

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

DEFI DE LA MISE EN ŒUVRE DU PROCESSUS BIM DANS L'INDUSTRIE DE LA RENOVATION

MÉMOIRE PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE DE LA
MAÎTRISE EN GESTION DE PROJET

PAR
OMAR KOUJIL

JUILLET 2021

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	ii
LISTE DES TABLEUX	v
LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTE D'ABREVIATIONS	viii
1 - INTRODUCTION	1
1.1. CONTEXTE D'ETUDE.....	1
1.2. PROBLEMATIQUE GENERALE	2
1.3. PROBLEMATIQUE SPECIFIQUE.....	3
1.4. LOCALISATION DE LA RECHERCHE	4
1.4.1 BIM en industrie de la rénovation	5
1.4.2 Conduite du changement	5
1.4.3 Compétences en gestion de projet de construction.....	5
1.5. OBJECTIFS DE LA RECHERCHE	6
1.6. PERIMETRE PARTICULIER DE LA RECHERCHE.....	7
2 - CONTEXTE THEORIQUE	8
2.1. L'INDUSTRIE DE LA RENOVATION	8
2.1.1 Secteur de rénovation au Québec.....	9
2.1.2 La rénovation par rapport à la construction neuve	9
2.1.3 Le développement numérique en construction	10
2.2. LE PROCESSUS BIM	11
2.2.1 Définitions, principes et histoire.....	11
2.2.2 Avantages de BIM	13
2.2.3 Les niveaux de maturité BIM	14
2.2.4 Le BIM dans le domaine de la construction.....	17
2.2.5 Le BIM dans les projets de rénovation	19
2.3. LA CONDUITE DU CHANGEMENT.....	23
2.3.1 Le changement organisationnel.....	23

2.3.2	Les facteurs potentiels de la conduite du changement	24
2.3.3	Les approches de la conduite du changement.....	25
2.3.4	Les modèles de la conduite du changement	26
2.3.5	La conduite de changement et la transformation numérique	29
2.3.6	Les styles de la conduite du changement.....	30
2.4.	LES COMPETENCES EN GESTION DE PROJET	31
2.4.1	Les compétences liées à la gestion de projet en construction	32
2.4.2	Compétences des chefs de projet au regard des normes de pratique	32
2.4.3	Les compétences liées au BIM.....	33
2.5.	HYPOTHESES ET CADRE CONCEPTUEL	36
3	- METHODOLOGIE.....	38
3.1	PERSPECTIVE DE LA RECHERCHE.....	38
3.2	DEROULEMENT DU QUESTIONNAIRE	40
3.3	CHOIX DE L'ECHANTILLON	40
4	- ANALYSE DES RESULTATS.....	41
4.1	BIBLIOMETRIE	41
4.1.1	Co-occurrence des mots clés	41
4.1.2	Co-citations des auteurs	42
4.2	ANALYSE DU SONDAGE.....	43
4.2.1	Analyse descriptive de l'échantillon.....	43
4.2.2	Analyse de l'hypothèse 1	45
4.2.3	Analyse de l'hypothèse 2a	55
4.2.4	Analyse de l'hypothèse 2b.....	60
4.2.5	Analyse de l'hypothèse 2c	63
4.3	SYNTHESE ET DISCUSSION DES RESULTATS	66
5	- CONCLUSION	69
5.1	APPORTS DE LA RECHERCHE	69
5.2	LIMITES DE LA RECHERCHE	70

BIBLIOGRAPHIE	71
Annexe	76

LISTE DES TABLEUX

Tableau 1 : Les différents objectifs de la recherche (identification et analyse) _____	6
Tableau 2 : Dépenses en construction résidentielle au Québec en G\$ _____	8
Tableau 3 : Les principaux modèles de maturité BIM (non classés), Giel, Brittany et McCuen (2014, p. 33) _____	16
Tableau 4 : Facteurs potentiels de la conduite du changement _____	24
Tableau 5 : Les approches de la conduite du changement (Source : Autissier & al., 2003) _____	26
<hr/>	
Tableau 6 : Hypothèses de la recherche _____	37
Tableau 7 : Age des répondants _____	43
Tableau 8 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C1 _____	46
Tableau 9 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C2 _____	46
Tableau 10 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C3 _____	47
Tableau 11 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C4 _____	48
Tableau 12 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C5 _____	49
Tableau 13 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C6 _____	50
Tableau 14 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C7 _____	51
Tableau 15 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C8 _____	52
Tableau 16 : Récapitulatif des résultats de l'hypothèse (H1) _____	54
Tableau 17 : Influences des compétences en modélisation sur le succès BIM en rénovation _____	55
<hr/>	
Tableau 18 : classification des compétences en modélisation nécessaires pour le succès BIM en rénovation _____	59
Tableau 19 : Influences des compétences en gestion sur le succès BIM en rénovation _____	60
Tableau 20 : classification des compétences en gestion nécessaires pour le succès BIM en rénovation _____	63
Tableau 21 : Influences des compétences en standards et théories sur le succès BIM en rénovation _____	63
Tableau 22 : classification des compétences en standards et théories nécessaires pour le succès BIM en rénovation _____	66
Tableau 23 : Synthèse des résultats _____	68

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Diagramme de Venn	4
Figure 2 : BIM MM est composé de trois niveaux (Succar, 2009)	14
Figure 3 : Les relations entre les intervenants avant et après BIM en construction (source : Biblus)	18
Figure 4 : Création du modèle BIM relativement aux différentes phases d'une construction neuve et existante, Source : Vols & al., (2014)	21
Figure 5 : Modèle des approches de la conduite du changement, Source : Autissier & al., (2003)	25
Figure 6 : Modèle de Lewin de la conduite du changement (source : Kurt Lewin, 1947)	26
Figure 7: Modèle du changement agile, source : Autissier & al., (2015)	29
Figure 8 : Outils et méthodes de conduite du changement, Source : Tonnelé, (2011)	30
Figure 9 : Groupes des compétences et métiers liées au BIM, Source : Boton (2017)	34
Figure 10 : Taxonomie organisant les compétences BIM en clusters, Source : Succar, 2013.	35
Figure 11 : Cadre conceptuel de la recherche	36
Figure 12 : flux de l'étude	39
Figure 13 : Co-occurrence des mots clés des articles recherchés	41
Figure 14 : Co-citations des auteurs des articles recherchés	42
Figure 15 : Age des répondants	44
Figure 16 : Expérience des répondants dans l'industrie de la construction	44
Figure 17 : Expérience des entreprises des répondant en Building information modeling	45
Figure 18 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C1	46
Figure 19 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C2	47
Figure 20 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C3	48
Figure 21 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C4	49
Figure 22 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C5	50
Figure 23 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C6	51
Figure 24 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C7	52
Figure 25 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C8	53
Figure 26 : Influences des compétences opérationnelles sur le succès BIM en rénovation	56
Figure 27 : Influences des compétences de soutien sur le succès BIM en rénovation	57

Figure 28 : Influences des compétences techniques sur le succès BIM en rénovation	58
Figure 29 : exemple d'un BIMmodel dans le logiciel REVIT, (source : GoPillar academy)	59
<hr/>	
Figure 30 : Influences des compétences managériales sur le succès BIM en rénovation	60
Figure 31 : Influences des compétences fonctionnelles sur le succès BIM en rénovation	61
Figure 32 : Influences des compétences en implémentation sur le succès BIM en rénovation	62
<hr/>	
Figure 33 : Influences des compétences administratives sur le succès BIM en rénovation	64
<hr/>	
Figure 34 : Influences des compétences en recherche et développement sur le succès BIM en rénovation	65

LISTE D'ABREVIATIONS

AECO: Architecture, Engineering, Construction and Operations

APCHQ : L'Association des professionnels en construction et habitation du Québec

APM : Association du management de projet

BIM: Building information modeling

BREEAM: Building Research Establishment Environmental Assessment Method

CAO : Conception assistée par ordinateur

CPIC : Le comité national des normes de BIM des Etats-Unis

GRIDD : Groupe de recherche en intégration et développement durable en environnement bâti

GSA : l'administration des services généraux

IPMA : International Project Management Association

ICB: Individual Compétence Baseline

PMCD: Project Management Competency Development

REMERCIEMENT

Je tiens à remercier particulièrement mon directeur de recherche, le professeur et le directeur du département de gestion de projet, **Monsieur Darli Rodrigues Vieira**, pour son encadrement et ses conseils pertinents durant toute la période des cours et de la recherche. J'adresse toutes mes remerciements à l'ensemble du staff administratif et tous mes enseignants de l'école de gestion à l'Université du Québec à Trois-Rivières.

Mes sincères remerciements à ma famille et mes amis pour leur encouragement et leur soutien durant toutes mes années scolaires.

Et enfin, Je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

1 - INTRODUCTION

1.1. CONTEXTE D'ETUDE

Dans un environnement dominé par la compétition et la performance, les gestionnaires dans le domaine de construction sont amenés à utiliser de nouveaux outils intégrés afin d'améliorer le contrôle des activités et des ressources tout au long du cycle de vie des projets.

Malgré ses graves répercussions sur l'environnement, le secteur de la construction est considéré parmi les secteurs les plus importants dans les pays développés, et cette importance se situe principalement au niveau social et économique. Son développement durable est l'un des défis qui doivent être surmontés afin d'éviter des dommages environnementaux irréversibles aux futures générations.

En construction, les projets sont caractérisés par la complexité, et ils nécessitent un financement important durant la planification et la réalisation. Et dans ce contexte les chercheurs et les gestionnaires sont amenés à trouver de nouveaux processus et des outils pour produire un projet performant ainsi que maîtriser les coûts et respecter les délais.

La méthode BIM peut être une solution à ces exigences. Actuellement, plusieurs entreprises ont déjà entamé le processus d'adoption du BIM en se basant sur des recherches qui sont déjà menées.

Selon Succar (2010), La modélisation des informations du bâtiment (BIM) est un vaste domaine de connaissances au sein de l'industrie de l'architecture, de l'ingénierie, de la construction et des opérations (AECO).

Le BIM est un processus qui gère une maquette numérique depuis la phase de conception du projet jusqu'à sa phase de réalisation. Il associe plusieurs acteurs qui collaborent autour de la maquette, et ils échangent les différentes informations pour l'élaboration d'un modèle BIM (BIMmodel), qui permettra de son côté, de simuler la construction et d'assurer une performance au niveau du coût et du délai lors de la livraison du projet (Abdelkader Boutemadja 2016).

1.2. PROBLEMATIQUE GENERALE

Le professeur Daniel Forgues, du Groupe de recherche en intégration et développement durable en environnement bâti (GRIDD), à l'École de technologie supérieure (ÉTS) à Montréal, a indiqué que le gouvernement du Québec doit inciter et encourager tous les professionnels de l'industrie à travailler selon les principes BIM, « Il faut des leaders du changement qui comprennent les problématiques actuelles de l'industrie et comment les nouvelles technologies viennent s'insérer dans ses pratiques », déclare-t-il durant son interview avec LEDEVOIR en 2016. Il a indiqué aussi que le BIM pourra réduire les coûts d'un projet de 20 % à 50 %. « En Angleterre, ils pensent réduire les coûts de construction de 30 % grâce au BIM. Sur le budget total de ce qui est dépensé au Québec, cela équivaudrait à plusieurs méga hôpitaux ».

La modélisation des informations du bâtiment (BIM) est une nouvelle approche de la conception, de la construction et de la gestion des installations, c'est une activité humaine qui implique de vastes changements de processus dans l'industrie de la construction (Eastman & al., 2011). Et malgré les avantages déjà montrés par l'utilisation de BIM, les entreprises de construction ont toujours des difficultés à l'adopter (Botton & Forgues, 2017). Et parmi les principaux défis et enjeux constatés, le manque d'expertise et des compétences qualifiées pour l'utilisation du processus BIM (Sacks & Barak, 2010).

Il existe une certaine confusion ou une incompréhension du terme BIM, car la plupart des intervenants pensent qu'il est juste un logiciel 3D, ce qui est vrai, mais le BIM englobe plus que le côté technologique. Cet outil exige une collaboration indéfectible et un engagement sans failles de tous les intervenants dans la gestion et la réalisation d'un projet afin de réussir sa mise en place dans un projet. Le BIM peut modéliser en 3, 4, 5, 6, voire 7 dimensions les données relatives à un bâtiment. Il utilise des logiciels, par exemple *Revit* d'*Autodesk*, pour intégrer une quantité importante d'informations relatives à l'architecture, à l'ingénierie et au budget. Il en découle plusieurs avantages au niveau de la productivité tant du côté du chantier que de l'exploitation du bâtiment, ce qui favorise la collaboration et la rétroaction. Le BIM est aussi un moyen concret pour mieux respecter les budgets et échéanciers. A première vue le BIM semble plutôt fait pour les projets d'envergure où la notion de collaboration prend tout son sens en raison des nombreux intervenants. Les coûts liés aux licences des logiciels BIM, et à la formation semblent difficilement surmontables pour les PME. Les logiciels de BIM sont d'une puissance

incroyable et une fois maîtrisés, ils peuvent donner les moyens aux petites entreprises de concurrencer les grandes même sur des projets d'envergure (Gholami & al., 2013).

1.3. PROBLEMATIQUE SPECIFIQUE

Parmi les meilleurs exemples au Québec de l'usage de la maquette BIM en rénovation, le projet de la Tour de Montréal en 2018, l'équipe du projet a pu extraire des informations concernant le bâtiment, qui sont générées par une technologie de balayage des bâtiments existants par de laser (nuages de points), afin de créer un modèle numérique 3D qui englobe toute la structure. Le BIM a permis d'avoir des informations très précises du projet et de ses défis, et de faire une mise à jour des plans qui était élaborés dans les années 70.

Cependant, la plupart des recherches sur les applications logicielles et les méthodes de partage des données se concentrent généralement sur les nouvelles constructions, en revanche les études sur les méthodes liées à la rénovation font défaut (Woo et al., 2007). L'impression donnée est que le BIM est lié à la conception, à la gestion et aux autres processus des constructions neuves, tout en étant moins liée aux bâtiments existants (Di Mascio & Wang, 2013).

Et malgré la prise de conscience, l'enthousiasme et l'importance présentes autour du BIM, cette technologie s'oppose à plusieurs défis qui peuvent ralentir et limiter son passage aux projets de la rénovation. Parmi les facteurs principaux qui freinent les entreprises à passer au BIM, Le manque des compétences et d'expertise, et l'absence des formations en interne (Chan, 2014 ; Rogers & al., 2015). Une étude de National BIM Survey (NBS) dans son rapport annuel 2019 à l'UK, a montré que 90% des ingénieurs considèrent le processus BIM comme pertinent pour leur travail, mais moins de 50% ont une compréhension adéquate et efficace de la façon de l'utiliser à leur meilleur avantage.

Le manque de la demande client, est considéré aussi parmi les plus gros obstacles pour le passage au BIM et ça concerne principalement les PME qui ont un nombre limité des salariés. Pour leur clientèle, les technologies avancées peuvent sembler inutiles, et si son usage n'est pas demandé par leurs clients, il est facile pour les gestionnaires de l'éviter (Nanajkar & Gao, 2014).

La pertinence est considérée aussi comme un facteur limitant pour l'utilisation du BIM, puisque la plupart des entreprises jugent que les projets qui gèrent n'ont pas atteints un niveau de complexité qui nécessite l'appui de la méthode BIM, ou bien les dirigeants ont l'idée qu'il est

inadéquat à leurs projets (Bin Zakaria & al., 2013). Cependant, il faut savoir que les plus petits projets peuvent devenir complexes. La taille du projet est aussi un défi pour l'adoption du BIM, parce que l'idée régnante dans le milieu industriel, est que le BIM n'est adéquat que pour les projets de grande ampleur (Chan, 2014). Le coût est aussi un défi majeur pour le passage au BIM, car cette transition implique des dépenses à l'acquisition des logiciels, aux formations en interne ainsi qu'au niveau de temps.

Cette recherche s'intéresse particulièrement au défi du passage au BIM dans le domaine/industrie de la rénovation, et plus précisément, le défi du manque des compétences, et à étudier la corrélation entre les compétences spécifiques au BIM et les styles de la conduite du changement durant un changement vers le BIM, et enfin à analyser l'importance de ces compétences sur le succès du BIM dans les projets de la rénovation.

1.4. LOCALISATION DE LA RECHERCHE

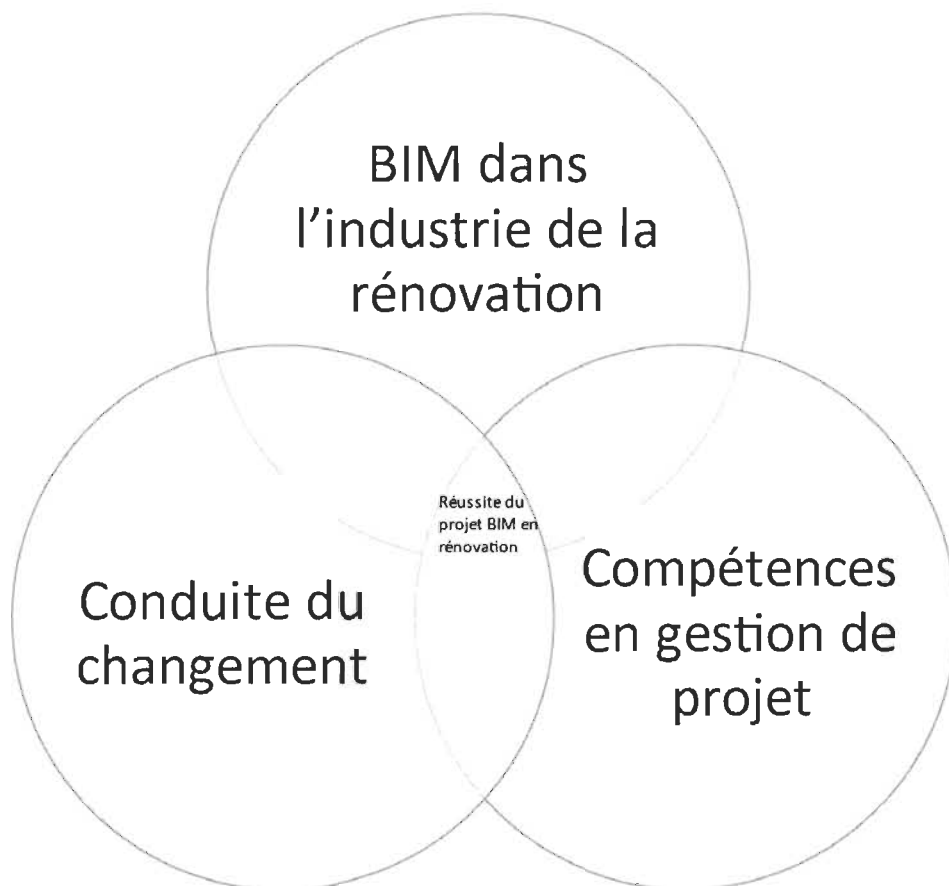


Figure 1 : Diagramme de Venn

Cette Figure permet d'identifier les différents champs de cette recherche. Les trois domaines qui seront présenté lors de la revue de littérature sont :

1.4.1 BIM en industrie de la rénovation

Le BIM émerge comme une nouvelle technologie pour résoudre les problèmes des projets de la rénovation et augmenter la productivité également dans la rénovation. L'un des principaux avantages du BIM est de créer une collaboration précoce et efficace entre les participants aux projets. Toutefois, il existe des restrictions dues aux transferts de données entre les différents outils logiciels et les questions juridiques liées aux contrats (Park & Kim, 2013).

Dans cette partie on va présenter les différents principes, avantages et inconvénients du processus BIM, ses niveaux de maturité selon plusieurs références, et son utilité en construction et en rénovation, ainsi qu'on va se concentrer aussi sur le secteur de la rénovation au Québec, et dernièrement sur le développement numérique en construction.

1.4.2 Conduite du changement

Selon Grouard et Meston, « le changement est l'état de ce qui évolue, se modifie » (Grouard, Meston, 1998). Aussi, « le changement naît de la différence entre un état vécu et un état désiré dont la prise de conscience provient d'un surcroît d'information externe ou interne qui génère un "stress" organisationnel » (Hafsi, Fabi, 1997).

Dans cette partie on va présenter les différentes facteurs, approches et styles de la conduite du changement, ainsi que sa relation avec la transformation numérique au sein d'une organisation.

1.4.3 Compétences en gestion de projet de construction

Afin de faire face à un changement numérique dans le secteur de la construction, les différents gestionnaires doivent avoir et acquérir plusieurs capacités et des compétences dans plusieurs domaines liées aux projets gérés. Dans un changement numérique vers le BIM, les BIM managers doivent améliorer leurs connaissances en gestion des projets, et les gestionnaires des projets doivent acquérir des compétences sur l'adoption du BIM (Botton & Forgues, 2018).

Dans cette partie on va se focaliser sur les différents types des compétences en gestion des projets de construction et les compétences spécifiques à l'approche BIM selon plusieurs références.

1.5. OBJECTIFS DE LA RECHERCHE

Ce travail présente dans un premier lieu une réponse aux questions de recherche des objectifs de type ''définir et identifier les facteurs en jeux'' afin de définir et d'identifier les caractéristiques des principaux champs étudiés selon la littérature. Ensuite, aux questions de recherche des objectifs de type ''analyser et comprendre les relations entre facteurs'' afin de répondre aux propositions du phénomène étudié (Tableau 1).

L'objectif de notre recherche est d'étudier et d'analyser la corrélation entre les compétences (BIM) des gestionnaires en construction et les différents styles de la conduite du changement afin de réussir la transition vers le BIM. Ensuite, notre recherche vise à comprendre la nécessité des compétences en gestion de projet de construction liées au BIM pour l'adoption du projet BIM et sa réussite dans l'industrie de la rénovation.

Les objectifs détaillés sont les suivants :

Tableau 1 : Les différents objectifs de la recherche (identification et analyse)

Objectifs	Questions de la recherche
<u>Objectifs d'identification</u>	
O.1 : Définir le BIM, ses avantages dans l'industrie de rénovation, et ses défis de mise en œuvre	QR.1a : Qu'est-ce qu'on entend par l'outil BIM ?
	QR.1b : Quels sont les avantages du BIM dans l'industrie de la rénovation ?
	QR.1c : Quels sont les principaux défis de l'adoption du BIM ?
O.2 : Identifier les différentes approches de la conduite du changement	QR.2a : Qu'est-ce qu'on entend par la conduite du changement ?
	QR.2b : Quels sont les différents facteurs potentiels de la conduite du changement ?
	QR.2c : Quels sont les différents modèles et approches de la conduite du changement ?

	QR.2d : Quels sont les différents styles de la conduite de changement à adopter ?
O.3 : Identifier les compétences en gestion de projet de construction	QR.3a : Quelles sont les compétences en gestion de projet de construction ?
	QR.3b : Existe-il des compétences en construction liées à l'approche BIM et nécessaires pour sa mise en œuvre ?
<u>Objectifs d'analyse</u>	
O.4 : Etablir la relation mutuelle entre les styles de la conduite du changement et les compétences en gestion de projet de construction liées au BIM	QR.4 : Les styles de la conduite de changement influencent-elles les compétences spécifiques à l'approche BIM ?
O.5 : Analyser et comprendre la nécessité des compétences en gestion de projet de construction liées au BIM pour l'adoption du projet BIM et sa réussite dans l'industrie de la rénovation	QR.5a : Les compétences en modélisation liées au BIM, sont-elles nécessaires pour le passage et le succès du BIM dans l'industrie de la rénovation ?
	QR.5b : Les compétences en gestion liées au BIM, sont-elles nécessaires pour le passage et le succès du BIM dans l'industrie de la rénovation ?
	QR.5c : Les compétences en théories et standards liées au BIM, sont-elles nécessaires pour le passage et le succès du BIM dans l'industrie de la rénovation ?

1.6. PERIMETRE PARTICULIER DE LA RECHERCHE

Notre recherche se focalise sur l'adaptation des styles de la conduite du changement avec les compétences des gestionnaires liées au BIM afin de réussir la mise en œuvre du BIM dans le secteur de la rénovation.

Dans notre recherche on va s'intéresser au secteur de la rénovation qui dépasse les nouvelles constructions au niveau des dépenses au Québec (Tableau 2). Par exemple en 2018, les investissements en rénovation résidentielle ont dépassé 14G\$, comparativement à des dépenses de 10,2G\$ pour les nouvelles constructions (Statistique Canada, 2018).

Tableau 2 : Dépenses en construction résidentielle au Québec en G\$

	En millions de dollars G\$			
	2015	2016	2017	2018
Nouvelles constructions	7 185,1	7 394,6	8 698,2	10 239,9
Rénovations	12 931,6	13 345,3	14 125,6	14 139,2

Source : Statistique Canada, Investissement en construction de bâtiments, adapté par l'institut de la statistique du Québec, 2019

D'autre part notre projet s'intéresse au BIM, qui est selon l'administration des services généraux (GSA) : le développement et l'usage d'un modèle informatique à plusieurs dimensions pour documenter les données d'un bâtiment et pour simuler les tâches et les opérations pour un nouveau bâtiment ou rénové.

A travers ses différents aspects, notre étude se déroulera de la manière suivante, le deuxième chapitre qui se focalise sur le contexte théorique de l'étude afin de mettre en lumière les différents éléments du cadre conceptuel selon plusieurs points de vue de la littérature. Le troisième chapitre qui traite la méthodologie utilisée pour répondre aux différentes hypothèses. Ensuite le quatrième chapitre qui présente les résultats et la discussion des propositions, et enfin le chapitre de la conclusion qui présente les différents apports et limites de notre recherche.

2 - CONTEXTE THEORIQUE

2.1. L'INDUSTRIE DE LA RENOVATION

La raison de la rénovation d'un bâtiment est qu'il ne répond pas aux besoins du client. Cela peut dépendre du vieillissement du bâtiment ou de défauts de conception, de construction ou d'utilisation du bâtiment. Le vieillissement du bâtiment n'est pas directement lié son âge mais plutôt à l'utilisation et aux besoins de l'utilisateur, et il peut être un vieillissement technique ou fonctionnel.

Les projets de rénovation sont généralement confrontés à des défis supplémentaires par rapport aux projets des constructions neuves, qui sont des contraintes physiques dues à l'état actuel du bâtiment, les zones de travail sont souvent limitées, ainsi que l'incertitude sur l'état actuel du bâtiment (Mitropoulos et Howell, 2002).

Par conséquent, pour prendre une décision sur ce qui doit être fait dans le projet de rénovation, des informations sur le bâtiment sont nécessaires. Si suffisamment d'informations ne sont pas disponibles, les décisions prises dans des conditions incertaines peuvent entraîner des risques supplémentaires dans le projet.

2.1.1 Secteur de rénovation au Québec

La rénovation au Québec est un volet important dans le domaine de construction vu la valeur des travaux effectués. Il s'agit d'une tendance bien établie depuis environ 25 ans au Québec, le montant réservé pour effectuer des rénovations résidentielles dépasse même celui des nouvelles constructions. La nécessité de travaux est plus en plus élevée depuis 2014, alors, la rénovation a atteint plus de 60% des dépenses annuelles en immobilier résidentiel. Le gouvernement Québécois a influencé positivement cette croissance des dépenses en rénovation, en organisant plusieurs programmes afin de soutenir le secteur, par exemple, le crédit d'impôt provincial RénoVert, c'est un programme qui cible les opérations de rénovation, ce qui a permis d'accélérer les dépenses de rénovation, L'Association des professionnels en construction et habitation du Québec (APCHQ), estime une croissance en 2020 de 6% des dépenses de rénovation au Québec afin d'atteindre le seuil des 15 G\$ en rénovation résidentielle (Portrait sectoriel du Québec, 2018-2020: Construction).

2.1.2 La rénovation par rapport à la construction neuve

Plusieurs chercheurs ont mis en évidence que les projets de rénovation comportent un certain nombre de risques et d'incertitudes qui sont différents de ceux qui sont en construction neuve, et qui ont un effet sur la rénovation et la performance du projet. Les projets de rénovation et de nouvelle construction présentent des caractéristiques différentes dans la phase de conception. Le paramètre le plus important est la nature imprévue des choix de conception finale. Les tâches de conception doivent être effectuées avec une communication active pendant la démolition, les activités du site et la reconstruction pour les projets de rénovation. Pour cette raison, le changement constant de statut sur les sites de rénovation rend difficile la présentation complète des solutions de conception en format CAO. En outre, les formes géométriques non orthogonales et la diversité des projets de rénovation sont complexes et plus lent à introduire avec la CAO (Rajala & Penttila, 2006).

Selon Volk et al. (2014), par rapport aux nouveaux bâtiments, de nombreux bâtiments existants manquent d'informations complètes, actualisées ou fragmentées sur les bâtiments. Ces lacunes peuvent résulter d'une gestion de projet insuffisante, d'incertitudes dans les phases, de pertes de temps ou d'augmentation des coûts dans les processus de modernisation ou de rénovation. Comme les bâtiments existants qui souffrent souvent d'un manque de documentation ou d'autres informations sur les bâtiments en raison de plusieurs facteurs, on ne peut que s'attendre à des obstacles lors de l'utilisation du BIM dans les projets de rénovation.

2.1.3 Le développement numérique en construction

Dans les années 1980, la révolution technologique avait une influence sur les technologies d'information et de communication (TIC), au niveau de plusieurs activités commerciales de base. Aujourd'hui, les technologies de l'information contribuent à toutes les fonctions de la gestion, comme la planification et l'organisation des activités (Gaith et al., 2012).

Une étude de Tuman (1998), a souligné l'importance de l'utilisation des TIC, qui permet d'éviter la surcharge d'informations résultant de problèmes de communication des données ou entre les individus et les équipes. En outre, l'informatique avec une collaboration en réseau efficace aide à structurer une forte faisabilité des projets par le biais de différentes équipes composées qui sont situés à travers des bâtiments, des états et des pays. En outre, les membres virtuels des équipes de gestion de projet ont une meilleure possibilité de contrôler la conception en utilisant efficacement les technologies de l'information. Du point de vue du chef de projet dans le l'industrie de la construction, une technologie de réseau informatique efficace et stable fournira un grand succès au sein d'équipes de projet virtuelles (Gaith et al., 2012).

La numérisation dans l'industrie de la construction a été reconnue par les participants du monde entier dans les applications actuelles, puisqu'elle facilite la communication et le partage de données. Shen et ses collaborateurs (2004) ont déclaré que les TIC présentent l'un des facteurs importants dans l'industrie de la construction, qui déterminent le succès ou l'échec d'un projet. Dernièrement, les technologies numériques, et en particulier le processus BIM, retiennent beaucoup l'attention dans l'industrie de la construction. Le BIM présente d'énormes opportunités et défis, notamment, l'estimation des coûts et les décollages de quantités (Amjed et al, 2019).

La technologie informatique à des fins de conception qui se concentrent principalement sur la combinaison des caractéristiques de l'ordinateur avec la vision humaine. Pour l'industrie de la construction, cette technologie est utile pour formuler des objets et modèles en 3D à partir d'images en 2D. D'autre part, les modèles 3D/4D permettent au concepteur du bâtiment de suivre la planification et le fonctionnement du projet sous forme d'interface graphique (Gaith et al., 2012).

En général, les modèles 4D relient les composants dans les modèles CAO 3D, y compris les activités des phases de conception, d'approvisionnement et de planification. Ces modèles permettent aux acteurs du projet de suivre les projets de construction dans le temps sur un écran d'ordinateur et de réviser les conditions prévues ou réelles d'un projet en termes de modèle CAO 3D pour n'importe quel jour, semaine ou mois. En outre, les modèles 4D aident tous les membres du projet à comprendre et à exprimer leurs opinions sur la portée du projet et les calendriers correspondants en temps utile. La mise en œuvre de modèles 4D permet d'améliorer la stratégie d'exécution du projet, la constructibilité, la productivité du site et la résolution des conflits spatio-temporels. En outre, les modèles 4D sont plus utiles dans les projets qui impliquent de nombreuses parties prenantes, dans les projets en cours de rénovation et dans les projets dont les conditions de site sont complexes ou serrées. La plupart des entrepreneurs généraux utilisent les modèles 4D, pour la coordination du flux de travail de leurs sous-traitants, la logistique du site et la vérification du processus global du projet.

2.2. LE PROCESSUS BIM

2.2.1 Définitions, principes et histoire

La modélisation des informations du bâtiment est un nouveau concept basé sur le processus de construction, l'information et la gestion des données. Son aspect principal est un modèle géométrique 3D relative à un bâtiment, mais le BIM couvre l'ensemble des informations, y compris les processus de conception et de construction, ainsi que les phases de maintenance tout au long du cycle de vie du projet (Penttila et al. 2007).

C'est un modèle 3D intelligent qui peut être construit numériquement en contenant toutes les informations de construction, dans un format intelligent qui peut être utilisé pour développer des solutions de construction optimisées avec un risque réduit avant de s'engager dans une

proposition de design (J.Woo et al. 2010). Le BIM est aussi « un processus de création et d'utilisation des modèles numériques pour la conception, la construction et/ou l'exploitation de projets » (McGraw Hill. 2014).

Le comité national des normes de BIM des Etats-Unis (CPIC) définit le BIM comme une représentation numérique des caractéristiques d'une installation créant une ressource de connaissances partagées pour des informations à son sujet constituant une base fiable pour les décisions prises au cours de son cycle de vie, de de la première conception à la démolition.

Une autre définition est tirée du NBS (National BIM Standard) : Le BIM présente une ressource de connaissances partagées pour les informations sur une installation formant une base fiable pour les décisions pendant son cycle de vie, dès sa création.

Selon La norme : ISO 29481-1 :2016, le BIM présente l'utilisation d'une représentation numérique partagée d'un objet construit pour faciliter les processus de conception, de construction et d'exploitation de manière à constituer une base fiable permettant les prises de décision.

Le BIM est en évolution depuis les années 60 :

- En 1962, l'ingénieur en informatique Douglas C. Englebart a fait un plan de conception architecturale basé sur la manipulation d'un modèle informatique, qui combinait la représentation géométrique et la base de données liées au projet. Cependant, la technologie informatique ne pouvait pas fournir suffisamment de mémoire et de qualité de représentation pour appliquer l'idée.

- 1970 : Building Description System (BDS) Eastman, l'un des fondateurs de la Conception Assistée par Ordinateur crée un prototype de modèle de représentation, qui inclut une base de données pour une analyse visuelle et qualitative nommé Building Description System (BDS) qui préFigure le BIM. En effet, les dessins pour la construction ne suffisaient pas vu leur résultat sur différentes échelles, semblablement, une révision des dessins n'est pas triviale. D'où l'importance d'intégrer un système de description du bâtiment qui donne lieu à production des dessins 2D dont la fiabilité et la précision sont accrues.

- 1980 : Building Product Model (BPM) Le BPM a été créé en 1989, il intégrait la totalité du processus du projet de la conception à l'aboutissement en procurant des informations, les

technologies et les normes importante pourtant il ne donnait pas les informations efficaces à la gestion et l'amélioration du projet.

- 1990 : Generic Building Model (GBM) Le modèle de bâtiment générique a été instauré en 1995, il offre des données actuelles et futures de toutes les phases de projet donnant lieu une collaboration entre les intervenants du projet.

- 2000 : Building Information Modeling (BIM) en conséquence, le BIM a été élaboré en prévision de la révolution technologique. Il a pour but d'exploiter les meilleures technologies disponibles, optimiser le flux d'informations, diminuer les erreurs et par conséquent augmenter l'efficacité due à la construction collaborative. Le BIM a vu jour depuis 50 ans mais plusieurs contraintes managériales et techniques ont fait en sorte qu'il évolue lentement.

2.2.2 Avantages de BIM

Le processus BIM permet de prendre de bonnes décisions depuis le début du projet, tout en intégrant des estimations des couts avec optimisation ce qui réduit le délai du projet.

- Anticipation des phases projet : BIM anticipe les difficultés qui peuvent se produire grâce à la bonne planification des ressources.
- Management, opération et maintenance : BIM cumule une expérience acquise des projets précédents ce qui garantit l'efficacité dans les prochains projets.
- Le modèle composé d'objets paramétriques ne comportera pas d'erreur de géométrie, notamment pour donner suite à une modification.
- Les conflits et les autres problèmes de constructions sont affichés au stade des études et non pas sur le terrain, avec l'assemblage des modèles provenant de toutes les disciplines afin de découvrir les erreurs avant le début des travaux.
- Toutes les informations collectées durant la construction peuvent être insérées dans le modèle 3D et remises aux propriétaires.
- Pour une meilleure qualité de modèles, BIM assure une collaboration efficace entre les différentes unités de la conception tout en ajoutant de l'uniformité et de l'intelligence afin d'assurer une bonne présentation aux clients.

- La réalisation d'une représentation virtuelle ou d'un prototype de ce qui va être construit, BIM permet la construction, l'analyse et le test en temps réel avant même le premier coup de pioche.

2.2.3 Les niveaux de maturité BIM

Parmi les principaux outils de mesure de la maturité BIM, le modèle **NBIMS CMM**, National BIM Standard Capability Maturity Model, proposé par l'Institut National des Sciences du Bâtiment en 2007, dans le cadre de National BIM Standard (NBS). Le modèle évalue la mise en œuvre du BIM dans 11 domaines à l'aide d'une échelle à 10 niveaux (NBIMS, 2007). Le score final de maturité BIM est calculé par la somme pondérée de tous les domaines. Le score est mappé à un modèle de maturité avec cinq niveaux pour indiquer le degré de maturité atteint par l'utilisateur BIM. Cependant, les poids des mesures peuvent être ajustés par les utilisateurs en fonction de leurs propres besoins, qui réduisent considérablement l'objectivité de cet outil.

En 2009, Indiana University a développé L'**IU BIM Proficiency Index**. Cet outil est créé à l'aide d'une feuille de calcul Excel, composée de 8 domaines, 32 mesures et 5 niveaux de maturité (CIC, 2012).

Bien que les NBIMS CMM et IU BIM Proficiency Index soient les bases des outils suivants, ils sont généralement critiqués en raison de leur forte subjectivité, de leur portée de mesure limitée dans les aspects techniques et de leur fiabilité et cohérence insuffisantes (Succar, 2009). BIM Maturity Matrix (**BIM MM**) a été développé en 2009 pour pallier ces lacunes. Ensuite en 2010, Succar a fourni des explications complètes pour chaque mesure de BIM MM, afin de minimiser les incohérences et étend le champ de mesure et pour couvrir les aspects non techniques du BIM (Giel et Issa, 2013). BIM MM contient trois domaines principaux et adopte une échelle à cinq niveaux pour effectuer les mesures (Figure 2).

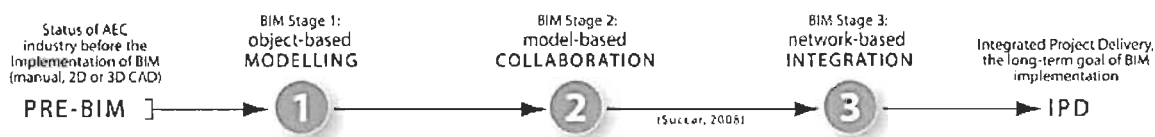


Figure 2 : BIM MM est composé de trois niveaux (Succar, 2009)

Selon Succar (2009), Le niveau PRE-BIM se caractérise par une grande dépendance placée sur la documentation 2D pour décrire une réalité 3D et les estimations des coûts et des quantités, ne sont généralement ni dérivées du modèle de visualisation ni liées à la documentation. De même, les pratiques de collaboration entre les parties prenantes ne sont pas priorisées et le flux de travail est linéaire, ainsi que l'industrie souffre d'un faible investissement dans la technologie et d'un manque d'interopérabilité.

Dans les conditions de l'étape 1 (Modélisation basée objet), l'implémentation du BIM est initiée par le déploiement d'un « outil logiciel paramétrique 3D basé sur les objets » similaire à ArchiCAD®, Revit®, Digital Project® et Tekla®. À l'étape 1, Les livrables du BIModelling incluent des modèles de conception architecturale et des modèles de fabrication de conduits sont utilisés principalement pour automatiser la génération et la coordination de la documentation 2D et de la visualisation 3D. Les pratiques collaboratives à l'étape 1 sont similaires au statut pré-BIM et il n'y a pas d'échanges significatifs basés sur des modèles entre différentes disciplines. Les échanges de données entre les parties prenantes du projet sont unidirectionnels et les communications restent asynchrones et disjointes (Succar, 2009).

Dans les conditions de la 2ème étape de la maturité (Collaboration basée-modèle), les acteurs BIM collaborent activement, en utilisant des logiciels BIM technologiques. Succar a mentionné deux exemples différents de la collaboration basée sur des modèles incluent l'échange (échange interopérable) d (ex : entre Revit® Architecture et Revit® Structure via le format de fichier RVT) et des formats non-propriétaires (ex : entre ArchiCAD® et Tekla® en utilisant le format de fichier IFC). Succar (2009), a mentionné aussi l'exemple de la collaboration entre deux phases du cycle de vie du projet (ex : l'échange de conception-construction de modèles de structure et d'acier, et l'échange de conception-exploitation de modèles d'architecture et d'entretien des installations).

Au cours de l'étape 3 (Intégration basé-réseau), les modèles intégrés sont créés, partagés, et maintenus d'une manière collaborative durant les cycles de vie du projet, cette intégration peut être réalisée grâce à des technologies de serveurs modèles (utilisant des formats propriétaires, ouverts ou non propriétaires), et des bases de données intégrées. Ces modèles permettent de faire des analyses complexes aux premiers stades de la conception et la construction virtuelles. Cette étape nécessite une reconsidération majeure des relations

contractuelles, des modèles de répartition des risques et des flux procéduraux. La condition préalable à tous ces changements est la maturité des technologies réseaux / logiciels permettant un modèle interdisciplinaire partagé pour fournir un accès bidirectionnel aux parties prenantes du projet. La maturité de toutes ces technologies, processus et politiques facilitera une livraison de projet intégrée (IPD) (Succar, 2009).

Integrated Project Delivery (IPD) est un terme popularisé par l'American Institute of Architects California Council, en 2007, et il présente la vision à long terme du BIM en tant que fusion de technologies, processus et politiques du domaine.

Il existe d'autres outils pour mesurer les niveaux de maturité du BIM (Tableau 3), comme le **BIM Quick Scan**, qui a été lancé aux Pays-Bas en 2009, qui comprend quatre domaines principaux et 44 mesures organisées sous la forme d'un questionnaire à choix multiples (Berlo, 2010).

Tableau 3 : Les principaux modèles de maturité BIM (non classés), Giel, Brittany et McCuen (2014, p. 33)

10 Modèles de maturité les plus utilisés						
Noms du modèle	Auteurs	Échelle organisationnelle	Année	Type de modèles	Pays d'origine	Style d'évaluation
BIMCMM	I-CMM et NIBS	Projet et organisation	2007	Matrice de maturité et Modèle cumulatif	États-Unis	Certification
BIM Competency Index	Succar	Individuel	2013	Variation de l'échelle Likert	Australie	Moyenne
BIM Maturity Measure (BIMM)	Arap	Projet	2012	Matrice de maturité	États-Unis	Pointage
BIM Quickscan	Van Berlo et associés	Organisation	2009	Variation de l'échelle Likert	Pays-Bas	Pourcentage
BIM Proficiency Matrix	Indiana University	Projet	2009	Matrice de maturité	États-Unis	Certification
Macro Maturity Matrix	Succar et Kassem	Marché	2015	Matrice de maturité	Australie	Moyenne
BIM Maturity Matrix (BIMMM)	Succar	Tous	2010	Matrice de maturité	Australie	Pointage
Organizational BIM Assessment (OBIMA)	CIC Research Group (CICRG)	Organisation - Spécifique aux clients	2012	Matrice de maturité	États-Unis	Pointage
VDC and BIM Scorecard	CIFE	Organisation	2013	Variation de l'échelle Likert	États-Unis	Pourcentage
Building Owners BIM Competency framework	Giel et Issa	Organisation - Spécifique aux clients	2013	Inconnu	États-Unis	Inconnu

2.2.4 Le BIM dans le domaine de la construction

Selon Kim & Park (2013), la modélisation des informations du bâtiment devient populaire dans les industries d'ingénierie, d'architecture et de construction, depuis qu'elle est en mesure de traiter des divers problèmes dans le secteur de la construction, comme les questions environnementales, les coûts élevés des projets et la performance énergétique (Kim & Park, 2013).

L'augmentation de la complexité des projets de construction a conduit l'industrie à rechercher d'autres méthodes modernes de construction et de conception qui permettraient de gérer cette complexité. Pendant les 10 dernières années, l'industrie de la construction s'intéresse plus à l'utilisation de la modélisation des informations du bâtiment, car elle offre des bénéfices comme l'économie de ressources (Volk, 2014).

Le BIM est « un processus intégré qui permet aux professionnels de la construction de concevoir un projet numérique, de le développer, de l'explorer et de le corriger avant qu'il ne soit construit » (Rasking & Decroos, 2017, p12). Le BIM change presque complètement les façons et les méthodes d'exécuter les tâches, et les relations entre les acteurs en construction (Figure 3), afin de rassembler ces intervenants d'un projet autour de sa maquette numérique (Rasking & Decroos, 2017).

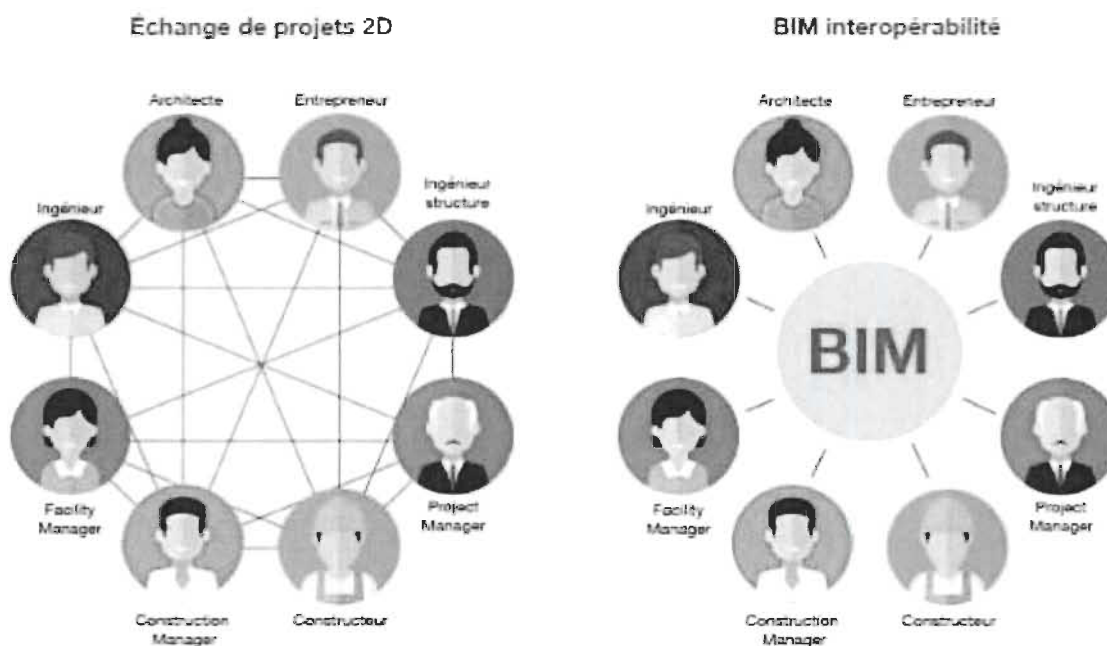


Figure 3 : Les relations entre les intervenants avant et après BIM en construction (source : Biblus)

Auparavant, les recherches étaient focalisées sur l'amélioration de la planification préalable, de la visualisation, le calcul des coûts ; la détection des collisions et la gestion des données. Aujourd'hui, cependant, les principaux outils des métiers du design, de l'architecture et de l'ingénierie s'orientent de plus en plus vers des fonctions de base tels que l'analyse structurelle et énergétique, la programmation et le suivi des progrès (Becerik-Gerber, 2011).

Parfois, les exigences du client et l'ampleur d'un projet déterminent l'utilisation d'outils basés sur le BIM dans les projets de construction. Les outils basés sur le BIM sont souvent utilisés dans des projets complexes et de grande envergure. Au cours du projet, le BIM devient un élément important de la documentation pour former des plans architecturaux et permettre le partage d'informations en un seul endroit.

En outre, des modèles structurés à l'aide du BIM sont utilisés pour réviser les données, qui sont créées par des consultants, et pour éviter les conflits. Ces modèles sont souvent utilisés pour la simulation et la prévision de l'énergie, le décollage des quantités, la coordination des travaux de construction et la programmation. Donc, le BIM est capable de structurer et d'organiser des

parcours pour tous les intervenants (parties prenantes et clients) pour une meilleure compréhension et direction de projet (Sheth, 2010).

Le BIM se concentre sur la conception, la pré planification, la construction et l'exécution des projets d'infrastructures et de bâtiments, bien que les recherches récentes aient commencé à passer d'une focalisation primaire sur les nouvelles constructions à la rénovation et à la démolition. En général, l'application du BIM est influencée par différentes conditions dans les bâtiments et les structures, telles que les types d'utilisation (par exemple, commerciale, résidentielle, municipale), le statut (par exemple, nouveau, existant) et la propriété (par exemple, propriétaire privé, universités). Des enquêtes récentes ont souligné que le BIM est applicable aux bâtiments complexes et plus grands et qu'elle est utilisée par les répondants aux enquêtes dans les secteurs résidentiel, commercial, des soins de santé et autres types de bâtiments (Volk et al, 2014).

Sheth et ses collaborateurs ont déclaré que, compte tenu des caractéristiques des logiciels basés sur le BIM, l'utilisation du BIM dès les premières étapes des projets de construction serait plus efficace par rapport à d'autres étapes telles que l'exploitation et la maintenance. Aujourd'hui encore, cela semble être fondamentalement vrai, bien que les projets en rénovation constituent un cas particulier important d'utilisation du BIM à un stade avancé (Sheth & al, 2010).

2.2.5 Le BIM dans les projets de rénovation

2.2.5.1 L'utilisation de BIM dans la rénovation

Gholami et al., (2013) affirment que la maquette numérique (BIM) est surtout acceptée et encouragée par les spécialistes de la construction, en utilisant différents outils dans l'industrie. Pour les projets de rénovation, tous les intervenants doivent recommander le BIM car il réduit la dégradation de l'environnement et augmente l'efficacité énergétique. Le BIM est principalement utilisé pour la visualisation, collaboration, la simulation énergétique et le prototypage (Gholami & al., 2013).

La plupart du temps, les outils paramétriques utilisés pendant le processus de rénovation sont réutilisés pour la coordination, la simulation énergétique et la visualisation. Basé sur la capacité du BIM, il permet une visualisation étendue et un rendu de haute qualité qui sont présentés aux parties prenantes (Gholami et al., 2013). Pour cette raison, les parties prenantes et

les clients avec les différents niveaux de connaissances auraient une meilleure compréhension des projets grâce au BIM, ainsi que son utilisation efficace peut être maîtrisée s'elle est appliquée dès les premières étapes d'un projet. Toutefois, il peut être utilisée à n'importe quel stade, comme la maintenance et l'exploitation. Un autre avantage de l'utilisation de BIM, est de faciliter l'obtention de certificats de performance environnementale des bâtiments comme le BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method). Et l'un des avantages potentiels du BIM dans la rénovation consiste à estimer la performance énergétique des alternatives en créant des modèles (Gholami & al, 2013).

En projets de rénovation, des questions telles que la performance énergétique et la durabilité deviennent des concepts importants à gérer. Dans ce contexte, les modèles 2D actuels ne sont pas capables de traiter la conception compliquée et la gestion de projets de construction importants et complexes et la circulation de l'information tout au long du processus du projet. En outre, en afin d'éviter les conflits de données et les travaux inutiles, il doit y avoir un système de gestion approprié (Park & Kim, 2013)

2.2.5.2 Phases de l'utilisation de BIM en rénovation

Selon Penttilä et al. (2007), Dans les pays industrialisés, alors que les taux de nouvelles constructions stagnent, la mise en œuvre et la planification de la rénovation et les mesures de rénovation des bâtiments existants deviennent importantes. Il existe plusieurs outils pour la saisie et l'analyse des bâtiments, comme la tachymétrie, les dessins géométriques 2D/3D, le balayage laser, mais ces outils nécessitent un personnel qualifié pour modéliser et planifier pour les bâtiments existants.

Dans les bâtiments existants, l'adoption de BIM présente d'autres défis et capacités en relativement aux nouvelles constructions. Dans la phase de Facility Management (FM), l'utilisation du BIM présente des avantages tels qu'une documentation précieuse, un contrôle de qualité, un suivi, une gestion de l'énergie et de l'espace et une planification des rénovations. En outre, les phases de rénovation pourraient également bénéficier d'informations bien structurées et actualisées sur les bâtiments afin de minimiser les erreurs et les risques financiers grâce à la gestion des données, le calcul des coûts ou l'optimisation du suivi de l'avancement des travaux de rénovation (Volk et al., 2014).

Il existe des différences au niveau du processus d'adoption de BIM pour les nouvelles constructions et pour les bâtiments existants. Pour les nouveaux bâtiments, le BIM est créé dans un processus sur plusieurs phases de projet, à partir de la création, à la production. Dans les bâtiments existants - en fonction de la disponibilité du BIM préexistant - le BIM peut être soit mis à jour, soit créé de nouveau (Figure 4) (Volk et al., 2014).

Plus de 80% des bâtiments résidentiels sont construits avant 1990 et n'ont pas de documentation de construction au format BIM (Laustsen & al., 2011). Mais en se basant sur l'utilisation des méthodes et des processus de rétro-ingénierie : "points to BIM, scan to BIM" (Figure 4), les dirigeants peuvent récupérer les informations du bâtiment existant pour une potentielle rénovation. Ces processus sont généralement coûteux (Volk & al., 2014).

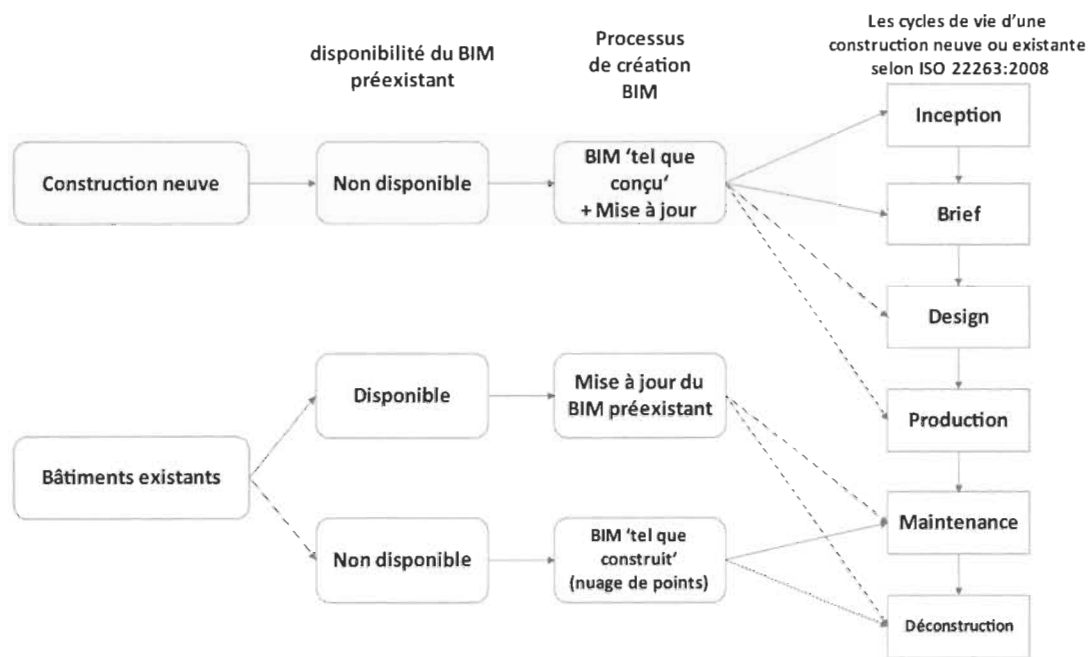


Figure 4 : Création du modèle BIM relativement aux différentes phases d'une construction neuve et existante, Source : Vols & al., (2014)

2.2.5.3 Les défis du passage de BIM en rénovation

Dans les économies développées, le domaine de la rénovation a observé un intérêt croissant pour le BIM compte tenu de la myriade d'avantages trouvés grâce à son adoption (Eastman & al., 2011). Pour les phases de planification, de conception, de construction et

d'entretien du projet, ces avantages comprennent l'économie des ressources et le développement de qualité et de la productivité (Azhar, 2011).

L'identification des obstacles à l'adoption du BIM a été considérée comme un prélude à l'amélioration de l'adoption du BIM (Kassem et al., 2012). En réponse à cela, les chercheurs ont tenté d'identifier les obstacles à l'adoption du BIM dans différents pays.

Le manque d'initiative, de connaissances et de formation, la nature fragmentée de l'industrie de la construction, la disponibilité variée du marché entre les organisations et les zones géographiques, et la résistance de l'industrie au changement des pratiques de travail traditionnelles sont des obstacles génériques à l'adoption du BIM (Gu et al., 2010),

Le manque d'expérience au sein de la main-d'œuvre et le manque de sensibilisation des parties prenantes, ont été présentés par Kassem et al., (2012) comme les principaux défis au BIM. Ainsi que les résultats de l'étude de Bin Zakaria et al., (2013), ont montré que l'absence des connaissances et de la sensibilisation, le manque de soutien du gouvernement et l'indisponibilité des normes et directives BIM, font partie des obstacles à un niveau plus élevé d'adoption du BIM.

L'étude de buildingSMART (2011) a mis en évidence le fait que l'adoption accrue du BIM est entravée par l'indisponibilité du personnel et la formation requise. Cela a également été révélé que, même si le marché soit vivement intéressé et optimiste, le domaine de la construction est encore aux premiers stades de sa transition vers l'exploitation des avantages du BIM. Les principaux obstacles à un niveau plus élevé d'adoption du BIM semblent provenir de la nouveauté de la méthodologie du BIM dans les pays en développement. Autrement dit, le manque de sensibilisation et l'indisponibilité de la formation et du personnel qualifié ont été observés en Inde, en Chine, en Malaisie et au Nigéria comme les principaux obstacles à l'adoption du BIM. Ces obstacles sont exacerbés par le manque de soutien de la part des décideurs politiques dans les pays en développement et l'absence d'incitations pour compenser les coûts initiaux de l'adoption du BIM dans les entreprises de construction, comme le soutient (Rogers et al., 2015).

2.3. LA CONDUITE DU CHANGEMENT

Dans un environnement dominé par la compétition et la performance, les entreprises sont amenées et poussées vers une spirale du changement. Le changement naît de la différence entre un état vécu et un état désiré dont la prise de conscience provient d'un surcroît d'information externe ou interne qui génère un stress organisationnel (Hafsi et Fabi, 1997), il présente est l'état de ce qui évolue, se modifie (Grouard et Meston, 1998).

Selon Meir (2007), le changement est une modification significative d'un état, d'une relation ou d'une situation dans le contexte politique, économique et social de l'entreprise, dont les éléments affectent les personnes qui y travaillent. Il peut aussi bien concerner l'évolution de la structure et des modes de gestion que la transformation des dimensions culturelles et humaines de l'entreprise (valeurs, normes, comportements) (Meier, 2007).

2.3.1 Le changement organisationnel

Le changement organisationnel est lié à l'apprentissage. C'est un processus géré par un responsable, afin de développer une nouvelle forme de l'organisation qui s'adapte avec l'existante, de plus, le changement organisationnel permet d'apprendre de nouvelles façons de travail et de développer le sens relationnel et de coopération (Bernoux, 2004).

Le changement organisationnel est une transition concrète d'un système des relations ou des situations d'une organisation. Il peut aussi bien concerner l'évolution des métiers-activités de la structure et des modes de gestion, que la transformation des dimensions culturelle, humaine et sociale de l'entreprise. Il est par conséquent un phénomène incontournable dans le vécu de chaque entreprise et dans les analyses de la gestion des organisations (Meier, O. 2007). Dans le même sens Chavel (2000), affirme que le changement est une manière contemporaine de gérer l'entreprise, fondée sur un mouvement perpétuel de destruction, et de création de l'organisation.

2.3.2 Les facteurs potentiels de la conduite du changement

Chaque organisation pourra faire face aux différentes difficultés et situations complexes au niveau du processus, des politiques, des technologies et outils utilisés..., et cela peut déclencher un besoin au changement, le Tableau 4 présente plusieurs facteurs potentiels de la conduite du changement avec une explication détaillée.

Tableau 4 : Facteurs potentiels de la conduite du changement

Facteurs potentiels	Explications
Le Climat économique	C'est l'état de l'économie dans son ensemble. En cas de récession, une entreprise peut être obligée de licencier des travailleurs, ce qui nécessite une restructuration.
La demande et le comportement des consommateurs	Le mode de vie des gens et la façon dont ils achètent, travaillent et passent leur temps libre sont en constante évolution. Depuis l'avènement d'Internet, ces changements se sont produits à un rythme beaucoup plus rapide.
Les nouvelles technologies	Les nouveaux systèmes et dispositifs de haute technologie ont complètement changé la façon dont les entreprises commerciales font des affaires et interagissent avec d'autres entités sur le marché.
Le marché concurrentiel	Si un nouveau concurrent arrive sur le marché avec des comportements commerciaux complètement différents, les autres acteurs devront peut-être s'adapter, surtout si ce concurrent parvient à gagner des parts de marché.
Les règlements ou politique gouvernementale	Lorsque les entreprises sont confrontées à une nouvelle législation ou à de nouvelles règles imposées par les autorités réglementaires compétentes, elles doivent non seulement les respecter mais s'y adapter pour qu'elles puissent continuer à prospérer.

Source : Manon Sobraques, Journal du net, 2018

2.3.3 Les approches de la conduite du changement

Généralement les organisations font appel aux cabinets de conseil externes pour une réalisation du processus de la conduite du changement.

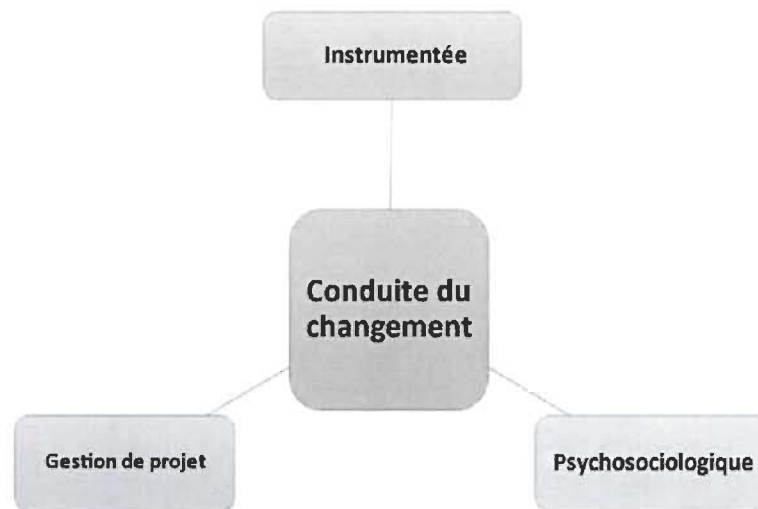


Figure 5 : Modèle des approches de la conduite du changement, Source : Autissier & al., (2003)

Ce processus est structuré en trois approches principales (Figure 5), qui sont l'approche de la gestion de projet qui est liée au pilotage du projet et à la communication, l'approche instrumentée qui se base sur des plans de formation, des plans d'impact et de communication, et ils sont généralement gérés par des grands cabinets de conseil, et enfin l'approche psychologique qui sert généralement à traiter les facteurs et les causes de résistance au changement (Tableau 5).

Tableau 5 : Les approches de la conduite du changement (Source : Autissier & al., 2003)

Les approches de la conduite au changement	Explications
La conduite du changement « instrumentée »	Ce type de conduite du changement est généralement utilisé par les grands cabinets de conseil qui présentent un processus de changement en utilisant des études d'impacts, de plans de formation ainsi que de plans de communication.
La conduite du changement « psychosociologique »	Ce type de conduite du changement est surtout utilisé pour traiter les facteurs de résistances. Il est généralement proposé par les cabinets de conseil de petites tailles. La conduite du changement psychosociologique permet la compréhension des différents acteurs, l'analyse des résistances et l'identification des causes de ces résistances.
La conduite du changement de « gestion de projet »	C'est l'approche la plus complète, car elle permet la mesure des étapes du changement et le suivi du changement. Ce type de conduite du changement traite généralement la communication et le pilotage du projet.

2.3.4 Les modèles de la conduite du changement

- **Modèle de Lewin**

Kurt Lewin a introduit trois phases principales de la conduite du changement :

- Unfreeze, c'est l'étape de la sensibilisation des collaborateurs pour le changement ;
- Change, c'est l'étape d'application et de l'adoption du changement ;
- Refreeze, c'est la dernière étape du changement, et elle sert à stimuler l'utilisation des nouvelles outils et méthodes adoptées (Figure 6).

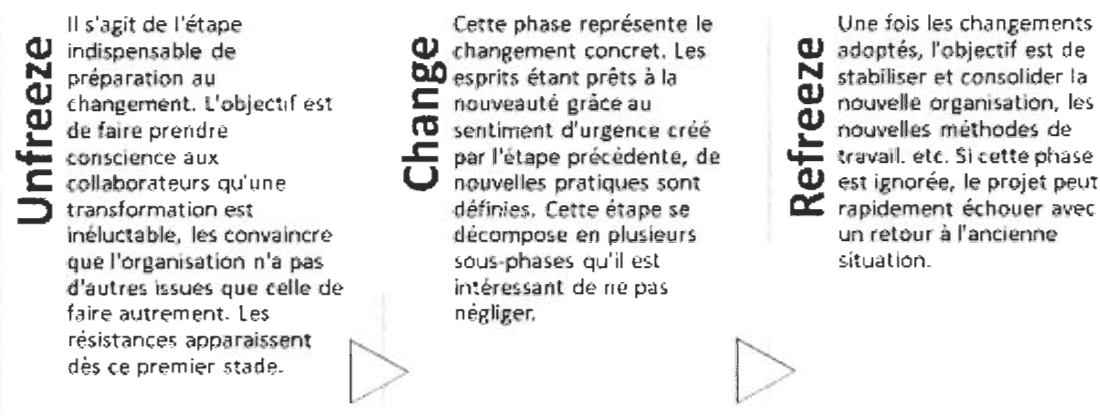


Figure 6 : Modèle de Lewin de la conduite du changement (source : Kurt Lewin, 1947)

C'est un modèle qui simplifie les grandes lignes de toute transformation et implique les bases d'une stratégie de gestion du changement réussie.

- **Modèle de Kotter**

Kotter a proposé un modèle afin de réussir le changement dans son ouvrage : *Leading Change* (1996). Son processus contient 8 étapes :

1. **Créer l'urgence** : Il faut que tous les acteurs soient convaincus de la nécessité de changer et de son urgence pour les motiver et les préparer aux phases suivantes.
2. **Créer une équipe de pilotage** : il faut chercher dans l'organisation les personnes leaders qui ont une influence et un charisme en raison de leur statut, leur position et leur expertise et les intégrer dans le groupe pilote qui a pour but de maintenir le sentiment d'urgence et de la nécessité du changement.
3. **Développer une stratégie** : Durant cette étape les acteurs sont amenés à bien comprendre ce qu'ils doivent faire et pourquoi ils le font. Une fois la vision et la stratégie sont définies, le groupe pilote doit les communiquer.
4. **Communiquer la stratégie du changement** : Il est essentiel de communiquer régulièrement sur la vision. Toutes les actions menées doivent être définies selon la vision et rattachées à elle.
5. **Responsabiliser les salariés** : mettre en œuvre la vision en se focalisant sur la responsabilisation des acteurs. Ils deviennent ainsi des relais motivés et efficaces pour transmettre et diffuser la démarche de changement au niveau de toute l'entreprise
6. **Générer des victoires rapides** : générer des succès rapides qui permettent de maintenir la dynamique produite dans les phases précédentes par l'encouragement des plus motivés et le découragement des plus réfractaires au changement. L'obtention de succès rapides dépend des objectifs réalisables à court terme.
7. **Consolider les gains et produire plus de changements** : il faut utiliser les succès rapides comme des leviers. Chaque succès doit être supporté par une analyse pour définir les points parfaitement fonctionnels, mais aussi ceux qui doivent être améliorés. C'est le moyen efficace pour l'implantation progressive et pour l'amélioration continue en fixant toujours de nouveaux objectifs.

8. **Ancrer les nouvelles mesures dans la culture d'entreprise** : à partir des résultats obtenus, les acteurs s'adaptent progressivement

- **Le modèle de changement agile**

Pour réussir le changement, Autissier (2015) a proposé un nouveau modèle appelé : Changement agile (Figure 7).

Le modèle se compose de 3 phases : « Définir », « Expérimenter » et « Ancrer » :

Définir : cette phase est réalisée au tout début du projet. « Il s'agit de créer une intelligibilité du changement pour l'ensemble des parties prenantes afin que ces dernières prennent conscience du rôle qu'elles auront à jouer. Cette phase de diagnostic de l'existant transforme les discours du changement en feuille de route opérationnelle. La qualification du changement consiste à identifier les changements, les acteurs concernés et le contexte. Cela est complété par le diagnostic socio-organisationnel qui définit les irritants et les résistances. Le diagnostic consiste à identifier les changements, les acteurs concernés, la culture et les irritants.

Expérimenter : cette phase est composée de deux cycles combinatoires : un cycle d'ateliers ou d'accompagnement et un cycle de pilotage. Le premier comprend des ateliers participatifs, des expériences et des moments pédagogiques pour faire prendre conscience aux bénéficiaires à la fois de l'importance et du contenu du changement et les adapter au changement. Le deuxième aide à avoir une idée complète, selon des périodicités différentes, sur la réalisation du changement par des enquêtes et des analyses sémantiques de contenu échangées sur les réseaux sociaux de l'organisation (Figure 7).

Ancrer : et/ou gérer les transformations ; « Les productions de cette phase ne traitent pas d'un projet en particulier, mais de l'ensemble des projets au service de la transformation globale de l'entreprise ».

Le changement agile permet de relever deux enjeux très actuels : l'enjeu du collaboratif et l'enjeu du numérique. Ces deux modèles permettent de cerner cette mutation et de l'orienter en suivant des étapes précises qui permettent de coordonner toutes les actions composantes de cette mutation numérique, de la conduire et d'assurer l'implication de tous les acteurs afin d'arriver à son succès.

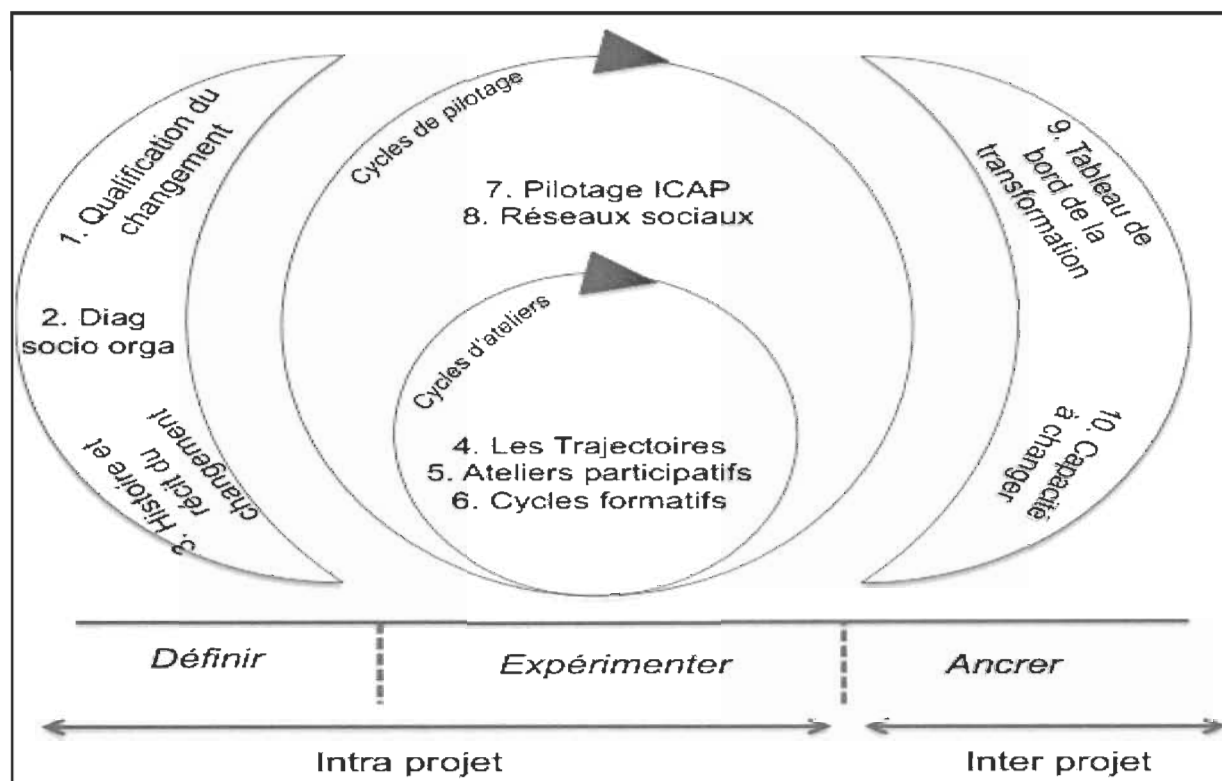


Figure 7: Modèle du changement agile, source : Autissier & al., (2015)

2.3.5 La conduite du changement et la transformation numérique

La conduite du changement numérique a fait ses premières apparitions avec l'évolution des projets informatiques ; le concept émerge alors comme une solution aux besoins de ces organisations afin de faciliter leur transition vers des méthodes technologiques.

Bill Kirst, senior manager à West Monroe Partners a déclaré : « Lorsque vous implémentiez la technologie, vous vous concentriez beaucoup sur le processus, puis vous regardiez quel en serait l'impact sur les gens, ensuite, vous évalueriez cet impact et vous rédigeriez un plan de gestion du changement. Cependant, avec la transformation numérique, la conduite du changement est devenue une première étape. Avant de vous attaquer à tout aspect d'un projet de transformation numérique, la pratique principale consiste à amener les gens à avoir cette conversation sur le changement à venir. »

Selon Autissier (2015), il y a trois principaux leviers dans n'importe quel projet de changement, qui sont la communication et la formation, que l'on appelle classiques, ainsi que

l'accompagnement. Quant à Tonnelé (2011), pour accompagner et conduire le changement, ce dernier a proposé 65 outils et méthodes (Figure 8).

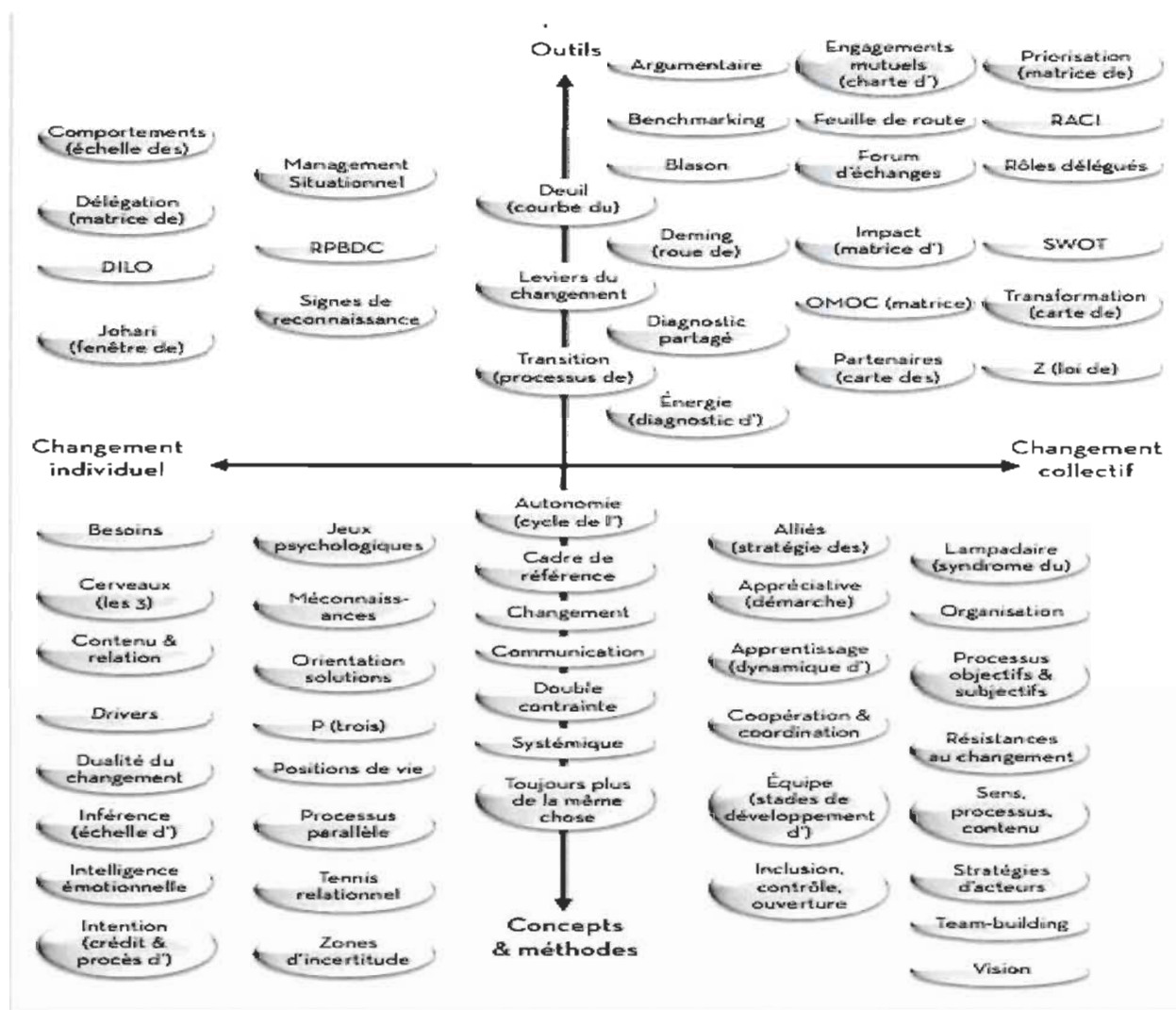


Figure 8 : Outils et méthodes de conduite du changement, Source : Tonnelé, (2011)

2.3.6 Les styles de la conduite du changement

Selon Johnson et Scholes (1997), les types des démarches à suivre de la conduite du changement sont :

- Le style Education/communication : Dans ce modèle, l'équipe de direction finalise et présente les démarches du changement à tous les acteurs afin les impliquer.

- Le style Collaboration/Participation : Dans ce modèle l'équipe de direction explique le changement aux agents, qui peuvent contribuer à son élaboration et son déploiement. C'est un changement progressif et volontaire.

- Le style Intervention : dans le cas de la nécessité du changement, l'organisation fait appel généralement à des cabinets de consultants pour la mise en œuvre le changement, et pour l'élaboration de la démarche à appliquer, tout en veillant de son acceptation. Ce modèle est nommé aussi « innovant » (Paquier, 2005).

- Le style Direction/Coercition, appelé aussi modèle « technocrate » (Paquier 2005), qui est un modèle basé sur l'autorité. À la suite d'une crise dans l'organisation, une équipe de la direction prend en charge le problème et pour faire appliquer les agents les tâches demandés sans les valoriser.

2.4. LES COMPETENCES EN GESTION DE PROJET

À l'époque, le management de projet a représenté un défi croissant et nécessite des compétences, des connaissances et des attributs comportementaux des chefs de projet nécessaires pour déterminer toutes exigences du projet, fixer des buts et finalités clairs et réalisables, établir un équilibre entre la qualité, le temps et le coût, et ajuster les plans et les approches des différentes espérances des intervenants, et enfin, assurer une gestion efficace dans des situations incertaines et inattendues (Ahsan, 2013, Pandya, 2014, Ramazani, 2015, Jabar, 2018). De plus, la complexité est par ailleurs observée dans le domaine de la recherche et développement, des innovations et du potentiel d'absorption des entreprises (Vlacic et al, 2019). Lofrani-Fedida (2014) définit les compétences autant que : « la capacité d'un individu, d'une équipe ou d'une organisation à désigner et combiner des ressources, telles que des perceptions et des comportements afin de réaliser une ou plusieurs actions concernant une certaine situation ». Ahsan (2013) explique les compétences comme des composants qui incluent des connaissances, des aptitudes et des capacités dans le but d'améliorer les performances. Zadeh (2016) défini les compétences comme un concept lié à la personne et aux dimensions comportementales qui sont à la base d'une performance compétente. Afin d'aider les managers des projets à résoudre des problèmes pratiques et à répondre à l'intérêt croissant pour les compétences en leur domaine, plusieurs associations professionnelles ont développé leurs pratiques et normes en gérance des projets pour l'évaluation, la croissance et la certification (Farashah, 2019, Crawford, 2005).

Kerzner (2009) souligne même que les organisations du 21^e siècle remplaceront les descriptions de poste par des modèles de compétences, car les descriptions de poste de gestion de projet soulignent les attentes du chef de projet, tandis que les modèles de compétences mettent l'accent sur les compétences spécifiques nécessaires pour produire des livrables. Cette partie donne un aperçu théorique des compétences en gestion de projet. Les compétences seront présentées à travers les typologies des principales organisations mondiales de gestion de projet.

2.4.1 Les compétences liées à la gestion de projet en construction

Les projets relatifs à la construction concernent apparemment les personnes et l'influence qu'ils exercent sur le processus de construction (Seymour et al., 1997). Il y a une prise de conscience croissante que la gestion technique des processus de projet ne suffit pas à générer des résultats de projet réussis, les compétences de ceux qui dirigent et mettent en œuvre les processus sont également importantes (Nahod et al., 2013). En collaboration avec le chef de projet, les grands projets d'infrastructure fonctionnent en utilisant des équipes travaillant en collaboration pour un résultat réussi du projet. La bonne compétence démontrée par les membres individuels de l'équipe soutiendra les processus de base du projet, tout en établissant des compétences plus efficaces au sein des entreprises à partir desquelles les membres de l'équipe opèrent (Succar et al., 2013 ; Murphy, 2014). La compétence fournit un point de départ pour relier les niveaux d'analyse individuelle et organisationnelle (Salvato et Rerup, 2011, p. 474).

Pour établir la performance d'un projet, il est donc important d'établir la compétence des individus qui forment les équipes.

2.4.2 Compétences des chefs de projet au regard des normes de pratique

L'International Project Management Association (IPMA) a publié la première norme de compétence en gestion de projet en 1997, l'ICB (Individual compétence baseline) a publié ensuite une version améliorée en 2006, avec un accent accru sur les compétences contextuelles et comportementales (IPMA, 2006). De même, la définition de la compétence personnelle du Project Management Institute (PMI) est « les comportements, les motivations, les traits, les attitudes et les concepts de soi qui permettent à une personne de gérer avec succès un projet » (PMBok, 2013). ICB.4 présente 28 compétences de chefs de projet dans les trois groupes de personnes, pratique et perspective. Une autre catégorisation du cadre de la PMI est le PMCD

(Project Management Competency Development), ou le développement des compétences en gestion de projet, qui a publié en 2002, 16 compétences des chefs de projet, et elles sont divisées en deux groupes, la performance et les compétences personnelles. La norme de l'association du management de projet (APM) est une autre référence qui considère 27 compétences basées sur les résultats que les professionnels du projet doivent atteindre, et chaque compétence comprend une série de critères couvrant les connaissances et l'application. Elle comprend également une échelle d'évaluation, de 5 points pour évaluer les performances par rapport aux critères d'application et de connaissances (conscient, pratiqué, compétent, expérimenté, expert) (APM 2020).

2.4.3 Les compétences liées au BIM

En se concentrant sur les rôles des spécialistes BIM, Barison et Santos (2010), ont identifiés les positions qu'un professionnel BIM peut prendre en interne et en externe dans une organisation ainsi que leurs fonctions et responsabilités respectives.

Les Consultants BIM et Gestionnaires BIM ont un rôle important dans la transition de la pratique actuelle vers la livraison de projet intégré et vers le BIM, étant principalement responsables du plan du passage au BIM dans les organisations. L'ancien opérateur de la conception assistée par ordinateur (CAO) pourrait peut-être travailler en tant que Modeleur BIM pour acquérir de nouvelles compétences et connaissances, mais certains ont tendance à résister au changement. Un gestionnaire CAO pourrait devenir un Gestionnaire BIM s'il acquiert de nouvelles connaissances, capacités et compétences. Cependant, il n'est pas recommandé qu'un gestionnaire CAO exécute le plan de l'implémentation du processus BIM dans l'organisation, car cette tâche nécessite du temps et du dévouement (Barison & Santos, 2010).

En se basant sur la liste des rôles et métiers BIM établis par Barison et Santos (2010) qui a inclut les différents nouveaux rôles et spécialités reliés à l'utilisation de la méthode BIM (Chercheur BIM, Consultant avancé BIM, Gestionnaire BIM, Modeleur BIM...), Botton et Forgues (2017) ont proposés trois principaux types de compétences liées et spécifiques au processus BIM (Figure 9), qui sont les compétences en modélisation qui sont liées à la technologie, les compétences en gestion liées au processus, et les compétences en standards et théories qui sont liées aux politiques organisationnelles (Botton & al., 2017).

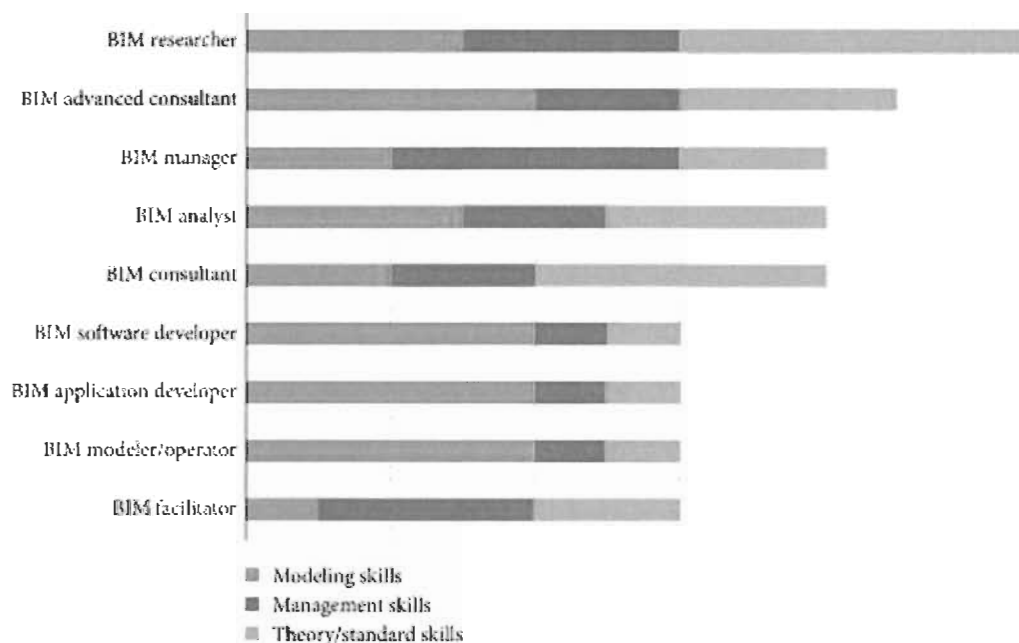


Figure 9 : Groupes des compétences et métiers liés au BIM, Source : Boton (2017)

Selon Succar et al., (2013), les compétences BIM individuelles sont les traits personnels, les connaissances professionnelles et les capacités techniques requises par un individu pour effectuer une activité BIM ou fournir un résultat lié au BIM. Ces capacités, activités ou résultats doivent être mesurables par rapport aux normes de performance et peuvent être acquis ou améliorés par l'éducation, la formation et/ou le développement.

La hiérarchie des compétences BIM est une taxonomie organisant les compétences BIM en clusters significatifs, exhaustifs et mutuellement exclusifs (Figure 10), Ce regroupement est axé sur des objectifs et vise à simplifier un grand système en le décomposant en sous-systèmes plus petits (Succar & al., 2013).

Succar et ses collaborateurs (2013) ont proposés huit domaines de compétences liées au BIM (Figure 10) qui sont :

- 1- Managérial : Leadership, Planification stratégique, Management organisationnel
- 2- Administratif : Administration, politiques et procédures, finances, comptabilité et budgétisation, GRH
- 3- Fonctionnel : Collaboration, Facilitation, Gestion d'équipe et de workflow

- 4- Opération : Design et conception, Analyse et simulation, Quantifier et estimer
- 5- Technique : Modélisation et dessin, Documentation, Model management
- 6- Implémentation : Fondamentaux de la mise en œuvre, Développement de composants, Technical training
- 7- De soutien : IT support, Développement logiciel et web, Dépannage lié au logiciel
- 8- Recherche et développement : General R&D, Coaching, Engagement et partage des connaissances

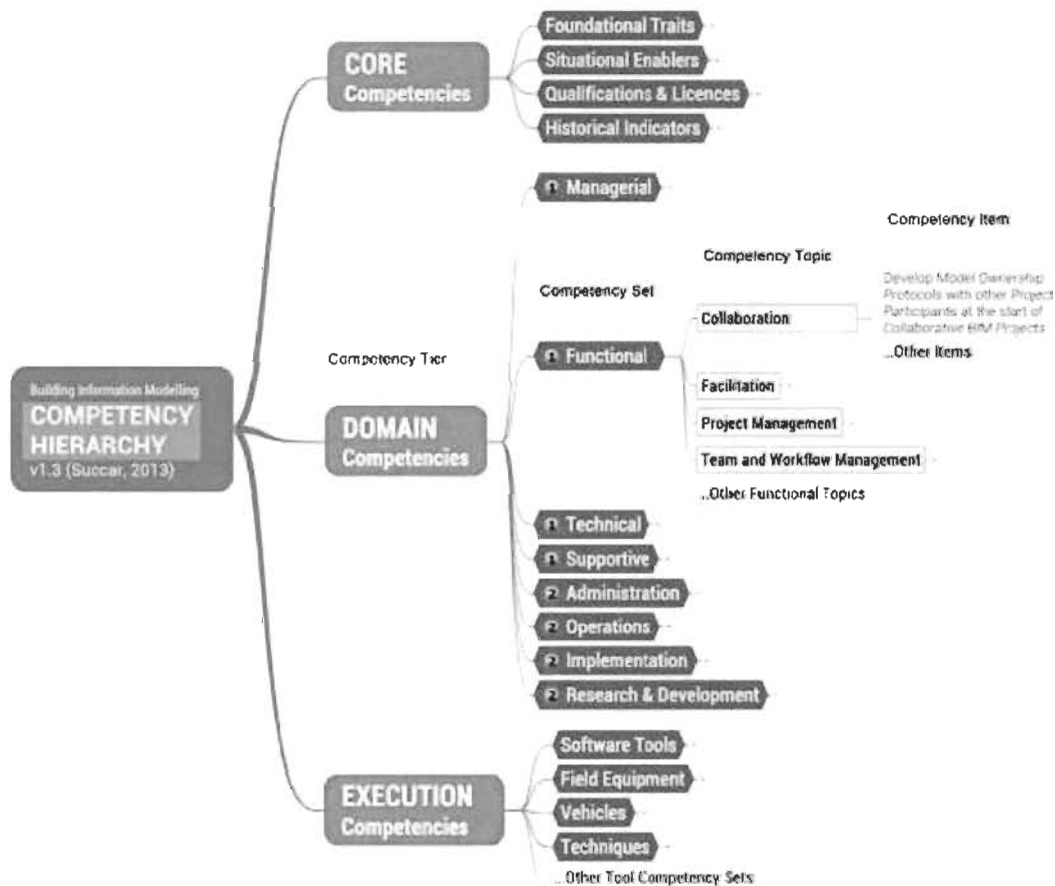


Figure 10 : Taxonomie organisant les compétences BIM en clusters, Source : Succar, 2013.

Dans la taxonomie des compétences (Figure 10), Succar et ses collaborateurs ont proposés d'autres types de compétences, notamment les compétences de base (Core competency), qui sont liées aux traits de caractère fondamentaux et à la qualification et la diplomation en BIM..., et les compétences d'exécution qui sont des compétences liées à la manipulation des différents outils et équipements utilisés.

2.5. HYPOTHESES ET CADRE CONCEPTUEL

L'élaboration des hypothèses est basée sur les trois éléments du cadre conceptuel. Ce dernier est créé selon les objectifs d'analyse de la recherche, qui visent en premier lieu à analyser la corrélation entre les compétences (BIM) des gestionnaires en construction et les différents styles de la conduite du changement afin de réussir la transition vers le BIM. Ensuite, ils visent à comprendre la nécessité de chaque compétence en gestion de projet de construction liée au BIM pour l'adoption du projet BIM et sa réussite dans l'industrie de la rénovation.

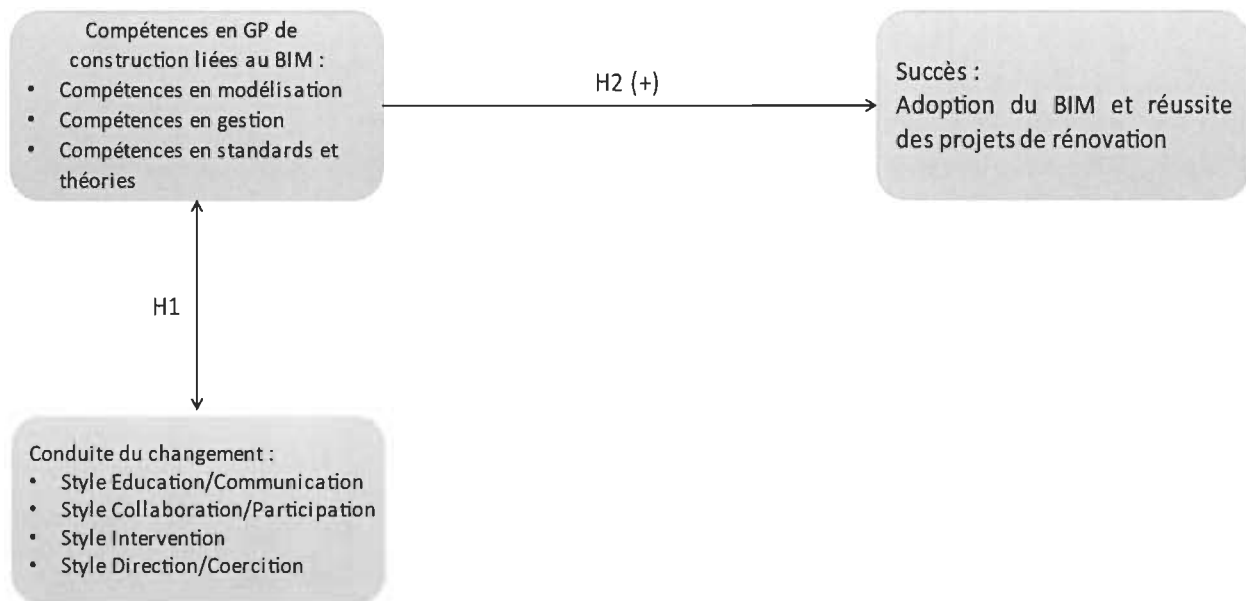


Figure 11 : Cadre conceptuel de la recherche

Les 4 hypothèses selon les objectifs de la recherche sont :

Tableau 6 : Hypothèses de la recherche

Objectifs	Questions de recherche	Hypothèses
O.4 : Etablir la relation mutuelle entre les styles de la conduite du changement et les compétences en gestion de projet de construction liées au BIM.	QR4 Les styles de la conduite de changement influencent-elles les compétences des gestionnaires liées au BIM ?	H1 (O4) La présence des styles de la conduite du changement a une influence positive sur les compétences des gestionnaires liées au BIM.
O.5 : Analyser et comprendre l'importance des compétences spécifiques au BIM pour assurer le succès du BIM dans l'industrie de la rénovation.	<p>QR.5a Les compétences en modélisation liées au BIM, sont-elles nécessaires pour le passage et le succès du BIM dans l'industrie de la rénovation ?</p> <p>QR.5b Les compétences en gestion liées au BIM, sont-elles nécessaires pour le passage et le succès du BIM dans l'industrie de la rénovation ?</p> <p>QR.5c Les compétences en théories et standards liées au BIM, sont-elles nécessaires pour le passage et le succès du BIM dans l'industrie de la rénovation ?</p>	<p>H2a (O5) Les compétences liées au BIM en modélisation ont une influence positive sur l'adoption du projet BIM et son succès dans le secteur de la rénovation.</p> <p>H2b (O5) Les compétences liés au BIM en gestion ont une influence positive sur l'adoption du projet BIM et son succès dans le secteur de la rénovation.</p> <p>H2c (O5) Les compétences liés au BIM en standards et théories ont une influence positive sur l'adoption du projet BIM et son succès dans le secteur de la rénovation.</p>

Et les différentes variables utilisées pour répondre à cette hypothèse sont codifiées de la manière suivante :

Styles de la conduite du changement	Compétences spécifiques au BIM
S1 : Style Education/Communication	C1 : Compétences managériales
S2 : Style Collaboration/Participation	C2 : Compétences fonctionnelles
S3 : Style Intervention	C3 : Compétences en implémentation
S4 : Style Direction/Coercition	C4 : Compétences Administratives

	C5 : Compétences en R&D C6 : Compétences opérationnelles C7 : Compétences techniques C8 : Compétences de soutien
--	---

3 - METHODOLOGIE

Ce chapitre traite la méthodologie de recherche adoptée ainsi que l'ensemble des approches mises en place pour apporter des réponses aux questions de recherche de ce mémoire.

3.1 PERSPECTIVE DE LA RECHERCHE

L'objectif principal de cette recherche est d'étudier l'efficacité et le succès du BIM dans l'industrie de la rénovation, et pour atteindre cet objectif et mieux répondre aux questions de recherche, nous avons effectué une analyse divisée en deux phases, l'étude bibliométrique, et une analyse quantitative basée sur un sondage confirmatoire (Figure 12). Plusieurs chercheurs confirment l'utilité des analyses multiméthodes, qui se concrétise dans l'ampleur de la recherche qui sera élargie en utilisant plusieurs méthodes, et la complémentarité entre les différentes méthodes utilisées afin de décrire et valoriser leurs résultats, et enfin les multiméthodes peuvent être appliquées afin d'identifier la présence d'une contradiction/incohérence dans les résultats (Yin, X, 2019 ; Green, 1989).

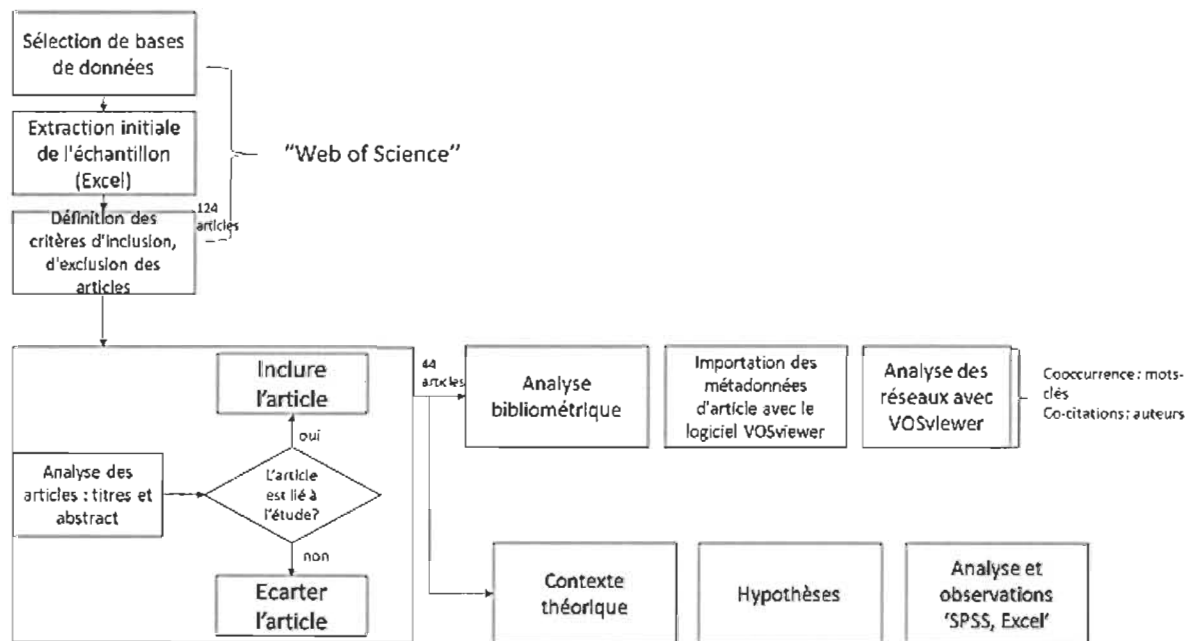


Figure 12 : flux de l'étude

L'approche bibliométrique est un type d'analyse statistique qui vise à visualiser les aspects structurels et dynamiques de la recherche scientifique (Cobo & al., 2011). La cartographie bibliométrique est une technique importante dans le domaine de la bibliométrie qui permet de visualiser le domaine des connaissances et les relations entre les articles, les revues..., (Van Eck & al., 2010). Dans notre recherche nous avons choisi deux types d'analyse bibliométriques, Co-occurrence des mots clés et Co-citations des auteurs, afin de déterminer et observer les tendances actuelles, en relation avec le BIM et l'industrie de la rénovation, et d'étudier des relations entre ses tendances dans la littérature scientifique. Nous avons commencé par une recherche dans la base de données « Web Of Science », durant le mois de janvier 2021, et en utilisant les mots clés : "Build* Information model*" et "as built" et "renovation". On a pu extraire 124 articles et publications liés aux mots clés utilisés (Figure 12), et après la vérification des titres, abstracts et mots-clés de chaque article, nous avons gardé 44 articles pertinents à notre recherche. Ensuite nous avons utilisé le logiciel *VOSviewer* pour produire les graphiques.

Au niveau du sondage, il est élaboré sous forme d'un questionnaire de type confirmatoire, nous avons utilisé la méthode quantitative de type déductif, car nous cherchons à déterminer les rangs d'influence (*likert scale*) en fonction des résultats obtenus. La stratégie est, donc, basée sur les expériences et les points de vue des professionnels en construction pour arriver à des

conclusions. Notre questionnaire vise, sous ses différentes sections, à vérifier la nature de la relation entre les différents styles de la conduite du changement et les compétences liées au BIM, et ensuite, il vise à mesurer l'influence des différentes compétences spécifique au processus BIM sur son succès dans les projets de rénovation.

3.2 DEROULEMENT DU QUESTIONNAIRE

Le questionnaire est présenté sous forme de plusieurs Tableaux (voir Annexe a), et élaboré en prenant en considération les différents points de notre étude.

Notre questionnaire est divisé en trois sections :

Section 1, Afin de déterminer l'âge du répondant(facultatif), le nombre d'années d'expérience dans le secteur de la construction, et le nombre d'années d'expérience en BIM par l'entreprise du répondant.

Section 2, Afin de déterminer l'influence des styles de la conduite de changement sur chaque compétence spécifique au BIM. Cette section contient 8 Tableaux qui permettent d'explorer la première hypothèse qui souligne l'impact de chaque style de conduite de changement sur les 8 domaines de compétences BIM proposés par Succar (2013).

L'échelle adaptée lors de la deuxième section est une échelle allant de « très fort » à « très faible » selon *likert scale*.

Section 3, Cette section contient un seul Tableau, qui englobe dans ses lignes, les huit domaines des compétences proposés par Succar (2013), afin d'identifier leurs degrés d'importance et d'influence sur la réussite du BIM en rénovation.

L'échelle adaptée pour cette section est une échelle allant de « très positif » à « très négatif » selon *likert scale*.

3.3 CHOIX DE L'ECHANTILLON

Afin de rassembler des données portantes sur les relations entre les domaines de la recherche, nous avons distribué, via Google forms, un questionnaire auprès des professionnels au Québec, qui sont des gestionnaires de projets, des consultants et des gestionnaires BIM, des responsables de recherche et de développement, des ingénieurs et des architectes en construction.

Les réponses de ces spécialistes sont inspirées de leurs connaissances et de leurs expériences dans ces domaines, ce qui permet d'examiner les hypothèses énoncées dans la revue de littérature. L'envoi a été effectué durant le mois de janvier 2021, et nous avons pu collecter 30 réponses.

4 - ANALYSE DES RESULTATS

4.1 BIBLIOMETRIE

Nous avons choisi deux types d'analyse bibliométriques :

4.1.1 Co-occurrence des mots clés

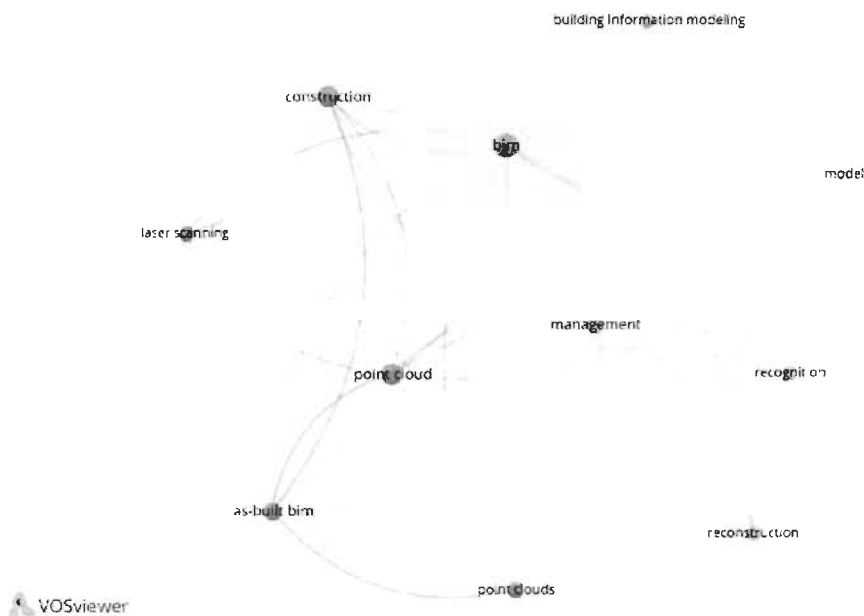


Figure 13 : Co-occurrence des mots clés des articles recherchés

À la suite d'une recherche dans 'Web of science', une recherche manuelle également a été menée pour éliminer les études qui n'entraient pas dans le champ d'application du BIM et de l'industrie de la rénovation. Dans les 44 articles sélectionnés, 11 mots clés qui ont été utilisés dans 5 articles au moins.

Ces mots-clés ont été catégorisés et visualisés pour mettre en évidence les axes de recherche des dernières années. La taille de police des mots-clés indique leur fréquence dans les articles de revue recherchés, et la distance entre deux mots-clés pourrait en déduire leur proximité

et leur liaison, c'est-à-dire, une distance plus petite indique généralement une relation plus forte. Par exemple, *Bim* et *construction* et *laser scanning* ont été discutés ensemble dans la littérature (Figure 13). Les couleurs représentent différents groupes d'éléments ou grappes (Clusters) regroupés par la technique de clustering de VOSviewer. Dans notre exemple, on deux *clusters*, le premier s'articule autour du BIM (Rouge), et le deuxième est dirigé par le mot-clé *Management* (Vert).

4.1.2 Co-citations des auteurs

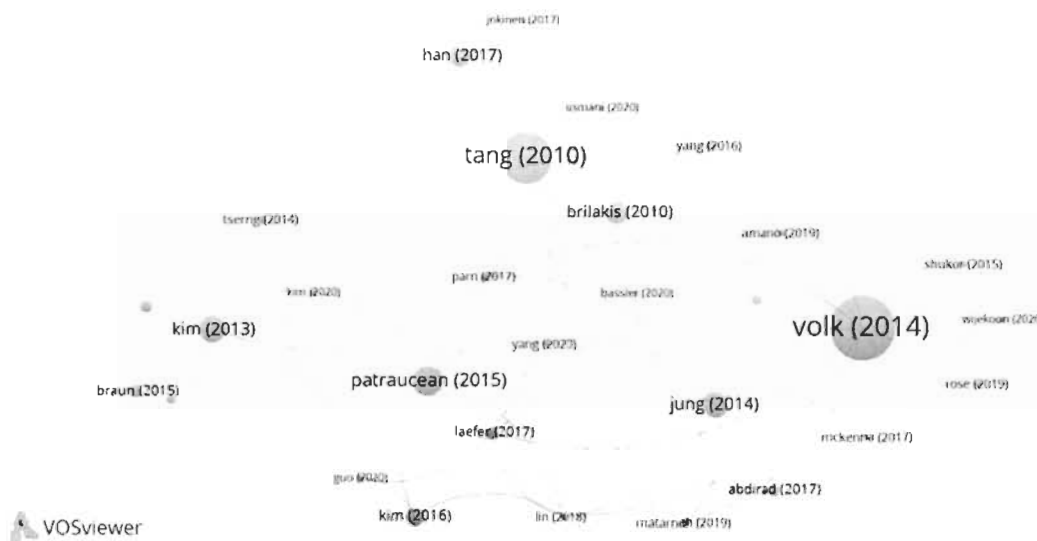


Figure 14 : Co-citations des auteurs des articles recherchés

Les analyses de co-citations des auteurs sont importantes car elles peuvent être considérées comme une approximation de l'impact de la publication dans la communauté universitaire, plus précisément, deux auteurs sont considérés comme co-cités lorsqu'au moins un document de l'œuvre de chaque auteur figure dans la même liste de références, l'œuvre d'un auteur est définie comme l'ensemble des articles desquels l'auteur est le premier auteur (McCain, 1990).

Dans notre analyse, on a filtré les articles qui sont cités au moins 3 fois par les autres auteurs, et on a constaté que l'article de Volk (2014) : '*Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs. Automation in construction, 38, 109-127.*', est l'article le plus cité par les autres

auteurs (642 citations), suivi par l'article de Tang (2010) qui était cité 403 fois par les autres auteurs.

Chaque *Cluster*, est dirigé par l'auteur, qui était cité par les autres auteurs dans leurs articles, et ils partagent des variables étudiées communes. Par exemple, tous les auteurs du groupe bleu dirigé par Volk (2014), analysent dans leurs études le BIM dans les bâtiments existants (Figure 14).

4.2 ANALYSE DU SONDAGE

4.2.1 Analyse descriptive de l'échantillon

La première question, et qui n'était pas obligatoire, vise à déterminer l'âge des répondants, et on constate d'après les résultats que 80% des répondants ont 35 ans et plus (Tableur 7).

Tableau 7 : Age des répondants

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	18-24	1	3,3	3,3	3,3
	25-34	5	16,7	16,7	20,0
	35-44	7	23,3	23,3	43,3
	45-54	11	36,7	36,7	80,0
	55 ans e	6	20,0	20,0	100,0
	Total	30	100,0	100,0	

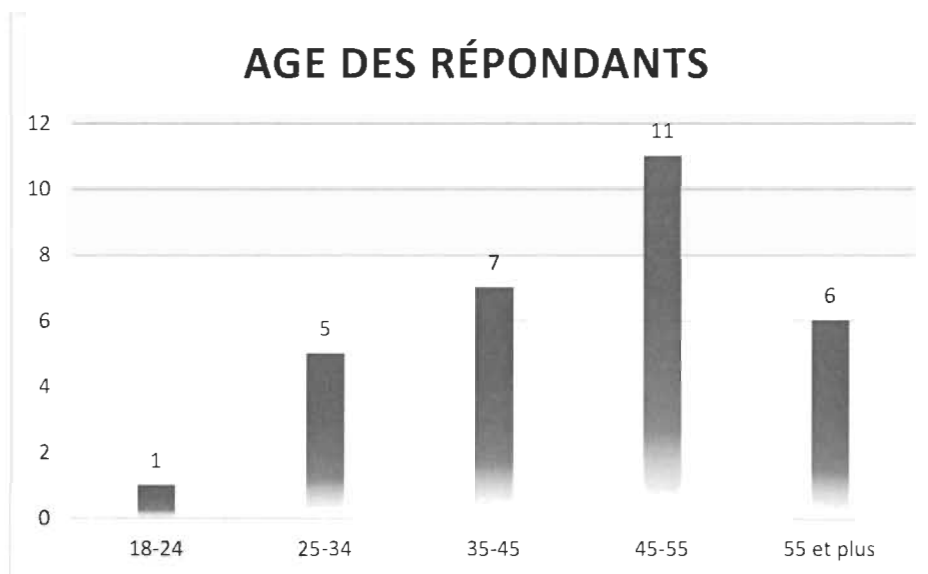


Figure 15 : Age des répondants

En ce qui concerne l'expérience des répondants dans l'industrie de la construction, 36.7% des répondants ont plus que 10 ans d'expérience, et 30% ont une expérience de 6 à 10 ans (Figure 16).

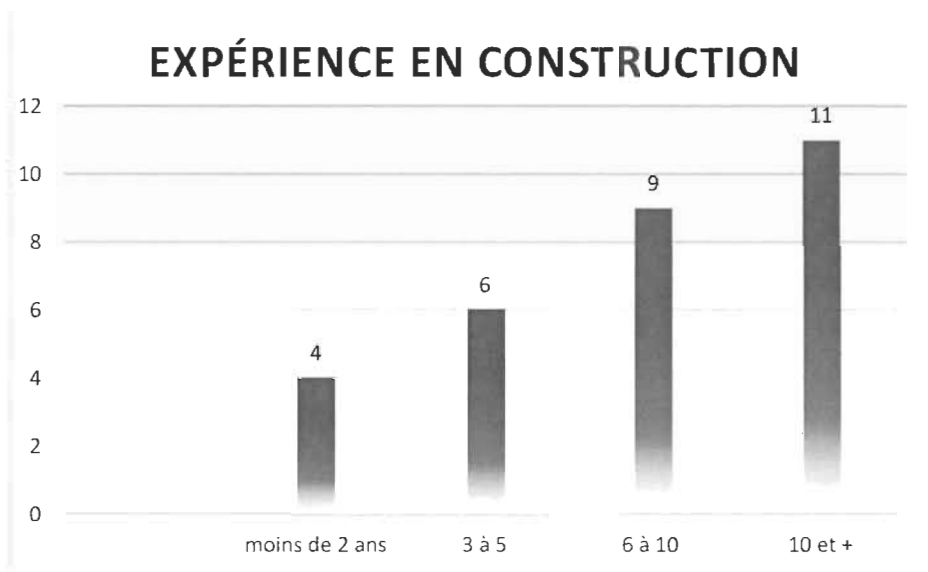


Figure 16 : Expérience des répondants dans l'industrie de la construction

Au niveau de l'utilisation du BIM par les entreprises des répondants, les résultats indiquent que 43.3% des répondants confirment que leurs organisations utilisent le BIM depuis 5 ans ou plus, et 33% l'utilisent depuis 3 à 5 ans (Figure 17).

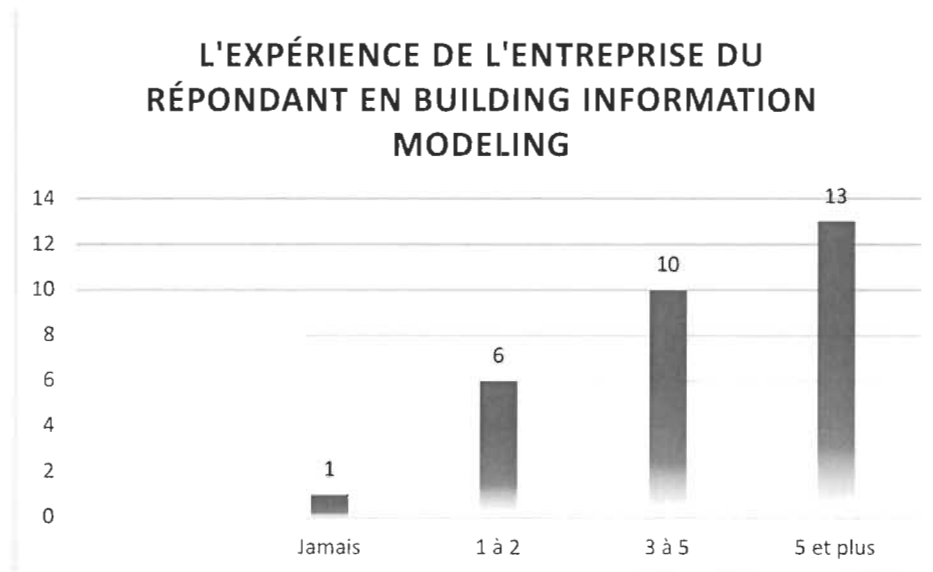


Figure 17 : Expérience des entreprises des répondant en Building information modeling

4.2.2 Analyse de l'hypothèse 1

H1 : La présence des styles de la conduite du changement a une influence positive sur les compétences des gestionnaires liées au BIM.

Cette section a pour objectif d'analyser la relation entre les 8 domaines de compétences spécifiques à l'approche BIM (proposés par Succar, 2013) et les styles de la conduite du changement (Proposés par Johnson et Scholes, 1997 ; Paquier, 2005), afin d'identifier le style le plus adapté et approprié à chaque compétence étudiée.

4.2.2.1 Présentation des résultats

Dans cette partie, nous avons présenté les résultats relatifs à H1 avec des commentaires explicatifs. Chaque Tableau est associé à un graphe qui présente ses données, et correspondant à une compétence en BIM distincte. Les éléments sont classés par rang d'influence et de pertinence de 1 à 5, (1 : plus faible ; 5 : plus fort) selon Likert Scale.

Tableau 8 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C1

	Compétences Managériales (C1)				
	Très faible	Faible	Neutre	Fort	Très fort
Style Education/Communication	0	2	6	10	12
Style Collaboration/Participation	0	2	3	9	16
Style Intervention	3	12	8	6	1
Style Direction/Coercition	2	12	8	4	4

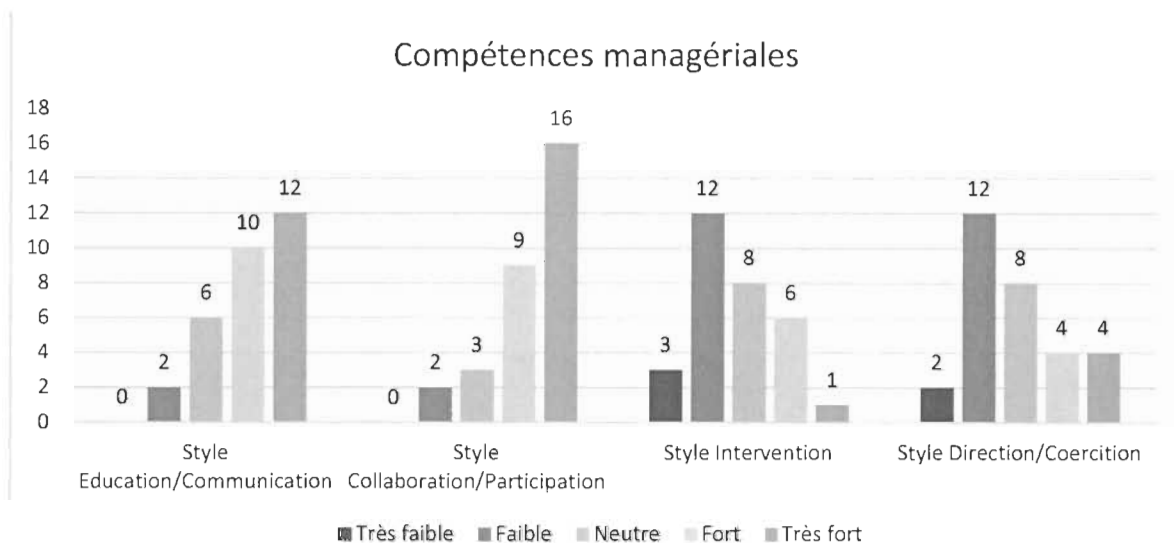


Figure 18 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C1

Les compétences managériales sont fortement influencées par les styles suivants :

Collaboration/Participation avec une influence forte et très forte de (83,3%) ;
Education/Communication avec une influence (73,3%). Les styles **Intervention** et **Direction/Coercition** ont tous les deux un impact faible de (40%) sur les compétences BIM (C1)

On peut déduire alors que les styles S2 et S1 sont les plus appropriés aux compétences managériales en BIM.

Tableau 9 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C2

	Compétences Fonctionnelles (C2)				
	Très faible	Faible	Neutre	Fort	Très fort
Style Education/Communication	0	4	2	12	12
Style Collaboration/Participation	3	3	3	5	16
Style Intervention	1	11	10	5	3
Style Direction/Coercition	5	12	6	4	3

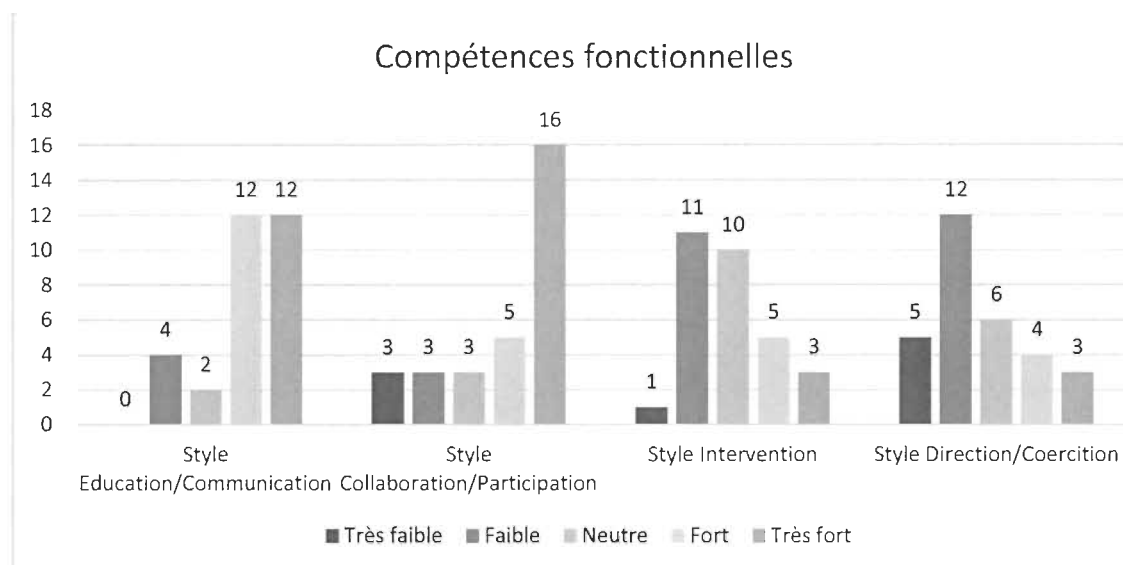


Figure 19 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C2

Le style **Education/Communication** (80%) et le style **Collaboration/Participation** (70%) ont tous les deux un impact fort et très fort sur les compétences fonctionnelles (C2), en ce qui concerne les styles **Intervention** et **Direction/Coercition**, nos répondants ont confirmé qu'ils ont une influence faible voire neutre.

Tableau 10 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C3

	Compétences en implémentation (C3)				
	Très faible	Faible	Neutre	Fort	Très fort
Style Education/Communication	2	4	6	8	10
Style Collaboration/Participation	1	3	7	3	16
Style Intervention	3	10	13	2	2
Style Direction/Coercition	3	17	9	0	1

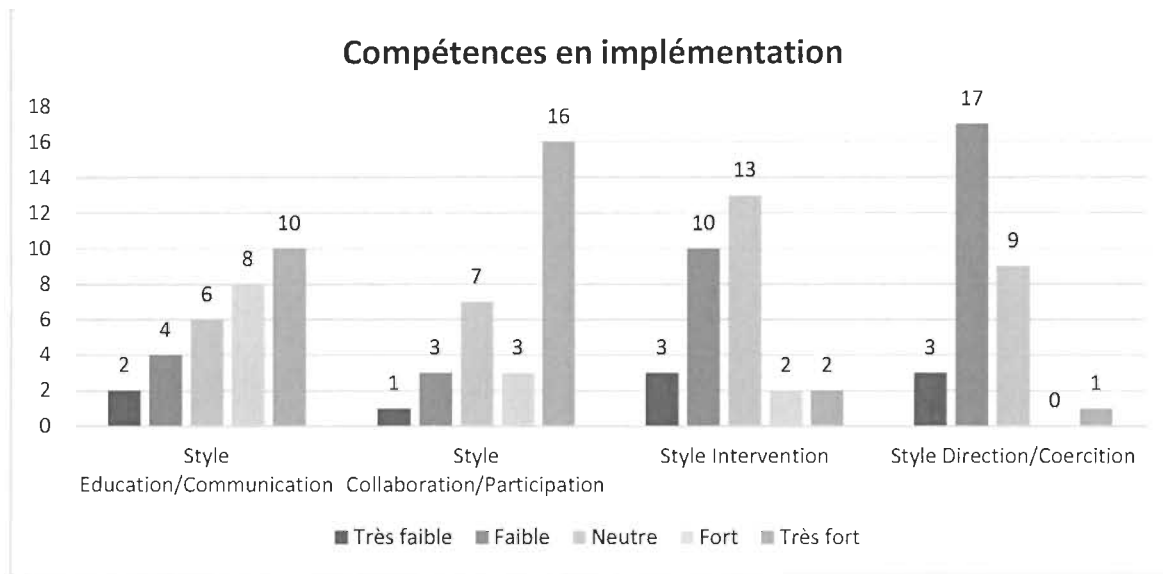


Figure 20 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C3

Les styles de la conduite du changement les plus appropriés pour les compétences en implémentation BIM sont :

- **Collaboration/Participation** avec une influence forte et très forte de 63,3%
- **Education/Communication** avec une influence forte et très forte de 60%

Nos répondants ont indiqué une influence neutre du style **Intervention** (43,3%), ainsi qu'une influence faible et très faible du style **Direction/Coercition** (66,7%) sur les compétences en implémentation.

Tableau 11 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C4

	Compétences Administratives (C4)				
	Très faible	Faible	Neutre	Fort	Très fort
Style Education/Communication	0	3	5	12	10
Style Collaboration/Participation	0	2	4	9	15
Style Intervention	1	10	13	3	3
Style Direction/Coercition	2	9	13	3	3

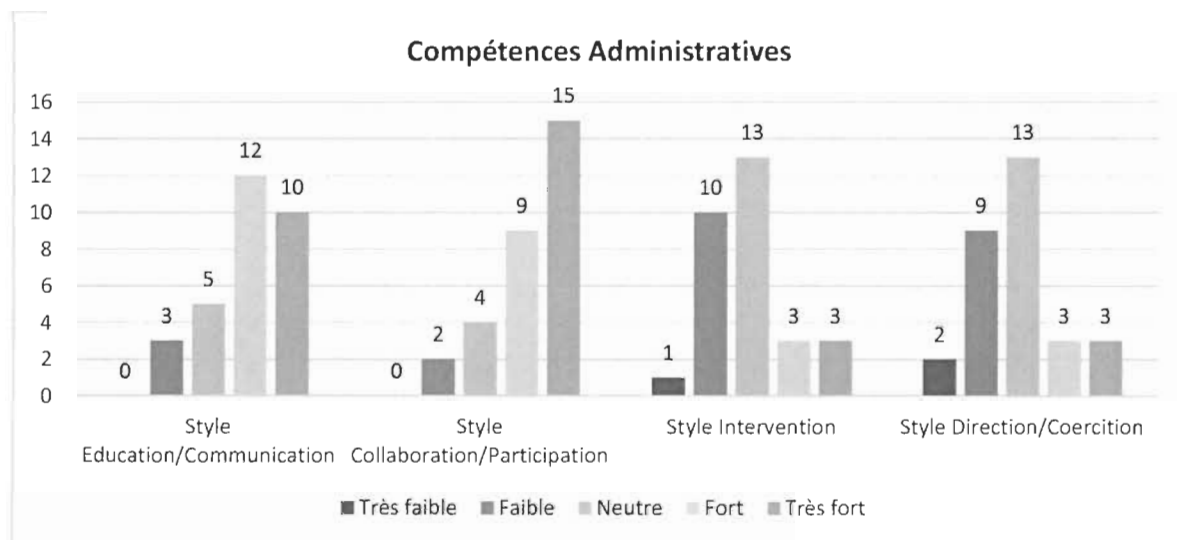


Figure 21 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C4

(80%) des répondants confirment que le style **Collaboration/Participation** influence positivement les compétences administratives, alors que (73,3%) d'eux confirment aussi une influence forte et très forte du style **Education/Communication**.

Tableau 12 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C5

	Compétences en R&D (C5)				
	Très faible	Faible	Neutre	Fort	Très fort
Style Education/Communication	2	3	6	15	4
Style Collaboration/Participation	0	3	8	11	8
Style Intervention	3	16	8	2	1
Style Direction/Coercition	4	14	8	3	1

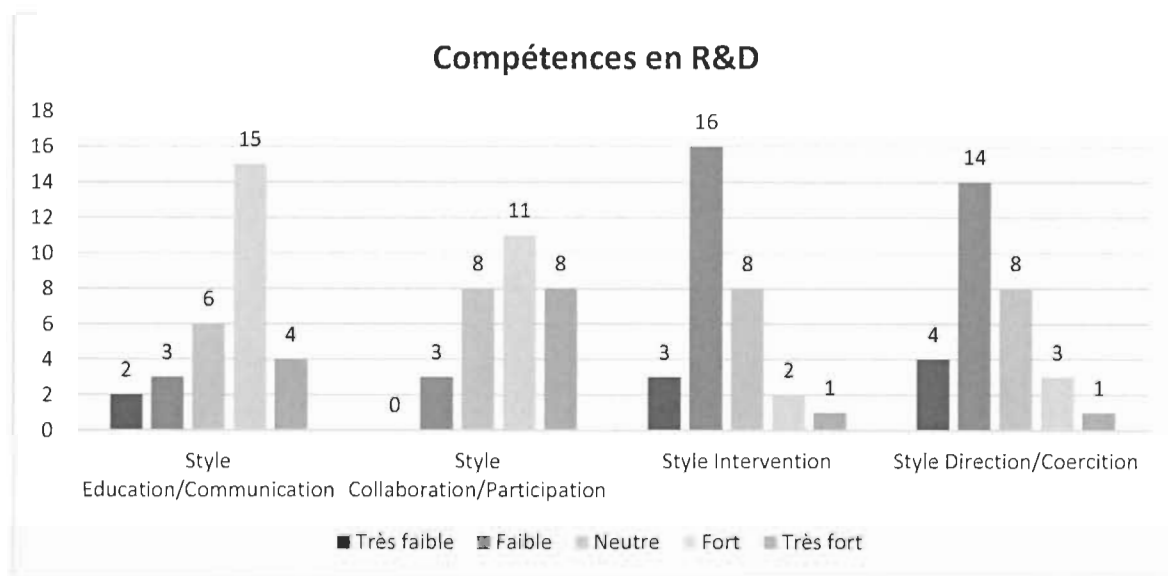


Figure 22 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C5

Le style **Education/Communication** a un impact fort de (50%) et très fort de (13,3%) sur les Compétences BIM (C5). Le style **Collaboration/Participation** influence positivement les compétences en recherche et développement BIM avec un impact fort de (36,7%) et très fort de (26,7%).

Les styles **Intervention** et **Direction/Coercition** ont un impact faible respectivement de (53,3%) et (46,7%) sur les compétences en R&D.

Tableau 13 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C6

	Compétences Opérationnelles (C6)				
	Très faible	Faible	Neutre	Fort	Très fort
Style Education/Communication	1	3	6	9	11
Style Collaboration/Participation	1	3	3	8	15
Style Intervention	2	10	10	8	0
Style Direction/Coercition	2	10	12	5	1

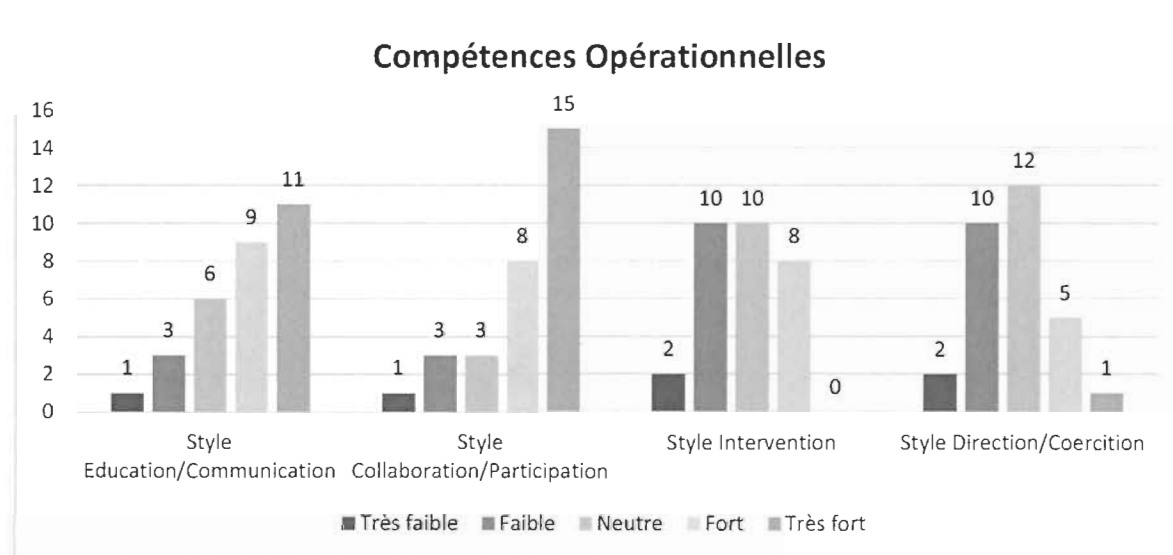


Figure 23 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C6

En ce qui concerne les styles les plus propices pour les compétences opérationnelles (C6), nos répondants ont indiqué les données suivantes :

- **Collaboration/Participation** avec un pourcentage de (76,7%) ;
- **Education/Communication** avec un pourcentage de (66,7%) ;
- **Intervention** (26,7%) ;
- **Direction/Coercition** (20%).

Tableau 14 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C7

	Compétences Techniques (C7)				
	Très faible	Faible	Neutre	Fort	Très fort
Style Education/Communication	0	6	4	9	11
Style Collaboration/Participation	0	4	3	7	16
Style Intervention	3	9	11	5	2
Style Direction/Coercition	4	12	10	4	0

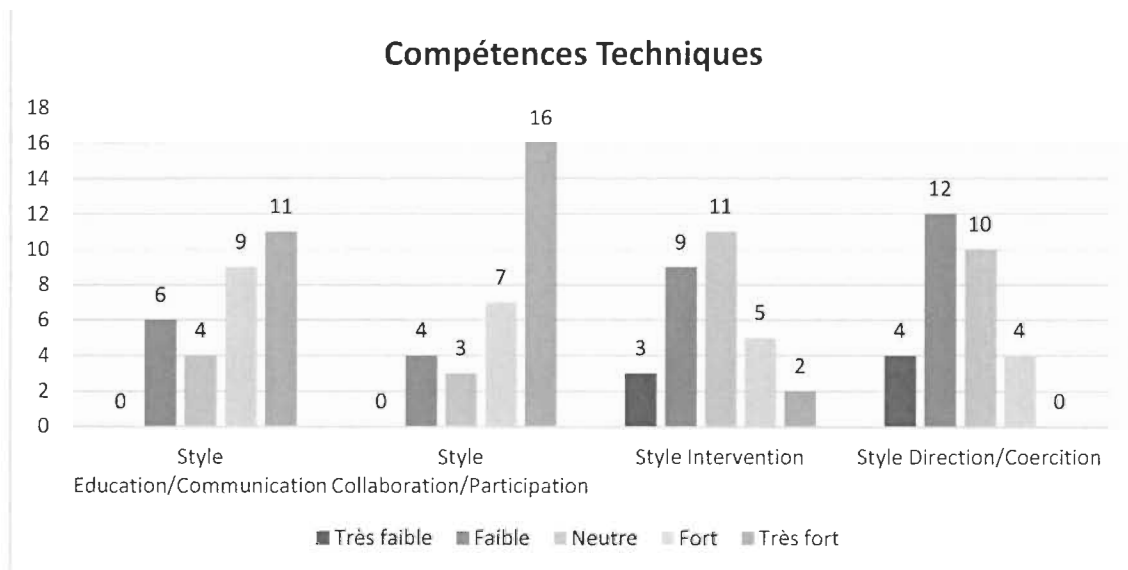


Figure 24 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C7

Au niveau des compétences techniques, nous constatons que la majorité des répondants ont choisi 'fort' et 'très fort' pour le style **Collaboration/Participation** (76,6%), suivi par le style **Education/Communication** (66,7%).

Tableau 15 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C8

	Compétences de Soutien (C8)				
	Très faible	Faible	Neutre	Fort	Très fort
Style Education/Communication	1	3	7	14	5
Style Collaboration/Participation	0	1	7	12	10
Style Intervention	3	11	11	4	1
Style Direction/Coercition	4	9	13	3	1

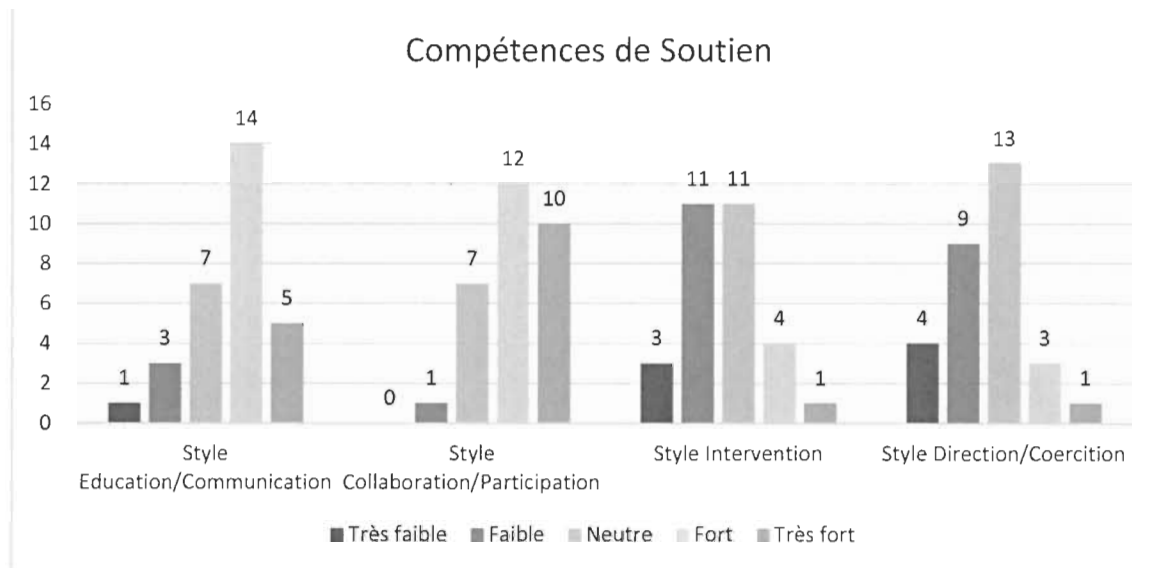


Figure 25 : L'influence des styles de la conduite du changement sur C8

En ce qui concerne les compétences de soutien nécessaires à la mise en œuvre du BIM, les styles **Direction/Coercition** et **Intervention** ont un impact neutre qui est respectivement de (43,3%) et (36,7%). Nos répondants ont aussi indiqué un impact faible de (30%) et (36,7%) respectivement pour les deux.

Le style **Collaboration/Participation** est le style le plus adapté aux compétences de soutien en BIM (C8) avec une influence forte et très forte de (73,3%), suivi par le style **Education/Communication** avec une influence forte et très forte de (63,3%).

4.2.2.2 Vérification de H1

Le Tableau ci-dessous présent l'ensemble des résultats obtenus au niveau de la deuxième section de notre questionnaire, et introduit les styles de la conduite de changement les plus adaptés et appropriés pour chaque compétence spécifique au BIM. Pour faciliter la compréhension des résultats, il est à remarquer que les répondants qui sont 'en accord' et 'fortement en accord' ont été regroupé dans le Tableau 16 (échelles 4 et 5 selon likert scale), c.-à-d. que le Tableau 16 expose le nombre des répondants qui ont choisi les rangs d'influence 4 et 5.

Tableau 16 : Récapitulatif des résultats de l'hypothèse (H1)

	Style Education/Communication S1	Style Collaboration/Participation S2	Style Intervention S3	Style Direction/Coercition S4
Compétences managériales (C1)	22	25	7	8
Compétences fonctionnelles (C2)	24	21	8	7
Compétences en implémentation (C3)	18	19	4	1
Compétences administratives (C4)	22	24	6	6
Compétences en R&D (C5)	19	19	3	4
Compétences opérationnelles (C6)	20	23	8	6
Compétences techniques (C7)	20	23	7	4
Compétences de soutien (C8)	19	22	5	4

La corrélation présentée dans le Tableau des résultats nous permet de remarquer que les compétences spécifiques au BIM sont fortement associées à deux styles de la conduite du changement, qui sont **Collaboration/Participation** et **Education/communication**. Par conséquent, cette conclusion nous permet de confirmer la première hypothèse. Nous notons alors que les deux styles (S1 et S2) peuvent être appliqués dans une organisation ou un projet pour accompagner ses collaborateurs au niveau des compétences BIM durant un changement vers le BIM et gérer les résistances à ce changement.

4.2.3 Analyse de l'hypothèse 2a

H2a : Les compétences liées au BIM en modélisation ont une influence positive sur l'adoption du projet BIM et son succès dans le secteur de la rénovation.

Afin de répondre à cette hypothèse, nous allons analyser les réponses de la troisième section de notre questionnaire, et qui vise à identifier et à classer le degré d'influence de chaque compétence en modélisation BIM sur la mise en œuvre et la réussite du BIM dans les projets de la rénovation. Les compétences en modélisation du BIM sont les compétences techniques, opérationnelles et de soutien (Succar, 2013).

4.2.3.1 Présentation des résultats

Tableau 17 : Influences des compétences en modélisation sur le succès BIM en rénovation

	Compétences BIM en modélisation				
	Très faible	Faible	Neutre	Fort	Très fort
Compétences opérationnelles	1	0	0	10	19
Compétences de soutien	1	1	6	13	9
Compétences techniques	0	1	2	9	18

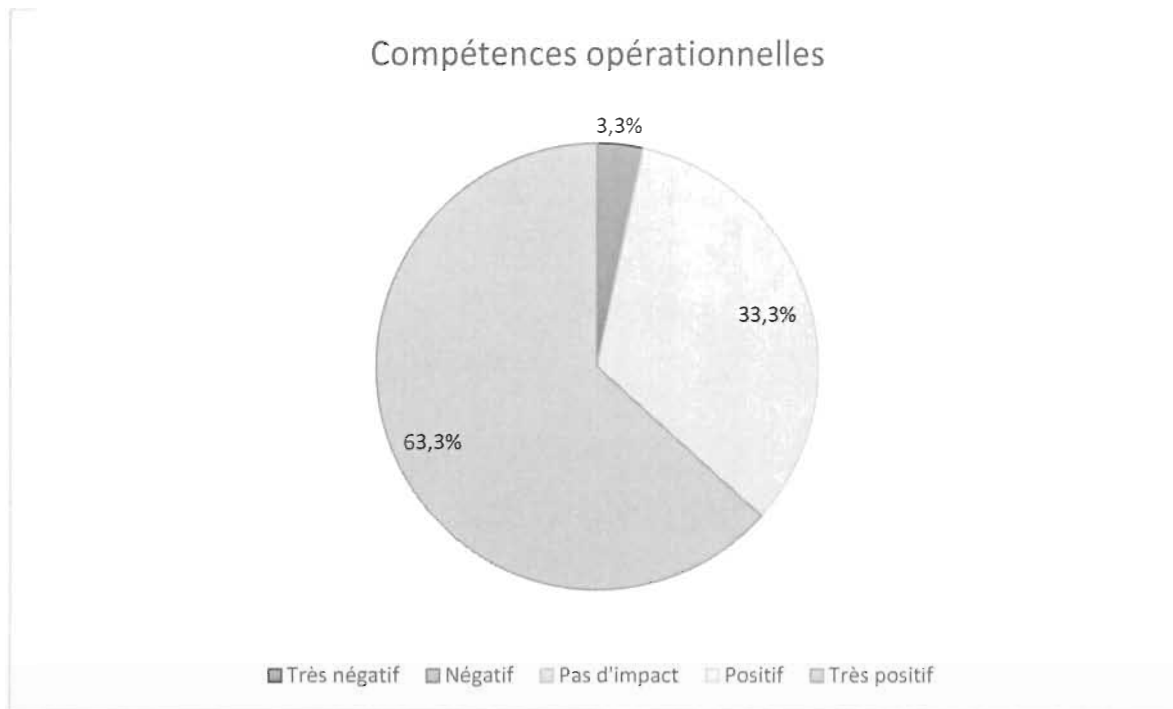


Figure 26 : Influences des compétences opérationnelles sur le succès BIM en rénovation

Nous constatons que 63,3% soit 19 répondants ont un avis très positif à propos de l'influence des compétences opérationnelles en modélisation BIM sur sa mise en œuvre et son succès dans l'industrie de la rénovation, ainsi que 33,3% confirment une influence positive de ce groupe des compétences.

Nous pouvons conclure que les compétences opérationnelles en BIM, tel que la maîtrise des logiciels BIM de conception et de design, sont primordiales pour le succès du BIM dans le secteur de la rénovation.

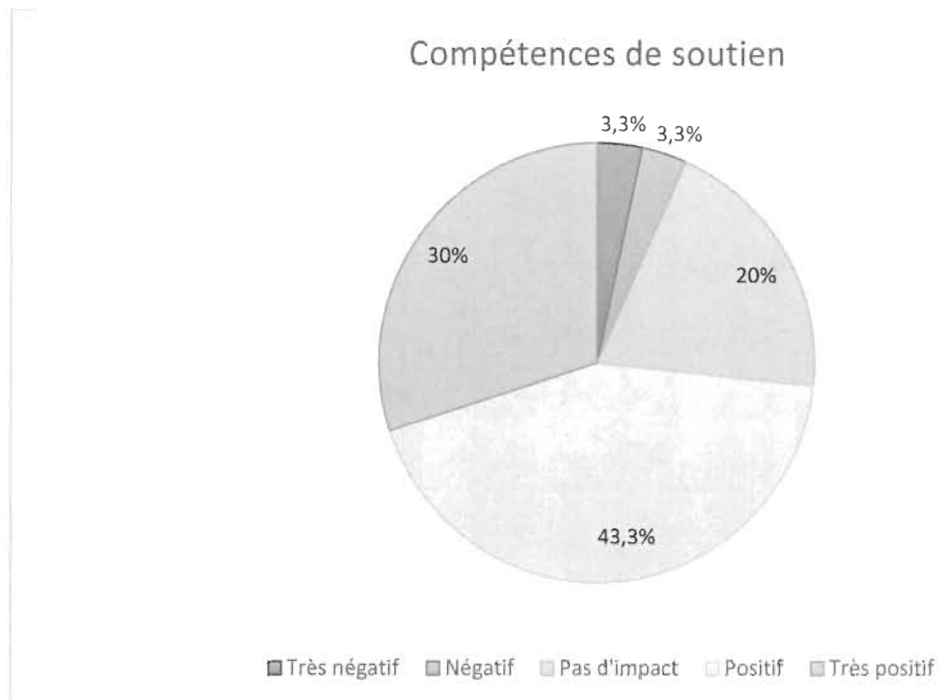


Figure 27 : Influences des compétences de soutien sur le succès BIM en rénovation

Concernant les compétences de soutien (IT support) en *Building Information Modeling*, les réponses confirment que la majorité des répondants sont d'accord avec cette affirmation, 73,3% d'eux ont répondu que l'impact est 'positif' ou 'très positif'. Nous remarquons aussi que 20% pensent que ces compétences n'ont aucune influence sur la mise en œuvre du BIM en rénovation (Neutre).

Nous déduisons alors que lors de l'utilisation du BIM en rénovation, c'est important d'avoir un staff technique qui maîtrise les différentes manipulations relatives au dépannage et développement logiciel.

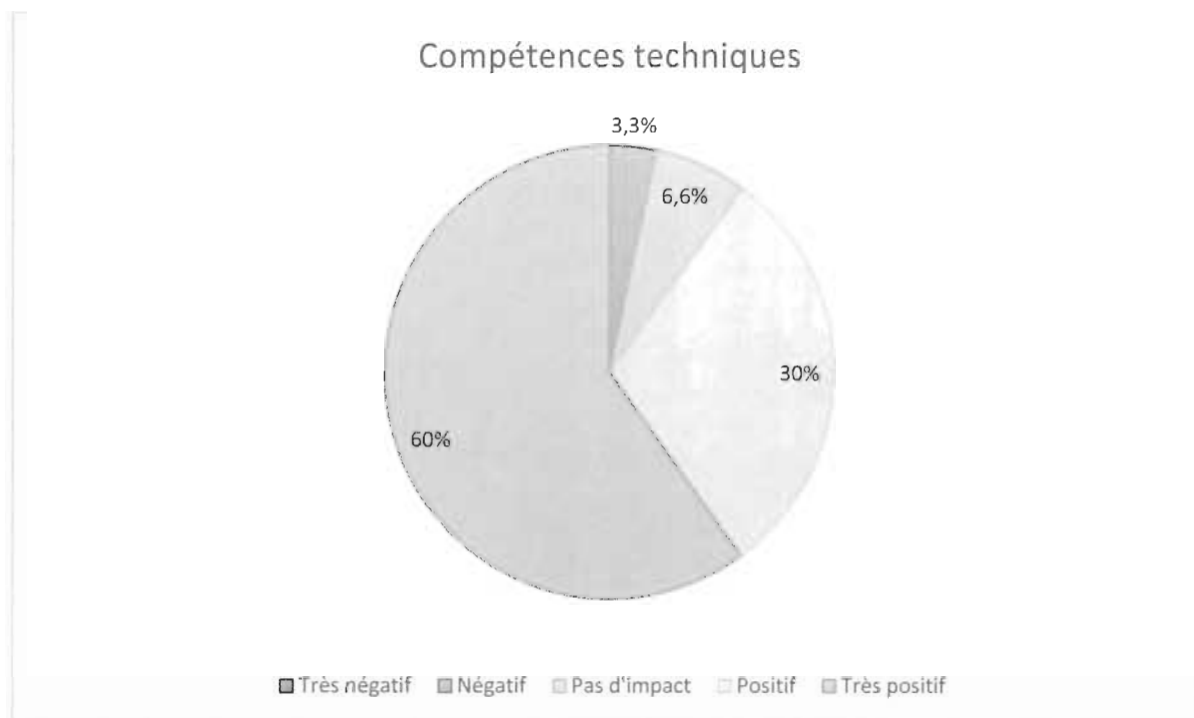


Figure 28 : Influences des compétences techniques sur le succès BIM en rénovation

Seulement 1 répondant qui a un avis négatif à propos de l'influence des compétences techniques spécifiques au BIM sur son l'adopter dans le secteur de la rénovation, sinon 90% des répondants confirment que l'influence de ces compétences est positive ou très positive.

Ces observations nous conduit à remarquer la forte importance des compétences techniques en BIM dans le secteur de la rénovation, qui se manifestent dans la capacité de générer des maquettes numériques (BIMmodels) correspondants à des bâtiments existants (Figure 29).

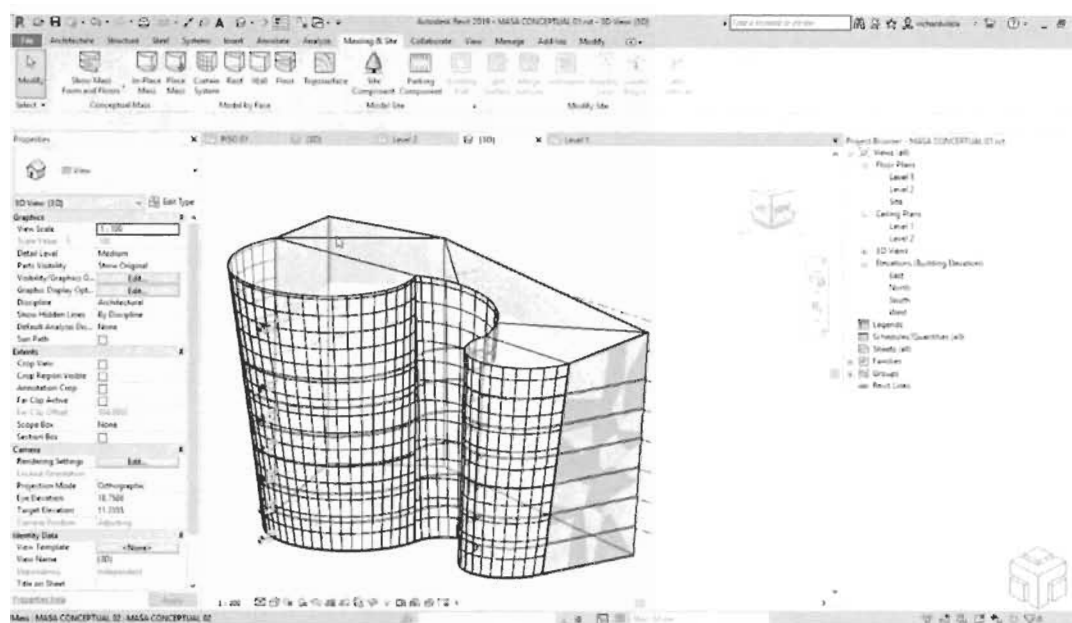


Figure 29 : exemple d'un BIMmodel dans le logiciel REVIT, (source : GoPillar academy)

4.2.3.2 Vérification de H2a

Le Tableau 18 présente un classement des compétences en modélisation les plus nécessaires à la mise en œuvre et la réussite du BIM en rénovation. Il est à remarquer que les répondants qui sont 'en accord' et 'fortement en accord' ont été regroupé afin d'avoir un rang d'influence.

Tableau 18 : classification des compétences en modélisation nécessaires pour le succès BIM en rénovation

Compétences BIM en modélisation	Répondants en accord/fortement en accord
1- Compétences opérationnelles	29
2- Compétences techniques	27
3- Compétences de soutien	22

Après l'analyse et l'interprétation des réponses regardant le groupe des compétences en modélisation BIM, qui inclut les compétences opérationnelles, de soutien, et techniques, nous constatons que les trois éléments sont nécessaires et primordiaux à la mise en œuvre et le succès du BIM dans l'industrie de la rénovation. Cela signifie que lors de l'utilisation du BIM en rénovation, les gestionnaires doivent avoir des capacités et des compétences dans plusieurs

domaines en modélisation du BIM (ex : Design et conception du BIMmodel ; la capacité de tester et développer le fonctionnement des outils et logiciels BIM). Ces résultats nous permettent de confirmer la deuxième hypothèse (H2a).

4.2.4 Analyse de l'hypothèse 2b

H2b : Les compétences liées au BIM en gestion ont une influence positive sur l'adoption du projet BIM et son succès dans le secteur de la rénovation.

4.2.4.1 Présentation des résultats

Tableau 19 : Influences des compétences en gestion sur le succès BIM en rénovation

	Compétences BIM en gestion				
	Très faible	Faible	Neutre	Fort	Très fort
Compétences managériales	0	1	1	10	18
Compétences fonctionnelles	0	0	2	13	15
Compétences en implémentation	1	1	2	9	17

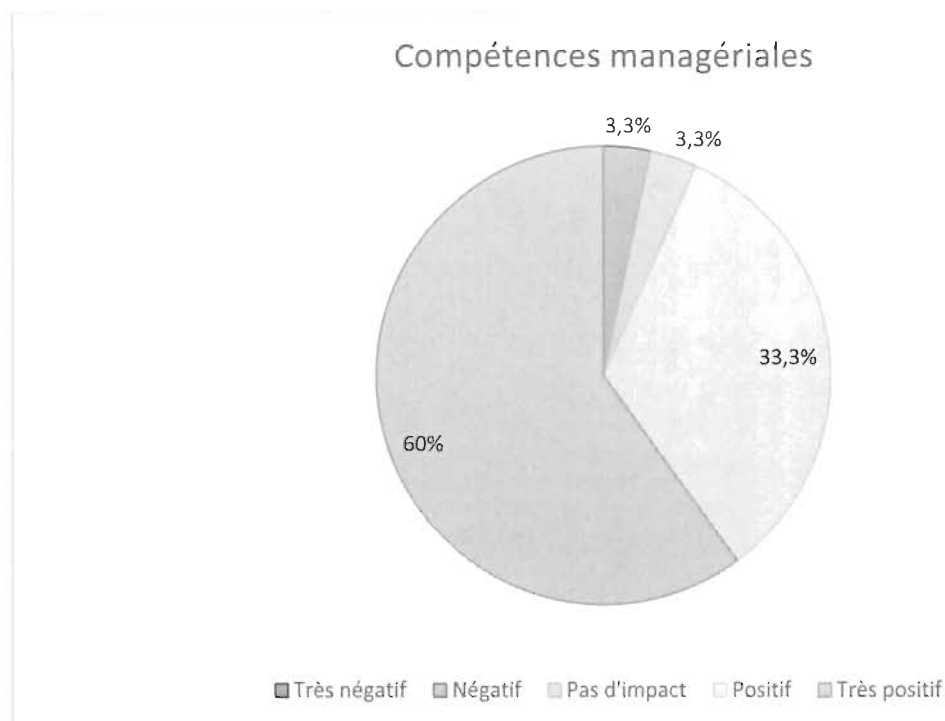


Figure 30 : Influences des compétences managériales sur le succès BIM en rénovation

60 % des répondants ont confirmé l'influence 'très positive' des compétences managériales sur la mise en œuvre et le succès de l'outil BIM dans le secteur de la rénovation, et 33,3% d'entre eux pensent que l'influence est 'positive'. Seulement 2 répondants qui ont un avis négatif ou neutre.

Nous constatons alors la forte importance des compétences managériales afin d'assurer le succès et la mise en œuvre du BIM en rénovation. Selon Succar (2013), les compétences managériales durant un passage au BIM couvrent la mission globale de la mise en œuvre de la maquette numérique au sein d'une organisation, puisqu'elles permettent de définir les objectifs stratégiques de chaque étape de la mise en œuvre du BIM, et d'identifier les changements nécessaires au processus organisationnel.

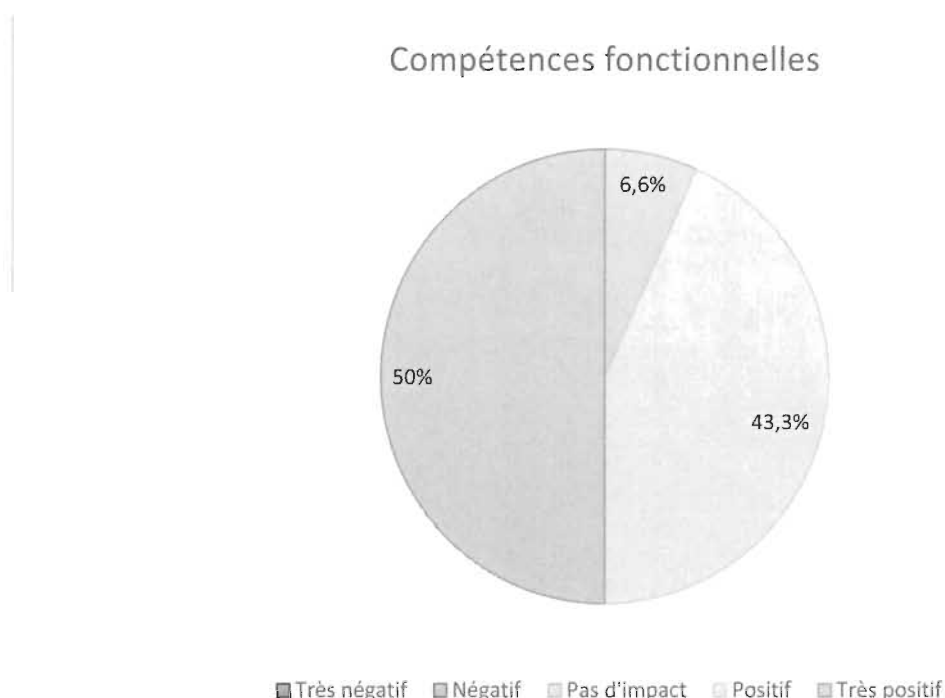


Figure 31 : Influences des compétences fonctionnelles sur le succès BIM en rénovation

Les résultats montrent que la majorité des répondants ont déclaré l'influence forte des compétences fonctionnelles sur l'adoption et la réussite du BIM dans les projets de la rénovation :

- 15 répondants (50%) admettent une influence très positive ;
- 13 répondants (43,3%) admettent une influence positive ;
- 2 répondants (6,6%) admettent une influence neutre.

Nous pouvons conclure alors que les compétences techniques tel que la collaboration et la facilitation ainsi que la gestion du contenu (workflow) sont des capacités nécessaires pour les collaborateurs des projets BIM en rénovation, leur rôle se manifeste dans le partage et la gestion continu des informations relatives au projet.

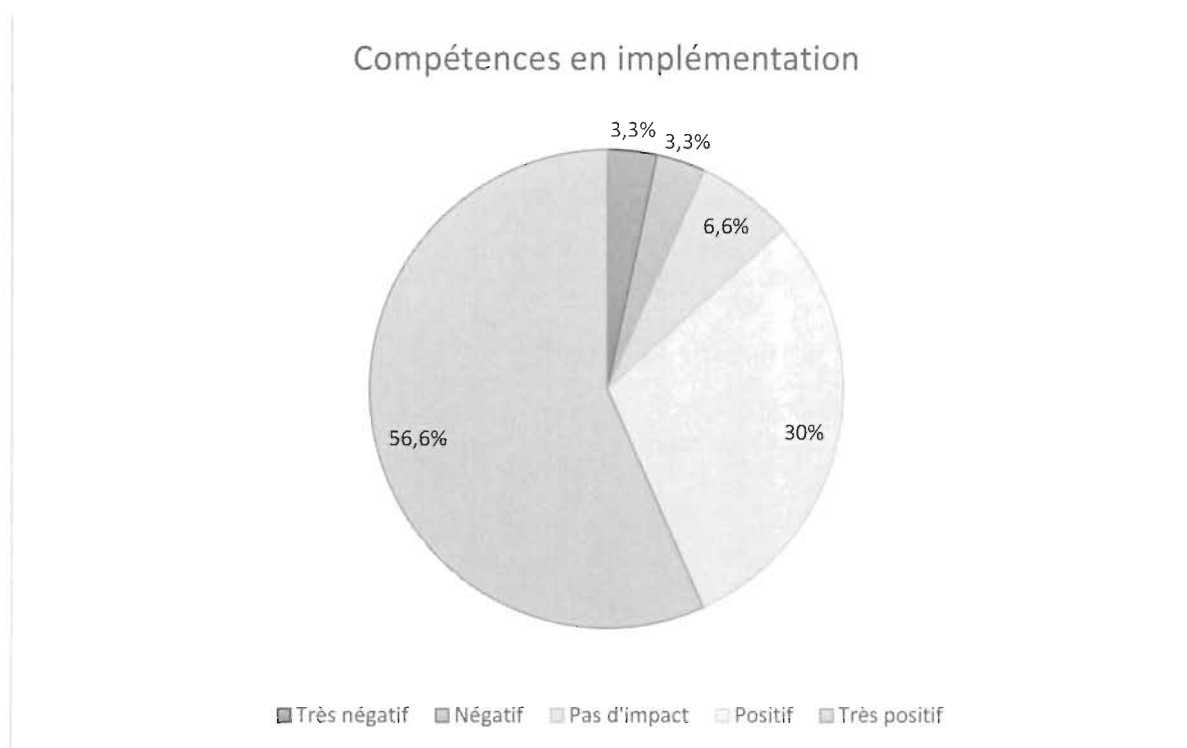


Figure 32 : Influences des compétences en implémentation sur le succès BIM en rénovation

Les réponses montrent que la grande majorité s'accorde sur la nécessité des compétences en implémentation pour le succès BIM dans le secteur de la rénovation, les résultats sont les suivants :

- 17 répondants (56,6%) admettent une influence très positive ;
- 9 répondants (30%) admettent une influence positive.

4.2.4.2 Vérification de H2b

Dans le Tableau ci-dessous, nous avons présenté une classification des compétences en gestion les plus nécessaires à la mise en œuvre et la réussite du BIM en rénovation. Il est à remarquer que les répondants qui sont 'en accord' et 'fortement en accord' ont été regroupé afin d'avoir un rang d'influence.

Tableau 20 : classification des compétences en gestion nécessaires pour le succès BIM en rénovation

Compétences BIM en gestion	Répondants en accord/fortement en accord
1- Compétences managériales	28
2- Compétences fonctionnelles	28
3- Compétences en implémentation	26

Généralement, les compétences tels que le leadership, la planification stratégique, la collaboration, et la maîtrise des fondamentaux de l'implémentation du BIM..., font partie des compétences en gestion liées au BIM, cela signifie que les gestionnaires BIM doivent améliorer leurs connaissances en gestion des projets, et les gestionnaires des projets doivent acquérir des compétences sur l'adoption du BIM (Botton & Forgues, 2018).

Et après l'interprétation des résultats liées à ce groupe des compétences et son influence sur la mise en œuvre du BIM en rénovation, nous remarquons l'importance et la nécessité de ces compétences pour assurer le succès du passage au BIM dans le secteur de la rénovation. Donc notre hypothèse (H2b) est plausible.

4.2.5 Analyse de l'hypothèse 2c

H2c : Les compétences liées au BIM en standards et théories ont une influence positive sur l'adoption du projet BIM et son succès dans le secteur de la rénovation.

Les compétences en standards et théories sont généralement les connaissances réglementaires spécifiques au BIM qui sont liées aux politiques qui encouragent l'utilisation des outils BIM (Botton, 2017).

2.2.5.4 Présentation des résultats

Tableau 21 : Influences des compétences en standards et théories sur le succès BIM en rénovation

	Compétences BIM en standards et théories				
	Très faible	Faible	Neutre	Fort	Très fort
Compétences administratives	1	0	6	10	13
Compétences en R&D	1	0	9	11	9

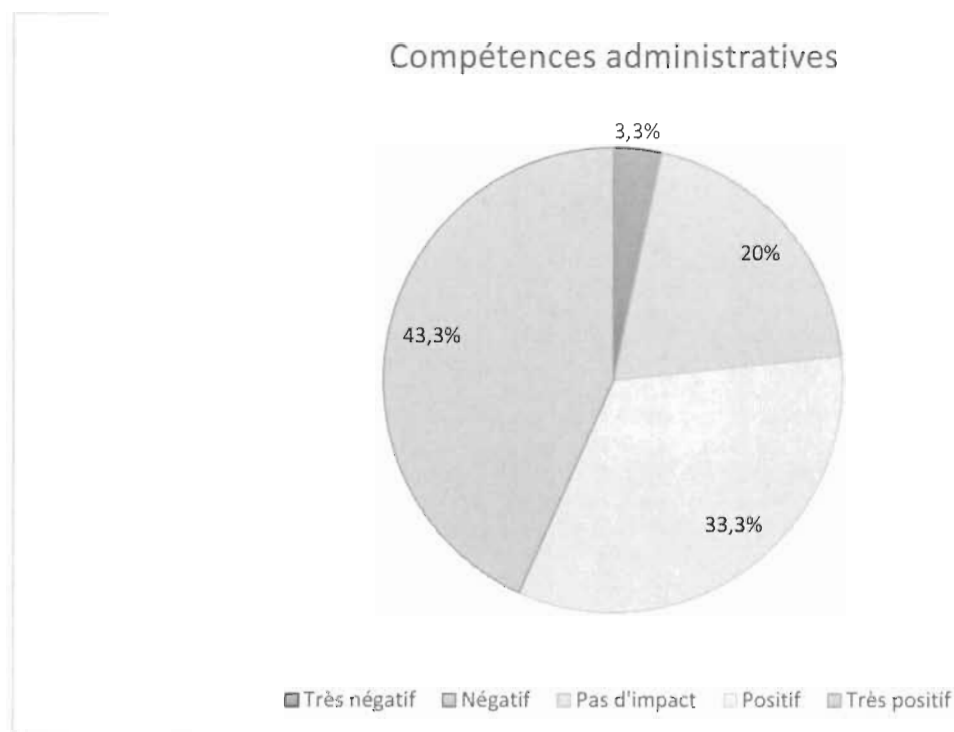


Figure 33 : Influences des compétences administratives sur le succès BIM en rénovation

43,3% soit 13 répondants ont choisi 'très positif' afin de confirmer la forte influence des compétences administratives sur le succès du BIM en rénovation, et 33,3% soit 10 répondants admettent que l'impact est 'positif'. 6 répondants pensent que l'influence est neutre et un seul répondant confirme qu'elle est neutre.

Ces résultats conduisent au constat suivant : Les capacités des gestionnaires en administration, finance, comptabilité et en politiques et procédures sont très important pour le succès du BIM dans l'industrie de la rénovation.

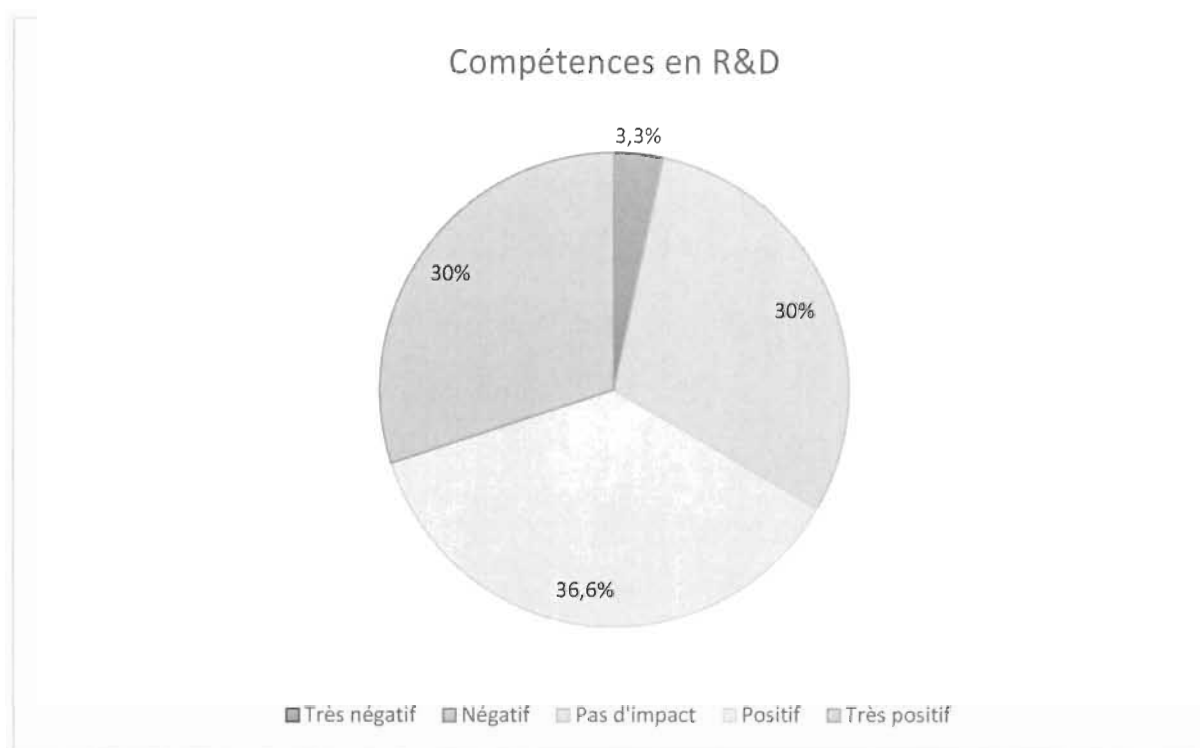


Figure 34 : Influences des compétences en recherche et développement sur le succès BIM en rénovation

En ce qui concerne les compétences en recherche et développement liées au BIM, 66,6% admettent une influence positive ou très positive sur leur importance durant le passage au BIM en rénovation, et 30% d'eux trouvent que l'influence est ni positive ni négative.

Nous pouvons conclure alors que, c'est nécessaire de générer un plan R&D spécifique au BIM au sein des organisations de la rénovation.

2.2.5.5 Vérification de H2c

Dans le Tableau 22, nous avons présenté une classification des compétences en gestion les plus nécessaires à la mise en œuvre et la réussite du BIM en rénovation. Il est à remarquer que les répondants qui sont 'en accord' et 'fortement en accord' ont été regroupés afin d'avoir un rang d'influence.

Tableau 22 : classification des compétences en standards et théories nécessaires pour le succès BIM en rénovation

Compétences BIM en standards et théories	Répondants en accord/fortement en accord
1- Compétences administratives	23
2- Compétences en R&D	20

Selon Succar (2013), les compétences administratives en BIM sont généralement liées aux des procédures et politiques afin d'encourager et faciliter à l'ensemble des employés l'utilisation des logiciels BIM, et elles sont liées aussi à la comptabilité et la budgétisation afin de mesurer la performance financière des projets BIM. Les compétences en recherche et développement se présentent dans la capacité de création d'un plan R&D spécifique au BIM, et le coaching durant la mise en œuvre du BIM, ainsi que la partage des connaissances et l'engagement durant ce changement, ces capacités en R&D peuvent créer des nouveaux postes au sein de l'organisation qui adopte le BIM (exemple : Consultant BIM, Chercheur BIM, Analyste BIM ...).

Après l'interprétation des résultats, on remarque la forte importance des compétences administratives durant la mise en œuvre du BIM en rénovation, cela signifie leur nécessité chez les gestionnaires BIM et les gestionnaires des projets. On remarque aussi une importance des compétences en R&D liées au BIM en rénovation. Ces conclusions nous permettent de confirmer l'hypothèse (H2c).

4.3 SYNTHÈSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

Après la collecte, l'analyse et l'interprétation des différents résultats obtenus grâce au questionnaire distribué, nous pouvons conclure que : Pour faire face au défi de manque des compétences spécifiques au BIM, les organisations peuvent appliquer deux styles de la conduite du changement durant la transition vers le BIM, qui sont : Collaboration/Participation et Education/Communication. Ces deux styles sont basés sur la collaboration, la contribution et l'implication de l'ensemble des intervenants des projets dans le plan du changement (Paquier, 2005), et ces éléments sont primordiaux au niveau du fonctionnement du BIM, puisque la collaboration présente l'axe principale du 2ème stage de maturité BIM selon Succar (2009), (model-based Collaboration). De son côté, le BIM favorise la collaboration entre les intervenants,

c'est un processus collaboratif d'échange des différentes informations liées à des projets pendant les différents cycles de ces projets. De plus, l'application de ces deux styles de la conduite du changement peuvent créer un important rôle pour assurer le succès de la collaboration des intervenants et pour maîtriser les résistances au changement, ce rôle est appelé 'BIM Champion', ou coordinateur BIM, qui doit avoir des compétences managériales et techniques en BIM, afin de stimuler l'utilisation du BIM chez les équipes et les intervenants.

En rénovation, c'est important d'avoir une équipe compétente en modélisation, même si l'insertion du modèle 3D d'un bâtiment existant dans les logiciels de BIM (comme : Tekla, ArchiCad, et Revit ...) est moins compliqué par rapport aux constructions neuves, c'est par l'utilisation d'une technique de laser appelée '*point cloud*' ou nuages de points, et qui permet de scanner et balayer les bâtiments existants afin de générer leurs modèles 3D approximatives (BIMmodel). Les compétences en modélisation BIM sont généralement liées à la maîtrise des différents outils et logiciels BIM, ces acquis permettent d'assurer une meilleure conception et design, et de produire des études thermiques à partir des modèles 3D, et elles sont liées aussi à l'identification des relations spatiales dans et entre les modèles générés (Succar, 2013). Il ne faut pas oublier le rôle des compétences en soutien durant la mise en œuvre du BIM, puisqu'elles sont nécessaires à faire des tests pour déterminer la stabilité et la performance des systèmes informatiques de modélisation du BIM.

Le succès des projets de la rénovation qui utilisent le BIM, dépend de plusieurs compétences en gestion que les gestionnaires doivent avoir ou acquérir, qui se manifestent généralement dans le leadership, la planification stratégique, la collaboration et la facilitation, ainsi que la maîtrise des fondamentaux en implémentation BIM. Botton (2018), a cité l'importance de ces compétences en indiquant que les gestionnaires des projets doivent augmenter leurs connaissances en BIM et les gestionnaires BIM doivent acquérir des nouvelles connaissances en gestion des projets.

La forte importance des compétences administratives durant un changement vers le BIM en rénovation, qui se manifeste dans la capacité d'organiser des initiatives qui encouragent et favorisent l'utilisation du BIM au sein des organisations, la capacité d'établir des métriques pour mesurer la performance financière du projet BIM de rénovation, et la capacité de l'identification des différentes nouvelles responsabilités au sein de l'organisation. Il ne faut pas négliger

l'importance des compétences en recherche et développement liées au BIM, exemples : le développement d'une approche bien définie pour identifier la résistance au changement, et le développement d'un matériel pédagogique pour stimuler la compréhension des exigences commerciales du BIM.

Tableau 23 : Synthèse des résultats

Objectifs d'analyse	Questions de recherche	Hypothèses	Réponses
O.4 : Etablir la relation mutuelle entre les styles de la conduite du changement et les compétences en gestion de projet de construction liées au BIM.	QR4 Les styles de la conduite de changement influencent-elles les compétences des gestionnaires liées au BIM ?	H1 (O4) La présence des styles de la conduite du changement a une influence positive sur les compétences des gestionnaires liées au BIM.	Les compétences des gestionnaires spécifiques au BIM (C1, C2, C3) sont influencées positivement par deux styles de la conduite du changement : S2 et S1.

<p>O.5 : Analyser et comprendre l'importance des compétences spécifiques au BIM pour assurer le succès du BIM dans l'industrie de la rénovation.</p>	<p>QR.5a Les compétences en modélisation liées au BIM, sont-elles nécessaires pour le passage et le succès du BIM dans l'industrie de la rénovation ?</p> <p>QR.5b Les compétences en gestion liées au BIM, sont- elles nécessaires pour le passage et le succès du BIM dans l'industrie de la rénovation ?</p> <p>QR.5c Les compétences en théories et standards liées au BIM, sont-elles nécessaires pour le passage et le succès du BIM dans l'industrie de la rénovation ?</p>	<p>H2a (O5) Les compétences liées au BIM en modélisation ont une influence positive sur l'adoption du projet BIM et son succès dans le secteur de la rénovation.</p> <p>H2b (O5) Les compétences liés au BIM en gestion ont une influence positive sur l'adoption du projet BIM et son succès dans le secteur de la rénovation.</p> <p>H2c (O5) Les compétences liés au BIM en standards et théories ont une influence positive sur l'adoption du projet BIM et son succès dans le secteur de la rénovation.</p>	<p>En rénovation, les différents groupes des compétences liées à l'approche BIM sont primordiaux et nécessaires pour assurer le succès du BIM dans les projets de la rénovation</p>
---	---	---	---

5 - CONCLUSION

5.1 APPORTS DE LA RECHERCHE

Cette recherche a permis d'explorer une solution pour faire face au défi du manque des compétences spécifiques au BIM dans les organisations qui veulent intégrer le processus BIM, qui se manifeste dans les styles de la conduite du changement, afin d'accompagner les intervenants et les stimuler au niveau de l'implication et la collaboration pendant l'utilisation du BIM, ainsi que ces organisations peuvent aussi faire appel à des professionnels à ce niveau (BIM champions) pour faciliter la transition. Cette étude a permis aussi de confirmer l'importance des différentes compétences liées au BIM pour assurer son succès dans l'industrie de la rénovation.

Au niveau personnel, la réalisation de cette recherche m'a permis d'approfondir mes acquis en recherche scientifique, et de stimuler et augmenter mes connaissances au niveau de plusieurs domaines importants, tel que le BIM, la conduite du changement, l'industrie de la construction et de la rénovation... Ce travail m'a permis aussi de pratiquer plusieurs logiciels informatiques (Vosviewer, Smartpls3, SPSS, Pack Office).

5.2 LIMITES DE LA RECHERCHE

Chaque recherche scientifique rencontre des limites pendant sa réalisation, et c'est important de les indiquer et les mettre en lumière pour les prochaines études liées à notre sujet. Les principales limites de notre recherche sont :

- La nombre des répondants qui était seulement 30, et qui présente un petit échantillon pour avoir des résultats surement pertinents.
- La manière de l'élaboration du questionnaire, qui a générée une difficulté de faire plusieurs analyses statistiques entre les variables sur les différents logiciels essayés durant.
- Le manque des articles et des publications liées aux domaines de la recherche.

BIBLIOGRAPHIE

Autissier, D., & Moutot, J. M. (2015). *Le changement agile : Se transformer rapidement et de manière durable*. Dunod.

Barlish, K., & Sullivan, K. (2012). How to measure the benefits of BIM—A case study approach. *Automation in construction*, 24, 149-159.

Barison, M. B., & Santos, E. T. (2010). An overview of BIM specialists. *Computing in Civil and Building Engineering, Proceedings of the ICCCBE2010*, 141.

Becerik-Gerber, B., Gerber, D. J., & Ku, K. (2011). The pace of technological innovation in architecture, engineering, and construction education: integrating recent trends into the curricula.

Boutemadja, A. (2016). BIM: Interview-Abdelkader Boutemadja. *Archinews*.

Boton, C., Forgues, D., & Halin, G. (2017). Les enjeux liés à l'intégration de l'approche BIM de modélisation des données du bâtiment à l'enseignement universitaire : cas d'une école d'ingénierie. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire/International Journal of Technologies in Higher Education*, 14(2), 5-23.

Boton, C., & Forgues, D. (2018). Comprendre l'impact du numérique sur la gestion de projet en construction. *Lien social et Politiques*, (81), 41-60.

Chavel, T1. (2000). *La conduite humaine du changement*. Ed Dunod, 2000.

CIC. (2012). *BIM Planning Guide for Facility Owners* Pennsylvania State University: University Park, PA

Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2011). Science mapping software tools: Review, analysis, and cooperative study among tools. *Journal of the American Society for information Science and Technology*, 62(7), 1382-1402.

Di Mascio, D., & Wang, X. (2013, September). Building Information Modelling (BIM)-supported cooperative design in sustainable renovation projects. In *International Conference on Cooperative Design, Visualization and Engineering* (pp. 205-212). Springer, Berlin, Heidelberg.

Economidou M, Laustsen J, Ruyssevelt P, Staniszek D, Strong D, Zinetti S. Europe's buildings under the microscope - A country-by-country review of the energy performance of buildings. Buildings Performance Institute Europe (BPIE); 2011.

Eastman, C. M., Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. John Wiley & Sons.

Fischer, M., & Kunz, J. (2004, February). The scope and role of information technology in construction. In Proceedings-Japan Society of Civil Engineers (pp. 1-32). DOTOKU GAKKAI.

Gaith, F. H., Khalim, A. R., & Ismail, A. (2012). Application and efficacy of information technology in construction industry. Scientific research and essays, 7(38), 3223-3242.

Gholami, E., Sharples, S., SHOKOOH, J. A., & Kocaturk, T. (2013). Exploiting BIM in Energy Efficient Refurbishment. In PLEA.

Giel, B. K., & Issa, R. R. (2013). Return on investment analysis of using building information modeling in construction. Journal of computing in civil engineering, 27(5), 511-521.

Giel, B., & Issa, R. R. (2013). Synthesis of existing BIM maturity toolsets to evaluate building owners. In Computing in Civil Engineering (2013) (pp. 451-458).

Giel, B., & Issa, R. R. A. (2014). Framework for evaluating the BIM competencies of building owners. In Computing in Civil and Building Engineering (2014) (pp. 552-559).

Giel, B., & McCuen, T. (2014). MINIMUM BIM, proposed revision-NBIMS v3. The Whiting-Turner Contracting Company Tamera McCuen University of Oklahoma.

Goedert, J. D., & Meadati, P. (2008). Integrating construction process documentation into building information modeling. Journal of construction engineering and management, 134(7), 509-516.

Green, J. C. (1989). J. Caracelli, and WF Graham. Toward a conceptual framework for mixed-method evaluation designs, 225-274.

Gu, N., & London, K. (2010). Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. *Automation in construction*, 19(8), 988-999.

Hasan, A. N., & Rasheed, S. M. (2019). The benefits of and challenges to implement 5D BIM in construction industry. *Civil Engineering Journal*, 5(2), 412.

ISO Standard. ISO 22263:2008-01: Organization of information about construction works - Framework for management of project information. International Standard; 2008

Kim, K. P., & Park, K. S. (2013). BIM feasibility study for housing refurbishment projects in the UK. *Organization, technology & management in construction : an international journal*, 5(Special), 765-774.

Kotter, J. P. (1996). *Leading Change*, Harvard Business School Press, Boston. Även utgiven på svenska av Egmont Richter, Malmö.

Lewin, K. (1947). *Group Decision and Social Change*. TM Newcomb, EL Hartley and others, *Readings in Social Psychology* (NY Henry Holt and Co., 1947) Lewin *Group Decision and Social Change* *Readings in Social Psychology* 1947.

Mitropoulos, P., & Howell, G. A. (2002). Renovation projects: Design process problems and improvement mechanisms. *Journal of Management in Engineering*, 18(4), 179-185.

NBIMS. (2007). *National Building Information Modelling Standard*, Version 1.0, part 1: overview, principles, and methodologies.

Penttilä, H., Rajala, M., & Freese, S. (2007). Building information modelling of modern historic buildings.

Penttilä, H. (2007). Early architectural design and BIM. In *Computer-Aided Architectural Design Futures (CAAD Futures) 2007* (pp. 291-302). Springer, Dordrecht..

Rasking, L., & Decroos, B. (2017). *BIMtonic*.

Rajala, M., & Penttilä, H. (2006). Testing 3D building modelling framework in building renovation.

Sacks, R., Radosavljevic, M., & Barak, R. (2010). Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction. *Automation in construction*, 19(5), 641-655.

Sacks, R., & Barak, R. (2010). Teaching building information modeling as an integral part of freshman year civil engineering education. *Journal of professional issues in engineering education and practice*, 136(1), 30-38.

Schlögl, C. (2005). Information and knowledge management: dimensions and approaches. *Information Research: An International Electronic Journal*, 10(4), n4.

Singh, Y., Abdelhamid, T., Mrozowski, T., & El-Gafy, M. A. (2014). Investigation of contemporary performance measurement systems for production management of renovation projects, 417853.

Shen, S., & Shaw, M. (2004). Managing coordination in emergency response systems with information technologies. *AMCIS 2004 Proceedings*, 252.

Sheth, A. Z., Price, A. D. F., & Glass, J. (2010, September). BIM and refurbishment of existing healthcare facilities. IN: Egbu, C. In *Proceedings of the 26th annual ARCOM conference* (pp. 6-8). cc ARCOM/AZ Sheth, ADF Price, J. Glass Please cite the published version.

Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in construction*, 18(3), 357-375.

Succar, B., Sher, W., & Williams, A. (2012). Measuring BIM performance: Five metrics. *Architectural Engineering and Design Management*, 8(2), 120-142.

Succar, B. (2010). Building information modelling maturity matrix. In *Handbook of research on building information modeling and construction informatics: Concepts and technologies* (pp. 65-103). IGI Global.

Succar, B., Sher, W., & Williams, A. (2013). An integrated approach to BIM competency assessment, acquisition and application. *Automation in construction*, 35, 174-189.

Suermann, P. C. (2009). Evaluating the impact of building information modeling (BIM) on construction. FLORIDA UNIV GAINESVILLE GRADUATE SCHOOL.

Mahamadu, A. M., Mahdjoubi, L., Booth, C., Manu, P., & Manu, E. (2019). Building information modelling (BIM) capability and delivery success on construction projects. *Construction Innovation*.

Tang, P., Huber, D., Akinci, B., Lipman, R., & Lytle, A. (2010). Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: A review of related techniques. *Automation in construction*, 19(7), 829-843.

Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *scientometrics*, 84(2), 523-538.

Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs. *Automation in construction*, 38, 109-127.

Woo, J., Wilsmann, J., & Kang, D. (2010). Use of as-built building information modeling. In *Construction Research Congress 2010: Innovation for Reshaping Construction Practice* (pp. 538-548).

Yin, X., Liu, H., Chen, Y., & Al-Hussein, M. (2019). Building information modelling for off-site construction: Review and future directions. *Automation in Construction*, 101, 72-91.

<https://www.journaldunet.com/management/direction-generale/1418062-qu-est-ce-que-le-changement-organisationnel/>

<https://www.cmswire.com/digital-workplace/change-management-for-digital-transformation/>

<https://www.apm.org.uk/resources/find-a-resource/competence-framework/>

Annexe

BIM en rénovation

Dans le cadre de notre étude qui porte sur le défi de la mise en œuvre du processus BIM dans l'industrie de la rénovation, nous avons élaboré ce questionnaire qui vise à déterminer l'ajustement entre la conduite du changement et les compétences spécifiques à l'approche BIM, et à identifier l'influence de cet ajustement sur la réussite de la mise en œuvre de BIM dans les projets de la rénovation

Nous vous serions très reconnaissants de bien vouloir répondre à ce questionnaire, en vous appuyant sur votre expérience et pratique. Il vous prendra environ une vingtaine de minutes. Enfin, je vous remercie du temps consacré à notre sondage, nous serons heureux de vous envoyer un résumé de notre étude. Veuillez nous contacter et mentionner votre intérêt à l'adresse suivante : omar.koujil@uqtr.ca

Section 1 : Identification

1. Quel est votre âge ?

- ☐ 18-24
- ☐ 25-34
- ☐ 35-44
- ☐ 45-54
- ☐ 55 ans et plus

2. Depuis combien d'années travaillez-vous dans le domaine de la construction ?

- ☐ 1 - 2
- ☐ 3-5
- ☐ 6-10
- ☐ 10 ans et plus

3. Depuis combien d'années votre organisation a commencé à utiliser la méthode BIM (Building Information Modeling) ?

- ☐ Jamais
☐ 1-2
☐ 3-5
☐ 5 et plus

Section 2 : Les styles de conduite de changement et les compétences liées au BIM

Selon ~~Succar~~ ^{Succar} et al., (2013), il existe 8 groupes de compétences BIM qui sont :

- 1- Managérial : Leadership, Planification stratégique, Management organisationnel
- 2- Administratif : Administration, politiques et procédures, finances, comptabilité et budgétisation, GRH
- 3- Fonctionnel : Collaboration, Facilitation, Gestion d'équipe et de workflow
- 4- Opération : Design et conception, Analyse et simulation, Quantifier et estimer
- 5- Technique : Modélisation et dessin, Documentation, Model management
- 6- Implémentation : Fondamentaux de la mise en œuvre, Développement de composants, ~~Technical~~ ^{Technical} training
- 7- De soutien : IT support, Développement logiciel et web, Dépannage lié au logiciel
- 8- Recherche et développement : General R&D, Coaching, Engagement et partage des connaissances

Et Selon Johnson et Scholes (1997), les types des démarches de conduite du changement sont :

- Le style Education/communication : C'est un type (brutal/volontaire) ;
- Le style Collaboration/Participation : C'est un type (progressif/volontaire) ;
- Le style Intervention : C'est un type (progressif/imposé) ;
- Le style Direction/Coercition : C'est un type (brutal/imposé).

4. Selon vous, est-ce que les styles de conduite du changement influencent les compétences managériales ? |

	Très faible	Faible	Neutre	Fort	Très fort
Style Education/Communication	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Style Collaboration/Participation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Style Intervention	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Style Direction/Coercition	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Selon vous, est-ce que les styles de conduite du changement influencent les compétences administratives ?

	Très faible	Faible	Neutre	Fort	Très fort
Style Education/Communication	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Style Collaboration/Participation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Style Intervention	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Style Direction/Coercition	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Selon vous, est-ce que les styles de conduite du changement influencent les compétences fonctionnelles ?

	Très faible	Faible	Neutre	Fort	Très fort
Style Education/Communication	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Style Collaboration/Participation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Style Intervention	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Style Direction/Coercition	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. Selon vous, est-ce que les styles de conduite du changement influencent les compétences opérationnelles ?

	Très faible	Faible	Neutre	Fort	Très fort
Style Education/Communication	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Style Collaboration/Participation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Style Intervention	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Style Direction/Coercition	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8. Selon vous, est-ce que les styles de conduite du changement influencent les compétences techniques ?

	Très faible	Faible	Neutre	Fort	Très fort
Style Education/Communication	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Style Collaboration/Participation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Style Intervention	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Style Direction/Coercition	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9. Selon vous, est-ce que les styles de conduite du changement influencent les compétences en implémentation ?

	Très faible	Faible	Neutre	Fort	Très fort
Style Education/Communication	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Style Collaboration/Participation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Style Intervention	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Style Direction/Coercition	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

10. Selon vous, est-ce que les styles de conduite du changement influencent les compétences de soutien ?

	Très faible	Faible	Neutre	Fort	Très fort
Style Education/Communication	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Style Collaboration/Participation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Style Intervention	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Style Direction/Coercition	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

11. Selon vous, est-ce que les styles de conduite du changement influencent les compétences en R&D ?

	Très faible	Faible	Neutre	Fort	Très fort
Style Education/Communication	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Style Collaboration/Participation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Style Intervention	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Style Direction/Coercition	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Section 3 : La nécessité des compétences liées au BIM pour sa mise en œuvre dans les projets de la rénovation

12. Les compétences spécifiques au BIM ont-elles un impact positif sur la mise en œuvre du processus BIM dans les projets de la rénovation ?

	Très négatif	Négatif	Pas d'impact	Positif	Très positif
Compétences managériales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Compétences administratives	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Compétences fonctionnelles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Compétences opérationnelles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Compétences techniques	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Compétences en implémentation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Compétences de soutien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Compétences en R&D	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>