clés (Tableau 3.3).

Tableau 3.1 Liste des documents consultés

Tableaux Miro	Miro des ateliers IQC4.0 du donneur d'ouvrage
	Miro des ateliers IQC4.0 de l'université
Autodiagnostic	Autodiagnostic du SGAI
	Autodiagnostic du BGPI et bureau de projet
	Autodiagnostic des gestionnaires
Travaux précédents	Rapport de projet de Abdelhak Bedahouche (2019)
	Proposition de cadre pour le suivi, la réception, l'utilisation et la mise-à-jour des livrables BIM, Forgues et al. (2021)
	Rapport d'analyse des pratiques de la gestion et la réception des modèles BIM à [l'université], Forgues et al. (2020)
	Mémoire de Nouha Boufares (2022)
	Blog de BIMOne : L'IQC4.0 a lancé les diagnostics BIM pour les donneurs d'ouvrages. A quoi s'attendre ? Nonirit (2023)
	Rapport annuel – [Donneur d'ouvrage] (2021)
	Rapport de projet d'un étudiant (2023)
Sondage	Sondage pour l'identification des activités sans valeurs ajoutées de [l'université]

Tableau 3.2 Participation aux rencontres

Réunion	Objectif	Durée
Rencontre	Réunion de coordination avec la directrice adjointe pour l'intégration BIM, un chercheur principal et des étudiants chercheurs	30 minutes toutes les semaines
Atelier	Atelier 6 du diagnostic de l'IQC4.0 du donneur d'ouvrage	1 heure et demie
Atelier	Atelier conception sur les enjeux et potentiels d'automatisation	2 heures
Atelier	Atelier corps de métiers sur les enjeux et potentiels d'automatisation	2 heures
Atelier	Atelier de priorisation des enjeux	2 heures
Présentation	Présentation des fonctionnalités du logiciel Dalux	1 heure (4 fois)
Présentation	Présentation des fonctionnalités du logiciel de maintenance de 3Dexpérience	1 heure et demie (2 fois)
Présentation	Exemple d'utilisation de la plateforme Maximo d'IBM	1 heure et demie (2 fois)
Présentation	Résultats enquête – Identification des activités sans valeurs ajoutées	1 heure
Présentation	Résultat des ateliers sur les enjeux et potentiels d'automatisation	1 heure
Présentation	Rapport final Accompagnement SGAI	1 heure
Rencontre	Mise en place d'un guichet unique	1 heure (2 fois)
Rencontre	Comparaison entre les réalités de l'université et du donneur d'ouvrage	30 minutes (2 fois)

Tableau 3.3 Liste des personnes rencontrées

Code	Fonction	Rencontre	Durée
DSGAI	Université : Directeur du Service de gestion des actifs	Atelier	
DAIBIM	Université : Directeur adjoint – Intégration BIM	Atelier	
DACR	Université : Directeur adjoint – Construction et réaménagement	Atelier	
DAST	Université : Directeur adjoint – Services techniques	Atelier	
IBIM	Université : Ingénieur BIM	Atelier	
AR	Université : Architecte	Atelier	
DS	Université : Dessinateur	Atelier	
TA	Université : Technicien en administration	Atelier	
DGP	Donneur d’ouvrage : Directrice, gestion de projets	Entrevue	2 fois 1 heure
SBIM	Donneur d’ouvrage : Spécialiste BIM	Entrevue	1 heure
VPGBQ	Vice-président – Responsable du développement de l’IQC4.0 au Groupe BIM Québec	Entrevue	1 heure

Analyse des données

Dans un premier temps, pour analyser les ateliers IQC4.0, un fichier Excel a été créé pour mieux comprendre les informations récoltées lors des ateliers. La documentation a été lue de manière active en prenant des notes. Les données quantitatives provenant du sondage ont été travaillées sous forme de graphiques de façon à mieux comprendre les implications des résultats. A la suite des ateliers, des cas d’usages ont été créés pour cartographier les interactions avec des technologies pour un usage donné afin de d’identifier les zones d’améliorations potentielles grâce à l’acquisition de technologies mieux adaptées au contexte d’affaire de l’université. Pour finir, les entrevues ont été retranscrites et codées. Dans le cas de l’entrevue sur l’IQC4.0, le premier objectif était de comprendre la façon dont elle a été créée

et comment elle est arrivée sous cette forme. Le second objectif était de lier le diagnostic IQC4.0 aux différents facteurs d'adoption du BIM de Kassem & Ahmed (2022). Dans le cas des entrevues sur le donneur d'ouvrage, les objectifs étaient de comprendre comment les résultats des ateliers IQC4.0 ont été utilisés et pourquoi ils ont été utilisés ou non. Cela a permis aussi de valider si les facteurs d'adoption du BIM ont été introduit par le diagnostic.

Les données impliquant la participation des employés de l'université, le sondage (ANNEXE V) et les ateliers, ont ensuite été validées par le personnel du département de gestion des actifs (DGAI) à l'intérieur d'un focus group.

3.2.2 Phase 2 : Plan d'action

Les étapes de cette phase suivent les étapes du guide de Messner et al. (2013) (Section 2.2.2) en utilisant les données du diagnostic de l'IQC4.0 :

1. Stratégie
2. Processus
3. Usages
4. Information
5. Personnel

La première étape du plan d'action correspond à la partie « Stratégie ». Elle comprend un diagnostic à haut niveau qui suit les recommandations du rapport de l'IQC4.0 qui font référence aux objectifs de numérisation et au déploiement de certains usages. Elle est complétée par une validation des objectifs au niveau de la haute direction.

La deuxième étape correspond à la partie « Processus ». Elle comprend une analyse plus détaillée au niveau opérationnel des enjeux informationnels ainsi qu'une priorisation de ces enjeux.

La troisième étape correspond à la partie « Usages ». Elle comprend la recalibration des priorités dans le déploiement des usages BIM en utilisant comme base les résultats du diagnostic IQC4.0 et la priorisation des enjeux faite dans l'étape précédente.

La dernière étape correspond aux parties « Information » et « Personnel ». Elle comprend la création de chartes de projet pour structurer et gérer le déploiement de chacun des usages BIM choisies par l'université.

3.2.3 Phase 3 et 4 : Prise d'actions et validation

Lors d'une rencontre avec la haute direction de l'université, des cas d'usage tirés des processus actuels du service des immeubles de l'université ont été présentés pour mettre en évidence les enjeux et des solutions. Il a alors été décidé de former un comité de pilotage pour mettre en place un guichet unique pour la gestion des actifs. De plus, le mandat d'un groupe de recherche a été renouvelé suite à une réunion avec les membres de la haute direction. Dans l'objectif de numérisation des activités, un mandat a été attribué à une entreprise de conseil et un stagiaire a été engagé au sein du BGPI pour accompagner les équipes.

3.2.4 Phase 5 : Spécifier l'apprentissage

La dernière étape de la recherche-action est la phase de spécification de l'apprentissage. Elle permet d'effectuer un retour sur les enseignements qui ont pu être acquis tout au long du projet de recherche. Ce support permettra aux services de gestion d'actifs et à l'IQC4.0 de base de données et il sera aussi une base d'alimentation pour d'autres études futures sur le sujet. Dans le Tableau 3.4, les actions qui ont été effectués au cours et à la suite de la recherche sont reliés aux objectifs auxquels elles répondent.

Tableau 3.4 Objectifs de la recherche

Objectifs	Actions
Développer les instruments d'investigation à travers d'une étude de cas pilote et analyser l'impact de l'IQC4.0 sur sa feuille de route	Étude de cas sur le donneur d'ouvrage
	Entrevue avec le VPGBQ
Analyser l'impact du diagnostic IQC4.0 sur la feuille de route du second cas	Analyse du rapport final du diagnostic IQC4.0 de l'université
Analyser la stratégie et les impacts des actions entreprises dans le second cas	Sondage sur les activités sans valeurs ajoutées
	Ateliers sur les enjeux et potentiels d'automatisation
	Concept d'opération Maximo et Dalux
	Renouvellement du mandat du groupe de recherche
	Nouveau mandat d'une entreprise de conseil
Évaluer, à partir de ces données, la robustesse et les enjeux du cadre et de son déploiement dans le contexte québécois	Comparaison entre l'université et le donneur d'ouvrage

CHAPITRE 4

ANALYSE DE L'INTERPRÉTATION DU CADRE CONCEPTUEL DANS LE CONTEXTE QUÉBÉCOIS

Dans ce chapitre, il sera un alignement entre la stratégie de numérisation du gouvernement québécois et le cadre conceptuel proposé par les chercheurs Succar et Kassem (Section 2.4 page 30).

4.1 Comparaison entre le cadre conceptuel et la stratégie d'instanciation au Québec

Comme indiqué, le Québec se distingue d'autres initiatives gouvernementales pour l'adoption du BIM par le choix de s'appuyer sur un modèle conceptuel dérivé de la recherche universitaire pour construire une stratégie de déploiement multi échelle du BIM

La prochaine section présente l'historique du cheminement du Québec pour développer sa stratégie multi-échelle pour ensuite aborder les initiatives d'aide à l'adoption du BIM du territoire québécois. Pour finir, une évolution du modèle de Kassem & Ahmed (2022) est proposé.

4.1.1 Historique du parcours québécois

En 2011, une initiative conjointe de plusieurs acteurs de l'industrie québécoise de la construction est initiée pour coordonner les efforts dans le déploiement de deux innovations :

- Le processus de conception intégré (PCI)
- La modélisation des données du bâtiment

Cette initiative s'appelle la Table multisectorielle BIM-PCI (*Site internet du groupe BIM Québec*, s. d.). Il s'agit de la première initiative qui a pour objectif de déployer le BIM au

Québec. En parallèle de cette initiative, le groupe BIM Québec est créé pour promouvoir le BIM.

Depuis cette période, l'entreprise de construction Pomerleau souhaite prendre le virage du BIM mais est freiné par le manque de main d'œuvre dans le domaine. Pomerleau commence donc à travailler avec l'ETS (École de Technologie Supérieure) pour combler ce besoin. En 2012, Pomerleau confirme son intérêt dans le BIM en investissant dans une chaire industrielle, la chaire de recherche Pomerleau (*Alliance Pomerleau et ETS | Le pari de la chaire de recherche | La Presse*, 2016)..

En 2015, le Groupe de Recherche en Intégration et Développement Durable en environnement bâti (GRIDD) réalise un sondage sur l'adoption du BIM au Québec qui montre que le taux d'adoption du BIM est très bas, « environ 30% ». Ce sondage est suivi l'année d'après par un manifeste du GRIDD sur « l'appui à l'industrie de la construction comme secteur stratégique d'un point de vue économique » (VPGBQ) qui sera endossé par la table multisectorielle et transmis à la ministre de l'économie avec une lettre de soutien de la part des associations d'architecture, d'ingénierie et de construction. L'année d'après, il y a eu une mention du BIM dans le plan d'action de l'économie numérique du Québec, c'est la première fois dans une publication gouvernementale (VPGBQ).

Fin 2017, le Québec lance les grands chantiers de réflexion sur la question du numérique en construction : « BIM : Construire ensemble à l'ère du numérique ». Les objectifs sont de comprendre les besoins de l'industrie de la construction en terme de numérique et de dégager un plan d'action visant à l'adoption du BIM (*Table BIM-Québec | Chantiers de réflexion « BIM: Construire ensemble à l'ère du numérique » à Montréal et à Québec - Kollektif*, s. d.). Ensuite, en 2018, le Groupe BIM Québec (GBQ) est mandaté sur 3 ans pour créer la première itération de l'IQC4.0 (VPGBQ).

Pour finir, le Québec lance une consultation de l'industrie de la construction sur le développement d'une feuille de route entre le 7 octobre 2019 et le 9 janvier 2020 (Gouvernement du Québec, 2021). Par la suite, le GRIDD a été mandaté pour aider à la réalisation de la feuille de route gouvernementale qui paraîtra en 2021 (Gouvernement du Québec, 2022).

4.1.2 Feuille de route gouvernementale et IQC4.0

Comme indiqué plus haut, l'approche pour l'adoption du BIM du Québec se fait sur plusieurs niveaux. Des initiatives sont mises en place pour répondre à chacun des besoins dont la feuille de route gouvernementale et l'IQC 4.0.

La feuille de route gouvernementale

Cette feuille de route a été mise en place pour répondre aux objectifs de maximiser la mise en œuvre et les investissements tout en accroissant la productivité de l'industrie de la construction. Pour cela, le gouvernement du Québec propose des cibles et des actions pour les donneurs d'ouvrages publics et en informe les différentes parties prenantes de l'industrie de la construction du Québec (Gouvernement du Québec, 2022).

La feuille de route se décline en 4 volets pour chaque donneur d'ouvrage participant :

- « Cibles » : Les cibles générales sur les cinq prochaines années en termes de nombre de projets et d'envergure à effectuer en BIM.
- « Cibles détaillées » : Les cibles détaillées sur les cinq prochaines années en termes d'innovations à déployer.
- « Axes » : Les six axes de la feuille de route gouvernementale sont présentés avec des catégories d'action à entreprendre dans les cinq années pour chacun. Ces catégories sont placées temporellement.

- « Activités années 2022-2023 » : Les activités détaillées à effectuer pour chacun des axes de la feuille de route dans l'année à suivre. Ces activités sont placées temporellement.

La feuille de route est mise-à-jour tous les ans en avril. Elle présente le bilan de l'année précédente et les cibles et activités pour l'année suivante (Gouvernement du Québec, 2022).

Six donneurs d'ouvrages publics se sont engagés dans cette feuille de route, ils sont les donneurs d'ouvrages les plus importants du Québec. Ils permettront donc d'inciter l'industrie de la construction québécoise d'effectuer leur transition numérique (Gouvernement du Québec, 2022).

L'initiative IQC4.0

Cette initiative propose trois types d'aide pour les entreprises dont deux accessibles aussi aux donneurs d'ouvrages :

- Les diagnostics numériques pour proposer un plan d'action adaptée à l'entreprise ou au donneur d'ouvrage
- Les formations et accompagnements pour les entreprises
- Les locomotives numériques pour aider à l'implantation des solutions techniques numériques et la formation de la main d'œuvre dans les entreprises ou les donneurs d'ouvrages et leurs fournisseurs

Seuls les diagnostics sont proposés pour les donneurs d'ouvrages (*IQC 4.0 - Initiative Québécoise pour la Construction 4.0*, s. d.-a).

La genèse de l'IQC4.0

Pour donner suite aux Grands Chantiers, le ministère de l'économie délègue dans un premier mandat au Groupe BIM Québec (un OSBL dédié à la numérisation du secteur de la

construction au Québec) la responsabilité de mettre en place des outils pour accompagner l'industrie de la construction dans sa transition vers le numérique. Ce groupe lancera l'IQC4.0 et assignera des ressources pour planifier et gérer le programme. La première version de l'IQC4.0, inspirée du cadre proposé pour le manufacturier et l'aérospatial, est réalisée entre 2018 et 2021. Le principal enjeu de ce mandat était de faire comprendre ce qu'est le BIM et pourquoi il peut être bénéfique dans les entreprises. En effet, que ce soient les dirigeants ou les employés, il n'y a pas beaucoup de professionnels du numérique dans les entreprises de construction :

« Ils ont à faire avec du monde qui ne sont pas des professionnels de la transformation numérique, qui ne sont pas dédiés à l'amélioration des processus » (VPGBQ)

Il fallait donc transformer ce qui se faisait en dehors du secteur de la construction tout en prenant en compte le niveau de connaissance des personnes qui allaient assister aux ateliers de l'initiative. Pour cela, ils se sont appuyés sur des modèles reconnus de diagnostic et d'étalonnage pour développer les outils d'accompagnement et de support de l'industrie de la construction. Ils ont étudié des modèles de maturité et de compétence pour retenir le cadre développé par Succar avec BIM Excellence. Lors de ce premier mandat, l'initiative était séparée en deux journées et c'est avec la Covid 19, qu'elle s'est transformée dans sa version actuelle avec 6 ateliers de 2h.

Le deuxième mandat marque le début de la collaboration avec l'IGN (Institut de Gouvernance Numérique) qui s'occupe d'amorcer l'usage du numérique dans les entreprises qui n'ont pas commencé leur transition et qui n'ont pas encore la maturité nécessaire pour profiter des bénéfices des diagnostics de l'IQC4.0 :

« Parce que tu ne peux pas demander à une entreprise qui fait ses factures sur un mouchoir de passer à un système comptable » (VPGBQ)

Cela a permis à l'IQC 4.0 de se concentrer sur les entreprises qui étaient prêtes à amorcer la transition. C'est comme ça qu'en mai 2023, environ 500 entreprises avaient pu passer au travers du diagnostic de l'IQC 4.0. Pendant ce mandat, une troisième phase de l'IQC 4.0 a été déployé concernant la formation et l'accompagnement des entreprises ayant été diagnostiquées et un volet diagnostic pour les donneurs d'ouvrages a été mis en place. La décision d'étendre le diagnostic IQC4.0 aux donneurs d'ouvrage provient du dépôt de la feuille de route gouvernementale qui couvre non seulement la construction mais aussi la gestion des actifs. Il a donc fallu adapter la structure du diagnostic pour l'utiliser sur les donneurs d'ouvrage.

Le diagnostic évalue les organisations sous le prisme des compétences, présente et utilise les usages BIM de la fondation BIM excellence qui ont été développés par les chercheurs Succar et Kassem. Ensuite des recommandations leurs sont présentées pour les aider à définir une feuille de route dans la transition vers le numérique (IQC 4.0, sd).

Les initiatives au Québec

Dans le Tableau 4.1, les différentes initiatives sont associées au niveau qui leur correspond, soit macro, meso ou micro.

Tableau 4.1 Les initiatives d'adoption du BIM au Québec

Niveau	Initiative	Code	Explication
Micro	Diagnostic IQC4.0 pour les entreprises	I1	Le diagnostic IQC4.0 a d'abord été mis en place pour évaluer le niveau de maturité numérique, les enjeux et les besoins des entreprises. Il s'agit donc d'une initiative au niveau des entreprises.
	Formation et accompagnement de l'IQC4.0	I2	Le volet formation et accompagnement de l'IQC4.0 est une suite du diagnostic IQC4.0 pour les entreprises. Il permet un accompagnement de ces

			dernières pour déployer le BIM selon les objectifs et enjeux qui auront été repérés. Il s'agit donc d'une initiative au niveau micro.
	Comités BIM	I3	Des comités sont créés pour aider les organisations en interne dans leur transition numérique. C'est par exemple le cas de l'université en 2022.

Tableau 4.1 Les initiatives d'adoption du BIM au Québec (suite)

Niveau	Initiative	Code	Explication
Micro	Groupes de travail	I4	Des groupes de travail internes aux entreprises sont créés pour permettre des échanges sur l'approche d'adoption du BIM dans leur organisation
Meso	Diagnostic IQC4.0 pour les donneurs d'ouvrage	I5	Le diagnostic de l'IQC4.0 pour les donneurs d'ouvrages publics leur donne une démarche de déploiement du BIM dans leurs activités. Or ces donneurs d'ouvrages vont ensuite imposer aux professionnels et entrepreneurs du secteur de la construction des pratiques liés au BIM dans leurs projets. C'est ainsi que le diagnostic IQC4.0 agit sur le niveau meso d'adoption du BIM.
	Locomotives numériques de l'IQC4.0	I6	Les locomotives numériques sont une initiative qui font aussi suite au diagnostic IQC4.0. L'objectif est de mettre en place les outils du BIM dans le cadre d'un projet d'amélioration partagé entre l'entreprise et ses fournisseurs.
Macro	Feuille de route gouvernementale	I7	Cette initiative a pour objectif de favoriser le virage numérique de l'industrie de la construction

			québécoise en utilisant le BIM. Il s'agit donc d'une initiative au niveau gouvernementale.
	Table multisectorielle BIM-PCI	I8	L'objectif de cette table est d'organiser les efforts au niveau du Québec pour l'adoption du BIM.
	Groupes de travail	I4	Des groupes de travail sont créés pour permettre des échanges entre les différents acteurs de l'industrie de la construction.

4.1.3 Similitude et différences avec le cadre conceptuel de Kassem & Ahmed (2022)

Dans cette partie, les initiatives québécoises seront analysées au travers du prisme des facteurs influençant l'adoption du BIM dans une organisation d'après les chercheurs Kassem & Ahmed (2022). Ces facteurs font parties de deux catégories : les motifs de l'organisation et les impacts sur l'organisation (Section 2.4). Pour amorcer l'adoption du BIM au niveau micro, il est plus efficace de justifier la numérisation des activités par des motifs.

La table multisectorielle BIM-PCI – Niveau macro

La table multisectorielle est une initiative agissant au niveau macro et regroupant plusieurs acteurs majeurs de l'industrie québécoise. Depuis 2018, c'est le groupe BIM Québec qui a la charge de sa gestion et de la coordination de ses activités. Un de ses rôles est de « représenter », « faciliter » et « concerter » la transition numérique de l'industrie de la construction québécoise (*Site internet du groupe BIM Québec, s. d.*).

Parmi les 11 facteurs influençant l'adoption du BIM, au moins deux peuvent être retrouvés dans cette initiative :

- F1 – La volonté et l'intention d'adoption du BIM – Impact : car les organisations qui font parties de la table multisectorielle témoignent de leur envie d'effectuer le virage du numérique.

D'après les activités de cette table multisectorielle, celle-ci est analogue à la première action (ANNEXE XI) présentée par les chercheurs Kassem & Ahmed (2022) qui consiste en la « mise en place d'un moteur de marché pour coordonner les efforts en matière d'implémentation du BIM et pour promouvoir son adoption ». Cette action est liée aux facteurs suivants :

- F2 – Comportement en communication – Impact : en effet, un des rôles de cette table multisectorielle est de communiquer avec l'ensemble de l'industrie de la construction sur la transition numérique.
- F10 – Les pressions coercives – Cause : car l'émulation qui se dégage de la table multisectorielle encourage les entreprises qui en font parties de mener au bout la transition du numérique et oblige les entreprises qui ne font pas parties de la table de s'aligner sur leurs demandes pour travailler avec eux.

Cette initiative aide les organisations qui y participent à percevoir les avantages que peuvent apporter le BIM. Elle se place donc dans la deuxième étape d'adoption d'une innovation d'Ahmed & Kassem (2018), l'intention d'adoption (Section 2.2.1).

Les comités BIM – Niveaux micro et macro

La création de comités BIM en interne dans les organisations correspond à plusieurs facteurs d'adoption du BIM :

- F5 – La motivation sociale parmi les membres de l'organisation – Impact : car sans la motivation, il n'est pas possible de créer un comité efficace.
- F8 – Le support des hauts gestionnaires – Impact : car il n'est pas possible de créer un comité dans une organisation sans l'aval des hauts gestionnaires

Cette initiative se concentre sur l'implémentation des usages du BIM dans les organisations. Ces dernières ont déjà décidé d'adopter le BIM. Les comités BIM se placent donc dans la quatrième étape d'adoption du BIM d'Ahmed & Kassem (2018), l'implémentation (Section 2.2.1).

Les groupes de travail – Niveau micro

Le geste de membres d'organisation de participer à des groupes de travail internes aux entreprises concorde aussi à un facteur d'adoption du BIM :

- F6 – Les avantages relatifs au BIM - Cause : ces groupes de travail sont l'occasion de mieux comprendre comment surmonter les obstacles d'adoption du BIM pour atteindre les avantages affichés du BIM.

De plus, les groupes de travail, dont ceux organisés par le groupe BIM Québec, s'inscrivent dans l'action 16 (ANNEXE XI) qui consiste en « motiver et encourager l'implication des organisations dans les réseaux sociaux BIM et les événements de partage de connaissances ».

Les facteurs d'adoption du BIM qui sont liés à cette action sont :

- F5 – Motivation sociale - Impact : Les groupes de travail créés une émulation entre les participants et mettent en avant les entreprises qui ont effectués des actions relatives à la numérisation.
- F2 – Comportement en communication - Impact : Les groupes de travail sont une manière de communiquer l'implication de l'organisation dans le déploiement du BIM.

Comme pour la table multi-sectorielle BIM-PCI, celle-ci se concentre sur la démonstration des avantages du BIM dans certaines organisations en prenant en exemple ce qu'il marche dans d'autres. Elle se place donc dans l'étape d'intention d'adoption d'Ahmed & Kassem (2018). Elle permet aussi aux organisations de réfléchir en groupe sur les problématiques qui freinent l'implémentation du BIM. Elle se place alors aussi dans la quatrième étape (Section 2.2.1).

La feuille de route gouvernementale – Niveau macro

La feuille de route gouvernementale du Québec appuie sur plusieurs leviers pour accélérer le virage du numérique. Elle correspond d'ailleurs à l'action 06 (ANNEXE XI) qui consiste en « l'élaboration d'une stratégie BIM à l'échelle du marché et une feuille de route pour sa mise en œuvre ». Les facteurs d'adoption du BIM qui sont associés à cette action sont :

- F10 – Les pressions coercitives - Cause : Les donneurs d'ouvrages qui se sont engagés dans la feuille de route se doivent de suivre le plan de déploiement qui consiste en l'utilisation de plus en plus fréquentes du BIM dans leur projet. Ainsi, les entrepreneurs qui veulent travailler pour ces donneurs d'ouvrages doivent se plier eux aussi aux exigences de la feuille de route.
- F1 – La volonté et l'intention d'adoption du BIM - Impact : Les donneurs d'ouvrages qui se sont engagés dans la feuille de route ont la volonté et l'intention d'adopter le BIM dans leurs activités.
- F8 – Support des hauts gestionnaires - Impact : Le gouvernement soutient et promeut l'adoption du BIM dans l'industrie de la construction.

Cette initiative pousse les donneurs d'ouvrages et entreprises de la construction du Québec à réfléchir à la manière d'utiliser le BIM dans leurs activités. Elle se place dans l'intention d'adoption. De plus elle oblige certains projets à être réalisés en BIM, elle se place donc aussi dans la décision d'adoption d'Ahmed & Kassem (2018) (Section 2.2.1).

Le diagnostic IQC4.0 – Niveau micro et meso

La participation aux ateliers du diagnostic IQC4.0 s'inscrit dans plusieurs facteurs d'adoption du BIM :

- F1 – La volonté et l'intention d'adoption du BIM - Impact : Les organisations qui effectuent le diagnostic IQC4.0 en font la demande, ils ont donc la volonté de numériser leurs activités.

- F3 – L’observabilité des bénéfices du BIM - Cause : Une partie du diagnostic IQC4.0 présente le BIM aux membres de l’organisation ainsi que les usages qui découlent de sa mise en place dans l’organisation.
- F8 – Le support des hauts gestionnaires - Impact : Pour s’inscrire au diagnostic IQC4.0, il faut l’aval des hauts gestionnaires.

En plus de ces différents facteurs, le diagnostic IQC4.0 est remboursé complètement, il contient donc l’action 15 (ANNEXE XI) qui consiste en « fournir des ressources financières pour soutenir la mise en œuvre du BIM au sein des organisations ». Cette action est liée au facteur d’adoption du BIM :

- F9 – Préparation de l’organisation - Cause : Le diagnostic IQC4.0 analyse l’organisation et la prépare à l’adoption du BIM en prenant en compte sa réalité.

Le diagnostic IQC4.0 vise à aider à cadrer le déploiement du BIM et la numérisation de la gestion des actifs à l’intérieur de l’écosystème de l’organisation. De plus, l’intention d’adoption de cette innovation a déjà été lancée par la participation au diagnostic. Ainsi, cette innovation se place entre les deuxièmes et troisièmes étapes d’adoption du BIM d’Ahmed & Kassem (2018) (Section 2.2.1).

La formation et accompagnement de l’IQC4.0 – Niveau micro

Le volet formation et accompagnement de l’IQC4.0 demande un engagement plus sérieux des dirigeants de l’entreprise que le diagnostic (*IQC 4.0 - Initiative Québécoise pour la Construction 4.0*, s. d.-b). La participation à cette initiative s’aligne avec plusieurs facteurs d’adoption du BIM dans l’organisation :

- F8 – Le support des hauts gestionnaires - Impact : Un effort conséquent est à fournir de la part des membres de l’organisation, les hauts gestionnaires doivent donc permettre à leurs collaborateurs de débloquer du temps pour suivre cette initiative.

- F5 – Motivations sociales - Impact : La formation et l'accompagnement des différents collaborateurs au sein de l'organisation maintien leur motivation pour adopter le BIM.

Comme pour le diagnostic, le volet formation et accompagnement de l'IQC4.0 est remboursé, La différence est qu'il ne l'est qu'à moitié. Ainsi, cette initiative est comparable à l'action 15 (ANNEXE XI), le facteur qui lui est associé est :

- F9 – Préparation de l'organisation - Cause : Le volet formation et accompagnement prépare l'organisation à utiliser le BIM dans ses activités.

Le volet formation et accompagnement de l'IQC4.0 se place dans le processus de mise en place du BIM dans les organisations en les aidant à avoir les ressources pour mettre en place l'innovation de la meilleure manière possible. Ainsi, cette initiative aide pendant l'étape d'implémentation d'Ahmed & Kassem (2019) (Section 2.2.1).

Les locomotives numériques de l'IQC4.0 – Niveau meso

L'initiative des locomotives numériques est comparable au volet formation et accompagnement de l'IQC4.0 et demande les mêmes engagements mais au niveau d'un projet d'amélioration partagé avec ses fournisseurs (*IQC 4.0 - Initiative Québécoise pour la Construction 4.0*, s. d.-b). Les facteurs d'adoption du BIM sont donc les mêmes que pour la formation et l'accompagnement et pour les mêmes raisons :

- F8 – Le support des hauts gestionnaires - Impact
- F5 – Motivations sociales - Impact
- F9 – Préparation de l'organisation – Cause

Les locomotives numériques de l'IQC4.0 utilisent la décision d'implémentation du BIM dans une entreprise pour pousser d'autres entreprises de faire la même chose pour un projet donné. Cela correspond donc à des pressions coercives pour d'autres entreprises et à un processus

d'implémentation du BIM dans l'organisation qui suit cette initiative. Elle intervient donc dans la quatrième étape d'Ahmed & Kassem (2018) (Section 2.2.1).

Dans le Tableau 4.2, les initiatives avec leurs facteurs, étape d'adoption et niveaux ont été résumées.

Tableau 4.2 Résumé des initiatives

Code	Initiative	Niveau	Facteurs	Étape d'adoption
I8	Table multisectorielle BIM – PCI	Macro	F1, F2, F10	2 - Intention d'adoption
I3	Comités BIM	Micro	F5, F8	4 - Implémentation
I4	Groupes de travail	Micro/Macro	F6, F5, F2	2 – Intention d'adoption 4 – Implémentation
I7	Feuille de route gouvernementale	Macro	F10, F1, F8	2 – Intention d'adoption 3 – Décision d'adoption
I1/I5	Diagnostic IQC4.0	Micro/meso	F1, F3, F8, F9	Entre 2 – Intention d'adoption et 3 – Décision d'adoption
I2	Formation et accompagnement	Micro	F8, F5, F9	4 – Implémentation
I6	Locomotives numériques	Meso	F8, F5, F9	4 - Implémentation

Une nouvelle cartographie causale

Dans toutes les initiatives précédentes, on peut retrouver la trace d'un ou plusieurs facteurs d'adoption du BIM. A partir de cela, il est possible de créer une cartographie causale permettant de montrer les liens entre les différents niveaux d'adoption du BIM au travers des facteurs d'implémentation (Figure 4.1). Les facteurs sont tous reliés dans les boucles causales présentées par Kassem & Ahmed (2022) à l'exception du facteur 11 « Taille de l'organisation » qui n'est pas mentionné plus tôt dans ce chapitre et du facteur 10 « Pression coercive » qui agit sur d'autres facteurs. Ainsi, l'ensemble des initiatives du Québec travaillent en synergie pour activer en parallèle plusieurs facteurs et favoriser l'adoption du BIM chez les organisations qui le souhaitent. Pour connaître l'initiative qu'il faut améliorer ou modifier, il suffit de

sélectionner un des facteurs d'adoption du BIM présents dans cette cartographie et d'en déduire les initiatives et leur niveau (Tableau 4.2).

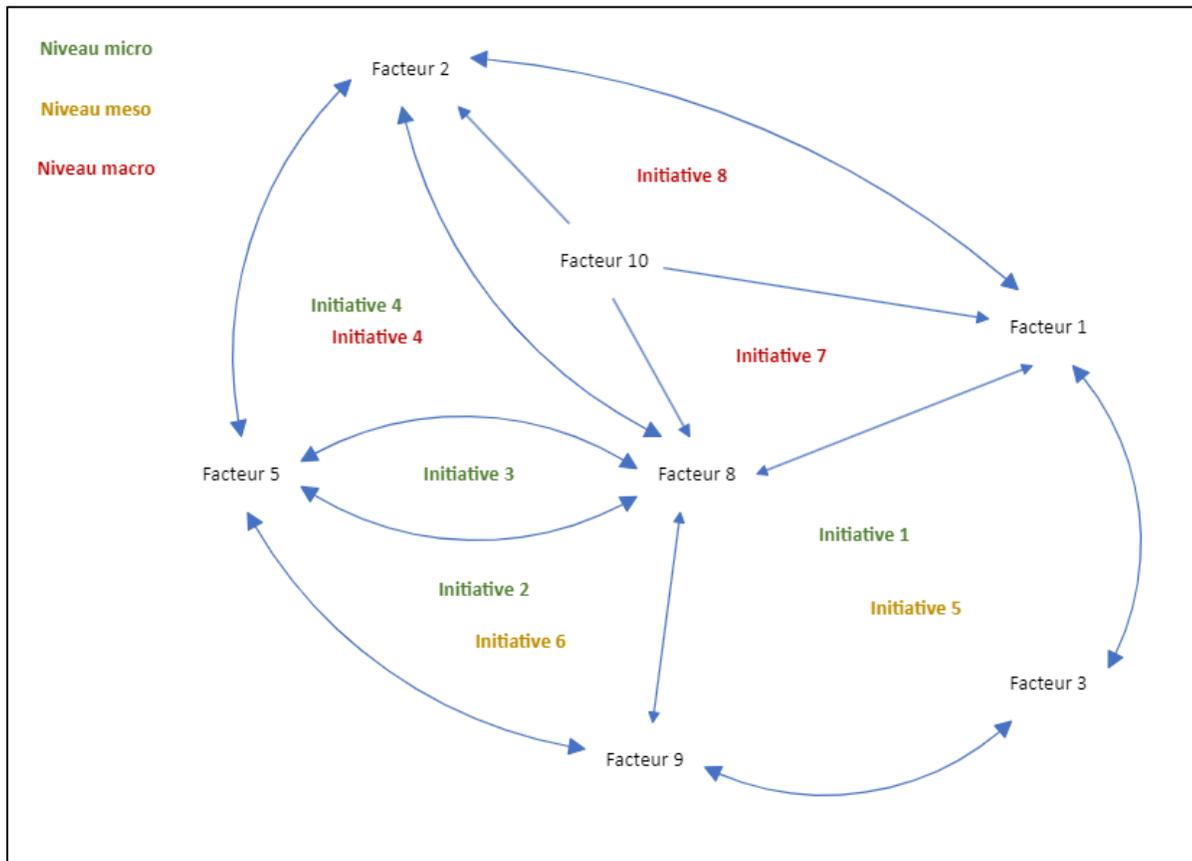


Figure 4.1 Cartographie causale montrant les interrelations entre les facteurs, les niveaux et les initiatives québécoises d'adoption du BIM

Validation et discussion des cartographies

D'après Kassem & Ahmed (2022), il faut privilégier les facteurs d'adoption du BIM appartenant au groupe des causes car ils permettent de démarrer les processus d'adoption du BIM. Ils exercent aussi une influence plus grande sur les facteurs appartenant au groupe des impacts que l'inverse. On remarque que la plupart des initiatives précédentes, sauf les comités BIM, agissent sur les organisations avec au moins un facteur cause.

Cette cartographie diffère de celle de Kassem & Ahmed (2022) (Section 2.4) car elle montre l'impact d'initiatives provenant de différents niveaux d'adoption du BIM sur des facteurs au niveau micro (Figure 4.1). Ainsi, elle permet de représenter l'approche multi-échelle de l'industrie québécoise de la construction sur ses entreprises et ses donneurs d'ouvrage.

De plus les différentes initiatives interviennent dans toutes les étapes jusqu'à la confirmation d'adoption du BIM d'Ahmed & Kassem (2018) (Section 2.2.1) ce qui montre une cohérence dans l'aide apporté pendant toute la durée d'adoption de cette innovation dans les organisations.

Comme montré dans la cartographie précédente (Figure 4.1), les initiatives du Québec ont chacune des impacts sur plusieurs facteurs d'adoption du BIM. Cela permet de diminuer l'effort requis pour favoriser le déploiement du BIM dans les organisations tout en proposant une aide considérable. D'après toutes ces observations, on peut déduire que ces actions font parties d'une logique globale d'adoption du BIM dans le secteur québécois de la construction.

CHAPITRE 5

ANALYSE DES RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES DES INITIATIVES QUÉBÉCOISES SUR LES ÉTUDES DE CAS

Ce chapitre présente l'IQC4.0 et son impact sur la stratégie de numérisation de deux organisations publiques : un donneur d'ouvrage en événementiel et une université. Le premier, de nature exploratoire, aborde une approche centrée sur une unité d'affaires afin de comprendre le contexte et les enjeux de l'instanciation des recommandations du diagnostic de l'IQC4.0. Le second va plus en profondeur dans cet exercice.

5.1 La méthodologie du diagnostic de l'IQC4.0

Il y a deux objectifs principaux au diagnostic d'une organisation par l'IQC4.0. Le premier, au niveau micro et meso, est d'introduire des outils qui lui permettront de développer et mettre en place une feuille de route pour la numérisation de leur gestion des actifs. Le second, au niveau macro, est de faire un étalonnage de la maturité numérique des organisations au Québec.

La construction de la feuille de route des organisations qui participent au diagnostic IQC4.0 se base sur deux concepts : les usages BIM et les compétences. Ceux-ci sont présentés au cours du diagnostic. Dans cette section, nous allons entrer plus dans le détail de cette initiative.

Dans un premier temps, les participants doivent formuler une vision qui montre la direction qu'ils veulent donner à la numérisation de leurs actifs immobiliers. Puis ils doivent cadrer la portée de cette numérisation à l'intérieur d'objectifs, de cibles et de mesures de la performance. Le volet le plus important est l'exercice de visualisation des flux d'information dans les processus d'affaire de l'organisation. Le premier exercice consiste à décrire l'écosystème informationnel en traçant la fréquence et l'intensité des échanges d'information entre différentes fonctions de l'organisation et avec l'externe. Le second touche la description des plateformes numériques en usage pour la gestion de projet ou la gestion des actifs, leur usage,

les utilisateurs et les enjeux rencontrés. Ces deux exercices sont préliminaires à l'exercice de cartographie des processus et les plateformes supportant ces processus, ceci pour permettre aux intervenants de comprendre leur fonctionnement interne.

Dans un deuxième temps, les objectifs et cette cartographie servent de référence pour identifier et prioriser les usages (Section 2.5.4). Le déploiement de ces usages est décomposé dans le temps dans une séquence de déploiement qui sera traduite sous la forme d'une feuille de route. Puis, une analyse des compétences en place ou à acquérir pour supporter le déploiement de ces usages fournit une indication sur le niveau de maturité actuelle en BIM.

Les compétences sont analysées selon trois niveaux :

- Les fondements
- Les facilitateurs
- Les spécifiques à chacun des usages

Les compétences fondamentales sont indispensables pour adopter n'importe quel usage dans une organisation, les facilitateurs permettent d'aider au déploiement des usages et les spécifiques sont indispensables pour adopter un usage donné.

Pour finir, les ressources humaines des départements de l'organisation sont détaillées afin de lier leurs compétences spécifiques au niveau de compétence spécifique visé. Pour atteindre le niveau visé des formations devront être mis en place en interne.

Dans cette initiative, il y a quatre phases distinctes :

- Préparation
- Autodiagnostic
- Validation et orientations
- Plan stratégique

La première phase du diagnostic de l'IQC4.0 est la « Préparation » (Figure 5.1). Lors de cette étape, l'organisation sera mise au courant de toutes les obligations qui accompagnent la signature du contrat de l'IQC4.0 et fournira dans un sondage les informations sur la taille et les caractéristiques de l'organisation ainsi que les attentes et les enjeux par rapport à la numérisation de la réalisation ou de la gestion de leurs actifs mobiliers.

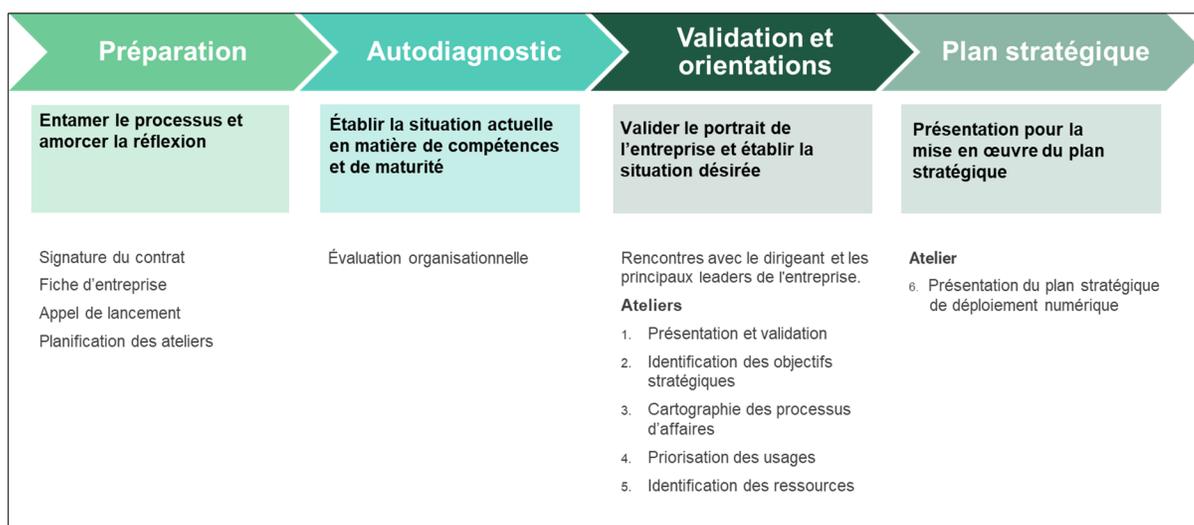


Figure 5.1 Le processus suivi par le diagnostic IQC4.0
Adaptée de IQC4.0

La deuxième phase du diagnostic de l'IQC4.0 est « l'Autodiagnostic » (Figure 5.1). Cet autodiagnostic est sous la forme d'une formulaire web qui est rempli par un représentant du donneur d'ouvrages. Il est basé sur le modèle de compétence de Succar (VPGBQ) qui comprend 8 catégories distinctes (Section 2.5.3):

- Administration
- Gestion
- Fonctionnel
- Implantation
- Technique
- Support
- Opérations

- Recherche et développement

Le volet diagnostic pour les donneurs d'ouvrage présente des différences par rapport à celui pour les entreprises de construction. D'une part, leur fonctionnement organisationnel est très différent sur le niveau stratégique car leur objectif est de maintenir des bâtiments et non d'en construire et d'autre part au niveau des unités opérationnelles. Ainsi le diagnostic a dû évoluer au niveau de la description de l'écosystème numérique et de l'infrastructure technologique qui est beaucoup plus complexe du côté des donneurs d'ouvrage.

Un volet d'étalonnage a été ajouté pour répondre à cette problématique. Il permet d'adapter les interventions aux réalités de l'organisation.

Initialement, l'autodiagnostic reprenait des items qui n'avaient pas de sens pour les donneurs d'ouvrage. Cet outil d'autodiagnostic génère ensuite une matrice qui présente le niveau de connaissances acquises (en vert) et à acquérir (en jaune et rouge). Cette matrice (Figure 5.2) permet aux participants de visualiser l'ensemble des efforts pour passer à un niveau de maturité plus élevé. Il est utilisé par les intervenants pour pointer les compétences manquantes et en déduire les formations à mettre en place ou les ressources à engager :

« Parce que l'autodiagnostic c'est un support à la discussion, à l'audit avec l'entreprise. » (VPGBQ)

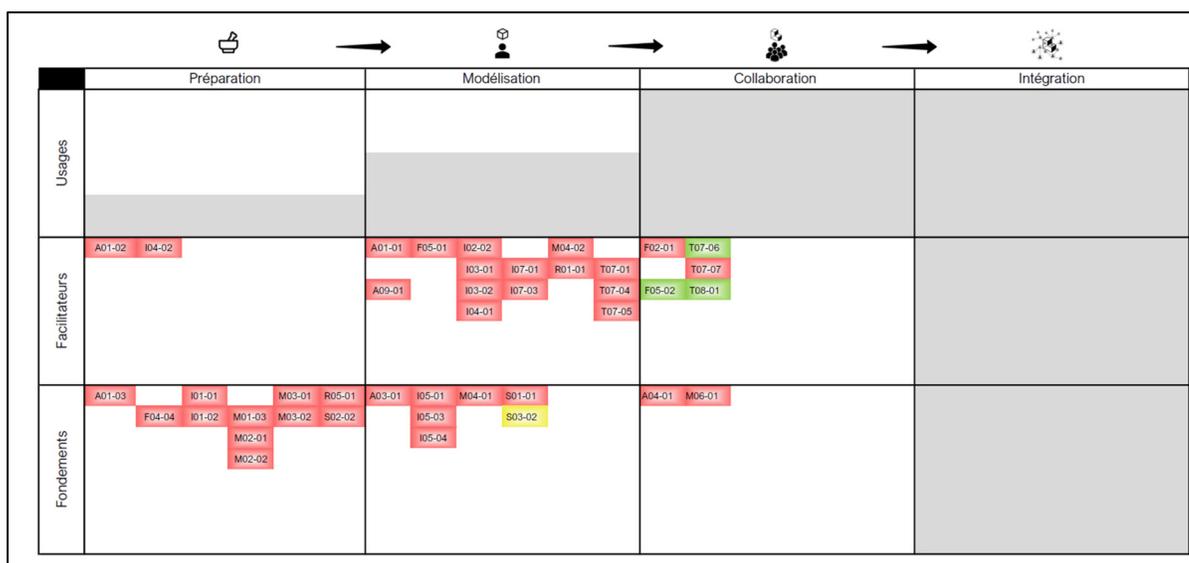


Figure 5.2 Matrice des compétences provenant de l'autodiagnostic de l'université

La troisième phase du diagnostic de l'IQC4.0 est « Validation et orientations » (Figure 5.1).

Cette phase se découpe en quatre étapes :

- Validation de l'autodiagnostic
- Situation actuelle versus situation désirée
- Description de la situation actuelle
- Plan pour atteindre la situation désirée

Dans un premier temps, les intervenants vont rencontrer la personne ayant rempli le diagnostic pour vérifier les réponses et valider l'autodiagnostic. Dans un second temps, les ateliers du diagnostic IQC4.0 commencent. La présentation des outils et leur transfert au donneur d'ouvrage se fait via la plateforme web Miro. On retrouve dans cette plateforme tous les ateliers séparés en espaces de travail. Sur cette plateforme, on retrouve le déroulé de chaque atelier auquel tous les participants ont accès. Les intervenants présentent alors les différents exercices et prennent en note les échanges directement sur la plateforme. Cela permet de rester fidèle aux pensées de chacun tout en favorisant la collaboration.

Les deux premiers ateliers visent d'abord à démystifier la numérisation et les enjeux de son déploiement dans l'organisation (situation actuelle) puis de cadrer dans une vision et des objectifs, les balises pour le développement de la feuille de route (situation désirée). Les outils utilisés pour la prise de conscience de l'impact de la numérisation et la maturité BIM sont le cadre TOP (Technologie, Organisation et Processus), la cartographie de l'écosystème numérique et l'analyse SWOT. Le premier vise à catégoriser les besoins et enjeux en fonction des trois dimensions du TOP afin de saisir l'importance des dimensions organisationnelle et procédurale dans la transition vers le numérique (Figure 5.3). Le deuxième permet de mettre en évidence l'état actuel des échanges entre les internes et externes de l'organisation afin de saisir la complexité des relations à prendre en compte dans la numérisation. Le troisième vise à prendre en compte les forces, les faiblesses, les opportunités et les menaces pour la numérisation de l'organisation afin de créer une situation désirée réaliste.

Le volet de la situation désirée comprend l'énoncé de la vision de l'organisation pour leur numérisation et la définition d'objectifs auxquels sont associés des cibles et des indices de performance. La cible correspond aux livrables concrets attendus quand l'objectif sera atteint et les indices de performance correspondent à la manière dont l'avancement de l'objectif sera démontré. Ces objectifs seront par la suite utilisés pour identifier et prioriser les usages BIM à déployer. L'enjeu principal de l'atelier 2 est un espace-temps insuffisant pour bien développer la vision et les objectifs :

« Il y a beaucoup de monde qui n'a jamais fait de planification stratégique et n'a jamais identifié un objectif » (VPGBQ)

Ce manque d'expérience fait que c'est souvent le facilitateur qui les formulera, d'où le faible engagement des parties prenantes à cette vision et ces objectifs. Les participants sont censés les reprendre après la fin du diagnostic au moment où ils décideront de leur plan de déploiement.

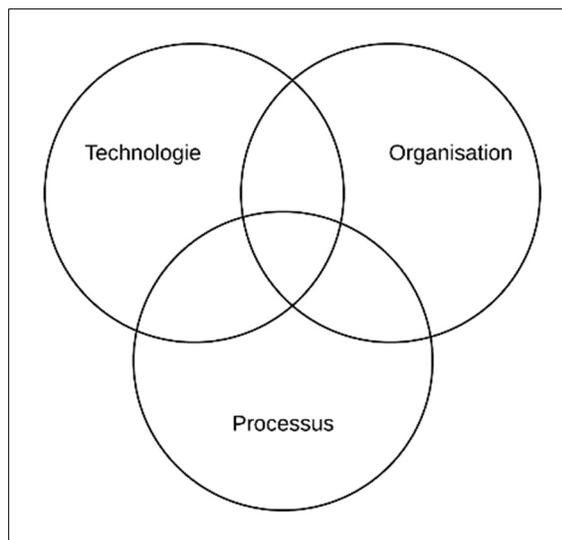


Figure 5.3 Diagramme de Venn – TOP

Le troisième atelier revient sur la situation actuelle pour la détailler en fonction de l'architecture technologique en place et d'une cartographie des flux d'information actuels dans le cycle de vie de l'actif. Le but de la description de l'architecture est de prendre conscience de la place des technologies dans leurs opérations, des acteurs et des enjeux rencontrés dans l'utilisation des différentes plateformes. Le but de la cartographie est de permettre aux participants de visualiser comment la production et l'échange d'information s'insère dans leurs processus et d'identifier les enjeux actuels dans la gestion de l'information (manque d'interopérabilité entre les plateformes, opérations manuelles pouvant être automatisées, systèmes redondants...). Pour cela, les tâches, technologies et fonctions sont identifiées.

Le quatrième atelier est une première étape de la préparation de la feuille de route pour l'organisation. Les usages BIM sont priorisés et les compétences disponibles dans l'entreprise sont mises en évidence. Dans un premier temps, la notion d'usages BIM est présentée avec ceux spécifiques à la gestion des actifs immobiliers. Une définition de chaque usage est disponible dans le dictionnaire BIM. Ensuite, un lien est effectué entre les objectifs SMART qui ont été défini précédemment et les usages BIM. C'est-à-dire, quel usage BIM peut être associé aux objectifs. Les usages prioritaires sont alors décelés et développés en plusieurs étapes

d'adoption dans l'organisation. Les résultats de l'autodiagnostic sont révélés pour permettre de connaître les compétences individuelles présentes dans l'organisation et les compétences à acquérir.

Le cinquième atelier lie les compétences individuelles présentes dans l'organisation aux ressources humaines afin d'identifier la différence entre le niveau de compétence actuel et le niveau désiré. Les formations à mettre en place ou les ressources à embaucher sont alors mis en évidence. Cela clôture la troisième étape du diagnostic.

La quatrième et dernière phase du diagnostic de l'IQC4.0 est le « Plan stratégique ». Cette étape est composée du sixième atelier où un plan stratégique est présenté à l'organisation par les intervenants. L'objectif de ce plan est d'aligner, d'une part, la vision stratégique de l'organisation à ses possibilités opérationnelle et, d'autre part, les actions du donneur d'ouvrage avec la feuille de route gouvernementale. Ce plan stratégique est remis en même temps que lien du MIRO où sont rassemblés tous les outils. Par la suite, il est attendu que l'entreprise utilise les outils pour suivre le plan stratégique et le mener à son terme pour déployer les usages choisis.

5.2 Étude de cas exploratoire : Un donneur d'ouvrage en événementiel

Depuis sa construction en 1976, ce donneur d'ouvrage a accueilli plus d'une centaine de millions de visiteurs dont plus de 4 millions par année. Aujourd'hui, il espère devenir un « parc urbain moderne » accessible pour les habitants comme pour les touristes (« Site internet du [donneur d'ouvrage] », s. d.).

L'étude de cas du donneur d'ouvrage est composée de la démarche de numérisation de ses activités et plus particulièrement de l'utilisation des résultats des ateliers IQC 4.0. Les équipes du donneur d'ouvrage dont celles de la Direction Entretien et Services Technique (DEST) ont suivi les ateliers IQC4.0 en fin d'année 2022. Depuis 2020, ils sont suivis par une entreprise

de conseil qu'ils ont mandaté pour les accompagner dans l'adoption du BIM pour leurs projets immobiliers.

5.2.1 L'organisation et ses intentions dans la numérisation

L'objectif principal pour les équipes du donneur d'ouvrage est simple, il s'agit de « mieux gérer nos actifs » (DGP). En effet, un enjeu principal complique la tâche de l'organisation dans son travail de maintien des actifs :

« On a une pénurie de main d'œuvre » (DGP)
« La difficulté qu'on a, c'est qu'on est en conflit permanent avec les opérations de tous les jours. » (SBIM)

Cette pénurie de main d'œuvre met les équipes sous une pression constante car ils ont beaucoup d'actifs à maintenir et tous les jours de nouveaux « feux » à éteindre dans le vaste site du donneur d'ouvrage. Leur système de gestion des actifs, GuideTI, ne les aide pas dans leur travail. Ce logiciel est très peu interopérable ainsi, lors de la réception des ouvrages, il y a un énorme travail pour insérer l'information dans le système. Ensuite, le maintien à jour de l'information est un enjeu à cause du manque de ressources pour s'en occuper :

« On a de gros problème d'accès à l'information, de fiabilité de l'information » (DGP)

Le fait de passer « 4 fois le temps », d'après la directrice adjointe, à rechercher de l'information dans les différentes bases de données et archives pour effectuer une action de maintenance les oblige à avoir 4 fois plus de main d'œuvre pour maintenir l'ensemble de leur parc d'actifs. Diminuer le temps perdu à rechercher de l'information à jour grâce à une meilleure numérisation leur permettrait de diminuer le coût d'entretien de leurs actifs :

« Un coût d'exploitation réduit par l'usage de nouvelles technologies. » (DGP)

C'est dans l'optique de diminuer ce temps et les coûts associés à la gestion de l'information qu'ils ont fait appel à une entreprise de conseil en BIM en 2020 pour accompagner l'équipe de projets. On retrouve d'ailleurs cette volonté deux ans plus tard dans l'énoncé de la vision stratégique de l'organisation donné lors d'un atelier IQC4.0 :

«Le BIM pour l'entretien et les services techniques [dans le parc immobilier] permettra la **gestion adéquate et efficace de l'information** documentaire et technique sur nos actifs par la définition de processus simples et clairs et par la mise en place d'un **point de chute commun** permettant un accès à cette information depuis les équipements mobiles partout sur le site et réduisant ainsi le temps de recherche et de déplacement pour le travail et augmentant la qualité et la fiabilité de cette information ce qui favorisera la **collaboration entre les équipes** et **l'efficacité du travail.**» (Donneur d'ouvrage, Atelier IQC 4.0, 11 octobre 2022)

On retrouve un deuxième point autre que le problème lié à l'accessibilité de l'information, il s'agit de « la collaboration entre les équipes ». En effet, le manque d'interopérabilité de la plateforme de gestion des actifs et l'utilisation de différents d'outils interopérables contraint les équipes de ce donneur d'ouvrage d'avoir à consulter plusieurs sources d'informations pour trouver les données dont ils ont besoin. Une source unique d'information à jour augmenterait leur « efficacité du travail ». Ils ont donc un intérêt d'arrêter de travailler en silos.

Ainsi, l'objectif de ce donneur d'ouvrage en effectuant le diagnostic IQC4.0 est de compenser leur manque de main d'œuvre avec une nouvelle solution numérique plus interopérable. Il veut permettre à ses équipes d'accéder à une information fiable et rapidement pour effectuer les opérations de maintenance le plus rapidement possible.

5.2.2 Les résultats du diagnostic IQC4.0

Le donneur d'ouvrage a suivi les ateliers IQC4.0 entre le 30 septembre 2022 et le 5 décembre 2022 où ils ont reçu les résultats du diagnostic. D'après la directrice adjointe, ils ont décidé de

l'orienter plus sur le DEST pour préparer l'ensemble des équipes du donneur d'ouvrage à la numérisation plutôt que seulement les équipes projets. Quand ils ont fait la demande, l'objectif était « d'aller chercher un appui financier pour [leurs] équipes terrains », ils voulaient donc avoir accès aux locomotives numériques proposés par l'IQC4.0 mais il fallait d'abord faire le diagnostic.

Selon SBIM, la participation aux ateliers ont eu plusieurs bénéfices, notamment une prise de conscience dans les discussions au sein de leurs équipes du BIM et de la gestion de l'information :

« Ça a pu être une révélation pour ceux qui ne sont pas exposés au BIM » (SBIM)

Les membres des équipes techniques, qui « ne sont pas exposés au BIM », ont découvert ce qui allait leur être demandé et comment le BIM pouvait changer leur manière de travailler. Lors du dernier atelier, certaines personnes dans les équipes étaient réticentes et se questionnaient parce qu'ils ne mesuraient pas vraiment l'envergure des changements alors que d'autres étaient plus favorables car ils voyaient une solution à leurs problèmes du quotidien. Un deuxième élément positif, selon les deux personnes interrogées, était que cela permettait de « [croiser] les points de vue » entre les animateurs de l'IQC4.0 et l'entreprise de conseil.

Pour conclure sur les retombées des ateliers IQC4.0 au sein du donneur d'ouvrage, on peut dire qu'il y a surtout un impact humain de gestion de changement en expliquant au personnel à quoi il faut s'attendre pour la suite. Néanmoins, ce diagnostic n'a pas eu l'effet escompté notamment dans l'utilisation des outils présentés et dans l'utilisation du plan d'action présenté par les intervenants :

« L'IQC a donné une mise en bouche mais n'a pas été central dans notre démarche. » (DGP, Entrevue, 27 juin 2023)
 « Le diagnostic n'a pas fait pivoter dans notre trajectoire [...] par contre il a renforcé ce qu'on faisait déjà. (SBIM)

En effet, avec le mandat de l'entreprise de conseil, la numérisation des activités avait déjà été commencée mais « orienté projet ». Cela veut dire que la stratégie de changement pour adopter le BIM était faite au travers des nouveaux projets plutôt que des processus d'affaire plus globaux à l'organisation. De fait, certains des objectifs SMART (Tableau 5.1) décrits lors des ateliers avaient déjà commencé à être répondu, principalement le premier, « Faciliter l'alimentation de Guide TI », au travers de l'implémentation des usages BIM « Représentation tel que construit » et « Maquette finales de conception ».

Un enjeu est la mise en place de la feuille de route après le diagnostic. À contrario des diagnostics pour l'industrie, il n'y a pas de support financier pour la formation et l'accompagnement. Environ 6 mois plus tard, lors des entrevues, il est ressorti qu'au moins deux des objectifs allaient bientôt être adressés. La directrice adjointe souhaitait créer « une première version d'un plan [de numérisation] de la gestion des actifs d'ici l'automne », ce qui débute l'objectif 3 (Tableau 5.1). Le spécialiste BIM, de son côté, se donne comme priorité (Objectif 4) d'uniformiser les nomenclatures, notamment au niveau des équipements.

Tableau 5.1 Objectifs SMART des ateliers IQC4.0 du donneur d'ouvrage

	Objectif	Cible	Mesure
1	Faciliter l'alimentation de GuideTI	Réduire la quantités d'entrées manuelles d'information dans GuideTI d'ici décembre 2025	Nombre d'entrées manuelles d'information dans GuideTI
2	Formaliser l'implication de la DEST dans les processus de revue de projets	Inviter systématiquement au moins 1 responsable de la DEST aux rencontres de revue de projet d'ici décembre 2024	Nombre de rencontres de revue de projet auxquelles 1 responsable de la DEST a assisté
3	Formaliser les processus et responsabilités de mise à jour de l'information durant la phase d'exploitation et d'entretien des actifs	Créer les processus des usages Livraison et mise en service et Maintien des actifs (atelier 5, étape 8 du tableau) d'ici décembre 2023	Processus et rôles et responsabilités définis et documentés
4	Uniformiser la nomenclature des systèmes et équipements	Uniformiser les nomenclatures d'ici décembre 2023	Nomenclatures à jour documentées

5.2.3 L'instanciation des résultats du diagnostic IQC4.0

Le diagnostic IQC4.0 est venu « compléter le diagnostic que [l'entreprise de conseil] avait fait » (SBIM) mais les outils qui ont été présentés n'ont pas été utilisés par la suite par manque d'accompagnement, de ressources ou de temps. Cependant, il a permis d'identifier certains besoins pour aider l'organisation dans sa démarche de numérisation.

Les principaux besoins pour la numérisation de leurs activités peuvent être regroupés dans deux catégories : la recherche d'informations et le suivi. D'après les personnes interrogées, il y a d'abord un besoin d'avoir « un manuel de bonnes pratiques BIM au Québec avec des processus standardisés » (SBIM). Ce manuel pourrait reprendre les normes internationales telles que la norme ISO 19650 et la norme ISO 55000 pour que les organisations puissent les mettre en place plus facilement.

Un deuxième besoin serait la création de « tables rondes » pour discuter avec d'autres organisations des « gros nœuds que tout le monde a » (DGP). L'objectif est que tout le monde avance ensemble, de plus, la plupart des donneurs d'ouvrages ne sont pas en concurrence donc rien ne les empêche de travailler ensemble sur des sujets de gestion des actifs ou de numérisation.

Un dernier besoin serait d'avoir une suite au diagnostic IQC 4.0 en effectuant « un atelier de retour un an plus tard » (DGP). Cet atelier serait l'occasion de reprendre les objectifs SMART de l'année d'avant et de mesurer où l'organisation en est réellement rendu et ce qui a changé suite aux ateliers et pourquoi pas de fixer de nouveaux objectifs.

5.2.4 Discussion

Les ateliers ont permis aux employés qui seront impliqués dans les changements de comprendre ce qui devrait être amélioré par la numérisation. Dans le modèle de Kassem &

Ahmed (2022), ces ateliers ont donc activé le facteur 6 d'adoption du BIM qui consiste à montrer les avantages relatifs du BIM. D'après ce modèle, ce facteur mène à l'intention d'adoption du BIM (F1) et à la compatibilité du BIM (F4).

A l'inverse, d'après la directrice adjointe en ingénierie, les outils étaient peut-être un peu trop « avancés » pour certains participants et « le format en ligne n'a pas aidé ». Donc les outils pourraient être simplifiés pour éviter un décrochage des participants et les derniers ateliers, les plus techniques, pourraient être effectués sur place. Ainsi, le format des ateliers et la complexité des outils n'ont pas permis d'activer le facteur 9 qui consiste en la préparation de l'organisation pour effectuer le changement vers l'utilisation du BIM (Kassem & Ahmed, 2022). Cela va à l'encontre d'un des objectifs de cette initiative développé en section 4.1.3.

Au niveau de la stratégie globale, le diagnostic n'était pas vraiment nécessaire du fait du contrat d'accompagnement de l'entreprise de conseil sur 5 ans. Bien que ce mandat porte sur une autre unité d'affaire de l'organisation, il expose un point de vue complémentaire au diagnostic de l'IQC4.0, d'après la directrice adjointe. Cependant, si le diagnostic peut mener à un volet formation et accompagnement du donneur d'ouvrage, il ne peut qu'être intéressant. Pour l'instant, les résultats ont été intégrés à la démarche du consultant pour l'unité d'affaire concernée et ce sont les échanges avec les autres donneurs d'ouvrages et l'entreprise de conseil qui dictent les prochaines étapes de la numérisation globale du donneur d'ouvrage. L'explication vient de l'objectif initial : comme le dit la directrice adjointe, le diagnostic s'est imposé pour bénéficier des locomotives numériques de l'IQC4.0 et non comme déclencheur de stratégie.

Pour revenir sur le fonctionnement de la numérisation par projet, il peut permettre de commencer mais ne suffit pas pour avoir une démarche de numérisation de toutes les activités notamment pour les anciens actifs du donneur d'ouvrage.

Pour conclure, le diagnostic n'était pas adapté au donneur d'ouvrage sous cette forme. Il aurait suffi de faire des ateliers de sensibilisation et de présentation des changements qui sont mis en place par l'entreprise de conseil auprès de tout le personnel impliqué. En revanche, s'il s'en était suivi le volet formation et accompagnement qui est seulement proposés aux entreprises et non aux donneurs d'ouvrage, la complexité du contexte d'affaire aurait été mieux pris en compte. Le facteur 9 d'adoption du BIM, préparation de l'organisation, aurait été plus appuyé grâce à ce volet. Ainsi, le BIM, qui n'est pas central dans l'environnement informationnel de la gestion des actifs, aurait révélé une plus grande importance. Le donneur d'ouvrage se repose alors uniquement sur son entreprise de conseil qui palie à ce manque.

Cette étude de cas exploratoire a permis de comprendre l'importance de plusieurs facteurs dans l'utilisation des résultats du diagnostic IQC4.0 chez un donneur d'ouvrage :

- L'objectif initial du diagnostic : Dans le cas présent, l'objectif était d'accéder à des financements gouvernementaux au travers des locomotives numériques.
- La stratégie globale d'adoption du BIM en amont du diagnostic : L'entreprise en événementiel a choisi une stratégie de numériser ses activités au fur et à mesure de ses projets de construction ou de réaménagement.
- L'accompagnement de l'organisation : L'entreprise est conseillée par des consultants spécialisés en BIM qui a amorcé la stratégie de déploiement par projet et a conseillé le diagnostic pour avoir une vision comprenant les informations d'un actif pendant tout son cycle de vie.

Dans la suite, le processus suivi par une université qui a suivi un diagnostic IQC4.0 complet (haute direction et deux unités organisationnelles) est analysé.

5.3 Étude de cas : L'université

Cette université québécoise forme des ingénieurs et des chercheurs. Elle est spécialisée dans l'enseignement et la recherche appliqués en génie. En 2023, c'est plus de 11 000 étudiantes et étudiants répartis dans 86 programmes d'études. Elle emploie plus d'un millier de personnes.

De nombreux services et départements sont impliqués dans les activités de l'université. Cette étude de cas se concentre sur la démarche de numérisation de la gestion de leurs actifs immobiliers.

Cette dernière a accepté de s'engager dans l'expérimentation du cadre de diagnostic de l'IQC4.0 à l'intérieur d'une démarche amorcée par avec un groupe de recherche de l'institution.

5.3.1 L'organisation et ses intentions dans la numérisation

En octobre 2020, ce groupe de recherche a produit un « rapport d'analyse des pratiques de gestion et la réception des modèles BIM à [l'université] ». Ce rapport a fait état de nombreux enjeux pour que l'université réussisse sa transition vers une « gestion intégrée de l'information de ses actifs ». Deux volets sont présentés, l'adoption du BIM pour les projets et la numérisation de la gestion des actifs. À la suite de cela, il a été décidé d'effectuer un projet de construction d'un pavillon de l'université en BIM et d'embaucher une nouvelle ressource. Une directrice adjointe à l'intégration BIM a été embauchée pour combler le manque d'expertise de l'institution pour la réception de l'information. Pour aider dans la numérisation des activités de l'institution, il a été recommandé de suivre le diagnostic IQC4.0 pour les donneurs d'ouvrage. De plus, le groupe de recherche a été mandaté par l'université en 2021 pour les accompagner dans le déploiement du BIM pour la gestion des actifs en établissant des procédés de gestion et d'exécution.

Le 2 novembre 2022, il y a eu une présentation du projet de « numérisation de la gestion des actifs à [l'université] » par la directrice adjointe à l'intégration BIM. Lors de cette présentation, plusieurs enjeux ont été présentés. L'université utilise un logiciel de GMAO qui est « désuet et non interopérable ». En effet, ils utilisent le logiciel MAINT de l'entreprise GES Technologies qui n'est plus mis-à-jour depuis fin 2020. Les intégrations possibles avec ce logiciel sont donc très limitées. De plus, le Ministère de l'Enseignement Supérieur (MES) a pris la décision de demander le déploiement d'une plateforme GMAO pour effectuer la « reddition de compte », c'est-à-dire la conception de rapports pour rendre compte de sa gestion (*reddition de comptes*, s. d.). Pour l'instant, l'université utilise le logiciel Cobra qui permet seulement de créer des rapports mais il n'est pas interopérable et toutes les données sont entrées à la main. L'objectif est d'être capable de créer le rapport au format exigé par le ministère de manière automatique. Un autre enjeu qui n'a pas été soulevé lors de la réunion du 2 novembre 2022 est le manque et le vieillissement de la main d'œuvre. Ce problème a été énoncé lors d'un atelier que nous avons effectué plus tard avec les équipes techniques. Cet enjeu est accentué par une difficulté de trouver l'information adéquate et à jour de manière efficace.

5.3.2 Les résultats du diagnostic IQC4.0

Il y a eu trois groupes différents de personnel à l'université qui ont suivi les ateliers IQC4.0. Il est découpé de cette manière pour répondre à la problématique de la taille des donneurs d'ouvrage et du découpage en interne de la gestion des actifs en plusieurs départements. Le premier groupe correspond à la haute direction qui ont participé à un diagnostic plus tourné sur la stratégie globale de l'organisation. Ce point de vue stratégique incluait un volet recherche sur les enjeux de l'instanciation de la feuille de route gouvernementale au niveau de l'université. Les deux autres groupes ont effectué un diagnostic plus opérationnel sur la gestion des actifs à l'intérieur de leurs départements respectifs. Le choix a été fait pour ce donneur d'ouvrage d'effectuer un diagnostic pour le département qui s'occupe des projets (i.e. le

deuxième groupe) et un pour le département qui s'occupe de la gestion et de l'entretien du parc immobilier (i.e. le troisième groupe).

Dans les visions de ces trois groupes (ANNEXE II), on retrouve les éléments des objectifs énoncés dans la partie précédente. On retrouve notamment une volonté de l'université de devenir un leader québécois dans « la gouvernance numérique de son parc immobilier autant au niveau industriel qu'académique ». Cette volonté passe par « [l'implémentation des] meilleures pratiques [de numérisation] et en démontrant [leur] savoir-faire du projet à l'opération ». Cela montre l'implication de la direction de l'université dans la démarche de numérisation de ces activités ce qui est primordiale pour un changement organisationnel. De plus, cela correspond au facteur F8, « Support des hauts gestionnaires », d'adoption du BIM présenté par les chercheurs Kassem et Ahmed (2022).

Plusieurs objectifs SMART ont été retenus pendant les ateliers IQC4.0 (Tableau 5.2). Cet outil a ensuite été utilisé par les décideurs de l'université pour choisir les étapes à effectuer à la suite du diagnostic IQC4.0.

Tableau 5.2 Objectifs SMART des ateliers IQC4.0 de l'université
Adapté du bilan du diagnostic IQC4.0

	Objectif	Cible	Mesure
ST	Intégrer la numérisation de la gestion des actifs dans la stratégie corporative de gouvernance TI	Dossier d'affaire numérisation de la gestion des actifs approuvé juin 2023 Intégration du dossier d'affaire dans le plan de gouvernance TI décembre 2023	Approbation obtenue Intégration architecture TI d'entreprise avec celle de gestion des actifs
	Atteindre net-zéro pour le campus pour 2030	Complexe Dow: compensation perte dans les autres bâtiments par surplus de production de 20% par l'entremise des technologies associées au jumeau numérique	Mesure de la performance énergétique post-occupation
OP	Optimiser l'utilisation et la qualité de l'espace par l'exploitation systématique de la donnée	Développer des tableaux de bord pour le suivi et l'évaluation de l'occupation, la qualité des environnements d'enseignement et de recherche et de la performance énergétique	A identifier
	Éliminer/réduire temps perdu recherche information et reddition de compte	Les métiers ont 100% de l'information pour la réalisation de leurs bons de travail Les professionnels prennent moins de 10% de leur temps à chercher de l'information	Comptabilité par activités
	Réaliser tous les projets en BIM incluant les réaménagements	50% des projets de réaménagements en BIM d'ici décembre 2024 et 100% d'ici 2025 75% des espaces du campus digitalisés d'ici décembre 2024	% de projets en BIM

Pendant les ateliers IQC4.0, des usages BIM ont été présentés aux équipes pour pouvoir les développer en 8 étapes distinctes (ANNEXE III). Plusieurs d'entre eux ont été retenus par les intervenants IQC4.0 pour qu'un travail plus approfondi soit effectué (Tableau 5.3).

Tableau 5.3 Usages BIM retenus pendant les ateliers IQC4.0 de l'université
Adapté du bilan du diagnostic IQC4.0

Usage BIM	Priorité	Objectif stratégique
Livraison et mise en service	1	Avoir de l'information à jour, qualitative et complète
Conceptualisation	3	Calculer les besoins en mécanique et électricité
Documentation 2D	4	Consulter des dessins 2D
Représentation tel que construit	2	Recevoir et transférer les TQC, extraction de données
Logistique de construction		Planifier les séquences de travaux
Maintien d'actifs		Définir des niveaux de partage et d'accessibilité pour une meilleure autonomie
BIM en chantier	Bureau de projet	Accès en temps réel aux documents en chantier
Programmation des espaces	Bureau de projet	Utilisation du BIM pour la définition des exigences spatiales

Des enjeux sur l'infrastructure technologique qu'il faudra mitiger par la suite ont été mis en évidence par les intervenants IQC4.0 (ANNEXE IV). Pour faire le lien avec la feuille de route gouvernementale, le diagnostic IQC4.0 a repris son plan général et y a lié des actions (Tableau 5.4), ces actions peuvent avoir déjà été effectuées comme être les prochaines étapes prévues.

Tableau 5.4 Alignement avec la feuille de route gouvernementale
Adapté de du bilan du diagnostic IQC4.0

Référence	Priorité stratégiques	Activités associées	Actions de [l'université]
1	Pilotage et coordination	<ul style="list-style-type: none"> • Cibler et habiliter les responsables et les champions de la mise en œuvre du BIM 	<ul style="list-style-type: none"> • Engagement d'un intégrateur BIM • Création d'un groupe de travail sur le BIM • Accompagnement [d'un groupe de recherche]
2	Mobilisation, responsabilisation et montée en compétences	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre en place des canaux de communication clairs pour inciter les parties prenantes à se mobiliser • Cibler et développer une offre de formation reconnue et certifiée, couvrant tous les aspects du BIM 	<ul style="list-style-type: none"> • Participation au diagnostic IQC4.0
3	Politique, contrats et réglementation	<ul style="list-style-type: none"> • Cibler les paramètres qui encadrent les diverses politiques et orientations pour le BIM • Développer les mécanismes d'approvisionnement et d'exécution des projets qui favorisent la collaboration 	<ul style="list-style-type: none"> • Décision que tous les projets de [l'université] seront en BIM • Choix vers les modes d'approvisionnement de nature collaborative

Tableau 5.4 Alignement avec la feuille de route gouvernementale
Adapté de du bilan du diagnostic IQC4.0 (suite)

Référence	Priorité stratégiques	Activités associées	Actions de [l'université]
4	Processus, méthodes et flux de travail	<ul style="list-style-type: none"> • Identifier les usages et les pratiques de gestion de l'information permettant de rencontrer les objectifs d'affaires sur l'ensemble du cycle de vie d'un portefeuille d'actifs • Identifier, définir et formaliser les nouveaux rôles et responsabilités qui soutiennent la mise en œuvre du BIM 	<ul style="list-style-type: none"> • Dossier d'opportunité et d'affaires par l'intégrateur BIM
5	Documentation et normalisation	<ul style="list-style-type: none"> • Développer des exigences couvrant les requis d'information 	<ul style="list-style-type: none"> • Requis définis au niveau de la gestion des actifs
6	Écosystème numérique	<ul style="list-style-type: none"> • Cartographier les écosystèmes numériques et informationnels existants dans le but d'identifier les besoins et les pistes de développement à prioriser • Identifier, adapter, adopter ou développer les technologies et les outils permettant l'intégration de l'information tout au long du cycle de vie des actifs adaptés aux usages ciblés 	<ul style="list-style-type: none"> • Préparation d'un plan de gouvernance TI pour la valorisation de la donnée

5.3.3 L'instanciation des résultats du diagnostic IQC4.0

À la suite des ateliers IQC4.0, il y a deux enjeux qui peuvent faire obstacle à l'instanciation du plan stratégique issu du diagnostic : l'engagement des divers collaborateurs de l'université et l'appropriation des outils et des résultats au niveau opérationnel.

L'enjeu du maintien de l'engagement des hauts gestionnaires de l'université est un travail sur la durée. Juste après les ateliers, la volonté d'utiliser les résultats était très présente et a permis la création d'un nouveau poste d'intégrateur BIM. Il avait, entre autres, la charge de rédiger un dossier d'opportunité pour la numérisation de la gestion des actifs immobiliers de l'université.

Ensuite, début novembre 2022, une présentation a été effectuée à la haute direction de l'université durant laquelle la proposition a été acceptée de la création d'un comité BIM dont le mandat serait de :

1. Définir les cahiers de charge pour les requis d'information de projet et d'actifs
2. Établir les procédures, définir les outils et assurer la formation du personnel pour le suivi qualité et la réception des modèles BIM des projets
3. Définir et analyser les options pour la mise à jour de l'infrastructure informatique et des procédures d'archivage et de réutilisation des modèles
4. Définir les besoins au niveau des ressources (formation, recrutement, réaffectations)

Pour aider à l'appropriation des outils et des résultats présentés lors des ateliers, plusieurs groupes de travail comprenant des étudiants et du personnel de l'université ont été formés. Ces groupes de travail avaient pour mission d'assimiler les résultats et de les lier aux activités de l'université. Dans la suite de ce mémoire, il sera montré comment ils ont compris les résultats et les ont utilisés pour ensuite s'approprier les outils plus poussés de l'IQC4.0.

Ces actions étaient recommandées par le diagnostic IQC4.0 dans le but de s'aligner avec la feuille de route gouvernementale.

5.3.3.1 Révision de la priorisation des usages BIM suite à l'analyse détaillée des processus

L'enjeu principal dans l'instanciation du plan stratégique est la mobilisation des ressources pour le faire. La procédure est de produire un dossier d'opportunité pour justifier le projet et

un plan d'affaires pour en définir la portée. Il était donc nécessaire de faire entériner la vision et les objectifs et de démontrer quel serait le retour sur l'investissement d'un tel déploiement.

Travail sur un objectif SMART des ateliers IQC4.0

Dans un premier temps, l'objectif concernant le temps perdu en recherche d'informations a été ciblé pour quantifier les pertes liées à l'absence d'un cadre formel de gouvernance et de gestion de l'information. Un sondage a été réalisé et envoyé au personnel.

Les objectifs de ce sondage sont multiples :

- Évaluer le temps perdu en recherche d'informations et en actions manuelles répétitives
- Identifier les automatisations possibles dans ces tâches pour réduire la charge de travail
- Mesurer les bénéfices potentiels de ces automatisations grâce à la numérisation

Dans le Tableau 5.5 sont présentées les statistiques concernant le sondage qui a duré du 8 au 20 décembre 2022 (ANNEXE V). On devait indiquer un estimé des pertes de temps liées à la recherche de l'information ou d'activités répétitives pouvant être automatisées sur les 3 tâches principales et proposer des solutions d'amélioration.

Tableau 5.5 Statistique de réponses au sondage

% de réponses	Administratif	Conception	Gestion de projet	Gestionnaire	Corps de métiers
34% (27 employés)	9	3	6	3	5

« Administratif », « Conception », « Gestion de projet », « Gestionnaire » et « Corps de métiers » correspondent aux types de tâches principales que les employés effectuent. Dans la suite de l'analyse, les réponses des employés de type « Gestionnaire » n'ont pas été prises en compte car ils n'ont pas de tâches spécifiques.

Les résultats du sondage sont séparés en deux catégories, la première concerne le temps de recherche, de vérification et de mise-à-jour de l'information alors que la seconde concerne le temps utilisé pour effectuer des actions répétitives. Dans la Figure 5.4 et la Figure 5.5, il y a ces deux catégories sur le temps global utilisé pour réaliser les 3 tâches principales des employés.

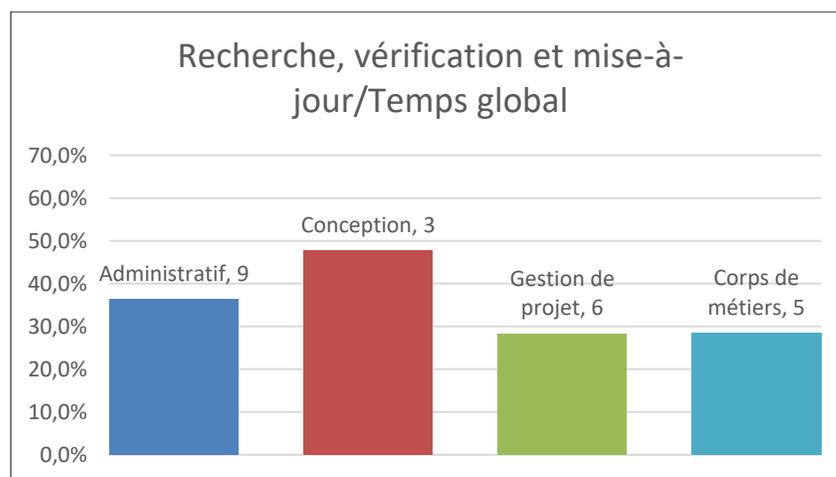


Figure 5.4 Résultats du sondage

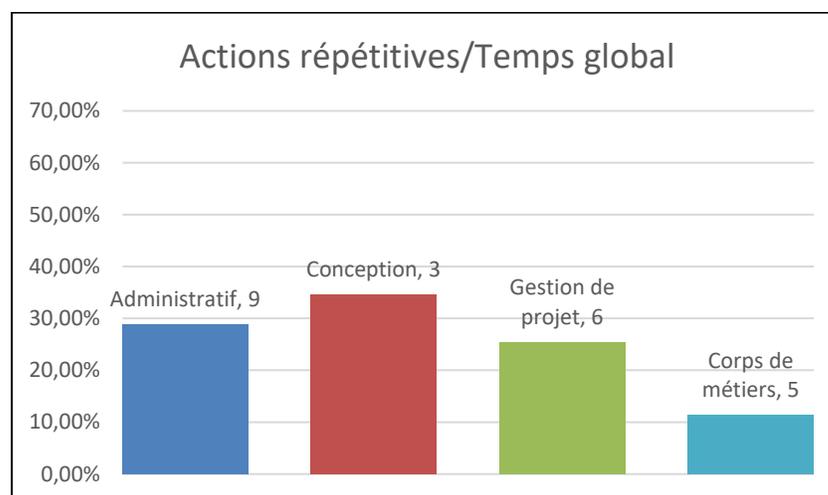


Figure 5.5 Résultats du sondage

Dans les deux cas, les temps consacrés aux activités sans valeur ajoutée sont significatifs notamment pour les employés de type « Administratif » et « Conception » où les 30% sont quasiment atteints voire complètement dépassés.

Dans la Figure 5.6 et la Figure 5.7, on se concentre plus précisément sur le temps perdu pour une tâche en particulier. En faisant cela, on lie l'habitude qu'a une personne à effectuer une tâche au temps perdu.

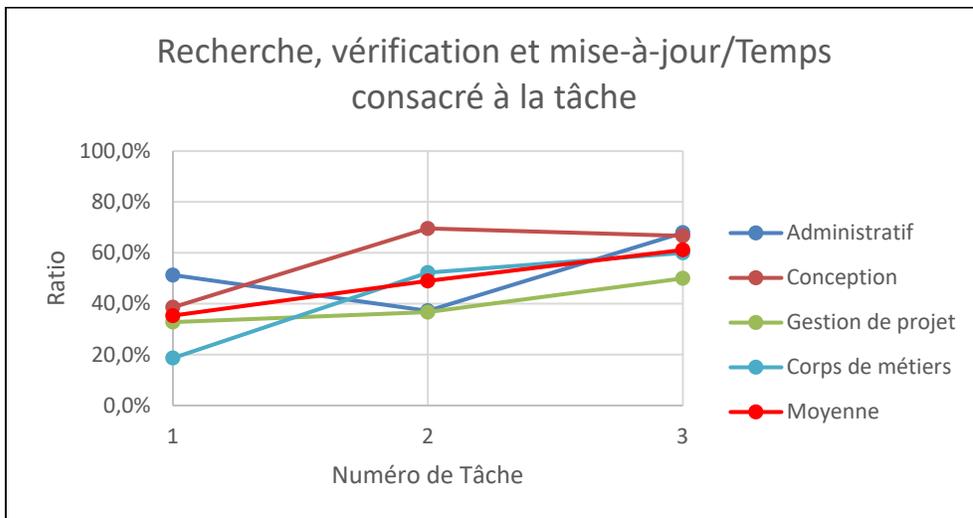


Figure 5.6 Résultats du sondage

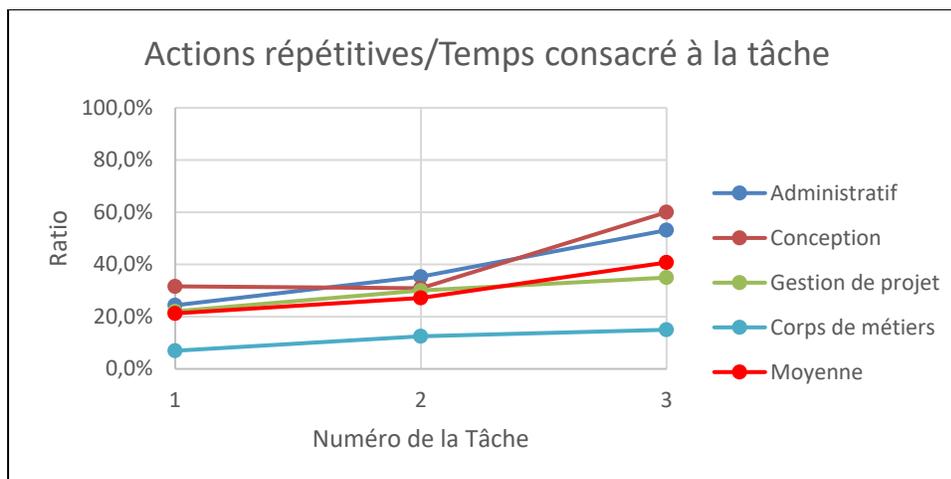


Figure 5.7 Résultats du sondage

On remarque, dans les deux cas, que le temps consacré en activité sans valeur ajoutée augmente selon le temps consacré à cette tâche et sa familiarité avec cette tâche. Ainsi, plus un employé effectue une tâche régulièrement moins il va perdre de temps.

La Figure 5.8 se concentre sur le temps perdu dans une semaine pour une personne de chaque type.

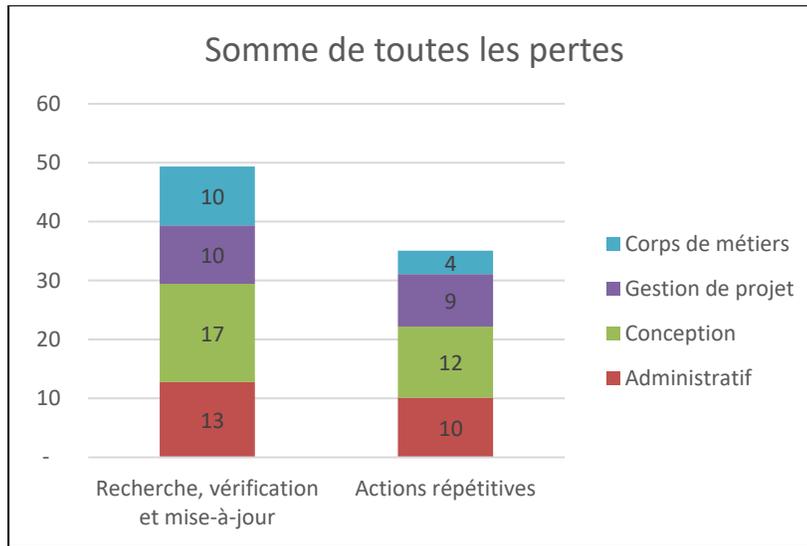


Figure 5.8 Résultats du sondage

Sur cette dernière figure, on observe qu'il est possible de réduire d'au moins 25% les gaspillages liés à réalisation d'activités sans valeur ajoutée. Ces résultats sont néanmoins à nuancer car le nombre d'heures peut avoir été surévalué par les employés. Vous trouverez en ANNEXE VI les résultats détaillés de chaque catégorie.

Ces résultats ont permis d'identifier et prioriser dans la cartographie des processus les zones d'amélioration pour cibler les plus hauts potentiels afin de réaliser des cas d'usage. Le choix a porté sur deux cas, le premier avec des employés de type « Conception » et le second avec des employés de type « Corps de métiers ». L'objectif était de travailler sur les deux extrémités de la chaîne, de la conception des documents jusqu'à leur utilisation par les équipes techniques.

Priorisation des enjeux relevés grâce au sondage

Dans un premier temps, deux ateliers ont été effectués pour détailler au mieux les processus et les interactions avec les plateformes numériques pour 4 activités:

- La mise-à-jour des plans
- Les projets de réaménagement
- La création d'un bon de travail
- L'exécution d'un bon de travail

L'objectif était de mettre en évidence les enjeux présents dans leurs processus pour comprendre comment les améliorer. Pendant ces ateliers, les participants devaient dessiner leur processus en groupe et les commenter. Sur cette base, des cas d'usages (Figure 5.9) ainsi que des diagrammes de scénarios ont été créés et validés avec les responsables des équipes.

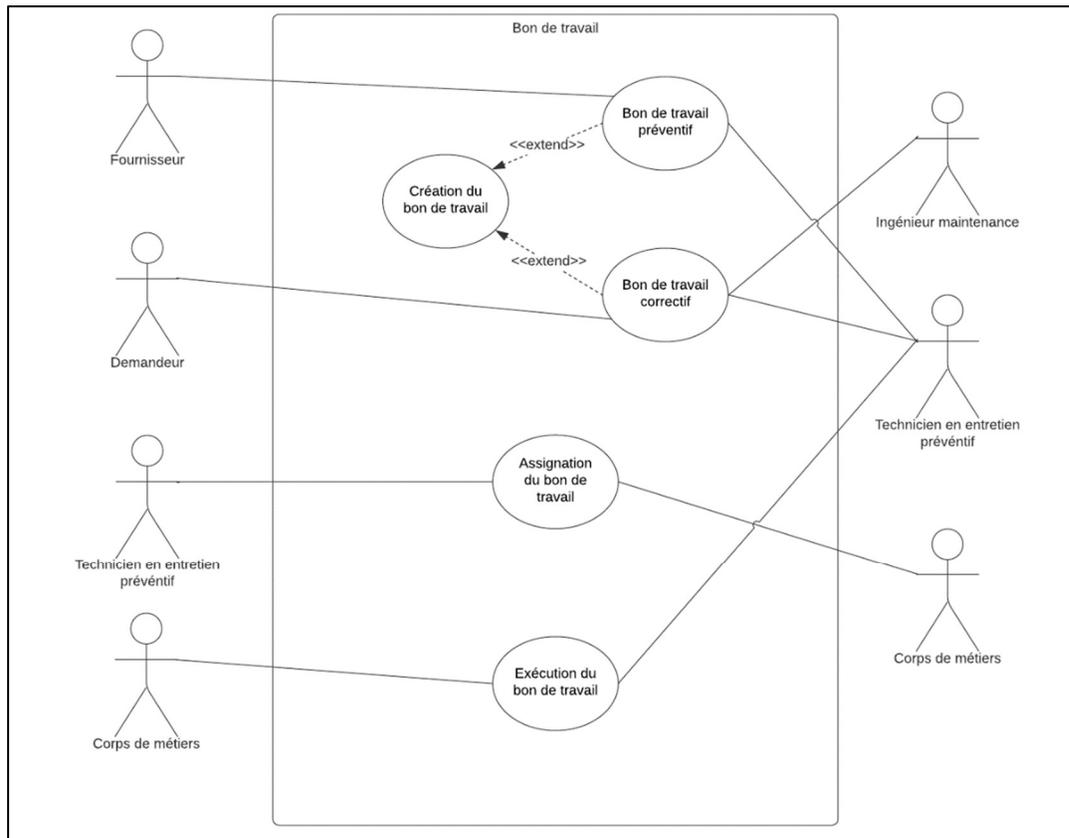


Figure 5.9 Cas d'usages sur les bons de travail

Sur cette figure, on retrouve 3 cas d'usages principaux, « Création du bon de travail », « Assignation du bon de travail » et « Exécution du bon de travail ». Les cas d'usages secondaires « Bon de travail préventif » et « Bon de travail correctif » montrent qu'il y a des différences de processus entre dans le cas d'une maintenance préventive et d'une maintenance corrective. On peut remarquer que tous les cas d'usages de cette figure nécessitent l'intervention, que ce soit en amont ou en aval, d'un technicien en entretien préventif, ils ne sont que deux dans l'organisation. Cela met en évidence un goulot d'étranglement et peut expliquer un dysfonctionnement du système de gestion des actifs où tous les bons de travail ne sont pas fermés dans la plateforme. Chaque cas d'usage est alors développé en scénario via les diagrammes de scénarios UML (Figure 5.10).

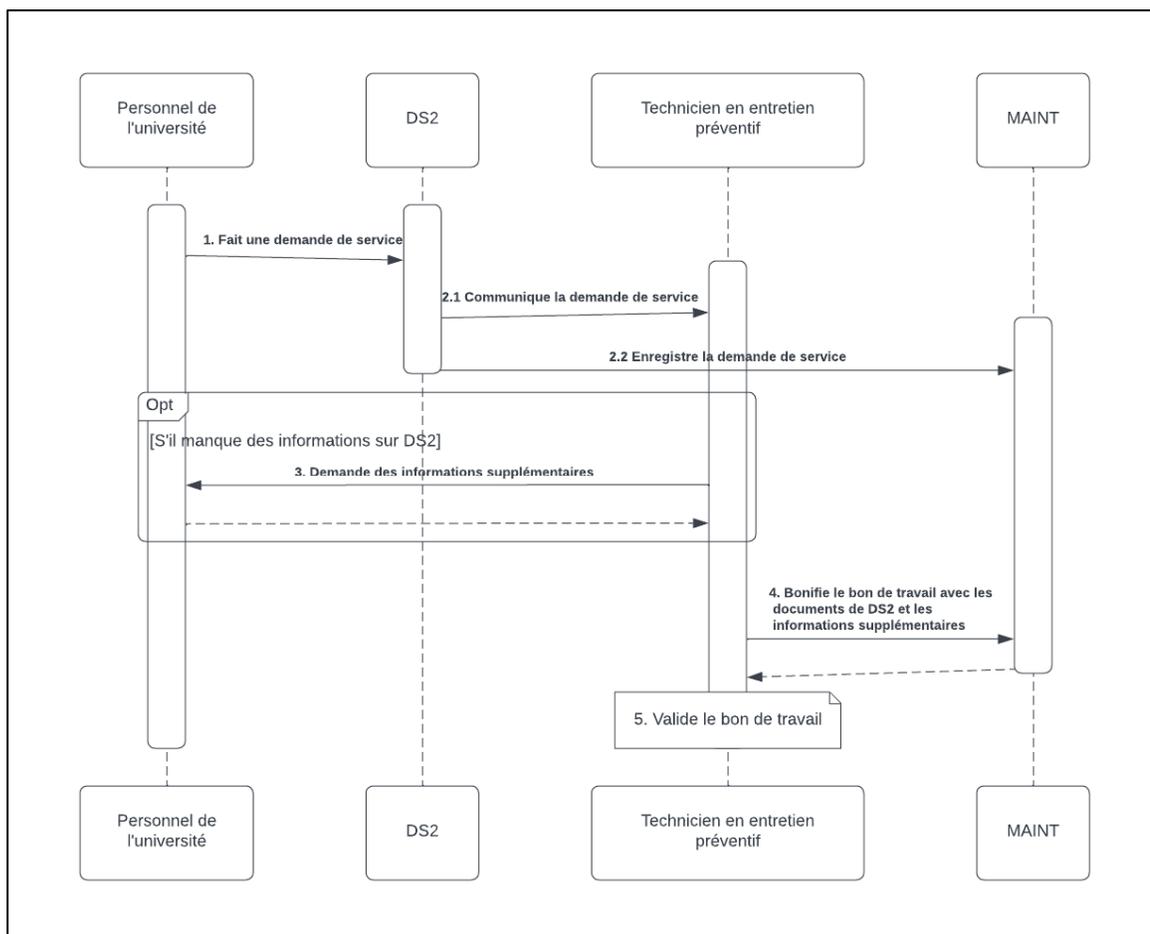


Figure 5.10 Diagramme de scénario sur les bons de travail correctifs

Sur ce diagramme de scénario, on détaille toutes les étapes du processus c'est-à-dire les personnes impliquées et ce qu'elles font, les logiciels utilisés et les interactions entre les parties prenantes. Dans ce cas précis, on confirme que le technicien en entretien préventif est sollicité dans toutes les étapes. Vous retrouverez tous les cas d'usages et les diagrammes de scénarios en ANNEXE VII, ANNEXE VIII, ANNEXE IX et ANNEXE X.

Une cartographie basée sur les cas d'usages a alors été créée un processus global commun aux équipes de « Conception » et de « Corps de métiers ». Les enjeux abordés par les participants des ateliers précédents ont été intégrés à cette cartographie, ces enjeux sont différents de ceux

relevés par les intervenants IQC4.0 pendant le diagnostic (ANNEXE IV). La deuxième étape a été de valider cette cartographie et de prioriser les enjeux avec l'aide des responsables d'équipe (Tableau 5.6).

Tableau 5.6 Priorisation des enjeux de l'université

Enjeux	Priorité	Temps perdu
Collaboration avec les professeurs et les techniciens des laboratoires pour connaître les vrais besoins	1	Beaucoup
Dans le cas des contrats d'exécution sur demande, quelle est la date de fin réelle du projet	3	Peu
Manque d'avis si l'information sur MFiles est à jour	2	Peu
Informations pour les acteurs internes secondaires au projet n'arrivent pas au bon moment	1	
Diffuser les documents à tous les départements concernés sans en oublier	2	
La gestion des courriels dans le cas d'un contrat avec des professionnels externes	3	
Transfert de plans et de fiches techniques seulement à la fin du projet et pas pendant	1	Beaucoup
Trouver les fiches techniques	1	Beaucoup
Importation de documents sur COBA impossible (l'information est saisie manuellement)	2	Peu
Informations pas à jour sur MAINT	1	Beaucoup
Retard important pour fermer les bons de travail	1	Beaucoup
Pas de base de données pour l'inventaire	2	Peu
Plans souvent pas à jour	2	Beaucoup
Système de cadenassage jamais été finalisé	2	

La priorité des enjeux ainsi que leur ratio de temps perdu ont été fusionnés pour créer une seule échelle de priorisation qui correspond à la priorité la plus élevée. Ensuite, les enjeux ont été associés à des solutions lorsque c'était possible. Les solutions numériques retenues sont l'acquisition d'un nouveau logiciel de GMAO et d'un environnement commun des données. On retrouve cette répartition dans la Figure 5.11.

CDE				
Logiciel GMAO	Non traité	Lien M-Files GMAO	Accès direct à l'information	Contrôle qualité
Catégorie	Priorité 1	Priorité 2	Priorité 3	
Réaménagement	Connaître les vrais besoins des projets (7)	Les informations pour les acteurs internes secondaires au projet n'arrivent pas au bon moment (9)	Les informations dans M-Files ne sont pas toujours à jour (10)	
Mise-à-jour des plans	Informations des plans ne correspondent pas aux TQC (1)	Trouver les fiches techniques (1)	Le transfert des plans et des fiches techniques se fait seulement à la fin du projet et pas pendant (1)	
Bon de travail	Le bon de travail n'est pas fermé systématiquement à la fin de l'intervention (1)	Le mobilier n'est pas sur MAINT (10)	Assignment de certains bons de travail se fait à bouche à oreille (18)	
Exécution du travail	Les informations de MAINT ne sont pas forcément mise-à-jour (1)	Il y a du retard qui peut être assez important pour fermer les bons de travail (1)	Les plans ne sont souvent pas à jour sur M-Files (7)	

Figure 5.11 Lien enjeux/solutions

Les enjeux concernant la gestion des bons de travail devraient être définitivement réglés au moment de la mise en place d'un nouveau logiciel de GMAO mais cela voulait dire attendre plusieurs mois pour qu'il soit complètement opérationnel. Or il était urgent de montrer aux participants des ateliers que le travail n'avait pas été effectué pour rien et qu'il était déjà possible d'en ressentir les effets. Après validation par l'université, son service TI a été appelé pour mettre en place un guichet unique qui permettrait la gestion des bons de travail et ainsi remplacer la plateforme DS2 qui était obsolète. Des cas d'usage leur ont été présentés pour commencer les discussions et un comité a été mandaté pour participer l'élaboration du guichet unique.

En parallèle, le processus présentant les enjeux de l'université a été bonifié pour montrer quel usage BIM répondait à quel enjeu. Grâce à cela, les usages BIM ont pu être choisis et priorisés.

Utilisation des usages BIM par l'université

Plusieurs usages BIM avaient été retenus par les intervenants IQC4.0 comme étant prioritaire pour l'université. À la suite des ateliers de définition et de priorisation des enjeux de l'université, la liste des usages à déployer en priorité a été revue comme suit :

- Représentation tel que construit
- Maquette finale de conception
- Livraison et mise en service
- Maintien d'actifs
- Contrôle et validation du code

Des étudiants et consultants ont ensuite été mandatés pour travailler sur ces usages BIM dans le cadre de la numérisation de l'université. La différence entre les usages BIM réellement abordés par l'université et les usages BIM proposés à l'issue des ateliers IQC4.0 provient d'une plus grande compréhension de ces usages et des enjeux prioritaires de l'université.

5.3.3.2 Révision du plan d'action et des activités pour le déploiement des usages

Le plan d'action donné par le diagnostic IQC4.0 pour le déploiement des cinq usages BIM présentés précédemment a été révisé grâce aux travaux d'étudiants et de consultants sous la supervision de chercheurs.

Pour commencer, l'utilisation d'usages BIM en lien avec deux types de plateformes de GMAO a été analysée. La première est plus traditionnelle, il s'agit de Maximo et la seconde est basée sur le BIM, il s'agit de Dalux FM. Cela a permis de mieux comprendre le lien entre les logiciels de GMAO et les usages BIM.

Représentation tel que construit

Des méthodes d'insertion de données MEP (Mécanique, Électricité, Plomberie) dans un modèle TQC (Tel Que Construit), un gabarit BIM spécifique à l'université et un guide de l'utilisateur pour le gabarit ont été développés. L'objectif est de permettre à ce donneur d'ouvrage d'avoir une gouvernance sur le format, la qualité et la quantité des données qu'ils auront dans leurs modèles BIM.

Maquette finale de conception

Le développement du gabarit BIM et de son guide de l'utilisateur associé à la formation des ressources internes au donneur d'ouvrage à son utilisation avait pour objectif d'harmoniser les règles de création des maquettes BIM. Cela permet de s'assurer une vision sur le long terme de la numérisation du parc d'actifs.

Livraison et mise en service

Plusieurs scénarios de livraison et mise en service de projet de construction ont été imaginés. Ils correspondent aux différents logiciels et plateformes qui pourraient être utilisés par l'université. Cela a permis une première compréhension de cet usage ainsi que les enjeux qui y sont liés. Ensuite, une entreprise de conseil a été mandaté pour aider le donneur d'ouvrage dans le déploiement de cet usage BIM. Le processus de livraison et de mise en service est critique pour un donneur d'ouvrage car si le format, la quantité ou la qualité des données ne sont pas ceux attendus, un énorme travail devra être fait pour permettre l'utilisation des données de l'ouvrage pendant le reste de sa durée de vie. L'objectif est donc de réduire ce travail en produisant diverses exigences pour les entrepreneurs.

Maintien d'actif

Pour comprendre les besoins de l'université pendant la phase d'exploitation de l'ouvrage, une liste de fonctionnalités qui seraient utiles dans un logiciel de GMAO a été créée et priorisée. Cela a permis de formaliser les exigences du donneur d'ouvrage pour son choix d'un logiciel qui correspond le mieux à ses attentes. Une liste de paramètres caractérisant les équipements et leur état a été développée et des KPI (indicateurs de performance) ont été identifiés pour permettre une bonne lisibilité des données des actifs et équipements tout au long de leur durée de vie. L'objectif est de prendre en compte le maximum d'exigences de l'université pour l'orienter vers le choix d'un environnement numérique qui lui correspondra le mieux.

Contrôle et validation du code

Une méthode de validation et d'insertion des données dans un modèle, une liste de contrôle qualité des maquettes BIM et le gabarit BIM et son guide de l'utilisateur ont été développés pour connaître les exigences du donneur d'ouvrage en termes de numérique. L'objectif est d'avoir des données alphanumériques ou géométriques qui correspondent à leurs besoins.

Pour finir, il a fallu travailler sur la coordination du déploiement des différents usages BIM au sein de l'université. En effet, les actions de tous les intervenants étaient désordonnées et leur travail était rapidement oublié au vu de l'ampleur de la tâche. Il a alors été choisi de procéder au déploiement des usages BIM en utilisant les 8 étapes de déploiement des ateliers IQC4.0. Pour faciliter cette tâche, des chartes d'usage sont créées sur le modèle d'un WBS (Work Breakdown Structure), la charte préliminaire de l'usage « Maintenance des actifs » se trouve en APPENDICE A. L'objectif des chartes d'usage est de découper le déploiement de l'usage en un grand nombre d'activités et de nommer des responsables pour chacune des activités et ainsi suivre l'avancement du déploiement de l'usage.

5.3.4 Discussion sur l'étude de cas

D'après les parties précédentes, on peut remarquer que l'université a utilisé les ressources qui ont été mobilisées suite aux résultats du diagnostic. Les ateliers ont donc démontré des avantages relatifs à l'utilisation du BIM dans l'organisation ce qui correspond au facteur 6 des chercheurs Kassem et Ahmed (2022). L'intégrateur BIM a revu les objectifs SMART définis pendant les ateliers et obtenu un endossement formel de la haute direction. Ensuite, les outils de l'IQC4.0 soit la priorisation des usages BIM et les processus d'affaires ont été adoptés pour améliorer leurs activités.

Pour eux, les enjeux à la suite du diagnostic étaient l'engagement des ressources de l'ETS dans l'adoption du BIM et l'appropriation des résultats et des outils de l'IQC4.0. L'engagement de la haute direction a été maintenu grâce à l'observabilité de bénéfices qui ont été présentés tout au long de cette première partie de processus d'adoption du BIM, cela correspond au facteur F3 des chercheurs Kassem et Ahmed (2022). L'appropriation des résultats a été plus compliquée à mettre en place dû au manque d'accompagnement par l'IQC4.0 pour donner suite au diagnostic ainsi pour ce donneur d'ouvrage aussi, le facteur 9 de Kassem et Ahmed (Préparation de l'organisation) n'était pas enclenché par le diagnostic seulement. L'université a donc mandaté un groupe de recherche pour les aider dans leur changement.

Ils n'étaient donc pas seuls dans leur démarche de numérisation et ont bénéficié de l'aide des chercheurs du groupe de recherche pour pouvoir exploiter le potentiel de ces résultats. Ils se font conseiller au niveau stratégique. Sans cet accompagnement, il aurait été beaucoup plus compliqué pour l'université de mettre en place les conseils de l'IQC4.0 mais ils auraient quand même été dans l'obligation de commencer les démarches pour un nouveau GMAO. L'actuel étant complètement obsolète. Ainsi, grâce à cet accompagnement, le facteur 9 a pu être mis en place.

Pour conclure sur cette partie, l'IQC4.0 était adapté pour l'université en prenant en compte l'accompagnement des chercheurs du groupe de recherche mais il a fallu une montée en maturité pour qu'ils comprennent la puissance et l'utilité des outils offerts par le diagnostic.

5.4 Discussion des résultats

5.4.1 Les retombées du diagnostic IQC4.0 auprès des donneurs d'ouvrage (meso et micro)

L'entreprise en événementiel et l'université ont choisi deux méthodes différentes pour numériser leurs activités. Le donneur d'ouvrage en événementiel a commencé par déployer le BIM à l'intérieur de chacun de ses nouveaux projets et c'est pour cela qu'ils ont fait appel à une entreprise de conseil alors que l'université n'avait pas réellement débuté sa numérisation avant le diagnostic IQC4.0 (Tableau 5.7). Ainsi, ils n'ont abordé ni les ateliers ni les résultats de la même manière. D'un côté, le donneur d'ouvrage était et a continué dans la dynamique amorcé avec l'entreprise de conseil alors que de l'autre, l'université est partie des résultats présentés par l'IQC4.0 pour construire un plan d'action.

Tableau 5.7 Les différences entre les deux donneurs d'ouvrage

Critère	Entreprise en événementiel	Université
Visée du diagnostic IQC4.0	Un département	Plusieurs départements
Objectif initial du diagnostic IQC4.0	Accéder aux locomotives numériques	Obtenir un plan de numérisation des activités
Stratégie globale hors IQC4.0	Par projets	Par processus
Accompagnement	Entreprise de conseil en BIM pour une autre unité d'affaire	Groupe de recherche en BIM

Il y a une différence fondamentale entre ces deux organisations. L'université dispose d'un accompagnement poussé d'un groupe de recherche. Grâce à cela, ils ont accès à des ressources qui effectuent des recherches sur l'innovation numérique qu'est le BIM. Ainsi ils ont pu mandater plusieurs étudiants pour développer et tester plusieurs méthodes. Cela leur a aussi permis de mieux comprendre les implications des résultats du diagnostic IQC4.0, de monter en maturité sur l'utilisation des outils présentés et de créer un plan d'action pour numériser ses activités. Du côté de l'entreprise en événementiel, l'utilisation des outils de l'IQC4.0 était compliqué dans le sens où ils ne comprenaient pas à quel point il était puissant :

« J'ai eu la sensation qu'on n'utilisait pas le plein potentiel [des outils] » (DGP)

De plus, ils n'avaient pas besoin d'utiliser les résultats car ils avaient déjà amorcé le changement avec l'aide de l'entreprise de conseil. Ils ne se sont donc pas focalisés sur leur compréhension. Ainsi ce qui était réellement déterminant était un accompagnement poussé dès la réception des résultats de l'IQC4.0 pour pouvoir les appréhender et utiliser les outils présentés.

Dans le cas des deux donneurs d'ouvrages étudiés, l'IQC4.0 permet de montrer les avantages relatifs du BIM (F6) et ainsi d'obtenir le support des hauts gestionnaires (F8) tout en installant une volonté et une intention d'adoption du BIM (F1) au sein des organisations. Dans le cas de l'université où l'étude de cas était plus poussée, on obtient aussi une observabilité des bénéfices (F3) lorsque les résultats du diagnostic sont utilisés. Néanmoins, dans les deux cas, à la suite des ateliers, les organisations ne sont pas prêtes (F9) à amorcer le changement car elles manquent de compréhension des outils et des résultats. Dans le cas de l'université, on montre qu'il a fallu un accompagnement complémentaire pour permettre la validation de ce facteur d'adoption du BIM.

5.4.2 Les enjeux d'une stratégie visant l'écosystème de la construction (macro)

Le Québec, au travers de sa feuille de route gouvernementale, donne des directives concernant la numérisation de leurs activités et l'utilisation du BIM. Pour faciliter la mise en œuvre de ces directives, des initiatives tel que l'IQC4.0 sont proposées. Dans ce mémoire, plusieurs enjeux ont été relevés quant à l'utilisation de cette initiative qui était supposé faire le lien entre la feuille de route gouvernementale, le niveau macro d'adoption du BIM, et des donneurs d'ouvrage, le niveau micro/meso d'adoption du BIM.

Les enjeux du diagnostic IQC4.0

Le premier enjeu est de pouvoir utiliser et comprendre les résultats du diagnostic IQC4.0. Pour les donneurs d'ouvrage, il n'y a pas encore d'accompagnement, de la part de l'IQC4.0, pour mettre en œuvre les recommandations faites par les intervenants. Ceux-ci n'ont pas tous accès à des ressources internes ayant les compétences pour s'approprier les outils du diagnostic. Le second enjeu est de comprendre les outils du diagnostic. Ces outils sont aussi puissants que complexes. Ils permettent de déployer une technologie s'ils sont bien utilisés mais peuvent aussi être une perte de temps s'ils sont mal utilisés. L'initiative IQC4.0 fait partie d'une stratégie du Québec visant à améliorer l'écosystème de la construction. Les enjeux de cette

stratégie sont donc d'ordre de compréhension et d'accompagnement. Le diagnostic IQC4.0 met en place plusieurs facteurs décrit par Ahmed & Kassem (2022). Sans être parfait, il permet d'avancer sur le chemin de l'adoption du BIM dans une organisation et donc de faire le lien entre les niveaux macro et micro d'adoption du BIM.

Le lien entre la feuille de route gouvernementale et le diagnostic IQC4.0

Au niveau du Québec, le diagnostic IQC4.0 visait à permettre les donneurs d'ouvrages publics de se comparer entre eux grâce à l'autodiagnostic qui est commun à tous. De plus, il devait permettre au gouvernement et à l'IQC4.0 de réajuster leur stratégie en fonction de la maturité des donneurs d'ouvrages. Finalement, l'arrimage entre le diagnostic et la feuille de route gouvernementale demeure très faible. Pourtant, les donneurs d'ouvrages partagent de nombreuses similarités dans les enjeux qu'ils rencontrent qui pourraient être adressés par les comités autour de la feuille de route gouvernementale.

Des efforts sont faits au niveau gouvernemental pour répondre à ce dernier point. La feuille de route gouvernementale est mise-à-jour annuellement, cela permet de l'ajuster en fonction du contexte des donneurs d'ouvrages au Québec. De plus, certaines organisations sont invitées à faire partie de la feuille de route. Pour finir, un site internet est en construction pour répondre à cet enjeu.

CONCLUSION

Au cours de cette recherche, le cadre d'adoption du BIM de Kassem & Ahmed (2022) ainsi que des outils présentés par Succar et al. (2013) ont été développés. Au Québec, deux initiatives majeures sont inspirées par ce cadre, la feuille de route gouvernementale et l'IQC4.0. Cette dernière est le fer de lance du déploiement du BIM en multi-échelle. On s'est intéressé plus particulièrement au volet de l'IQC4.0 concernant les donneurs d'ouvrages qui sont les mieux placés pour induire la numérisation de l'industrie de la construction de par leur poids dans la commande des ouvrages. Les outils de l'IQC4.0 viennent soit directement ou sont inspirés du cadre et des outils développés par Kassem, Ahmed et Succar. La recherche a permis de constater la pertinence du cadre dans une stratégie multi échelle qui permet de mettre en relation les niveaux d'adoption du BIM sans non plus créer une réelle synergie entre eux. Cependant, le BIM est une des innovations de la construction pouvant contenir des données mais dans le contexte de la gestion des actifs où il y a plusieurs outils numériques (hors BIM) contenant de l'information, c'est un peu réducteur de centrer toute la numérisation sur les usages BIM. Aussi l'instanciation dans l'IQC4.0 pour les donneurs d'ouvrage présente quelques lacunes importantes qui risquent d'en réduire considérablement la portée. Leur environnement informationnel est complexe, avec de nombreuses plateformes plus ou moins interopérables. La séparation fréquente des projets avec la gestion immobilière pose de nombreux défis dans la numérisation de la gestion des actifs. Celle-ci dispose de moins de ressources et ces dernières ne sont pas familières avec le concept du BIM. Sans une aide supplémentaire, il devient très compliqué d'appréhender les outils et les résultats de l'IQC4.0 comme le montre le cas de l'entreprise en événementiel. Ainsi, cette initiative pour les donneurs d'ouvrages (i.e. niveaux micro et meso) n'est pas suffisante pour permettre de se préparer à suivre la feuille de route gouvernementale (i.e. niveau macro). Un accompagnement est donc essentiel suite au diagnostic pour assurer le succès de l'appropriation de la feuille de route et des outils du diagnostic IQC4.0.

Le modèle de Kassem & Ahmed (2022) s'applique au diagnostic IQC4.0 pour les donneurs d'ouvrages (micro et meso) qui a été créé en réponse d'une volonté gouvernementale d'adoption du BIM. Celle-ci a été confirmée par la création et la publication d'une feuille de route gouvernementale au niveau du Québec. Ce modèle ne permet pas de comprendre l'influence des initiatives micro sur le niveau macro, il présente seulement les effets des actions effectués par des intervenants du niveau macro sur le niveau micro. Ainsi, il n'est pas réellement applicable à une stratégie multi-échelle où tous les niveaux d'adoption du BIM ont un impact entre eux.

Cette recherche contribue sur plusieurs points :

- La validation empirique du cadre de Kassem & Ahmed (2022) : ce cadre présente des outils pertinents pour comprendre les actions entreprises au niveau gouvernementale mais il présente des faiblesses pour représenter des stratégies multi-échelles. En effet, ce cadre présente une rupture entre les niveaux micro et macro d'adoption du BIM et prend en compte le principe d'amélioration continue.
- Une évolution de la cartographie du cadre de Kassem & Ahmed (2022) : pour visualiser les liens de causalité multi-échelle. Elle a servi à montrer la synergie de différentes initiatives québécoises d'adoption du BIM. Les facteurs d'adoption du BIM du cadre initial servent de point de départ pour connaître les niveaux qui sont impliqués et avec quelles initiatives.
- Une analyse critique du diagnostic IQC4.0 : cette initiative est un bon brise-glace pour comprendre les avantages du BIM dans une organisation en gardant en tête les enjeux que cela représente d'essayer de l'adopter. Néanmoins, les outils utilisés sont compliqués et nécessitent un accompagnement complémentaire pour pouvoir les appliquer dans la démarche de numérisation.

Les limites de ces contributions sont :

- La feuille de route gouvernementale n'a pas été exploré en détail au cours de cette recherche : celle-ci est très complète et mériterait d'être analysée pour en trouver ses limitations ainsi que ses opportunités.
- Pour la nouvelle cartographie causale : elle se limite à des initiatives québécoises et ne prend pas en compte des initiatives d'autres régions du Canada ou d'autres pays. La relation entre certaines initiatives et les facteurs restent à prouver.
- Les recommandations pour l'IQC4.0 : on se limite à l'étude de deux donneurs d'ouvrage.
- Les facteurs d'adoption du BIM présentés par Kassem & Ahmed (2022) sont adaptés pour le niveau micro et leur formulation ne convient pas au niveau macro.

Il y a plusieurs pistes à creuser pour des recherches futures :

- Étudier la feuille de route gouvernementale : ses retombées au niveau macro et son alignement avec les diagnostics IQC4.0 des donneurs d'ouvrages publics.
- Refaire l'autodiagnostic une fois par année pour avoir une vue longitudinale et identifier le poids de chacun des facteurs sur l'évolution de la maturité des donneurs d'ouvrages publics.
- Faire un recensement auprès des donneurs d'ouvrage publics qui ont participé au diagnostic pour connaître les impacts de celui-ci sur leur démarche de numérisation et ainsi affiner le diagnostic IQC4.0.
- Étudier en profondeur toutes les initiatives d'adoption du BIM ayant un impact sur le secteur québécois de la construction pour les lier aux facteurs d'adoption d'Ahmed & Kassem (2022).
- Reprendre et reformuler les facteurs d'adoption du BIM de Kassem & Ahmed (2022) pour qu'ils correspondent aussi bien aux niveaux macro et meso qu'au niveau micro.

RECOMMANDATIONS

Pour le déroulement du diagnostic IQC4.0 :

D'après les retours que j'ai eus, notamment par le donneur d'ouvrage en événementiel, il semble que les ateliers de l'IQC4.0 devrait se dérouler en présentiel pour les parties plus techniques correspondant à la création des processus et à l'utilisation des usages BIM.

Il faudrait rendre l'utilisation des outils, tel que les usages BIM et la matrice de compétence de Succar, plus simple à utiliser et à comprendre par les donneurs d'ouvrages. Ces outils pourraient être simplifiés pour être compris par tout le monde ou présentés lors d'ateliers complémentaires regroupant les personnes qui vont réellement les utiliser par la suite.

Un volet formation et accompagnement est obligatoire pour pouvoir utiliser les résultats et les outils présentés. Et si ce n'est pas le cas, faire un atelier de retour un an plus tard semble un bon compromis car il permettrait de remettre à jour les objectifs que l'organisation s'est fixée.

Pour l'utilisation des usages et des compétences de manière plus stratégique :

Il serait intéressant de terminer l'outil qui fait le lien entre les usages et les compétences. Il serait un réel avantage pour l'industrie québécoise car il permettrait de former le personnel là où il y en a réellement besoin selon les usages à adopter. De plus, si une base de données commune au Québec voit le jour, elle permettrait de faire le lien entre les entreprises pour plus facilement juger le besoin dans une ressource ou dans une autre.

ANNEXE I

FEUILLE DE ROUTE GOUVERNEMENTALE

DONNEURS D'OUVRAGE PUBLICS	CIBLES EN FONCTION DES ANNÉES FINANCIÈRES GOUVERNEMENTALES (5 ANS)					
	2021-2022	2022-2023	2023-2024	2024-2025	2025-2026	
Société québécoise des infrastructures Québec	BÂTIMENTS Tous les projets > 50 M\$		Tous les projets > 5 M\$			NOMBRE DE PROJETS ET ENVERGURE INITIATIVES
Transports Québec	GÉNIE CIVIL ET VOIRIE, ET BÂTIMENTS		+ 1 projet envergure à déterminer			NOMBRE DE PROJETS ET ENVERGURE INITIATIVES

Figure A I-1 Exemples de cibles
Adaptée de la feuille de route gouvernementale du Québec (2023)

DONNEURS D'OUVRAGE PUBLICS	CIBLES EN FONCTION DES ANNÉES FINANCIÈRES GOUVERNEMENTALES (5 ANS)				
	2021-2022	2022-2023	2023-2024	2024-2025	2025-2026
Société québécoise des infrastructures Québec	Déploiement du BIM pour tous les projets de 50 M\$ et +		Déploiement du BIM pour tous les projets de 5 M\$ et +		
	Planification et exploration		Déploiement de la programmation	Déploiement de l'exploitation(7D) Déploiement de l'estimation (5D) et de la planification (4D)	Développement durable (6D)
	Déploiement de la conception intégrée (PCI) pour tous les projets de 5 M\$ et +				
Transports Québec	Identification des critères de sélection des projets en BIM-PCI	Analyse et sélection de projets	Conception de projets	Plans et devis de projets	Construction de projets
	Stratégie de mise en œuvre BIM-PCI		Mise en œuvre BIM-PCI		

Figure A I-2 Exemples de cibles détaillées

Adaptée de la feuille de route gouvernementale du Québec (2023)

NIVEAU D'IMPLICATION	ACTIVITÉS EN FONCTION DES ANNÉES FINANCIÈRES GOUVERNEMENTALES (5 ANS)					RÉSULTATS VISÉS
	2021-2022	2022-2023	2023-2024	2024-2025	2025-2026	
 Pilotage et coordination	1.1	<input type="radio"/>	Cibler et habiliter les responsables et les champions de la mise en œuvre du BIM tout en dégageant les ressources nécessaires pour la coordination et le développement des activités de la Feuille de route			Une Feuille de route et un plan d'action bien entrepris, encadrés et rigoureusement suivis.
	1.2	<input checked="" type="radio"/>	Former des partenariats stratégiques avec les acteurs des milieux académiques, industriels et gouvernementaux (locaux, nationaux et internationaux)			
	1.3	<input type="radio"/>	Établir les paramètres et les mécanismes pour la mesure et le suivi de la performance, de la capacité et de la maturité organisationnelle et permettre l'étalonnage			

Figure A I-3 Exemple d'axe

Adaptée de la feuille de route gouvernementale du Québec (2023)

2022-2023		IMPLICATION	AVRIL 2022	JUILLET 2022	OCTOBRE 2022	JANVIER 2023	MARS 2023
 Pilotage et coordination	1.1		1.1.1 Nommer et habiliter les responsables et les champions au sein de chaque donneur d'ouvrage public				
			1.2.1 Identifier les partenaires et mettre en place le réseau				
	1.2	GT3	1.2.2 Formaliser les partenariats avec les établissements académiques				
			1.2.3 Mobiliser et soutenir le réseau				
	1.3		1.3.1 Identifier les indicateurs de performance				
			1.3.2 Effectuer l'implantation et le suivi des indicateurs de performance sur des projets pilotes				

Figure A I-4 Exemples d'activités pour un axe

Adaptée de la feuille de route gouvernementale du Québec (2023)

ANNEXE II

VISION DES GROUPES DE L'UNIVERSITÉ PENDANT LE DIAGNOSTIC IQC4.0

- La transition vers le numérique s'inscrit dans l'objectif stratégique de gouvernance TI pour une architecture TI d'entreprise axée sur la valorisation de la donnée par l'autonomie d'accès, d'utilisation ou de mise à jour par le personnel de [l'université], sa clientèle et ses partenaires.
- Avec l'adoption du BIM et l'engagement envers la feuille de route du gouvernement du Québec, [l'université] entend devenir, avec la réception du complexe Dow, un modèle dans la gouvernance numérique de son parc immobilier autant au niveau industriel qu'académique.

ANNEXE III

ÉTAPES DE DÉPLOIEMENT D'UN USAGE

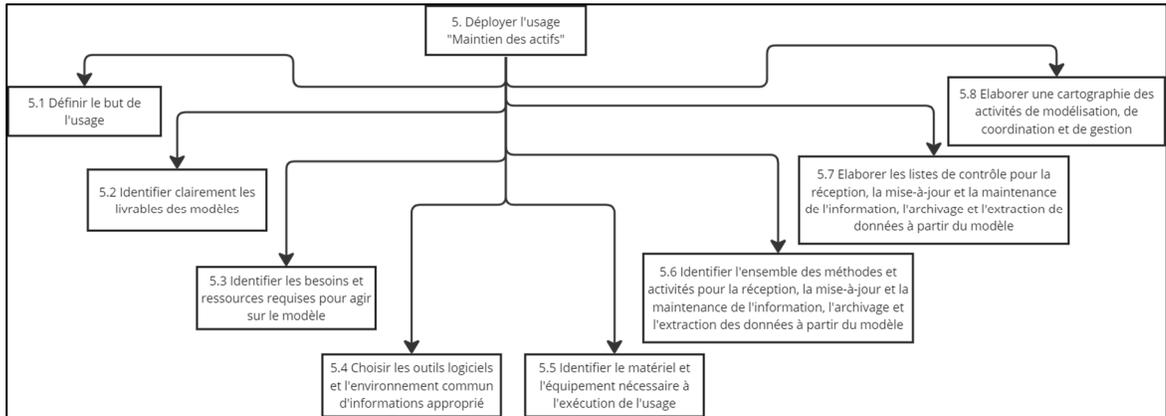


Figure A III-1 Étapes de déploiement d'un usage

ANNEXE IV

ENJEUX DE L'UNIVERSITÉ D'APRÈS LE DIAGNOSTIC IQC4.0

Enjeux organisationnels :

1. Impact sur l'organisation, gestion de changement
2. Acceptabilité sociale du changement
3. Ajouter du monde risque de créer du stress sur les ressources actuelles
4. Approche de la STI de solutions cas par cas et manque de compréhension du domaine d'affaire

Enjeux technologiques :

1. Environnement technologique fragmenté et non interopérable
2. Interopérabilité avec outils des fournisseurs

Enjeux procéduraux :

1. Séparation gestion de projets et gestion des actifs
2. Efforts requis pour le changement vs disponibilité des ressources
3. Limitation des honoraires BIM accordés aux intervenants extérieurs
4. Règles d'approvisionnement pour acquérir des logiciels et équipement
5. Rigidité du cadre de gestion de la SQI

Enjeux processus/technologie :

1. Entrées de données manuelles
2. Compatibilité entre plateforme corporative (M-Files) et gestion des actifs

Enjeux organisation/processus :

1. Transversalité et standardisation des processus à travers l'organisation
2. Amélioration efficacité des équipes notamment pour la reddition de compte

3. Meilleure planification basée sur la donnée
4. Nécessité d'outils pour gérer la croissance du parc immobilier

Enjeux organisation/technologie :

1. Sécurité informatique
2. Fiabilité des systèmes ou des données
3. Traçabilité

ANNEXE V

QUESTIONS DU SONDAGE SUR LES ACTIVITÉS SANS VALEUR AJOUTÉE

Description :

Si vous avez reçu ce formulaire c'est que vous travaillez pour le SGAI, le Bureau de Projet ou le BGPI à l'université.

Ce formulaire a pour objectifs d'identifier vos principales tâches et de voir lesquelles pourraient être automatisées afin de réduire votre charge de travail et d'évaluer les bénéfices potentiels de ces automatisations.

Le sondage prendra d'environ 10 minutes, merci de votre participation.

Questions :

1. Quel est votre rôle ?
2. En quoi consiste votre tâche principale
3. Combien d'heures par semaine pensez-vous consacrer à cette tâche en moyenne ?
4. Combien d'heures par semaine pensez-vous consacrer à chercher, vérifier ou mettre à jour de l'information relative à cette tâche ?
5. Combien d'heures par semaine pensez-vous consacrer à effectuer une tâche répétitive pour cette tâche ? Par exemple remplir des formulaires ou des chiffriers Excels ?
6. Tentez d'identifier à l'intérieur de cette tâche qu'est-ce qui vous demande le plus de temps et gagnerait à être automatisé (i.e : reddition de compte, remplir des chiffriers Excel ou autre.)
7. En quoi consiste votre deuxième tâche principale ?

8. Combien d'heures par semaine pensez-vous consacrer à cette tâche en moyenne ?
9. Combien d'heures par semaine pensez-vous consacrer à chercher, vérifier ou mettre à jour de l'information relative à cette tâche ?
10. Combien d'heures par semaine pensez-vous consacrer à effectuer une tâche répétitive pour cette tâche ? Par exemple remplir des formulaires ou des chiffriers Excels ?
11. Tentez d'identifier à l'intérieur de cette tâche qu'est-ce qui vous demande le plus de temps et gagnerait à être automatisé (i.e : reddition de compte, remplir des chiffriers Excel ou autre.)
12. En quoi consiste votre troisième tâche principale ? Combien d'heures par semaine pensez-vous consacrer à cette tâche en moyenne ?
13. Combien d'heures par semaine pensez-vous consacrer à chercher, vérifier ou mettre à jour de l'information relative à cette tâche ?
14. Combien d'heures par semaine pensez-vous consacrer à effectuer une tâche répétitive pour cette tâche ? Par exemple remplir des formulaires ou des chiffriers Excels ?
15. Tentez d'identifier à l'intérieur de cette tâche qu'est-ce qui vous demande le plus de temps et gagnerait à être automatisé (i.e : reddition de compte, remplir des chiffriers Excel ou autre.)
16. Avez-vous d'autres suggestions sur les façons de réduire le gaspillage (de ressources, de temps, etc.) ?
17. Avez-vous d'autres suggestions d'éléments à automatiser ?
18. Avez-vous des commentaires ou d'autres éléments à ajouter ?

ANNEXE VI

RÉSULTATS DU SONDAGE SUR LES ACTIVITÉS SANS VALEUR AJOUTÉE

Chiffres globaux

	1ère Tâche	2ème Tâche	3ème Tâche
Ratio recherche, vérification et mise-à-jour/temps consacré	38,6%	54,6%	68,5%
Ratio Actions répétitives/temps consacré	23,6%	34,2%	53,2%
Ratio Temps consacré à la tâche/temps global	70,5%	18,8%	13,2%

Les valeurs utilisées sont celles sans aberrations. Une valeur sans aberration correspond à une valeur inférieure à 100% ou un nombre d'heure inférieure à 45h.

Ratio Temps recherche, vérification et mise-à-jour/ temps global	41,8%	Environ 15h pour un 35h
Ratio Temps Actions répétitives/temps global	29,7%	Environ 10h pour un 35h

Les valeurs supérieures à 100% ont été retirées pour éviter d'avoir des aberrations.

Figure A VI-1 Résultats du sondage : Chiffres globaux

Chiffres Administratifs		<i>9 dans la catégorie</i>	
	1ère Tâche	2ème Tâche	3ème Tâche
Ratio recherche, vérification et mise-à-jour/temps consacré	51,2%	37,2%	67,9%
Ratio Actions répétitives/temps consacré	24,4%	35,3%	53,1%
Ratio Temps consacré à la tâche/temps global	62,0%	20,6%	17,3%

Les valeurs utilisées sont celles sans aberrations. Une valeur sans aberration correspond à une valeur inférieure à 100% ou un nombre d'heure inférieure à 45h.

Ratio Temps recherche, vérification et mise-à-jour/ temps global	36,4%	Environ 13h pour un 35h
Ratio Temps Actions répétitives/temps global	28,84%	Environ 10h pour un 35h

Les valeurs supérieures à 100% ont été retirées pour éviter d'avoir des

Figure A VI-2 Résultats du sondage : Chiffres administratifs

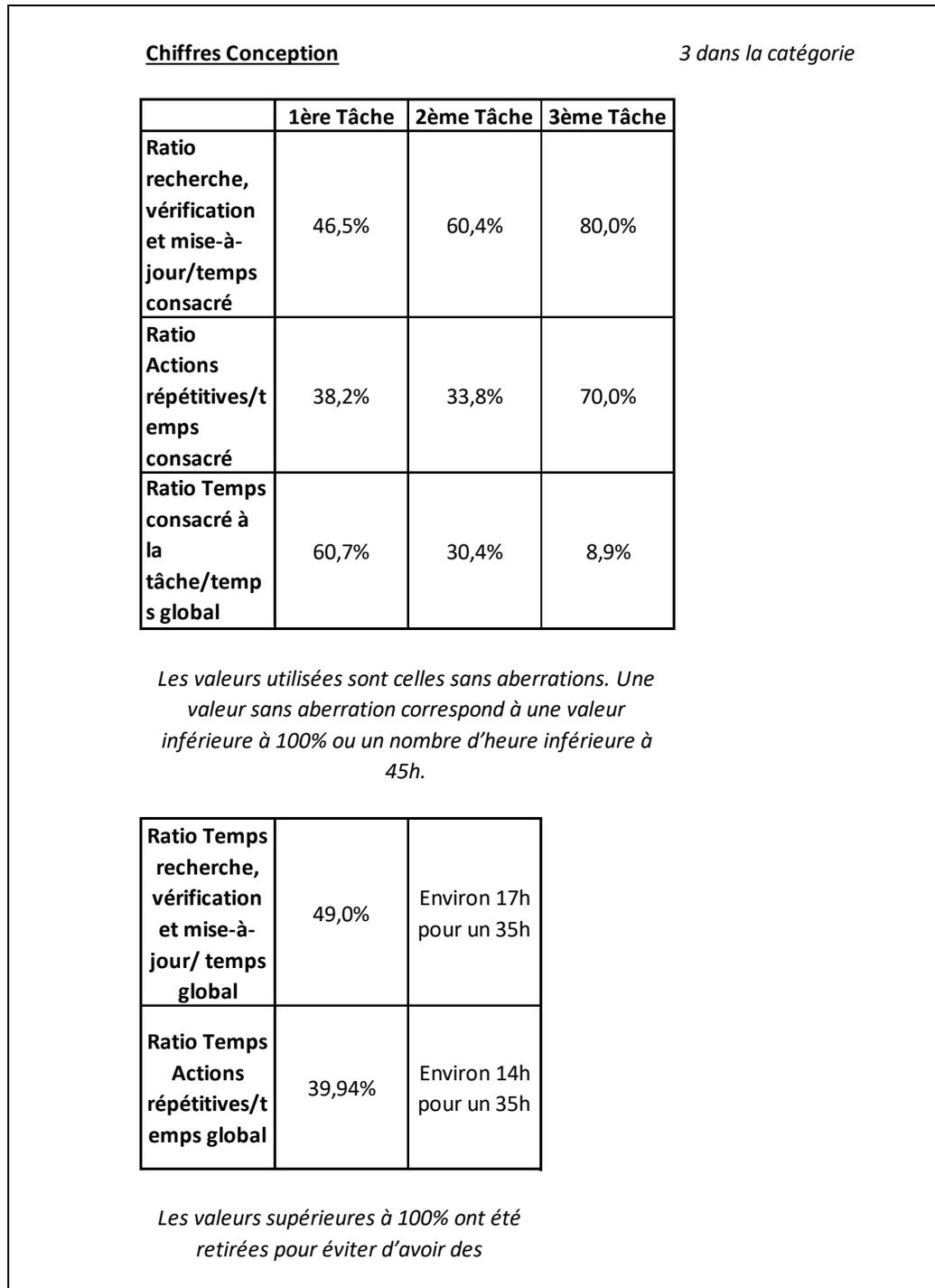


Figure A VI-3 Résultats du sondage : Chiffres conception

Chiffres Gestion de projet*6 dans la catégorie*

	1ère Tâche	2ème Tâche	3ème Tâche
Ratio recherche, vérification et mise-à-jour/temps consacré	30,3%	55,3%	46,7%
Ratio Actions répétitives/temps consacré	21,9%	28,7%	36,7%
Ratio Temps consacré à la tâche/temps global	66,3%	21,8%	11,9%

Les valeurs utilisées sont celles sans aberrations. Une valeur sans aberration correspond à une valeur inférieure à 100% ou un nombre d'heure inférieure à 45h.

Ratio Temps recherche, vérification et mise-à-jour/ temps global	34,1%	Environ 12h pour un 35h
Ratio Temps Actions répétitives/temps global	25,75%	Environ 9h pour un 35h

Les valeurs supérieures à 100% ont été retirées pour éviter d'avoir des

Figure A VI-4 Résultats du sondage : Chiffres gestion de projet

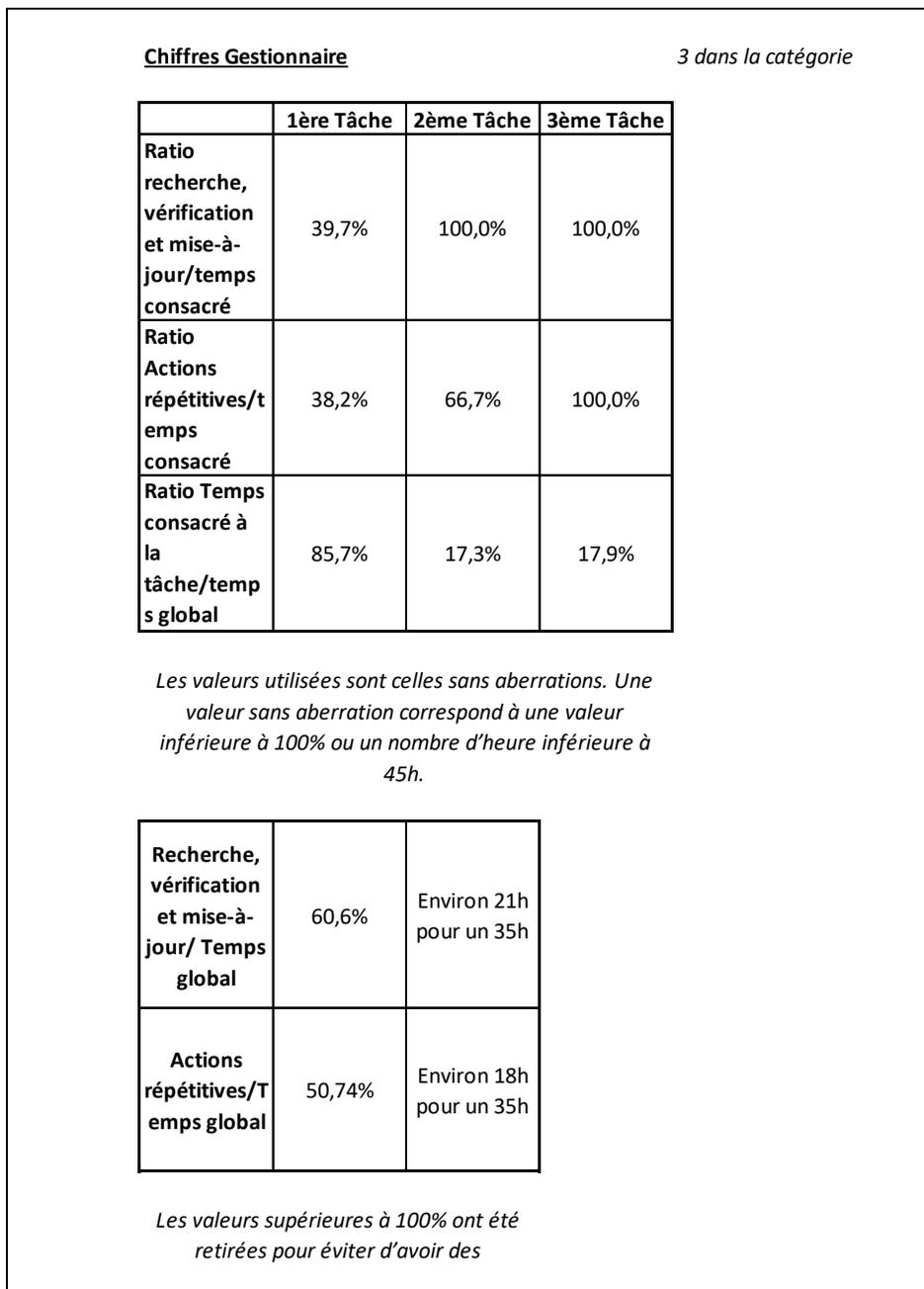


Figure A VI-5 Résultats du sondage : Chiffres gestionnaire

Chiffres Corps de métiers*5 dans la catégorie*

	1ère Tâche	2ème Tâche	3ème Tâche
Ratio recherche, vérification et mise-à-jour/temps consacré	18,6%	52,2%	60,0%
Ratio Actions répétitives/temps consacré	7,0%	12,5%	15,0%
Ratio Temps consacré à la tâche/temps global	87,4%	17,7%	9,6%

Les valeurs utilisées sont celles sans aberrations. Une valeur sans aberration correspond à une valeur inférieure à 100% ou un nombre d'heure inférieure à 45h.

Ratio Temps recherche, vérification et mise-à-jour/ temps global	28,5%	Environ 10h pour un 35h
Ratio Temps Actions répétitives/temps global	11,36%	Environ 4h pour un 35h

Les valeurs supérieures à 100% ont été retirées pour éviter d'avoir des

Figure A VI-6 Résultats du sondage : Chiffres corps de métiers

ANNEXE VII

CAS D'USAGE : MISE À JOUR DES PLANS

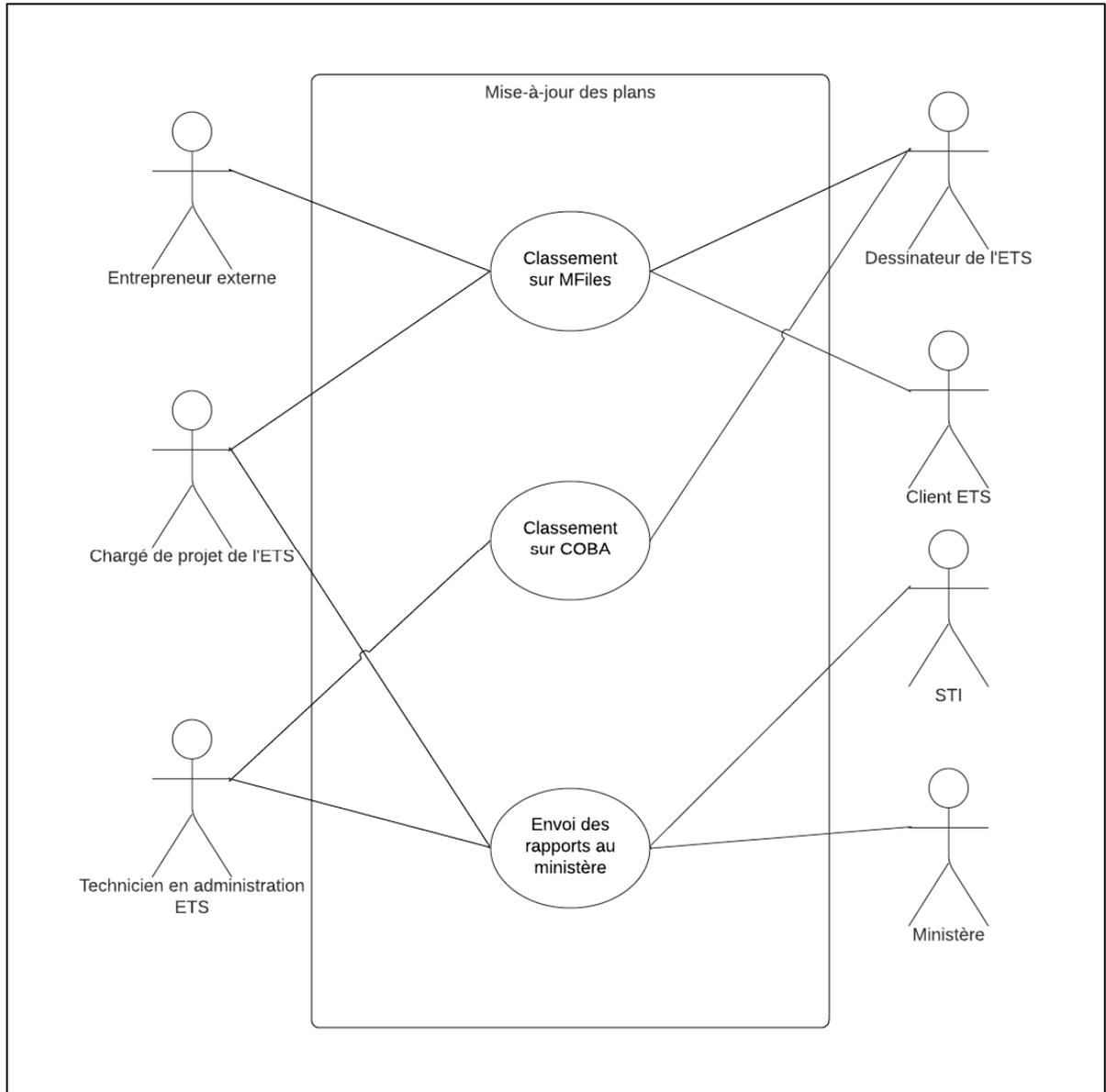


Figure A VII-1 Cas d'usage – Mise-à-jour des plans

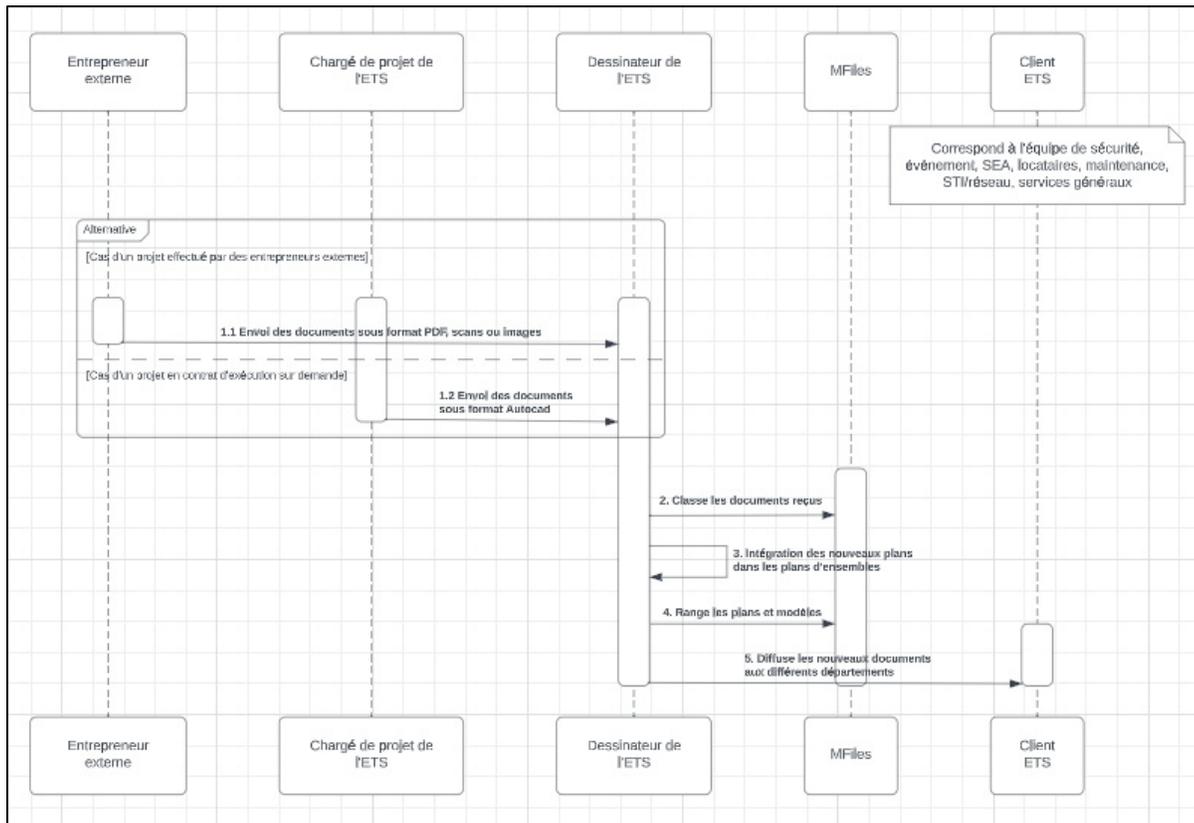


Figure A VII-2 Diagramme de scénario : Classement sur MFiles

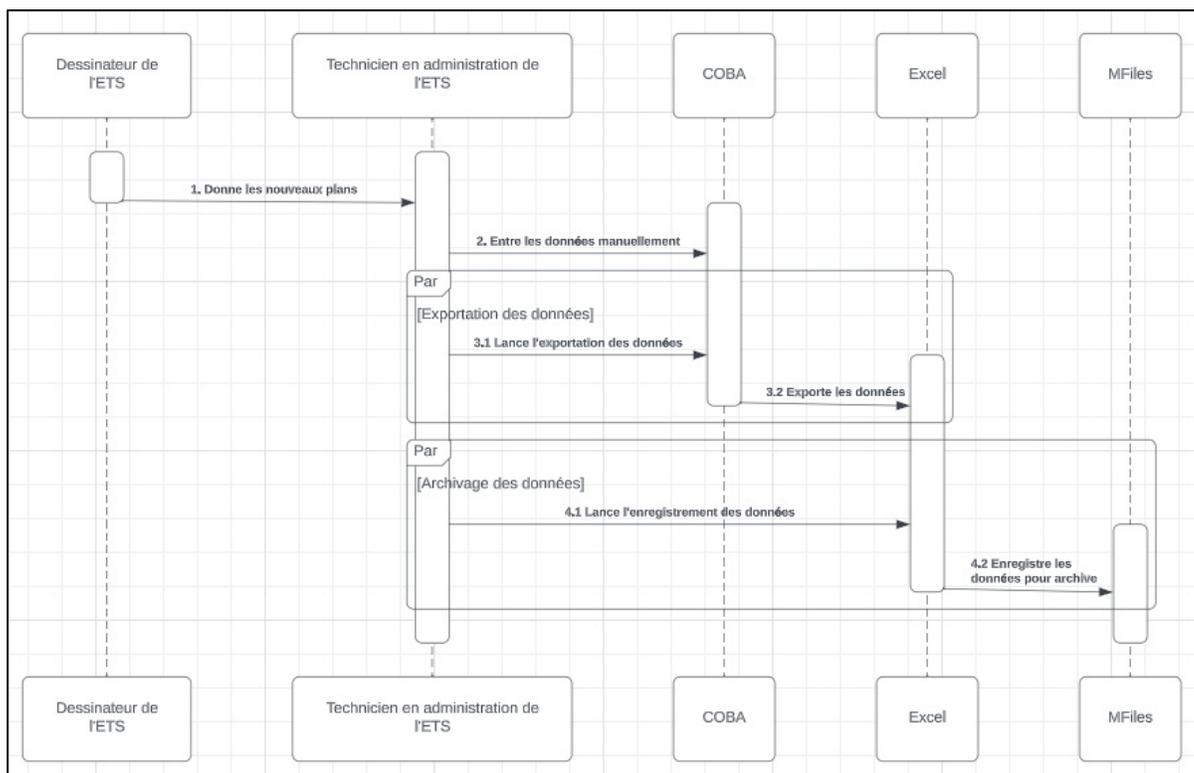


Figure A VII-3 Diagramme de scénario : Classement sur COBA

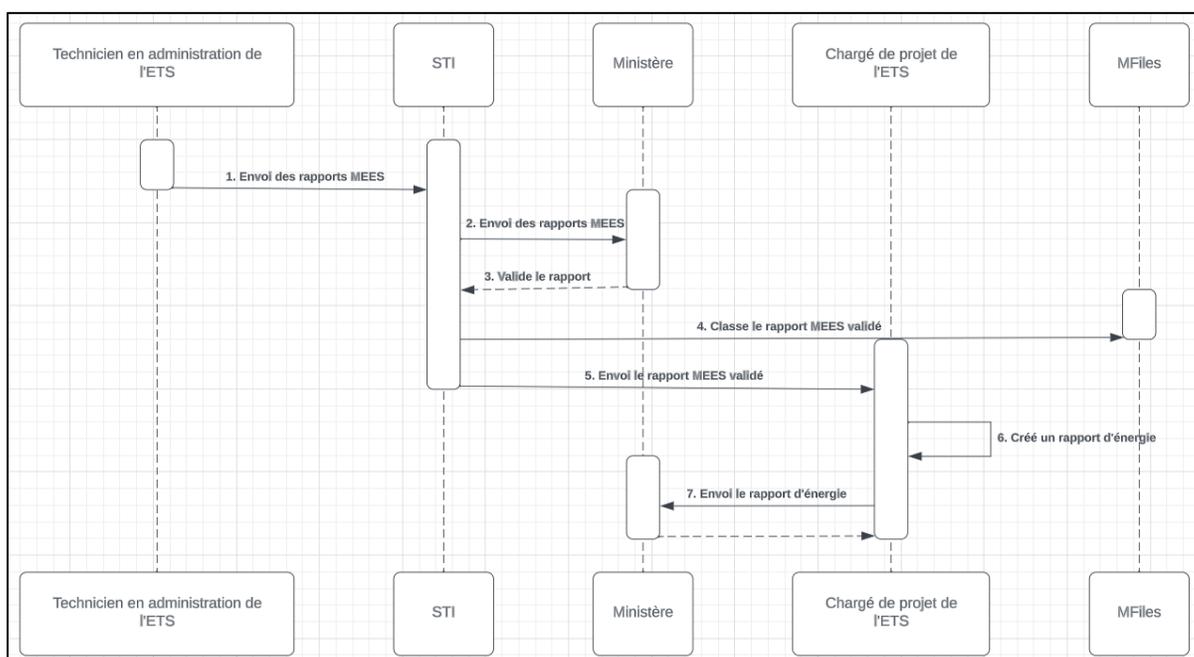


Figure A VII-4 Diagramme de scénario : Envoi des rapports au ministère

ANNEXE VIII

CAS D'USAGE : LES PROJETS DE RÉAMÉNAGEMENTS

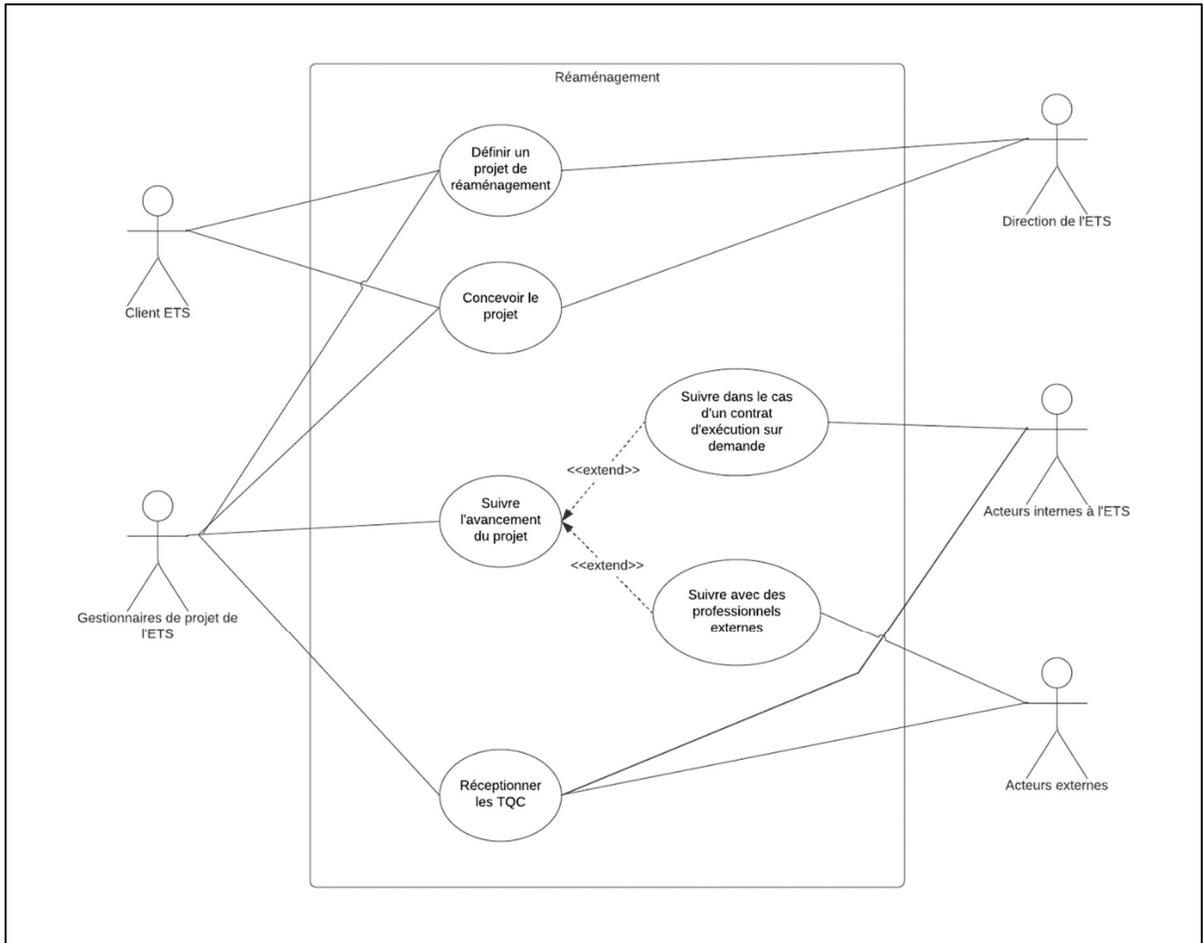


Figure A VIII-1 Cas d'usage : Les projets de réaménagements

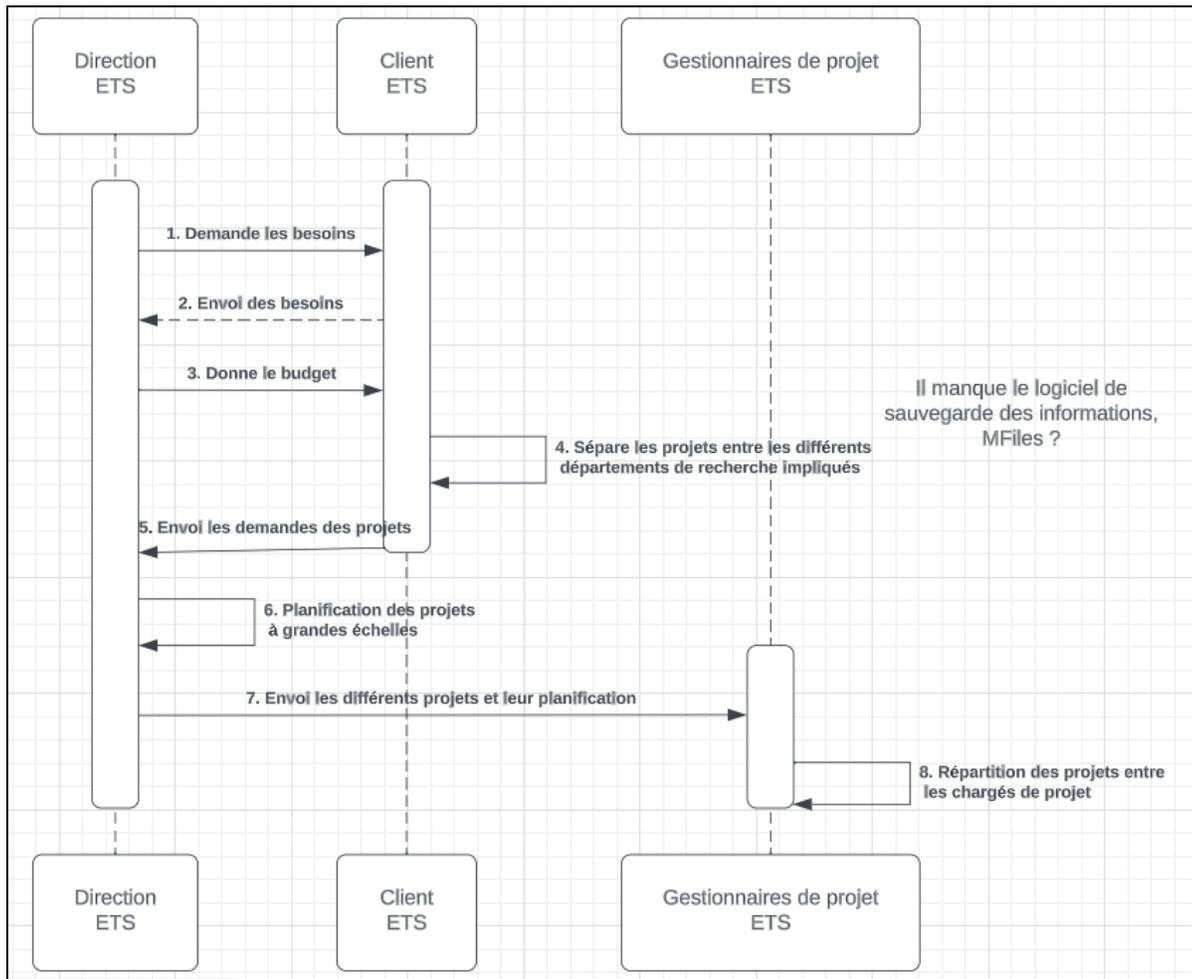


Figure A VIII-2 Diagramme de scénario : Définir un projet de réaménagement

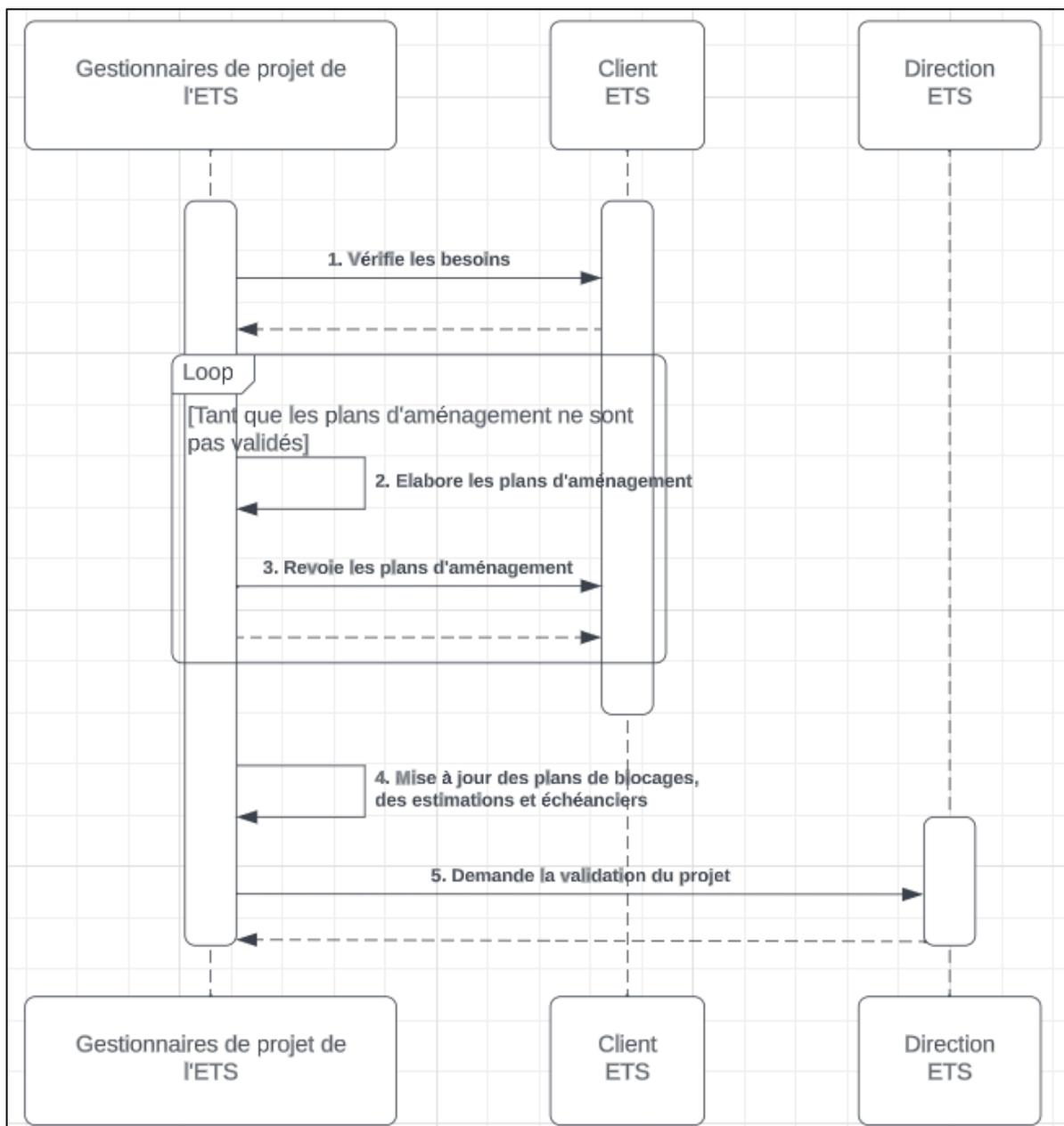


Figure A VIII-3 Diagramme de scénario : Concevoir le projet

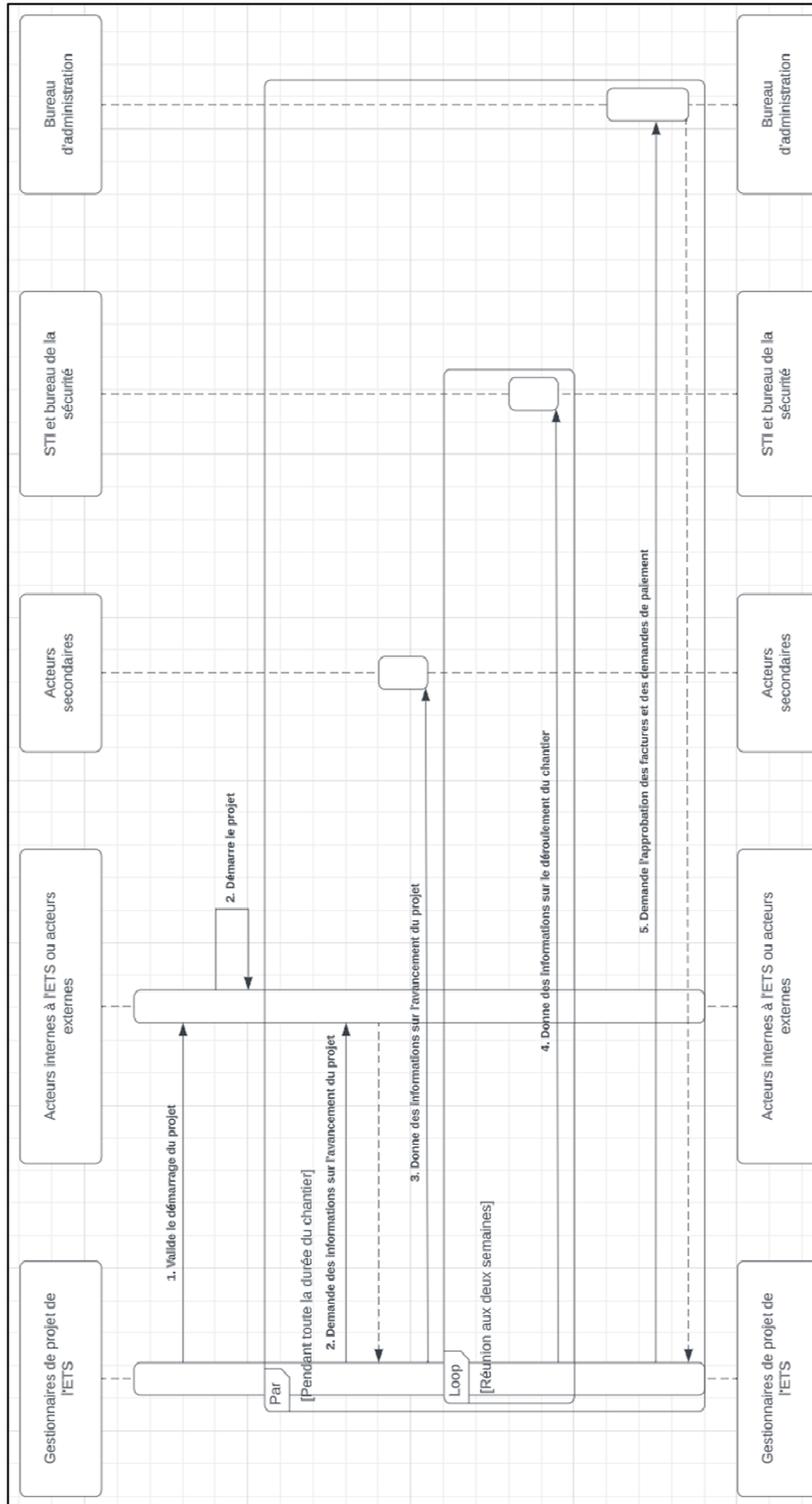


Figure A VIII-4 Diagramme de scénario :
Suivre l'avancement du projet

ANNEXE IX

CAS D'USAGE : LA CRÉATION D'UN BON DE TRAVAIL

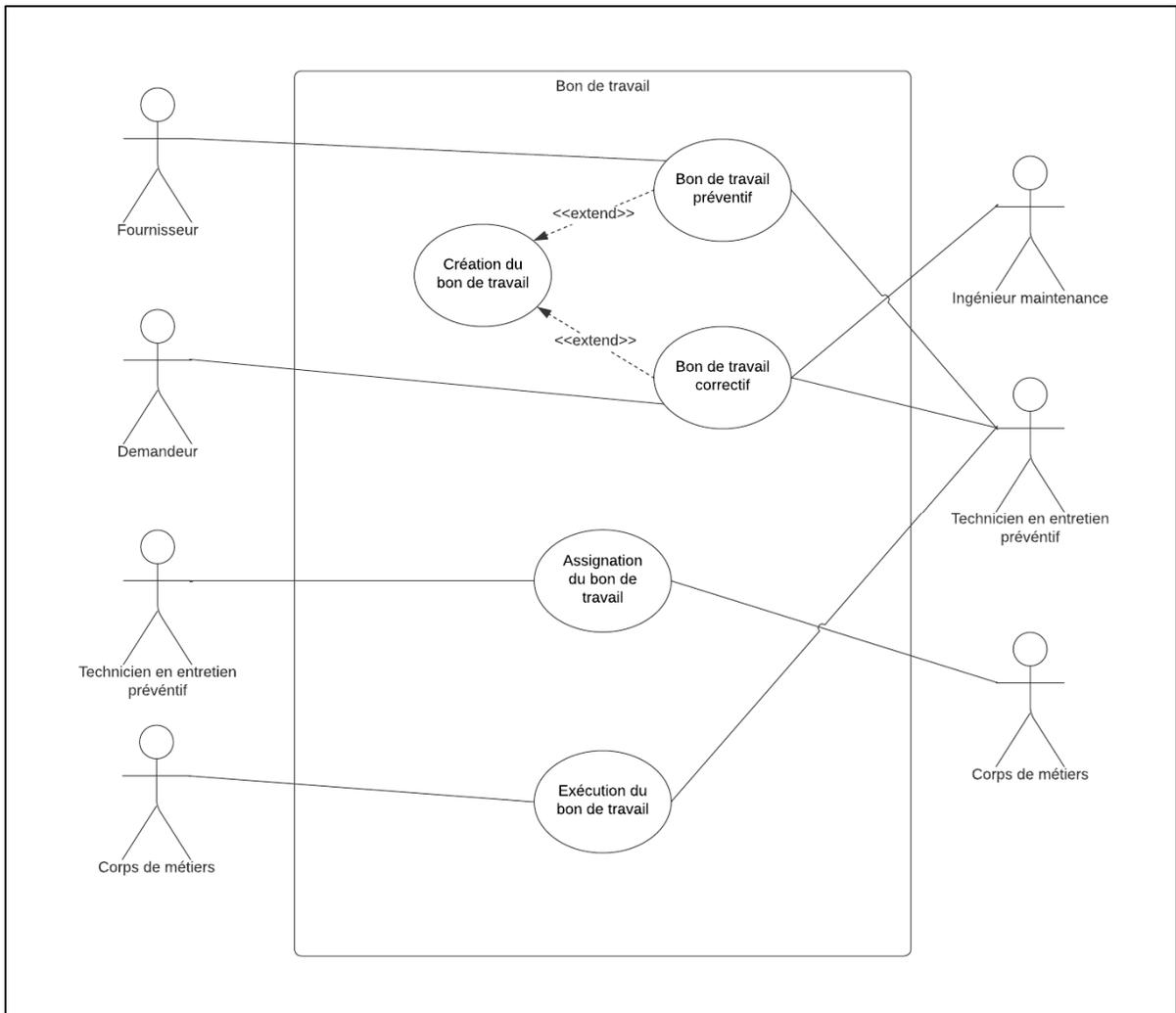


Figure A IX-1 Cas d'usage : La création d'un bon de travail

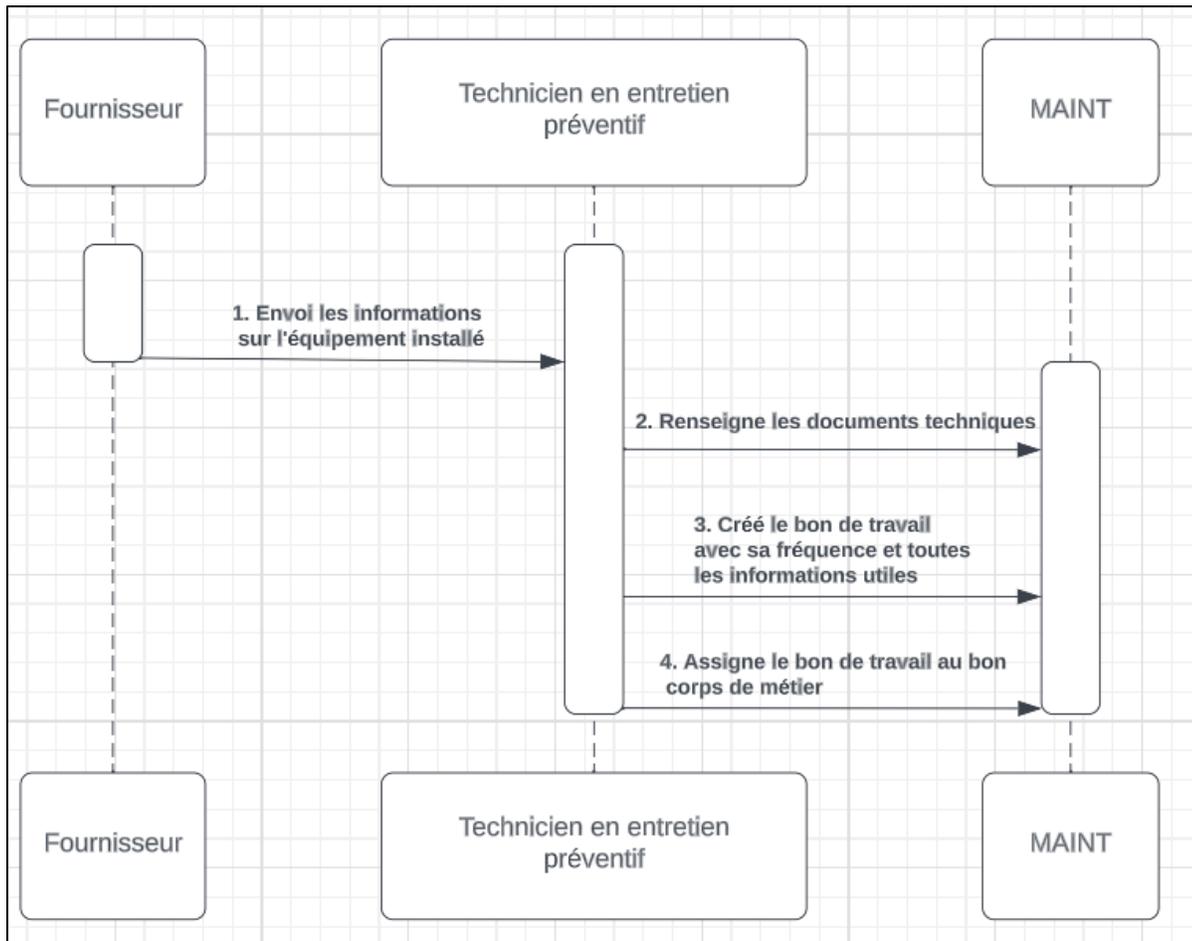


Figure A IX-2 Diagramme de scénario : Bon de travail préventif

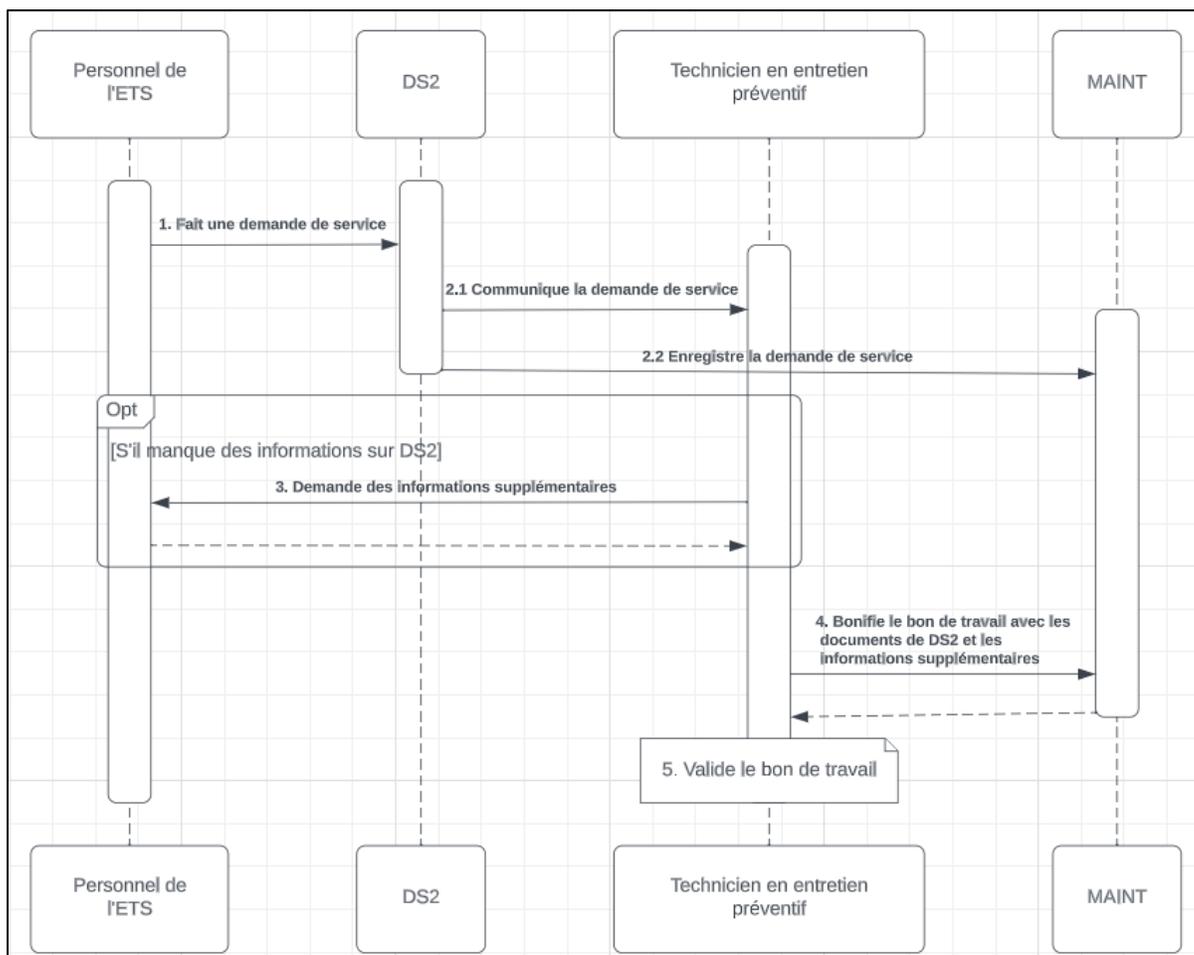


Figure A IX-3 Diagramme de scénario : Bon de travail correctif

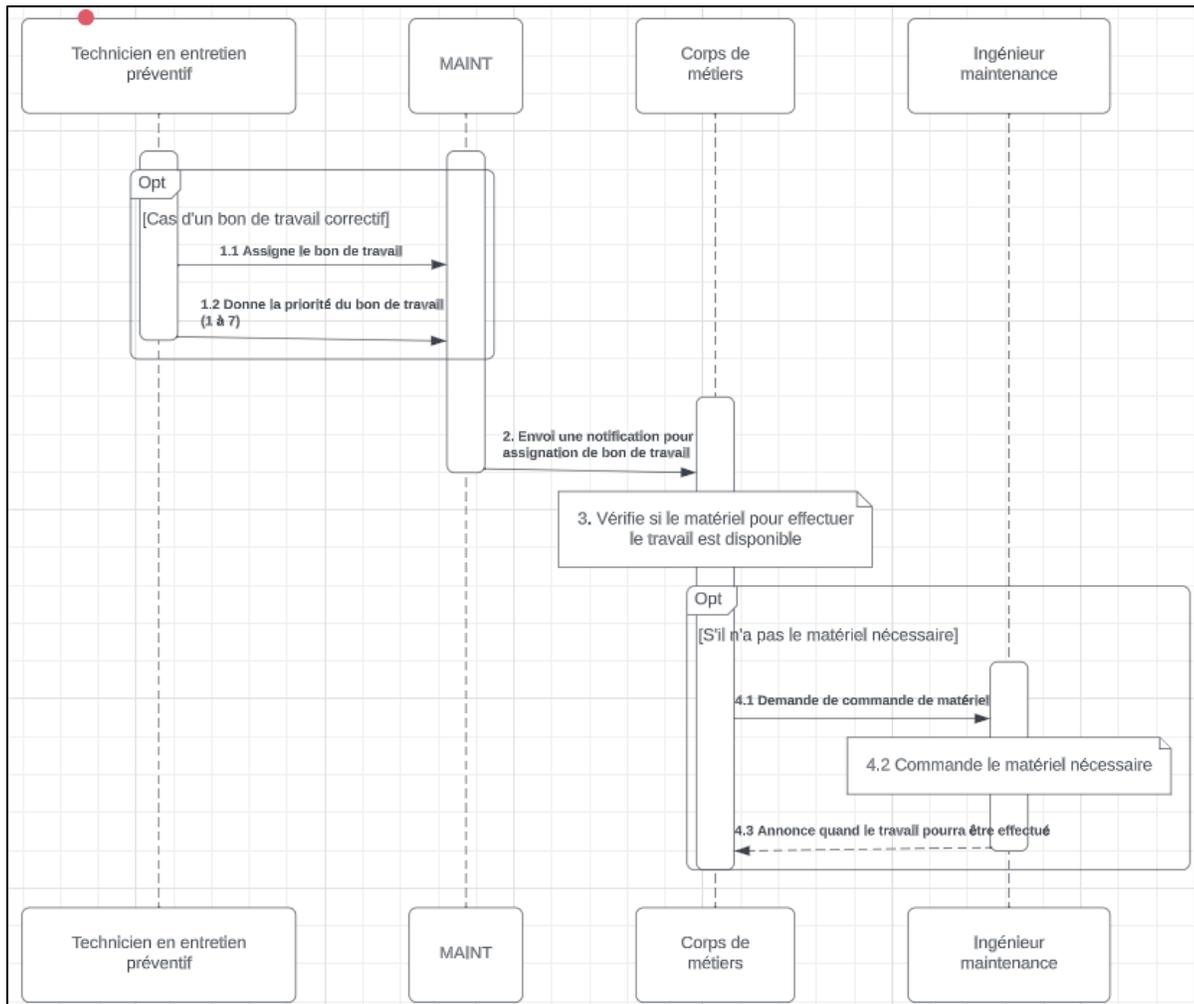


Figure A IX-4 Diagramme de scénario : Assignment du bon de travail

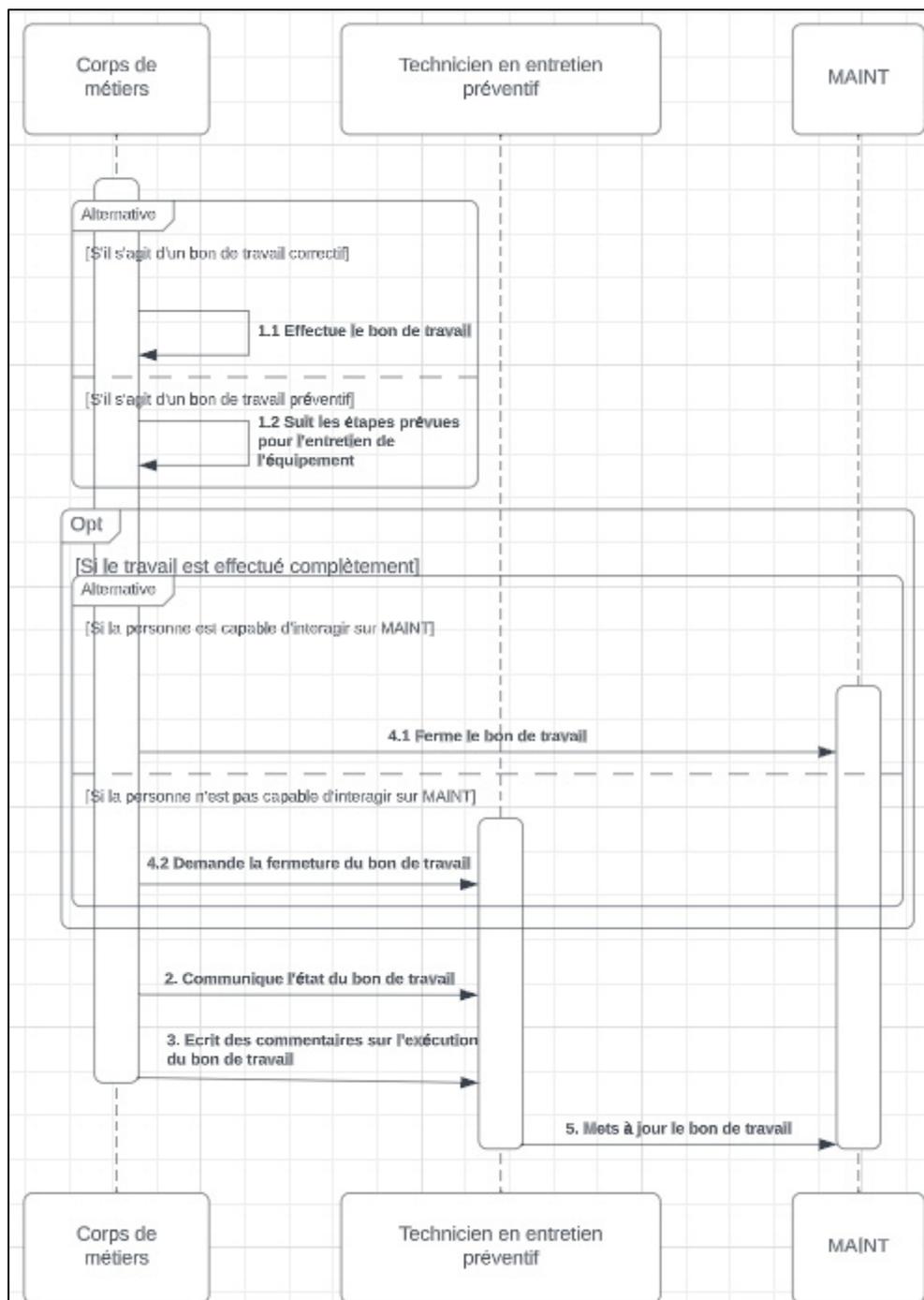


Figure A IX-5 Diagramme de scénario : Exécution du bon de travail

ANNEXE X

CAS D'USAGE : L'EXÉCUTION D'UN BON DE TRAVAIL

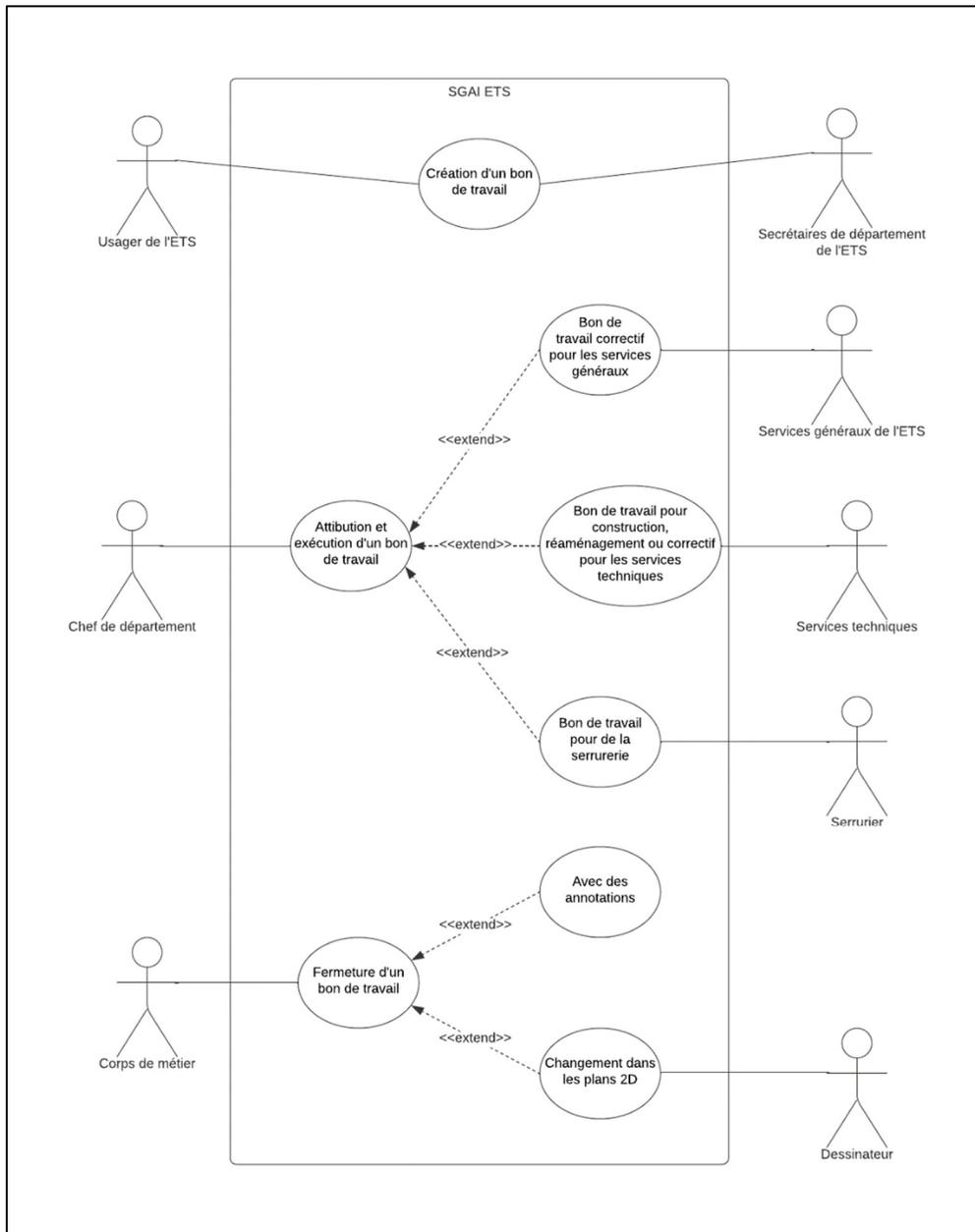


Figure A X-1 Cas d'usage : L'exécution d'un bon de travail

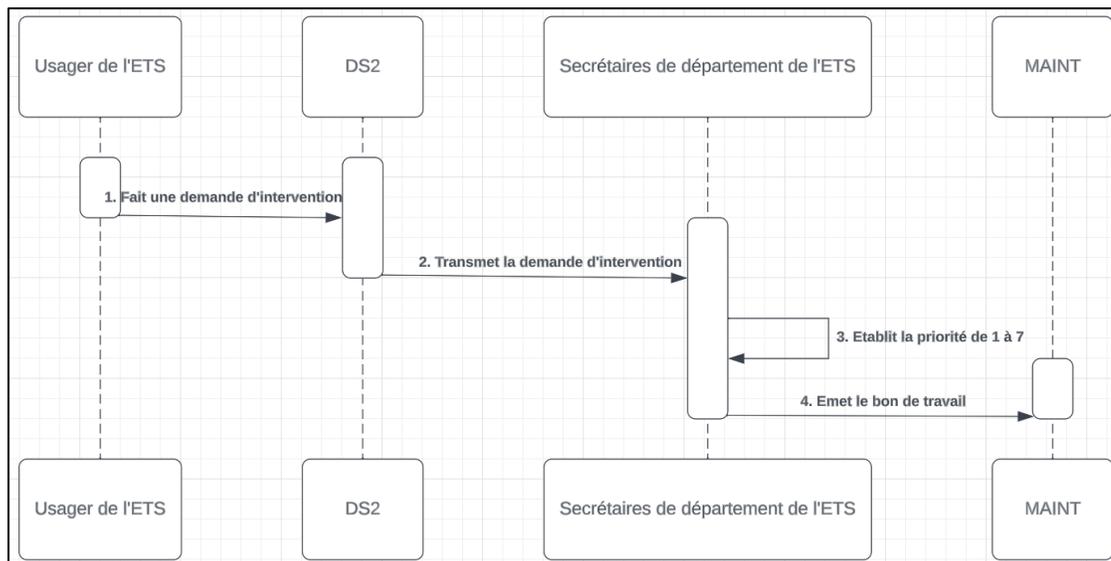


Figure A X-2 Diagramme de scénario : Création d'un bon de travail

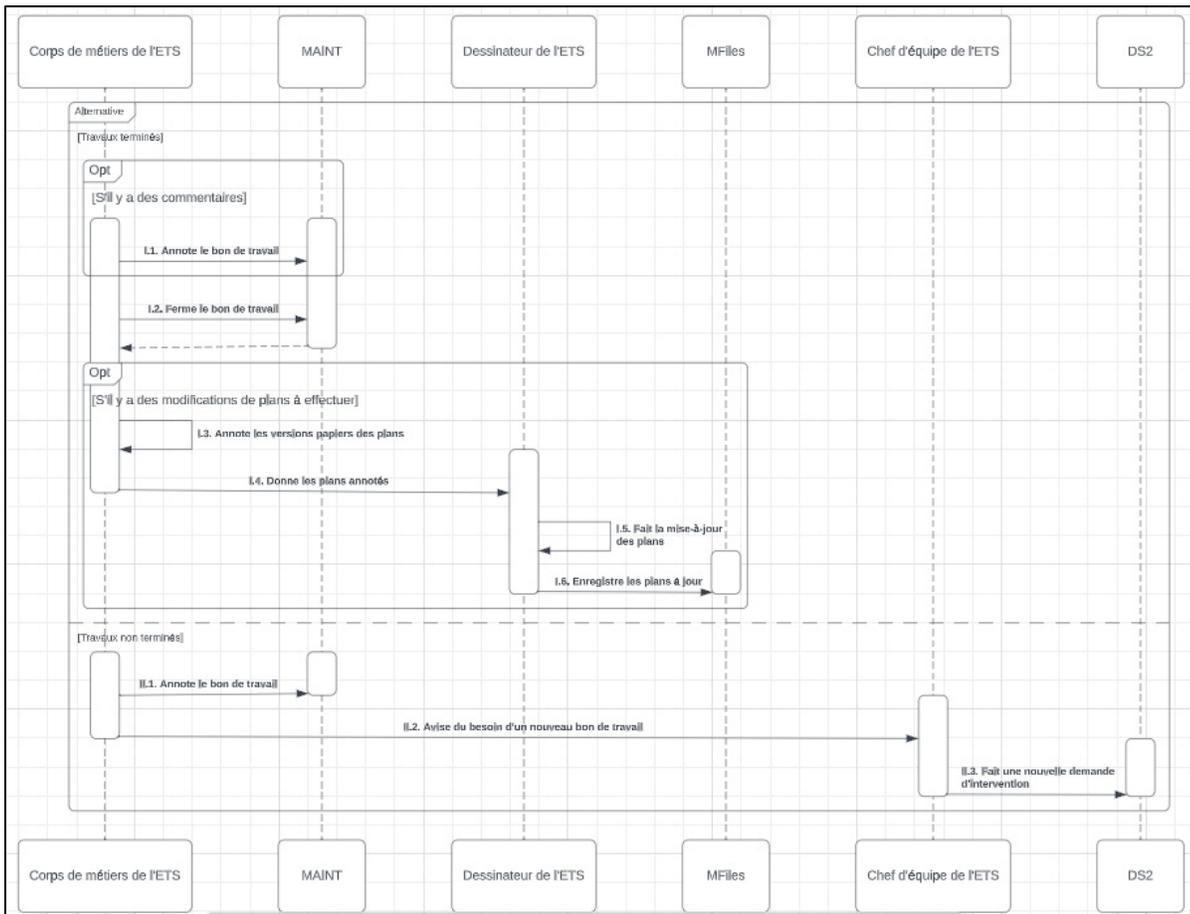


Figure A X-3 Diagramme de scénario : Fermeture d'un bon de travail

ANNEXE XI

**ACTIONS PERMETTANT D'INFLUENCER DES FACTEURS D'ADOPTION DU
BIM. ADAPTÉ DE KASSEM & AHMED, 2022.**

Tableau A XI-1 Actions de Kassem & Ahmed (2022)

	Actions	Type d'action	Acteur principal	Acteur secondaire	Facteurs d'adoption du BIM affecté
A01	Mettre en place et financer un moteur de marché (par exemple un groupe de travail dédié et financé) pour coordonner les efforts en matière d'implémentation du BIM et pour promouvoir son adoption.	Macro	Décideurs politiques (PG2)	Associations industrielles (PG9); Conseiller en technologie (PG3); Institutions d'enseignement (PG1); Organisations du secteur de la construction (PG8)	Comportement de communication (F2); Pression coercives (F10)
A02	Inciter à l'adoption par des remises ou des crédits d'impôt et d'autres mesures d'incitation.	Macro	Décideurs politiques (PG2)	Organisations du secteur de la construction (PG8); Associations industrielles (PG9)	Volonté d'adoption (F1); Support des hauts gestionnaires (F8); Avantages relatifs (F6)
A03	Élaborer des modèles normalisés (par exemple, des protocoles de processus, des spécifications de données de produits, etc.) afin d'accélérer la mise en œuvre et d'en réduire le coût.	Macro	Décideurs politiques (PG2); Associations industrielles (PG9); Organisations du secteur de la construction (PG8)	Institutions d'enseignement (PG1); Communautés de pratique (PG6)	Compatibilité (F4); Préparation de l'organisation (F9)

Tableau A XI-1 Actions de Kassem & Ahmed (2022) (suite)

	Actions	Type d'action	Acteur principal	Acteur secondaire	Facteurs d'adoption du BIM affecté
A04	Élaborer des mesures de performance et des indicateurs de référence pour soutenir l'amélioration continue.	Macro	Décideurs politiques (PG2); Institutions d'enseignement (PG1); Associations industrielles (PG9)	Conseiller en technologie (PG3); Organisations du secteur de la construction (PG8)	Observabilité des bénéfices (F3); Préparation de l'organisation (F9)
A05	Élaborer des normes et des orientations pour soutenir la mise en œuvre de la BIM dans les projets et les organisations.	Macro	Décideurs politiques (PG2); Associations industrielles (PG9); Organisations du secteur de la construction (PG8)	Institutions d'enseignement (PG1); Conseiller en technologie (PG3)	Compatibilité (F4); Préparation de l'organisation (F9)
A06	Élaborer une stratégie BIM à l'échelle du marché et une feuille de route pour sa mise en œuvre.	Macro	Décideurs politiques (PG2)	Organisations du secteur de la construction (PG8); Institutions d'enseignement (PG1)	Volonté d'adoption (F1); Support des hauts gestionnaires (F8); Pression coercives (F10)
A07	Clarifier et traiter les exigences réglementaires (contrats/protocoles, responsabilités, droits de propriété intellectuelle, etc.)	Macro	Décideurs politiques (PG2); Associations industrielles (PG9)	Institutions d'enseignement (PG1); Organisations du secteur de la construction (PG8); Associations industrielles (PG9)	Volonté d'adoption (F1); Compatibilité (F4)

Tableau A XI-1 Actions de Kassem & Ahmed (2022) (suite)

	Actions	Type d'action	Acteur principal	Acteur secondaire	Facteurs d'adoption du BIM affecté
A08	Clarifier et démontrer la proposition de valeur et les avantages de la BIM.	Macro	Institutions d'enseignement (PG1); Organisations du secteur de la construction (PG8); Décideurs politiques (PG2)	Associations industrielles (PG9); Communautés de pratique (PG6); Développeurs de technologies (PG5)	Avantages relatifs (F6); Observabilité des bénéfices (F3)
A09	Développer et encourager l'adoption de systèmes de réalisation de projets plus collaboratifs	Macro	Décideurs politiques (PG2)	Associations industrielles (PG9); Institutions d'enseignement (PG1); Organisations du secteur de la construction (PG8)	Observabilité des bénéfices (F3); Compatibilité (F4)
A10	Mettre à disposition des conseils techniques pour la mise en œuvre et l'utilisation de la BIM.	Macro	Développeurs de technologies (PG5); Organisations du secteur de la construction (PG8)	Communautés de pratique (PG6); Décideurs politiques (PG2); Associations industrielles (PG9)	Compatibilité (F4); Avantages relatifs (F6); Préparation de l'organisation (F9)

Tableau A XI-1 Actions de Kassem & Ahmed (2022) (suite)

	Actions	Type d'action	Acteur principal	Acteur secondaire	Facteurs d'adoption du BIM affecté
A11	Améliorer le renforcement des capacités par le biais de projets pilotes et partager/diffuser les meilleures pratiques BIM pour motiver d'autres utilisateurs potentiels.	Macro	Décideurs politiques (PG2); Organisations du secteur de la construction (PG8)	Institutions d'enseignement (PG1); Communautés de pratique (PG6); Associations industrielles (PG9)	Avantages relatifs (F6); Observabilité des bénéfices (F3); Préparation de l'organisation (F9)
A13	Encourager les résultats de l'apprentissage de la BIM dans l'accréditation des diplômes et des spécialisations pertinents (par exemple, architecture, environnement bâti et disciplines d'ingénierie).	Macro	Institutions d'enseignement (PG1); Associations industrielles (PG9)	Décideurs politiques (PG2); Conseiller en technologie (PG3)	Volonté d'adoption (F1); Support des hauts gestionnaires (F8); Préparation de l'organisation (F9)
A14	Responsabiliser les champions du BIM et les agents du changement au sein des organisations.	Micro	Organisations du secteur de la construction (PG8); Praticiens individuels (PG7)	Associations industrielles (PG9)	Culture de l'organisation (F7); Comportement de communication (F2); Motivations sociales (F5)

Tableau A XI-1 Actions de Kassem & Ahmed (2022) (suite)

	Actions	Type d'action	Acteur principal	Acteur secondaire	Facteurs d'adoption du BIM affecté
A15	Fournir des ressources financières pour soutenir la mise en œuvre de la BIM au sein des organisations.	Micro	Organisations du secteur de la construction (PG8)		Préparation de l'organisation (F9)
A16	Motiver et encourager l'implication des organisations dans les réseaux sociaux BIM et les événements de partage des connaissances.	Macro/ Micro	Organisations du secteur de la construction (PG8); Praticiens individuels (PG7); Associations industrielles (PG9)	Conseiller en technologie (PG3); Développeurs de technologies (PG5); Communautés de pratique (PG6)	Motivations sociales (F5); Comportement de communication (F2)
A17	Rendre les technologies, le matériel et le réseau BIM plus abordables pour les utilisateurs.	Macro	Développeurs de technologies (PG5); Fournisseurs de services technologiques (PG4)	Décideurs politiques (PG2)	Volonté d'adoption (F1); Support des hauts gestionnaires (F8)
A18	Améliorer la compatibilité des technologies des logiciels BIM.	Macro	Développeurs de technologies (PG5); Fournisseurs de services technologiques (PG4); Conseiller en technologie (PG3)	Communautés de pratique (PG6); Organisations du secteur de la construction (PG8)	Compatibilité (F4); Avantages relatifs (F6)

Tableau A XI-1 Actions de Kassem & Ahmed (2022) (suite)

	Actions	Type d'action	Acteur principal	Acteur secondaire	Facteurs d'adoption du BIM affecté
A19	Développer des plateformes numériques extranet (par exemple, des serveurs et des extranets pour les entreprises et la collaboration au sein de la chaîne d'approvisionnement)	Macro	Développeurs de technologies (PG5); Fournisseurs de services technologiques (PG4)	Conseiller en technologie (PG3); Institutions d'enseignement (PG1)	Compatibilité (F4); Avantages relatifs (F6); Volonté d'adoption (F1)

APPENDICE A

CHARTRE PRÉLIMINAIRE DE L'USAGE : « MAINTIEN DES ACTIFS »

1) Introduction

Depuis le suivi du diagnostic IQC 4.0 au printemps 2022, l'université se concentre sur le déploiement de plusieurs usages BIM. L'objectif est d'améliorer leur gestion des actifs immobiliers en la numérisant avec des enjeux de main d'œuvre limitée et de changement de logiciel de gestion des actifs.

Les usages qui ont été retenus dans un premier temps sont :

1. « Représentation tel que construit » : cet usage concerne les données et la modélisation des maquettes BIM après la phase de construction.
2. « Modèle de conception » : cet usage concerne les données et la modélisation des maquettes BIM en phase de conception.
3. « Livraison et mise en service » : cet usage concerne la réception et l'utilisation des informations reçues des phases de construction ou de réaménagement des locaux.
4. « Contrôle et validation du code » : cet usage concerne le contrôle qualité des modélisations BIM.
5. « Maintien des actifs » : cet usage concerne l'utilisation des informations des modèles BIM dans la gestion des actifs.

La présente charte vise à définir la mission, le rôle et les actions à réaliser par les acteurs internes et externes à l'université pour le déploiement de l'usage « Maintien des actifs ».

Le document est organisé en deux parties principales. La première partie décrit le mandat, il inclut la définition de l'usage, les objectifs et la portée de son déploiement, et les retombées

attendues pour l'université. La deuxième partie identifie les ressources qui sont affectées au projet, ainsi que les jalons et étapes à suivre.

2) Le mandat

Le mandat des collaborateurs internes et externes à l'université est de procéder à la préparation du déploiement de l'usage « Maintien des actifs » en établissant des procédés de gestion et d'exécution.

a) Contexte

L'université s'est officiellement engagé dans le déploiement du BIM dans tous ses projets. Plusieurs actions ont été lancées en parallèle :

- Au printemps 2019 : Le BRIAP a été mandaté pour identifier les problématiques entourant les processus de demandes de service dans le but de préparer la liste des besoins fonctionnels devant accompagner un appel d'offre pour le remplacement des plateformes DS2 et Maint.
- En 2018 : un groupe de recherche a effectué une étude sur les enjeux entourant la récupération des données de maquette BIM du pavillon E pour la gestion des actifs
- En mars 2021 : Le groupe de recherche a présenté un rapport sur les enjeux actuels de l'intégration du BIM pour la gestion des actifs
- En 2022 : Suite au rapport du groupe de recherche un groupe de travail a été formé en vue du déploiement du BIM à l'université
- En 2019 : Construction du pavillon D de l'université, beaucoup d'informations des TQC ne correspondent pas à la réalité
- En 2022 : L'université a suivi les 6 ateliers du diagnostic IQC 4.0.
- En printemps 2024 : Réception du pavillon E de l'université

b) Définition

Définition du dictionnaire BIM : « Maintien d'actifs »

« Un Usage de modèle pour lequel les modèles 3D sont utilisés pour gérer le maintien des Actifs par la liaison d'objets à des bases de données externes grâce à un logiciel spécialisé. La maintenance d'actifs est une sous-catégorie de la Gestion d'actifs. » (BIM Dictionary, s. d.)

Dans le contexte du SGAI, cet usage correspond à l'utilisation et le déploiement d'un nouveau logiciel de GMAO, d'un guichet unique et d'une plateforme de gestion et d'échange des modèles 3D. Il comprend les liens entre le nouveau logiciel et les nouvelles plateformes et les autres sources d'informations tel que MFiles ou Safirh.

c) Objectifs

L'objectif principal de cette charte est de définir un plan d'action pour le déploiement de l'usage « Maintien d'actifs » inspiré des étapes de déploiement de l'IQC 4.0.

De manière plus spécifique, il s'agira de :

- Définir le cahier des charges pour le déploiement d'une nouvelle plateforme de GMAO.
- Établir les procédures, définir les outils et assurer la formation du personnel pour le suivi qualité et l'utilisation de la plateforme de GMAO.
- Définir les besoins, rôles et responsabilités des ressources de l'université pour la migration vers les nouveaux processus proposés.

d) Portée

La mission du groupe de travail associé au déploiement de cet usage est d'amorcer la transition de l'université vers un nouveau système de gestion des actifs immobiliers et une nouvelle organisation. Le changement de plateforme de GMAO est au cœur de cette transition.

e) Bénéfices estimés/retombées attendues

Pour la gestion des actifs :

- Choix de la plateforme la plus adaptée aux pratiques d'affaires du SGAI dans un contexte de numérisation de la gestion des actifs.

- Supprimer les goulots d'étranglement présent dans les processus actuels
- Diminuer le temps de recherche et vérification des informations présentes dans la plateforme de GMAO
- Permettre d'avoir le temps pour effectuer des actions de maintenance préventive

3) Ressources et planifications

Cette partie identifie les ressources à affecter au projet, ainsi que les jalons et les étapes à suivre dans le cadre du déploiement de l'usage « Maintien d'actifs ».

a) Jalons et prochaines étapes

- Validation de l'achat d'une nouvelle plateforme Sep. 2023
- Appel d'offre GMAO Nov. 2023
- Réception pavillon F Mar. 2024

b) Étapes du déploiement de l'usage

Il s'agit ici des 8 étapes de déploiement proposées dans le diagnostic IQC 4.0.

1. Définir le but de l'usage
2. Identifier clairement les livrables des modèles
3. Identifier les besoins et ressources requises pour agir sur le modèle
4. Choisir les outils logiciels et l'environnement commun d'informations approprié
5. Identifier le matériel et l'équipement nécessaire à l'exécution de l'usage
6. Identifier l'ensemble des méthodes et activités pour la réception, la mise-à-jour et la maintenance, l'archivage et l'extraction des données
7. Élaborer les listes de contrôle pour la réception, la mise-à-jour et la maintenance de l'information, l'archivage et l'extraction de données
8. Élaborer une cartographie des activités de modélisation, de coordination et de gestion

Le détail se trouve en ANNEXE III. Il s'agit ici des 8 étapes de déploiement proposées dans le diagnostic IQC 4.0.

c) Ressources à affecter au projet et rôles

Tableau AA.1 Ressources

GROUPE	ROLE	RESPONSABILITES
BGPI	Directrice adjointe	- Gestion générale du projet - Fournit les grandes orientations
	Stagiaire Coordinateur	- Coordonne les actions en lien avec les projets de déploiement - Met en lien les différentes ressources
SGAI	Directeur	- Valide les différentes actions prises
	Directeur adjoint, Services techniques	-
	Directeur adjoint, Construction et réaménagement	-
	Architecte	-
	Architecte	-
	Technicien en administration	- Créer les rapports pour le MES
GROUPE DE RECHERCHE	Chercheur principal	- Conseiller du BGPI pour les grandes orientations
	Chercheur	- Requis d'informations des actifs
	Doctorante	- Fonctionnalités GMAO
EXTERNES	Consultant BIM	- Requis d'informations des actifs
	Consultant BIM	- Conseillé sur les requis d'informations des actifs
	Consultant BIM	- Conseillé sur les requis d'informations des actifs

d) Dictionnaire WBS

Le découpage WBS se trouve dans la page internet Miro et l'échéancier sur MS Project.

i) Livrable 5.1 : Définir le but de l'usage

Description : L'objectif de ce livrable est d'une part, permettre la compréhension de l'usage et ce qu'il va changer dans les processus de l'université par toutes les parties prenantes. D'autre part, il est de définir les activités et les tâches pour le déploiement de l'usage.

Tableau AA.2 Tâches de la première étape

Nom de la tâche	Etat
5.1.1 Définir les enjeux auxquels cet usage doit répondre	En cours
5.1.2 Définir les objectifs de déploiement de cet usage	En cours
5.1.3 Définir les activités à effectuer pour le déploiement de cet usage	En cours

Extrants reçus :

- Résultats ateliers cas d'usage

ii) Livrable 5.2 : Identifier clairement les livrables du système de GMAO

Description : L'objectif de ce livrable est d'identifier tous les éléments qui vont être créés par l'utilisation de cet usage.

Tableau AA.3 Tâches de la deuxième étape

Nom de la tâche	Etat
<i>5.2.1 Définir les informations importantes à connaître pour le maintien des actifs</i>	
5.2.1.1 Définir les KPI utiles	Terminé
5.2.1.2 Définir les paramètres équipements et espaces	En cours
5.2.1.3 Définir les autres informations importantes	?
5.2.2.1 Identifier la forme des rapports pour le ministère ainsi que les exigences en matière d'interopérabilité pour la réédition de compte	?
5.2.2.2 Identifier la forme et le contenu des autres rapports	?

Intrants requis :

Extrants reçus :

- Liste des KPI utiles
- Ateliers pour définir l'importance des paramètres disponibles

iii) Livrable 5.3 : Identifier les besoins et ressources requises pour agir sur le modèle

Description : L'objectif de ce livrable est d'identifier les modifications de temps de travail dans les tâches, les nouveaux rôles et responsabilités grâce à l'utilisation de l'usage ainsi que l'effort requis de la part des employés du SGAI pour développer les compétences qui lui sont associées.

Tableau AA.4 Tâches de la troisième étape

Nom de la tâche	Etat
5.3.1 Identifier les besoins en ressources, formations et recrutements	Non commencé
5.3.2 Définir les rôles et responsabilités	Non commencé
5.3.3 Mesurer l'effort requis de la part des employés du SGAI pour développer les nouvelles compétences	Non commencé
5.3.4 Définir les informations sur les ressources à entrer dans le logiciel de GMAO	Non commencé

Intrants requis :

- Rôles et responsabilités actuels
- Compétences actuelles

iv) Livrable 5.4 : Choisir les outils logiciels et l'environnement commun d'informations approprié

Description : Description : L'objectif de ce livrable est d'identifier les besoins, les enjeux et les objectifs en termes de logiciels et plateformes qui seront utilisés par l'université dans le cadre de cet usage BIM.

Tableau AA.5 Tâches de la quatrième étape

Nom de la tâche	Etat
5.4.1 <i>Obtenir un nouveau logiciel de GMAO</i>	
5.4.1.1 Lancer une demande d'intérêt pour une présentation de logiciels de GMAO	Terminé
5.4.1.2 Définir les fonctionnalités que le logiciel doit avoir pour répondre aux besoins de l'université	En cours
5.4.1.3 Définir les caractéristiques du GMAO dont l'université a besoin	En cours
5.4.1.4 Noter par ordre d'importance les fonctionnalités et les caractéristiques	En cours

Tableau AA.5 Tâches de la quatrième étape (suite)

Nom de la tâche	Etat
5.4.1.5.2 Avoir la confirmation du ministère	
5.4.1.6 <i>Analyser les offres reçues</i>	
5.4.1.6.1 Effectuer une analyse technique	Non commencé
5.4.1.6.2 Effectuer une analyse qualité	Non commencé
5.4.1.7 Choisir la plateforme de GMAO	Non commencé
5.4.1.8 Obtenir la plateforme de GMAO	Non commencé
5.4.2 <i>Choisir une plateforme de requêtes</i>	
5.4.2.1 Définir les objectifs et enjeux de cette plateforme	Terminé
5.4.2.2 Définir les besoins de cette plateforme	Terminé

5.4.2.3 Mettre en place la plateforme	En cours
5.4.2.4 Tester la plateforme en utilisation	Non commencé
5.4.3.1 Définir les objectifs et enjeux de la plateforme	En cours
5.4.3.2 Définir les besoins de la plateforme	Non commencé
5.4.3.3 Mettre en place la plateforme	Non commencé
5.4.4 <i>Utiliser MFiles en parallèle de la nouvelle plateforme de GMAO</i>	Non commencé
5.4.4.1 Définir les objectifs de l'utilisation de MFiles	
5.4.4.2 Définir l'utilisation de MFiles dans le contexte du nouveau GMAO	
5.4.4.3 Définir les	

liens possibles entre MFiles et la nouvelle plateforme de GMAO	
5.4.5 <i>Définir les liens API qu'il faudra mettre en place</i>	Non commencé
5.4.5.1 Représenter les liens entre les différents logiciels de l'université	
5.4.5.4 Définir les liens API qu'il faudra mettre en place avec la nouvelle plateforme de GMAO	

Intrants requis :

- Fonctionnalités voulues par l'université
- Présentation des vendeurs de logiciels de GMAO
- Logiciels qui graviteront autour du GMAO

v) Livrable 5.5 : Identifier le matériel et l'équipement nécessaire à l'exécution de l'usage

Description : L'objectif de ce livrable est d'identifier le matériel et l'équipement nécessaire pour l'université dans l'exécution de l'usage. Cela comprend la quantité et les fonctionnalités requises sur le matériel et l'équipement.

Tableau AA.6 Tâches de la cinquième étape

Nom de la tâche	Etat
5.5.1 Identifier les droits d'accès des différentes ressources aux logiciels et plateformes	Non commencé
5.5.2 Identifier le nombre de licences requises	Non commencé
5.5.3 Quantifier les besoins en tablettes tactiles	Non commencé
5.5.4 Quantifier le besoin en téléphones portables	Non commencé

Intrants requis :

- Rôles et responsabilités des ressources

vi) Livrable 5.6 : Identifier l'ensemble des méthodes et activités pour la réception, la mise-à-jour et la maintenance de l'information, l'archivage et l'extraction des données

Description : L'objectif de ce livrable est de définir les méthodes à développer pour l'exécution de l'usage BIM.

Tableau AA.7 Tâches de la sixième étape

Nom de la tâche	Etat
5.6.1 Etablir les processus de bon de travail dans la nouvelle plateforme de GMAO	Non commencé
5.6.2 Etablir les méthodes d'ajout et de modifications d'équipements	Non commencé
5.6.3 Etablir une charte d'utilisation de la plateforme de gestion et d'échange des modèles 3D	Non commencé

Intrants requis :

- Nom de la nouvelle plateforme de GMAO

vii) Livrable 5.7 : Élaborer les listes de contrôle pour la réception, la mise-à-jour et la maintenance de l'information, l'archivage et l'extraction de données

Description : L'objectif de ce livrable est de définir et développer les listes de contrôle pour assurer une exécution de l'usage à l'université de manière durable.

Tableau AA.8 Tâches de la septième étape

Nom de la tâche	Etat
5.7.1 Etablir une liste de contrôle pour l'ajout et la modification d'équipements	Non commencé
5.7.2 Etablir une liste de contrôle pour la fermeture de bons de travail	Non commencé

Intrants requis :

- Paramètres équipements
- Paramètres bons de travail

viii) Livrable 5.8 : Élaborer une cartographie des activités de modélisation, de coordination et de gestion

Description : L'objectif de ce livrable est de résumer et condenser les activités de l'université liées à l'exécution de l'usage en une cartographie.

Tableau AA.9 Tâches de la huitième étape

Nom de la tâche	Etat
5.8.1 Elaborer une cartographie des processus de réception,	Non commencé

d'utilisation et de fermeture des bons de travail	
5.8.2 Elaborer une cartographie des interactions entre les ressources et le GMAO	Non commencé

Intrants requis :

- Nom du nouveau logiciel de GMAO
- Liste de contrôle des bons de travail
- Rôles et responsabilités des ressources

LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ahmed, A. L., & Kassem, M. (2018). A unified BIM adoption taxonomy : Conceptual development, empirical validation and application. *Automation in Construction*, 96, 103-127. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.08.017>
- Ahmed, A. L., & Kassem, M. (2019). Micro BIM Adoption : Identifying Cause and Effect Factors and Analysing their Inter-dependencies using a Fuzzy DEMATEL Approach. *Proceedings of the Creative Construction Conference 2019*, 878-885. <https://doi.org/10.3311/CCC2019-121>
- Aksenova, G. (2020). *AN EMPIRICAL INVESTIGATION OF BUILDING INFORMATION MANAGEMENT IN THE DIGITAL BUILT ENVIRONMENT SECTOR*. 395.
- Alliance Pomerleau et ETS | *Le pari de la chaire de recherche* | La Presse. (2016, février 9). <https://www.lapresse.ca/affaires/portfolio/recherche-universitaire/201602/09/01-4948687-le-pari-de-la-chaire-de-recherche.php>
- Amadi-Echendu, J. E., Brown, K., Willett, R., & Mathew, J. (Éds.). (2010). *Definitions, Concepts and Scope of Engineering Asset Management* (Vol. 1). Springer London. <https://doi.org/10.1007/978-1-84996-178-3>
- Atkin, B. (2012). Briefing : Facility management. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Management, Procurement and Law*, 165(4), 207-209. <https://doi.org/10.1680/mpal.11.00017>
- Azhar, S., Ahmad, I., & Sein, M. K. (2010). Action Research as a Proactive Research Method for Construction Engineering and Management. *Journal of Construction Engineering*

and Management, 136(1), 87-98. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000081](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000081)

Azhar, S., Hein, M., & Sketo, B. (sd). *Building Information Modeling (BIM) : Benefits, Risks and Challenges*. 12.

Betts, M., Cher, L., Mathur, K., & Ofori, G. (1991). Strategies for the construction sector in the information technology era. *Construction Management and Economics*, 9(6), 509-528. <https://doi.org/10.1080/01446199100000039>

Bilal, M., Oyedele, L. O., Qadir, J., Munir, K., Ajayi, S. O., Akinade, O. O., Owolabi, H. A., Alaka, H. A., & Pasha, M. (2016). Big Data in the construction industry : A review of present status, opportunities, and future trends. *Advanced Engineering Informatics*, 30(3), 500-521. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2016.07.001>

BIM Dictionary. (s. d.). Consulté 12 octobre 2023, à l'adresse <https://bimdictionary.com/fr/asset-maintenance/1>

BIM Excellence. (2017). *101in-BIMe-Initiative-Explainer.pdf*. <https://bimexcellence.org/resources/100series/>

BIM Excellence. (2019). *211in.FR-Tableau-des-usages-de-modèle.pdf*.

Björk, B.-C. (1999). *Information technology in construction : Domain definition and research issues*. 24.

Breuer, J., & Fischer, M. (1994). Managerial Aspects of Information-Technology Strategies for A/E/C Firms. *Journal of Management in Engineering*, 10(4), 52-59. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)9742-597X\(1994\)10:4\(52\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)9742-597X(1994)10:4(52))

- Cao, Y., Zhanga, L. H., McCabe, B., & Shahi, A. (2019, mai 24). *The Benefits of and Barriers to BIM Adoption in Canada*. 36th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Banff, AB, Canada. <https://doi.org/10.22260/ISARC2019/0021>
- Charef, R., Alaka, H., & Emmitt, S. (2018). Beyond the third dimension of BIM : A systematic review of literature and assessment of professional views. *Journal of Building Engineering*, 19, 242-257. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2018.04.028>
- Criminale, A., & Langar, S. (2017). *Challenges with BIM Implementation : A Review of Literature*.
- Dixit, M. K., Venkatraj, V., Ostadalimakhmalbaf, M., Pariafsai, F., & Lavy, S. (2018). Integration of facility management and building information modeling (BIM) : A review of key issues and challenges. *Facilities*, 37(7/8), 455-483. <https://doi.org/10.1108/F-03-2018-0043>
- Gouvernement du Québec. (2021). *Plan d'action du secteur de la construction*.
- Gouvernement du Québec. (2022). *Feuille de route gouvernementale pour la modélisation des données du bâtiment (2021-2026)*.
- Grilo, A., Betts, M., & Mateus, M. (1996). *ELECTRONIC INTERACTION IN CONSTRUCTION: WHY IS NOT A REALITY?*
- Hochscheid, E., & Halin, G. (2018). A model to approach BIM adoption process and possible BIM implementation failures. *Creative Construction Conference 2018 - Proceedings*, 257-264. <https://doi.org/10.3311/CCC2018-034>

- Hochscheid, E., & Halin, G. (2019). Micro BIM Adoption in Design Firms : Guidelines for Doing a BIM Implementation Plan. *Proceedings of the Creative Construction Conference 2019*, 864-871. <https://doi.org/10.3311/CCC2019-119>
- Hodkiewicz, M. R. (2014). The Development of ISO 55000 Series Standards. In P. W. Tse, J. Mathew, K. Wong, R. Lam, & C. N. Ko (Éds.), *Engineering Asset Management—Systems, Professional Practices and Certification* (p. 427-438). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-09507-3_37
- IFMA, & Teicholz, P. (2013). *BIM for Facility Managers*. John Wiley & Sons, Incorporated. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/etsmtl-ebooks/detail.action?docID=1158414>
- IQC 4.0. (sd). *IQC4.0_InformationGenerale.pdf*.
- IQC 4.0—Initiative Québécoise pour la Construction 4.0*. (s. d.-a). Iqc40. Consulté 20 avril 2023, à l'adresse <https://www.constructionnumerique.ca>
- IQC 4.0—Initiative Québécoise pour la Construction 4.0*. (s. d.-b). Consulté 23 novembre 2023, à l'adresse <https://www.constructionnumerique.ca/>
- Kassem, M., & Ahmed, A. L. (2022). Digital Transformation Through Building Information Modelling : Spanning the Macro-Micro Divide. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4081929>
- Kassem, M., & Succar, B. (2017). Macro BIM adoption : Comparative market analysis. *Automation in Construction*, 81, 286-299. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.04.005>

- Latiffi, A. A., Brahim, J., & Fathi, M. S. (2014). The Development of Building Information Modeling (BIM) Definition. *Applied Mechanics and Materials*, 567, 625-630. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.567.625>
- Liu, R., & Issa, R. R. A. (2012). Automatically Updating Maintenance Information from a BIM Database. *Computing in Civil Engineering (2012)*, 373-380. <https://doi.org/10.1061/9780784412343.0047>
- Messner, J., Anumba, C., Leicht, R., Nulton, E., Ramesh, A., Weiger, D., & Kreider, R. (2013). *BIM Planning for Facility Owners*.
- Mihindu, S., & Arayici, Y. (2008). Digital Construction through BIM Systems will Drive the Re-engineering of Construction Business Practices. *2008 International Conference Visualisation*, 29-34. <https://doi.org/10.1109/VIS.2008.22>
- Munir, M., Kiviniemi, A., Jones, S., & Finnegan, S. (2020). BIM business value for asset owners : Key issues and challenges. *International Journal of Building Pathology and Adaptation, ahead-of-print(ahead-of-print)*. <https://doi.org/10.1108/IJBPA-10-2019-0090>
- Munir, M., Kiviniemi, A., & Jones, S. W. (2018). Business value of integrated BIM-based asset management. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 26(6), 1171-1191. <https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2018-0105>
- Naghshbandi, S. N. (2016). BIM for Facility Management : Challenges and Research Gaps. *Civil Engineering Journal*, 2(12), 679-684. <https://doi.org/10.28991/cej-2016-00000067>

- Reddition de comptes.* (s. d.). Consulté 3 octobre 2023, à l'adresse <https://vitrinelinguistique.oqlf.gouv.qc.ca/fiche-gdt/fiche/507210/reddition-de-comptes>
- Rogers, E. (2003). *Diffusion of innovations.pdf*.
- Sabol, L. (2013). BIM Technology for FM. In P. Teicholz (Éd.), *BIM for Facility Managers* (p. 17-45). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119572633.ch2>
- Site internet du groupe BIM Québec.* (s. d.). Consulté 31 octobre 2023, à l'adresse <https://www.bimquebec.org/table-multisectorielle>
- Site internet du Parc Olympique. (s. d.). *Parc olympique*. Consulté 21 septembre 2023, à l'adresse <https://parcolympique.qc.ca/a-propos/>
- Somia Alfatih, M. S., Leong, M. S., & Hee, L. M. (2015). Definition of Engineering Asset Management : A Review. *Applied Mechanics and Materials*, 773-774, 794-798. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.773-774.794>
- Stojanovska-Georgievska, L., Sandeva, I., Krleski, A., Spasevska, H., Ginovska, M., Panchevski, I., Ivanov, R., Perez Arnal, I., Cerovsek, T., & Funtik, T. (2022). BIM in the Center of Digital Transformation of the Construction Sector—The Status of BIM Adoption in North Macedonia. *Buildings*, 12(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/buildings12020218>
- Succar, B. (2010). *Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics : Concepts and Technologies* (U. Isikdag, Éd.). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-60566-928-1>

- Succar, B., & Kassem, M. (2015). Macro-BIM adoption : Conceptual structures. *Automation in Construction*, 57, 64-79. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.04.018>
- Succar, B., Kassem, M., BuildingSMART, Boton, C., Kubicki, S., Ahmad, A., Demian, P., & Price, A. (2014). *The Five Components of BIM Performance Measurement*.
- Succar, B., Sher, W., & Williams, A. (2013). An integrated approach to BIM competency assessment, acquisition and application. *Automation in Construction*, 35, 174-189. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.05.016>
- Table BIM-Québec | Chantiers de réflexion « BIM: Construire ensemble à l'ère du numérique » à Montréal et à Québec—Kollectif. (s. d.). Consulté 5 décembre 2023, à l'adresse <https://kollectif.net/evenements/49247-2/>
- Tatum, C. B. (1988). Technology and Competitive Advantage in Civil Engineering. *Journal of Professional Issues in Engineering*, 114(3), 256-264. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1052-3928\(1988\)114:3\(256\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1052-3928(1988)114:3(256))
- UK BIM FRAMEWORK. (2019). *ISO 19650 Guidance 1 : Concepts*.
- Vass, S., & Gustavsson, T. K. (2017). Challenges when implementing BIM for industry change. *Construction Management and Economics*, 35(10), 597-610. <https://doi.org/10.1080/01446193.2017.1314519>
- Winfield, M. (2020). *Construction 4.0 and ISO 19650 : A panacea for the digital revolution?* 173(4), 7. <https://doi.org/10.1680/jmapl.19.00051>
- Yin, R. K. (2003). *Case Study Research—Design and Methods* (Vol. 5). International Educational and Professional Publisher.