GROUPE CSA™



RECHERCHE SUR LES NORMES

La transformation numérique dans l'industrie canadienne des actifs bâtis

Priorités en matière de politiques, de normalisation et d'orientations pour le BIM

juin 2022

Auteurs

Erik A. Poirier, **PhD**, École de technologie Supérieure

Sheryl Staub-French, **P.Eng., PhD,** Université de la Colombie-Britannique

Mark Whitell, **M.Sc.**, AECO Innovation Lab

Arash Shahi, **ing., PhD,** AECO Innovation Lab

Nady Dadmehr, **M.Sc,** École de technologie supérieure

Comité consultatif

Aubrey LeBlanc, L'Association des officiers en bâtiments de l'Ontario

Basel Abdulaal, Alberta Health Services

Brandon Searle, Off-site Construction Research Centre, Université du Nouveau-Brunswick et CanBIM

Brittany Mendiuk, Alberta Infrastructure

Imen Chikhi, Société québécoise des infrastructures

Jason Santeford, Gensler

John Hale, ministère de la Défense nationale et buildingSMART Canada

Sonia Zouari, Services publics et Approvisionnement Canada

Sarah Chung, Groupe CSA (chargée de projet)

Jeff Menard, Groupe CSA (chargé de projet)

Lauro Pilla, Groupe CSA

Hélène Vaillancourt, Groupe CSA

Remerciements

L'équipe de recherche tient à remercier toutes les personnes qui ont participé à ce projet de recherche et qui ont fourni leur temps précieux et leurs idées.

Clause de non-responsabilité

Cette étude a été produite par l'École de technologie supérieure, de l'Université de la Colombie-Britannique et AECO Innovation Lab et est la propriété de l'Association canadienne de normalisation. Elle vise à fournir de l'information de nature générale sur le sujet traité. Les opinions exprimées dans cette publication sont celles des auteurs et des personnes interrogées. Les auteurs et l'Association canadienne de normalisation ne sauraient être tenus responsables d'aucune perte ni d'aucun dommage qui pourraient résulter de la confiance que vous accordez au contenu de cette publication ou de l'utilisation que vous en faites.

Table des matières

Sommaire 5

1 Introduction 7

2 Méthodes 8

2.1 Entrevues 8

2.2 Sondage 9

2.3 Analyse documentaire 9

2.4 Ateliers 10

3 Transformation numérique et adoption et mise en œuvre du BIM dans l'industrie canadienne des actifs bâtis : Qu'est-ce que c'est et pourquoi est-ce important? 10

3.1 Éléments moteurs de changement 11

3.2 Contexte du changement : L'industrie canadienne des actifs bâtis 12

3.3 Définition de l'adoption et de la mise en œuvre du BIM 13

3.4 Le BIM au Canada 16

3.4.1 Adoption et mise en œuvre 16

3.4.2 Utilisation du BIM 19

3.5 Avantages de l'adoption et de la mise en œuvre du BIM 20

3.6 Défis liés à l'adoption et à la mise en œuvre du BIM 20

3.7 Défis à relever 22

4 Structurer l'adoption et la mise en œuvre du BIM au Canada : Répondre aux trois défis 22

4.1 Cadres d'adoption et de mise en œuvre du BIM 23

4.2 Création et systématisation de la demande au moyen de la politique 24

4.2.1 Pourquoi est-ce important? 24

4.2.2 Besoins et attentes du Canada dans ce domaine 25

4.2.3 Travaux antérieurs et actuels dans ce domaine 27

4.2.4 Quelle est la lacune? 30

4.3 Amélioration des compétences des parties prenantes de l'industrie 30
4.3.1 Pourquoi est-ce important? 30
4.3.2 Besoins et attentes du Canada dans ce domaine 31
4.3.3 Travaux antérieurs et actuels dans ce domaine 34
4.3.4 Quelle est la lacune? 37

4.4 Normalisation des pratiques et des capacités dans l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement 37
4.4.1 Pourquoi est-ce important? 37
4.4.2 Besoins et attentes du Canada dans ce domaine 39
4.4.3 Travaux antérieurs et actuels dans ce domaine 41
4.4.4 Quelle est la lacune? 46

4.5 Sommaire 46

5 Priorités pour la normalisation et orientations pour l'adoption et la mise en œuvre du BIM dans l'industrie canadienne des actifs bâtis 47

5.1 Opérationaliser la réponse 47

6 Conclusion 56

6.1 Limites 57

Références 58

Annexe A — Glossaire des termes 69

A.1 Terminologie générale 69

A.2 Publications notables sur le BIM 72

Annexe B — Initiatives internationales actuelles de normalisation et d'orientation du BIM (mars 2022) 73

Annexe C — Liste non exhaustive des PNB canadiens 75

Annexe D — Liste non exhaustive des initiatives fédérales, provinciales et municipales visant les principaux facteurs de changement dans l'industrie canadienne des actifs bâtis 77

Sommaire

Comme pour tous les secteurs économiques du Canada, l'industrie des actifs bâtis, qui est responsable de la planification, de la conception, de la livraison, de l'entretien et de l'exploitation de l'environnement bâti du Canada, subit une transformation numérique. C'est l'occasion pour l'un des secteurs économiques les plus importants du Canada de révolutionner ses activités, ce qui lui permettrait de générer plus de valeur pour les Canadiennes et les Canadiens en s'attaquant aux crises environnementales, économiques et sociales actuelles. Cependant, mettre en œuvre cette transformation numérique et tirer parti de ses avantages posent des défis importants. La recherche menée pour le présent rapport a permis d'élaborer un cadre visant à cibler et à prioriser les ressources de connaissances précises afin de relever les défis et de soutenir l'industrie canadienne des actifs bâtis dans sa transformation numérique.

L'objectif principal de cette recherche était d'élaborer un cadre de transformation numérique pour structurer, articuler et prioriser les normes, les guides et les autres ressources (c.-à-d. les ressources de connaissances) nécessaires pour appuyer l'adoption et la mise en œuvre du *building information modelling* (BIM) au Canada. Les objectifs secondaires comprenaient la validation des défis, des besoins et des tendances actuels au sein de l'industrie concernant l'utilisation du BIM au Canada; l'examen des initiatives, des ressources et des outils existants autour du monde; la discussion de leur adaptation ou adoption; et, lorsqu'un besoin spécifique a été découvert, la proposition de pistes de développement. Pour atteindre ces objectifs, une méthodologie de recherche en trois volets a été choisie. Tout d'abord, 24 experts du domaine du Canada, du Royaume-Uni, des États-Unis et de l'Australie ont été interrogés. Deuxièmement, une enquête a été menée afin d'élargir le bassin de répondants ayant trait à des questions précises concernant la normalisation et l'orientation du BIM au Canada. Enfin, un vaste examen des ressources disponibles en matière de BIM a été effectué, qui a recensé plus de 500 ressources importantes relatives à l'adoption et à la mise en œuvre du BIM aux fins d'examen. Les données ont été analysées au moyen de diverses méthodes qualitatives et quantitatives, y compris le codage inductif à l'aide d'un logiciel d'analyse de données qualitatives assisté par ordinateur et d'analyses statistiques. Cette analyse a donné lieu au cadre et à la liste des ressources de connaissances présentés dans le présent rapport. Deux ateliers ont également été organisés pour discuter et valider les conclusions.

Les résultats ont confirmé les défis majeurs auxquels l'industrie canadienne des actifs bâtis doit faire face pour amorcer et maintenir sa transformation numérique, en particulier en ce qui concerne l'adoption et la mise en œuvre du BIM. Ces défis se situent principalement dans trois domaines :

1. le manque de demande constante de la part des clients;
2. le manque d'aptitudes et de compétences appropriées; et
3. l'incompatibilité des capacités et des flux de travail dans les chaînes de valeur des actifs bâtis.

Ces résultats soulignent l'absence d'un cadre opérationnel cohérent pour l'adoption et la mise en œuvre du BIM au Canada, dont les conséquences sont la fragmentation et le dédoublement des efforts et des ressources, ainsi que le potentiel de directives contradictoires dans ce domaine. Cela pourrait mener à des occasions manquées ainsi que du gaspillage de ressources, qui risquent d'avoir des impacts économiques, sociaux et environnementaux importants. En effet, bien que l'utilisation du BIM offre de plus en plus d'avantages tangibles aux parties prenantes

partout au Canada, ces avantages sont localisés et asymétriques (p. ex., ils s'appliquent généralement à une seule organisation ou à un sous-ensemble de la chaîne d'approvisionnement). Essentiellement, l'absence de structure ou de stratégie globale entrave sérieusement la progression et le plein potentiel de la transformation numérique dans l'industrie canadienne des actifs bâtis.

Pour relever les défis et accroître l'ampleur et la portée des avantages économiques, sociaux et environnementaux, il faut élaborer une position canadienne en ce qui concerne les politiques et les normes en matière d'adoption et de mise en œuvre du BIM. Une telle position peut et devrait s'appuyer sur le travail important qui a été fait dans le monde entier pour normaliser et élaborer des directives pour les organismes gouvernementaux et les professionnels de l'industrie, à savoir la série ISO 19650. Bon nombre de ces ressources pourraient être adoptées ou adaptées au Canada. Toutefois, bien que bénéfiques, ces ressources seules ne permettront pas d'assurer l'adoption et la mise en œuvre réussies du BIM dans l'industrie canadienne des actifs bâtis. Elles doivent être promulguées et soutenues par des instruments de politique ciblés, qu'ils soient réglementaires, économiques ou autres, et par des voies de mise en œuvre claires dans le but de structurer et de guider la manière dont l'information est acquise, générée, échangée, traitée, gérée, et consommée tout au long du cycle de vie d'un actif bâti.

La recherche effectuée pour ce rapport a permis d'élaborer une proposition éclairée relative à la position du Canada sur l'adoption et la mise en œuvre du BIM dans l'industrie canadienne des actifs bâtis par l'élaboration d'un cadre opérationnel. De plus, grâce à cette recherche, un consensus s'est dégagé sur le rôle clé que les normes et les orientations ciblées doivent jouer pour aider l'industrie canadienne des actifs bâtis à aller de l'avant et à réussir son processus d'adoption du BIM. Les conclusions discutées dans le présent rapport présentent et hiérarchisent ces normes et ces ressources clés et les articulent dans le cadre plus large de la transformation numérique. L'accent est mis sur la relation entre les différentes parties du cadre et la façon dont elles sont soutenues par ces ressources.



« La transformation numérique, ainsi que son expression actuelle par la modélisation des données du bâtiment (BIM ou Building Information Modelling en anglais) et le jumelage numérique, impliquent un changement fondamental dans la relation de l'industrie avec les données et l'information sur les actifs bâtis. »

1 Introduction

Il existe un consensus international croissant sur la nécessité de transformer la manière dont l'environnement bâti est planifié, livrée, géré et utilisé à la lumière des défis importants auxquels sont confrontés les gens dans le monde entier. Ces défis comprennent la crise climatique, la reprise économique suivant la pandémie de COVID-19, la pertinence, la durabilité et la résilience des infrastructures, les crises du logement et les pénuries de compétences et de main-d'œuvre. Pour relever ces défis et obtenir des avantages environnementaux, sociaux et financiers dans tous les secteurs, une action concertée et significative des institutions gouvernementales, privées et scolaires est nécessaire pour stimuler la transformation numérique dans le secteur des actifs bâtis (c'est-à-dire, l'industrie qui planifie, livre et maintient l'environnement bâti). Dans ce rapport, la transformation numérique est définie comme « le processus utilisé pour restructurer les économies, les institutions et la société au niveau du système » [traduction] [1, p. 1144]. La transformation numérique, ainsi que son expression actuelle par la modélisation des données du bâtiment (BIM ou *Building Information Modelling* en anglais) et le jumelage numérique, impliquent un changement fondamental dans la relation de l'industrie avec les données et l'information sur les actifs bâtis. Des recherches antérieures ont mis en évidence l'importance de cette transformation et ses implications pour l'industrie, qui comprend les individus, les organisations, les équipes de projet, les organismes gouvernementaux et les différents secteurs [2]. Fondamentalement, la transformation numérique de l'industrie des actifs bâtis implique une refonte complète de la manière dont les informations circulent dans la chaîne de valeur et tout au long du cycle de vie d'un actif bâti [3]. Au cours des dernières décennies, il y a de plus en plus de demandes pour élaborer des stratégies, reconfigurer les pratiques, les flux de travail et les structures, et renouveler les politiques pour appuyer cette transformation [4]. Toutefois, la mise en œuvre de cette transformation, compte tenu des défis bien connus et bien documentés de l'industrie des actifs bâtis, à savoir sa volonté et sa capacité d'innover, est une tâche complexe [5], [6].

Reconnaissant le besoin ainsi que l'intérêt croissant pour la transformation numérique dans l'industrie canadienne des actifs bâtis à tous les niveaux, la recherche menée pour rédiger ce rapport a ciblé et documenté le besoin de ressources précises, à savoir des normes et des guides, pour appuyer le processus de transformation numérique par l'adoption et la mise en œuvre du BIM. Au cours de la dernière décennie, un travail considérable a été accompli à l'échelle internationale autour de l'encadrement et de la normalisation du BIM. Pourtant, bien que les avantages de ces normes d'un point de vue de l'économie, de la société, de l'environnement et de la sécurité soient bien connus [7], les domaines de la transformation numérique, de la mise en œuvre du BIM et de la diffusion de technologies et de processus émergents complémentaires, nécessitent encore un travail important. De plus, il n'existe actuellement aucun cadre commun pour repérer et associer les différentes ressources nécessaires pour faciliter et structurer cette transformation au Canada.

L'objectif principal de la recherche était donc d'élaborer un cadre de transformation numérique pour structurer les normes, les guides et autres ressources afin de soutenir l'adoption et la mise en œuvre du BIM au Canada, et d'articuler et de hiérarchiser ces ressources. Les objectifs secondaires comprenaient la validation des défis, des besoins et des tendances actuels au sein de l'industrie concernant l'utilisation du BIM au Canada; l'examen des initiatives, des ressources et des outils existants autour du monde; la discussion de leur adaptation ou adoption; et, lorsqu'un besoin spécifique a été découvert, la proposition de pistes de développement.

Les résultats sont axés sur trois grands défis qui entravent l'adoption et la mise en œuvre du BIM dans l'industrie canadienne des actifs bâtis, défis déterminés par des entrevues, des ateliers et des sondages :

1. l'absence de demande régulière du BIM de la part des clients;
2. le manque de compétences et de qualifications appropriées pour appuyer la mise en œuvre du BIM; et
3. l'incompatibilité des capacités et des flux de travail dans les chaînes de valeur et d'approvisionnement des actifs bâtis.

En réponse à ces défis, trois solutions principales ont été proposées :

1. créer et systématiser une demande pour le BIM, ainsi que pour l'exécution de projets numérisés et la gestion des actifs bâtis;
2. améliorer les compétences des parties prenantes dans tous les segments de l'industrie, en s'appuyant sur un corpus de connaissances de base; et
3. structurer les pratiques et harmoniser les capacités dans les chaînes d'approvisionnement et de valeur grâce à la normalisation.

Ces défis et solutions nécessitent un cadre opérationnel pour l'adoption et la mise en œuvre du BIM. Le présent rapport propose un tel cadre et l'utilise pour présenter les besoins particuliers en matière de ressources de connaissances afin de soutenir l'adoption et la mise en œuvre du BIM. Quarante-cinq ressources de connaissances sont désignées, décrites et classées par ordre de priorité. Cette liste de ressources de connaissances à l'appui de l'adoption et de la mise en œuvre du BIM peut être utilisée pour mobiliser les principales parties prenantes de l'industrie et pour définir un plan d'action visant à aider l'industrie canadienne des actifs bâtis dans sa transformation numérique et pour s'assurer qu'elle profite des avantages découlant de cet important effort.

2 Méthodes

Le projet de recherche a utilisé une méthode mixte de collecte et d'analyse des données pour élaborer un cadre de transformation numérique qui servirait à structurer les normes, les guides et les autres ressources de connaissances nécessaires à l'appui de l'adoption et de la mise en œuvre du BIM au Canada. Comme ils sont présentés ci-dessous, la collecte et l'analyse des données ainsi que le processus de validation incluaient des entrevues, des sondages, des analyses de documents et des ateliers.

2.1 Entrevues

Des entrevues semi-structurées ont été menées auprès de 24 parties prenantes clés, notamment des représentants de grandes organisations nationales et internationales, des représentants du gouvernement participant au BIM partout au Canada et des représentants de l'industrie au Canada et à l'étranger. Les personnes interrogées comprenaient quatre répondants du domaine universitaire ou institutionnel, deux du domaine de l'architecture, trois d'associations professionnelles, deux entrepreneurs généraux, trois du domaine de l'ingénierie, cinq représentant des propriétaires publics, deux fournisseurs de logiciels et trois d'autres domaines, comme des consultants en BIM. La plupart des personnes interrogées provenaient du Canada (20), plus précisément de la Colombie-Britannique (2), de l'Alberta (3), de l'Ontario (11), du Québec (3) et du Nouveau-Brunswick (1). Deux personnes interrogées étaient basées aux États-Unis (É.-U.), une au Royaume-Uni (R.-U.) et une en Australie. Les entrevues traitaient des sujets suivants :

- l'utilisation actuelle du BIM au sein de l'organisation;
- l'utilisation du BIM et son évolution dans sa région et au Canada (ou dans son pays);
- les obstacles à l'utilisation du BIM à l'intérieur et à l'extérieur de son organisation;
- l'utilisation des ressources pour guider et permettre l'utilisation du BIM dans les projets;

- la satisfaction à l'égard de la qualité et de l'utilisation de ces ressources;
- la détermination des besoins et des priorités en matière de développement.

2.2 Sondage

Un sondage a été élaboré et distribué à l'échelle nationale en parallèle aux entrevues afin d'atteindre un public plus large et d'aider à généraliser et à prioriser les exigences et les besoins. Le sondage comprenait 48 questions réparties dans sept sections : données démographiques et renseignements sur l'organisation, utilisation du BIM, croyances relatives au BIM, avantages et obstacles, ressources, logiciels, éducation et avenir de la technologie de la construction. Les questions les plus pertinentes pour cette recherche portaient sur les ressources et les obstacles du BIM. Elles demandaient aux répondants ce qui suit :

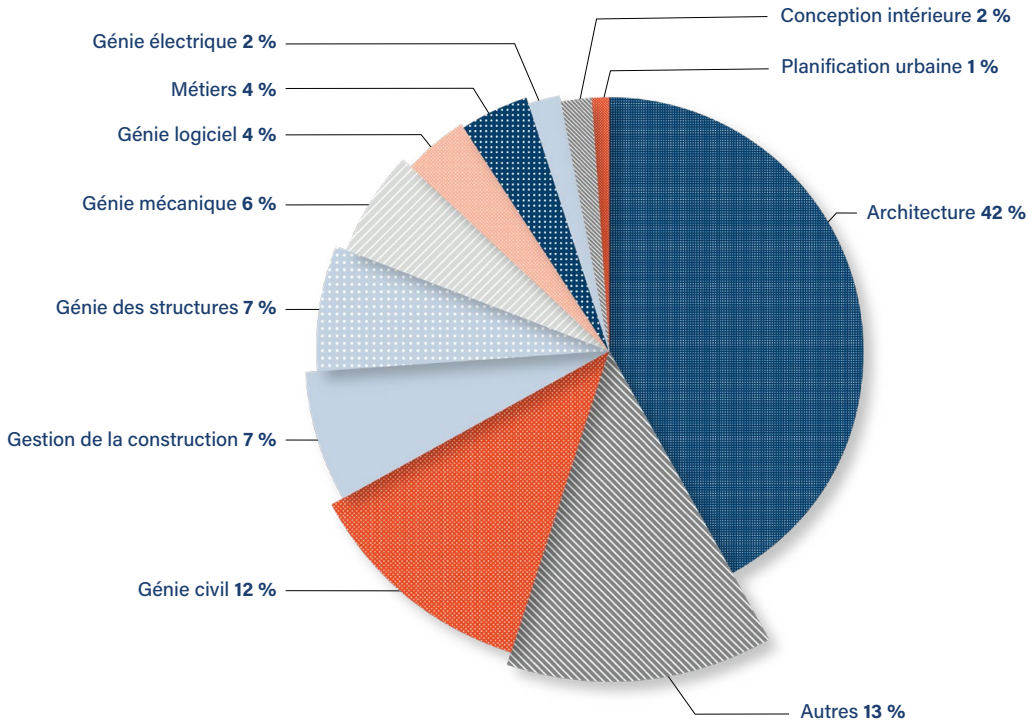
- indiquer les obstacles à l'adoption du BIM qui existent au niveau personnel, organisationnel et industriel;
- indiquer leur connaissance des diverses ressources canadiennes en matière de BIM;
- indiquer les normes et les guides existantes qui sont utilisées dans leurs organisations;
- discerner leur connaissance de la série de normes ISO 19650 et leurs croyances quant à sa mise en œuvre au Canada;
- évaluer l'importance des publications notables concernant le BIM (PNB) au Canada pour le développement futur du BIM;
- indiquer les types de PNB qui pourraient s'avérer utiles dans un contexte canadien;

Au total, 171 réponses ont été consignées entre novembre 2021 et janvier 2022. La Figure 1 illustre la répartition des réponses au sondage par discipline. Les résultats de cette étape ont permis à l'équipe de recherche de mieux comprendre les priorités de l'industrie canadienne en ce qui concerne l'élaboration et la diffusion des normes en matière de BIM.

2.3 Analyse documentaire

Une analyse générale de l'environnement et une analyse documentaire ont défini comme PNB plus de 620 ressources différentes se rapportant aux

Figure 1. Répartition des répondants par discipline



1 La série ISO 19650 est fondée sur la série BSI PAS 1192, qu'elle remplace.

normes en matière de BIM et à leur élaboration, adoption, mise en œuvre et diffusion. Pour ce faire, l'équipe de recherche a créé une base de données d'environ 700 documents représentant les ressources du BIM provenant d'environ 30 pays et de diverses organisations d'élaboration de normes. Certains documents ont été localisés dans des listes existantes, notamment le Wiki BIM Guides [8] et la bibliothèque BIM de buildingSMART d'Espagne [9]. D'autres documents ont été trouvés par le biais d'une recherche sur Internet de guides pour le BIM ou par des contacts avec l'industrie. La base de données n'a pas été élaborée comme liste exhaustive des ressources BIM en raison de leur grand nombre. Au lieu de cela, l'accent a été mis sur la capture des ressources BIM provenant d'un éventail diversifié de paysages, en utilisant la définition de PNB élaborée par Sucar et Kassem [10], qui est présentée à l'annexe A.2. L'équipe de recherche a également inclus certaines ressources qui n'étaient pas classées comme PNB, parce qu'elles étaient hébergées sur des sites Web, mais qui étaient structurées de manière à ressembler à un document officiel. Ces ressources ont été regroupées dans la base de données, et leur portée, leur mandat, leur relation et leur pertinence ont été confirmés.

Une fois tous les documents dans la base de données, chacun a été examiné et classé selon des critères tels que l'origine, l'auteur, la langue, l'année de publication, le public et la portée. Lors de l'élaboration de la base de données, chaque ressource a été comptée individuellement. Par exemple, un guide contenant 13 parties qui ont été publiées dans 13 documents différents a été classé comme 13 documents distincts. Après la catégorisation des PNB, une série d'écosystèmes BIM a été élaborée pour les pays qui avaient une combinaison importante de PNB pertinentes, ce qui indique généralement un niveau élevé de maturité du BIM. La pertinence a été déterminée par le type et la portée des PNB, tandis qu'un plus grand nombre de PNB suggérait qu'un écosystème avait une envergure de sujets discutés, ce qui est un signe d'une compréhension élaborée du BIM. Comme le présent rapport met l'accent sur les normes et les guides, l'équipe de recherche s'est concentrée sur les PNB de ces types et des types connexes, notamment des manuels, des protocoles, des spécifications et des exigences. Certains types de PNB, comme les rapports et les études de cas, n'étaient généralement pas inclus dans les écosystèmes, car ils présentent généralement un regard extérieur sur l'écosystème plutôt que de faire partie de l'écosystème lui-même. En ce qui concerne la portée, certains documents de portée limitée ont été exclus. Par exemple, les exigences en matière de BIM pour les universités ont été exclues, car la portée ne vise que l'université elle-même. Les résultats de cette étape ont permis à l'équipe de recherche de bien comprendre le paysage existant des normes et des documents liés au BIM ainsi qu'à leur diffusion à l'échelle nationale et internationale.

2.4 Ateliers

Deux ateliers ont été organisés au cours desquels les conclusions ont été discutées et validées. Le premier atelier a réuni 23 participants en novembre 2021 pour valider les ressources nécessaires et en déterminer les priorités, ainsi que le cadre et les ressources de connaissances. Les participants ont été divisés en trois groupes, un groupe de propriétaires et deux groupes de parties prenantes de l'industrie. Les participants ont été invités à déterminer les priorités de ressources spécifiques du BIM dans une matrice 2x2 en fonction de leur importance et de leur urgence. Les éléments placés dans la matrice ont ensuite été notés en fonction de leur emplacement. Cette note, bien que relative, a aidé à déterminer les priorités des éléments présentés dans la section 5. Enfin, les éléments ont été catégorisés à l'aide du cadre proposé discuté à la section 4.1. Le deuxième atelier a réuni 29 participants en janvier 2022 pour valider le cadre proposé et la priorisation des activités et des livrables.

3 Transformation numérique et adoption et mise en œuvre du BIM dans l'industrie canadienne des actifs bâtis : Qu'est-ce que c'est et pourquoi est-ce important?

3.1 Éléments moteurs de changement

La transformation numérique dans l'industrie des actifs bâtis et sa réalisation par l'adoption et la mise en œuvre du BIM doivent être guidées par des objectifs. L'un de ces objectifs est d'agir comme catalyseur de la réforme de l'industrie. Des appels à la réforme ont été formulés un peu partout dans le monde, notamment ceux des rapports de Latham et Egan au R.-U.[11], [12], [13], la Construction Industry Reform Strategy en Australie [14] ou le Construction Industry Cost Effectiveness Project

aux É.-U.[15], sont des exemples de stratégies globales visant la transformation de l'industrie qui comportent des mesures spécifiques ciblées et qui mettent l'accent sur des possibilités de changement pour l'industrie. Pour le Canada, le point à retenir de ces études est que les efforts doivent être structurés, dirigés et soutenus pour permettre à l'industrie canadienne des actifs bâtis d'atteindre un meilleur rendement et d'être plus productive tout en améliorant la qualité, la durabilité et la performancet de l'environnement bâti canadien. De plus, cette transformation doit offrir des avantages aux parties prenantes de l'industrie ainsi qu'aux citoyennes et aux citoyens canadiens. La recherche effectuée pour ce rapport a déterminé, confirmé et priorisé les cinq éléments moteurs de changement suivants dans l'industrie canadienne des actifs bâtis :

1. la crise climatique et la pression croissante pour une action climatique significative;
2. la crise économique, y compris la reprise économique après la pandémie;
3. la crise du logement;
4. l'infrastructure vieillissante; et
5. la pénurie croissante de main-d'œuvre et de compétences.

Tableau 1. Éléments moteurs de changement clés dans le secteur des actifs bâtis

Facteur	Description	Exemple de cible	ODD de l'ONU
Combattre la crise climatique	Il existe un consensus mondial sur l'impact de l'activité humaine sur le climat et l'environnement naturel. L'industrie des actifs bâtis, en tant que grand consommateur de ressources et grand producteur de déchets et d'émissions, doit faire l'objet de réformes importantes et transformer ses activités pour s'assurer que son impact est minimisé.	Réduire les émissions de 40 à 45 % par rapport aux niveaux de 2005 d'ici 2030 (Stratégie pour un gouvernement vert)	ODD 6, ODD 7, ODD 8, ODD 9, ODD 10, ODD 11, ODD 12, ODD 13, ODD 15
Assurer la reprise économique après la pandémie	Les économies du monde entier ont été durement touchées par la pandémie de COVID-19. Le secteur des actifs bâtis est reconnu comme inefficace et sous-performant. L'« écart de productivité » entre le secteur de la construction et d'autres secteurs industriels non agricoles [18], [19] a suscité de nombreux débats et appels à l'action. Des solutions doivent être proposées pour accroître la productivité et le rendement de cette industrie.	▪ Créer 100 000 emplois chaque année (plan Investir dans le Canada) ▪ Améliorer la productivité de l'industrie de la construction	ODD 8, ODD 9, ODD 12
Régler la crise du logement	Le Canada est confronté à une crise du logement sans précédent qui exige des mesures pour uniformiser la planification, l'autorisation et la fourniture de logements dans tout le pays.	▪ Créer une nouvelle offre de logements ▪ Moderniser les logements existants (Stratégie nationale sur le logement)	ODD 3, ODD 9, ODD 10, ODD 11
Renouveler l'infrastructure vieillissante	Comme l'a souligné l'examen des immobilisations du gouvernement du Canada, un grand pourcentage de l'infrastructure du Canada approche l'état critique et la fin de vie. Des solutions doivent être trouvées pour faciliter le renouvellement de cette infrastructure existante ou la fourniture d'une nouvelle infrastructure durable.	▪ Améliorer l'état de l'infrastructure existante ▪ Fournir une nouvelle infrastructure (Examen horizontal des immobilisations)	ODD 6, ODD 7, ODD 9, ODD 11
Combler la pénurie de main-d'œuvre et de compétences	L'industrie de la construction est particulièrement sensible au vieillissement de la main-d'œuvre au Canada. Des solutions doivent être proposées pour (a) rendre l'industrie intéressante pour la nouvelle génération de travailleurs, (b) améliorer les compétences de la main-d'œuvre actuelle et lui permettre d'adopter de nouvelles méthodes de travail et (c) améliorer la sécurité au sein de l'industrie de la construction en éliminant les conditions de travail risquées et dangereuses par divers moyens.	▪ Accroître l'attrait de l'industrie ▪ Améliorer les compétences d'une grande partie de la main-d'œuvre existante ▪ Améliorer la sécurité de l'industrie	ODD 8, ODD 9

Ces éléments moteurs peuvent être associés aux objectifs de développement durable (ODD) des Nations Unies, et spécifiquement ceux qui visent l'industrie des actifs bâtis et l'environnement bâti [16], comme cela a été fait ailleurs (e.g., [15]). Le Tableau 1 décrit ces cinq éléments moteurs de changement clés, fournit des exemples de cibles et établit une carte de chacun des ODD pertinents de l'ONU.

À noter que chacun des éléments moteurs ciblés par cette recherche a été ou est actuellement abordé par des initiatives et des programmes spécifiques établis à divers niveaux au Canada, comme le montre l'Annexe D. Toute initiative ou cadre de transformation numérique doit être au service et tenir compte de ces initiatives, le cas échéant. La transformation numérique dans le secteur des actifs bâtis peut offrir des avantages importants qui soutiennent la mise en œuvre de ces initiatives et aident à atteindre leurs objectifs.

3.2 Contexte du changement : L'industrie canadienne des actifs bâtis

De sa contribution à l'économie du pays, son impact sur l'environnement et sur la société canadienne, l'industrie des actifs bâtis peut être considéré comme l'un des secteurs les plus importants au Canada. En 2020, l'industrie canadienne de la construction a contribué directement 140 milliards de dollars à l'économie du Canada, soit 7,5 % du produit intérieur brut (PIB) du pays, répartis entre les activités résidentielles et non résidentielles et les activités d'ingénierie et de réparation. De plus, les domaines de l'architecture, du génie et des services connexes ont apporté 25,7 milliards de dollars (1,7 %) au PIB canadien. L'industrie de la construction contribue à l'économie canadienne de bien d'autres façons, notamment par la consommation de produits manufacturés et de services complémentaires. Dans l'ensemble, l'industrie canadienne des actifs bâtis est responsable d'environ 12 % du PIB du Canada [20].

Tous les niveaux de gouvernement jouent un rôle dans l'industrie canadienne des actifs bâtis, notamment par la réglementation, la demande et la médiation. Les gouvernements établissent et appliquent des contraintes et des conditions environnementales, techniques, financières et autres dans lesquelles l'industrie des actifs bâtis exerce ses activités [21]. Au niveau régional, les gouvernements planifient et dictent l'utilisation des terres. Les institutions publiques de tout le pays, aux différents niveaux, représentent environ 70 % des dépenses en immobilisations en termes de propriété [22] et 26 % en termes de source de financement [23].

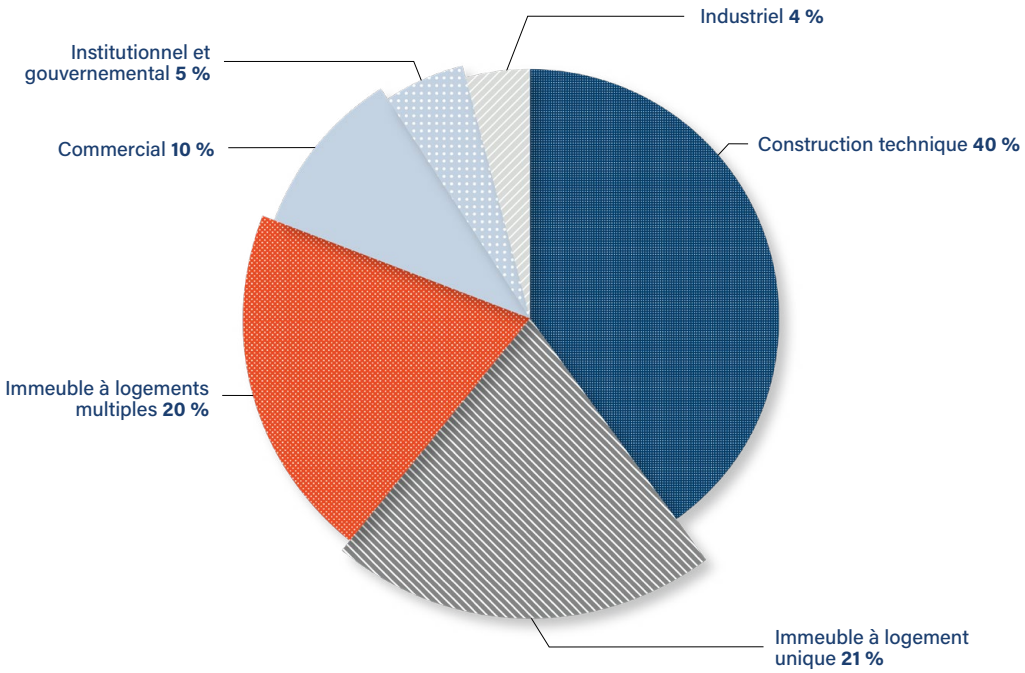
La Figure 2 illustre la répartition des 295 milliards de dollars dépensés dans l'industrie de la construction du Canada en 2019 dans différents secteurs, y compris la construction et l'infrastructure civile. Quarante pour cent des dépenses étaient consacrées aux travaux de génie et à l'infrastructure civile [24], ce qui était presque égal aux dépenses dans le secteur résidentiel (logements unifamiliaux et collectifs). Les 19 % restants étaient répartis dans les domaines commercial, institutionnel et industriel [25].

D'un point de vue économique, on sait que l'industrie canadienne des actifs bâtis a des problèmes de productivité. La Figure 3 montre que la productivité du travail dans l'industrie de la construction est considérablement inférieure à celle de tous les autres secteurs d'activité (à l'exclusion des fermes) et des industries manufacturières. En outre, la productivité du travail dans le secteur de la construction a stagné au cours des deux dernières décennies par rapport aux autres secteurs.

En parallèle, la structure de l'industrie canadienne des actifs bâtis, à savoir que plus de 90 % des entreprises ont moins de 20 employés [158], est une caractéristique bien documentée qui impose certaines contraintes sur la façon dont l'industrie mène ses activités et peut être transformée.

Du point de vue de l'environnement, l'industrie de la construction a des répercussions importantes sur l'environnement naturel du Canada. La première mesure de cet impact est la quantité d'émissions de gaz à effet de serre produites par l'environnement bâti au cours de son cycle de vie. Selon Ressources naturelles Canada, en 2018, l'industrie de la construction a généré 7,5 tonnes métriques (tm) d'émissions de CO_2 (1,5 % du total), les bâtiments résidentiels ont généré 65,9 tm d'émissions de CO_2 (12,8 % du total) et les bâtiments commerciaux et institutionnels ont généré 49,0 tm d'émissions de CO_2 (9,5 % du total). Ensemble, l'industrie des actifs bâtis a généré 23,8 % des émissions totales de CO_2 au Canada [27]. De plus, comme l'illustre la Figure 4, le volume des émissions de CO_2 généré par l'industrie de la construction a plus que doublé au cours des deux dernières décennies.

Figure 2. Répartition des dépenses dans l'industrie canadienne de la construction en 2019 [24]



L'autre mesure de l'impact sur l'environnement est la quantité de déchets que produit l'industrie des actifs bâtis. Dans l'ensemble, on estime que jusqu'à 30 % du poids total des matériaux de construction livrés à un chantier de construction est gaspillé [28]. Une étude de 2014 a caractérisé les quantités totales de déchets de construction, de rénovation et de démolition (CRD) au Canada [29]. On estime que, sur un total de 24 780 000 tonnes de déchets produits au Canada, 4 000 000 tonnes ont été produites dans l'industrie de la construction. Selon l'étude, 61 % des déchets proviennent du secteur résidentiel et 39 % du secteur non résidentiel, et seulement 16 % de tous les déchets de CRD au Canada sont détournés des sites d'enfouissement [29].

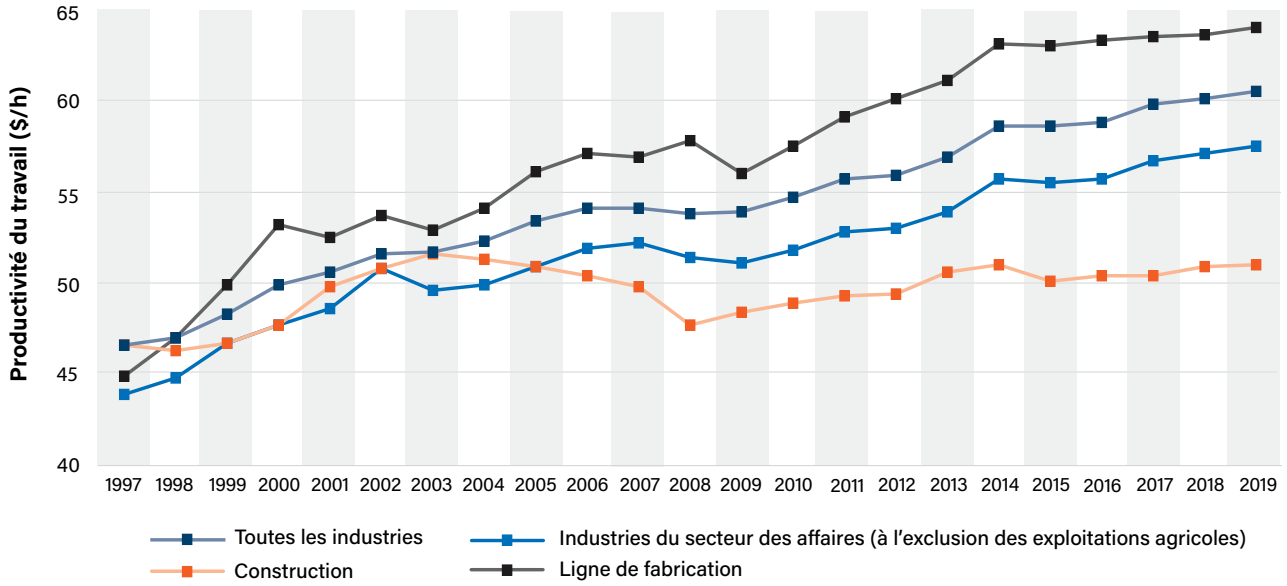
D'un point de vue social, l'industrie canadienne des actifs bâtis joue un rôle important. Au-delà de l'importance de l'environnement bâti et de ses répercussions sur la santé, la sécurité et la productivité de la société canadienne, cette industrie est l'un des principaux fournisseurs d'emplois au pays. Selon Statistique Canada, l'industrie canadienne des actifs bâtis emploie plus de 1,1 million de personnes dans divers secteurs [30]. Cependant, l'industrie accuse un retard sur les autres industries en matière d'innovation, comme en témoigne le manque de dépenses en recherche et développement (R et D). Tandis que les autres secteurs dépensent environ 2 % de leur revenu total en R et D, les entreprises du secteur de la construction dépensent entre 0,3 % et 0,8 % de leur revenu total en R et D [31]. Ce manque de dépenses peut être attribué à la structure de l'industrie, à de faibles marges de profit, à des retards de paiement et à un manque d'incitations à innover, entre autres raisons.

Ces trois aspects, soit l'économie, l'environnement et la société, constituent le pivot de tout effort de transformation au sein de l'industrie des actifs bâtis. Les initiatives visant à développer et à officialiser les connaissances devraient appuyer des améliorations dans l'un de ces domaines ou tous les trois en parallèle.

3.3 Définition de l'adoption et de la mise en œuvre du BIM

Les éléments moteurs dont il est question à la section 3.1 fixent la finalité du changement : le pourquoi. Les progrès considérables et les innovations en matière de technologie, de processus et de pratiques qui ont eu lieu dans l'industrie des actifs bâtis offrent des possibilités de transformation : le comment. Mises en œuvre de façon adéquates, ces innovations peuvent aider à traiter les principaux facteurs du changement. Bien qu'elles se présentent sous de nombreuses formes, les innovations concernent généralement trois domaines :

Figure 3. Productivité du travail dans l'industrie de la construction par rapport à l'ensemble des industries, du secteur de la fabrication et du secteur commercial (à l'exclusion des fermes) [26].

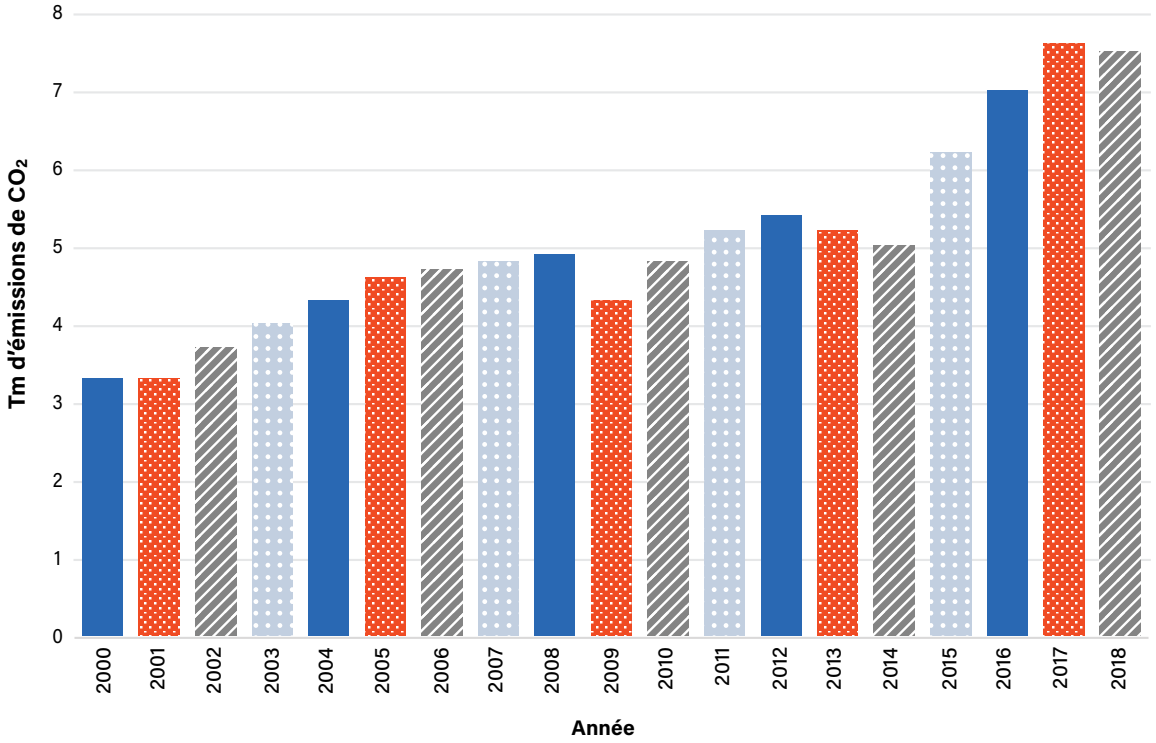


- **Transformer ce qui est construit.** Les innovations dans la façon dont les actifs bâtis sont visualisés et analysés, ainsi que les progrès réalisés dans la définition et l'ingénierie des exigences, permettent de s'assurer que ce qui est déjà construit est approprié et répond aux besoins des clients et des utilisateurs finaux. Les possibilités incluent l'optimisation des biens existants au moyen d'analyses avancées et la réflexion sur la manière dont les biens sont conçus, leurs fonctionnalités et la manière d'optimiser leur utilisation à l'échelle du portefeuille ou régional.
- **Transformer la façon de construire.** Les avancées en matière de planification, de conception et de livraison de projets incluent des équipes de projet et des chaînes d'approvisionnement intégrées rendues possibles grâce à des contrats relationnels, l'application de techniques de conception et de construction allégées, ainsi que la planification et l'analyse avancées de projets afin d'uniformiser la façon dont les actifs bâtis sont livrés et pour éliminer le gaspillage. Des matériaux, des produits et des équipements novateurs peuvent également apporter de la valeur aux parties prenantes de l'industrie.
- **Transformer l'utilisation et l'entretien.** Une connectivité accrue et des avancées dans le domaine de l'informatique peuvent permettre des analyses et des prévisions en temps réel. Des concepts comme des bâtiments à rendement élevé, l'accent sur le confort de l'utilisateur et la réutilisation adaptative peuvent garantir que les actifs bâtis sont adaptés à leur cycle de vie. L'utilisation de jumeaux numériques et de fils numériques devient de plus en plus populaire.

Des innovations spécifiques peuvent être apportées dans ces trois domaines, certaines couvrant plusieurs domaines. Elles peuvent également être articulées sur une ou plusieurs « dimensions de transformation », qui comprennent la technologie, l'organisation et le processus. La Figure 5 présente des exemples d'opportunités qui permettraient la transformation à travers le cycle de vie des actifs bâtis.

La transformation numérique et le BIM couvrent et relient ces trois dimensions de transformation. Ils peuvent à la fois faciliter et diriger l'innovation, ce qui signifie qu'ils peuvent soutenir la plupart, sinon la totalité, des innovations et des possibilités indiquées à la Figure 5. La transformation numérique repose sur la numérisation (digitalization en anglais) et l'exploitation de celle-ci. Pour Rachinger et al, [1], la numérisation est la transformation d'ensembles de données analogiques en ensembles de données numériques, qui sert de « cadre » à l'exploitation des possibilités numériques. Le BIM est un exemple de numérisation et est la clé de voute de la transformation numérique dans l'industrie canadienne des actifs bâtis [32].

Figure 4. Éq. CO_2 d'émissions générées par l'industrie de la construction au Canada [27]



Le concept du BIM existe depuis les années 1970 pour expliquer la modélisation numérique des données et des informations sur les produits de construction [31], [32], [33]. Cependant, le terme *building information modelling* est apparu pour la première fois dans le livre blanc d'Autodesk de 2002 [36]. Depuis son invention, il a été défini de plusieurs façons, mais le concept global a convergé en une trilogie de définitions. Le Manuel de pratique canadien pour la MDB (ou BIM) offre les deux premières définitions [37] :

- **Modèle de données du bâtiment (Building Information Model) :** représentation numérique interopérable des caractéristiques physiques et fonctionnelles d'une installation. Il sert de ressource de connaissances partagées pour l'information sur une installation formant une base fiable pour les décisions au cours de son cycle de vie; défini comme existant de la première initiale à la démolition (adapté de [38]).
- **Modélisation des données du bâtiment (Building Information Modelling) :** Un processus axé sur l'élaboration, l'utilisation et le transfert de modèles d'information numérique d'un projet de construction visant à améliorer la conception, la construction et l'exploitation d'un projet ou d'un portefeuille d'installations (adapté de [39]).

La troisième définition est apparue avec la série de normes ISO 19650 et l'accent mis sur la gestion de l'information, où le BIM est défini comme la **gestion des données du bâtiment** *(building information management)*. La gestion des données est définie comme « le processus de collecte, de stockage, de gestion et de gestion des données sous toutes ses formes » [traduction] [40].

Essentiellement, le BIM consiste à fournir des données sur le cycle de vie des actifs bâtis et leur utilisation pour soutenir la prise de décisions par toutes les parties prenantes concernées. À mesure que l'adoption du BIM progresse et gagne en popularité dans d'autres secteurs de l'environnement bâti, y compris les infrastructures civiles, le nom, *bâtiment*, est trop restrictif en termes de domaine d'application, alors que le verbe, *bâtir (building en anglais)*, est trop restrictif en termes d'application à travers les phases de cycle de vie. Par conséquent, dans un effort d'élargir la portée, le terme *meilleure gestion des données (better information management)* est apparu. Parallèlement, et peut-être de manière plus pragmatique, le modèle d'information, la modélisation et le processus de gestion sont axés sur l'actif bâti. Par conséquent, aux fins du présent rapport, le BIM concerne tous les actifs bâtis, à toutes les échelles et à toutes les phases du cycle de vie.

3.4 Le BIM au Canada

3.4.1 Adoption et mise en œuvre

Il est difficile de dresser une image claire du taux d'adoption et de mise en œuvre du BIM dans l'ensemble du Canada. Les données provenant d'initiatives passées et les conclusions de cette recherche suggèrent que l'utilisation du BIM au Canada, comme dans d'autres pays du monde, a augmenté considérablement au cours de la dernière décennie. Cette croissance a été variable selon les marchés, les domaines, les secteurs et les phases du cycle de vie des actifs. À ce titre, la maturité relativement élevée du BIM se trouve généralement dans les grands centres urbains du Canada. Les secteurs à plus grande maturité et les phases de cycle de vie comprennent l'infrastructure verticale pendant les phases de conception et de construction, tandis que les domaines à plus faible maturité incluent l'infrastructure horizontale, ainsi que les phases d'exploitation et d'entretien. Les pratiques de pointe en matière de BIM se retrouvent chez les firmes de professionnels et les entrepreneurs de taille moyenne et grande. Une tendance vers un accroissement de la maturité chez les sous-traitants est perceptible à travers le pays. Une personne interrogée dans le cadre de cette étude a résumé la situation actuelle au Canada :

> *Pour ce qui est d'où se trouve le Canada, nous avons maintenant des îlots de maturité impressionnants, [...] Mais nous n'avons pas de maturité constante, et je ne pense même pas que nous avons un moyen de mesurer cette maturité [...] Il y a des gens qui utilisent le BIM de bord en bord et, selon leurs dires, leurs discussions, leurs idées et leurs concepts, on peut obtenir une idée à savoir s'ils sont ou non sur la même page. Mais à part cela, il n'y a pas de véritable moyen de quantifier notre niveau de BIM au Canada. [traduction]*
>
> **(Expert en BIM, organisme gouvernemental)**

Le taux d'adoption et de mise en œuvre du BIM au Canada a fait l'objet d'une série d'études au cours des deux dernières décennies [39], [40], [41], [42], [43], [44], [45], [46], [47], [48]. En raison de l'incohérence des résultats et de la taille de l'échantillon, il est difficile d'effectuer une analyse croisée des données ou de valider les tendances. De plus, comme le reconnaissent les récents rapports de l'Université de Toronto, les échantillons peuvent être biaisés en raison des canaux par lesquels les enquêtes ont été distribuées [40], [41], [42]. En d'autres termes, les taux d'adoption du BIM ont peut-être été déclarés comme plus élevés qu'ils ne le sont, étant donné que beaucoup de répondants opèrent dans le domaine du BIM. Deux enquêtes du Québec avec des échantillons de plus grande taille ont

Figure 5. Possibilités permettant la transformation dans tous les cycles de vie des actifs bâtis.

	Ce qui est construit	Comment c'est construit	Comment c'est utilisé et entretenu
Organisation	Modèles d'affaires novateurs		
	Principes de l'économie circulaire		
	Modes d'approvisionnement collaboratif ou relationnel		
		Chaînes d'approvisionnement intégrées	
Processus	Stratégies de conception et de production allégées		
	Construction modulaire hors site		
	Conception générative	Panification de projet avancée	
	Réutilisation adaptative	Impression 3D	Réutilisation adaptative
Technologie	Planification prédictive du portefeuille	Équipements autonomes et distants	Internet des objets et la connectivité des ressources
	Matériaux et produits de construction novateurs et avancés		Jumeaux numériques pour l'exploitation
		Réalité capture	
	Bâtiments à rendement élevé	Industrialisation et la robotisation	Bâtiments à rendement élevé



« Les données provenant d'initiatives passées et les conclusions de cette recherche suggèrent que l'utilisation du BIM au Canada, comme dans d'autres pays du monde, a augmenté considérablement au cours de la dernière décennie. »

montré des taux d'adoption du BIM plus faibles [41], [50]. Dans les deux cas, la méthodologie a permis de sonder un échantillon plus large de l'industrie de la construction au Québec et pourrait donc être plus représentative. Malgré la difficulté à quantifier les taux réels d'adoption et de mise en œuvre, en triangulant les différents ensembles de données et en incluant les données recueillies et analysées dans le cadre ce rapport, il y a une tendance claire dans l'augmentation de l'adoption et de la mise en œuvre du BIM partout au Canada [39], [40], [41], [42], [43], [44], [45], [46], [47], [48].

3.4.1.1 Marchés

Selon les entrevues, le taux d'adoption et de mise en œuvre du BIM est plus élevé dans les grands centres urbains du Canada que dans les petites et moyennes zones urbaines et rurales. Cette différence peut être attribuée à plusieurs facteurs, dont plus d'opportunités de mettre en œuvre le BIM, tant du point de vue de l'offre que de la demande, et l'accès à un bassin plus vaste de ressources compétentes dans les grands centres urbains.

En ce qui a trait aux marchés nationaux, provinciaux et régionaux, différents organismes gouvernementaux ont travaillé à l'élaboration et au soutien de l'adoption du BIM au sein de leurs organisations. Au niveau fédéral, le ministère de la Défense nationale (MDN) et Services publics et Approvisionnement Canada (SPAC) ont élaboré ou sont en train d'élaborer des exigences en matière de BIM et ont inclus ou sont en train d'inclure celui-ci dans le cadre de leurs stratégies d'exécution de projets et de gestion des actifs.

Au niveau provincial, le Québec et l'Alberta ont été les chefs de file de l'adoption et de la mise en œuvre du BIM au cours de la dernière décennie par l'entremise des organismes ou des ministères responsables de la prestation de leurs actifs verticaux, en particulier leurs actifs de bureau et leurs actifs institutionnels, à savoir la Société québécoise des infrastructures (SQI) et Alberta Infrastructure. Par exemple, depuis avril 2021, tous les projets de plus de 50 M$ gérés par la SQI doivent être livrés à l'aide du BIM. En avril 2023, le seuil sera abaissé à 5 M$. Alberta Infrastructure a publié ses exigences en matière de prestation de projets numériques en 2018, qui sont incluses dans un nombre croissant de contrats d'immobilisations. La Colombie-Britannique a formé un comité pour évaluer l'adoption et la mise en œuvre du BIM, et l'Ontario envisage de mettre en œuvre le BIM pour certains de ses projets d'immobilisations. Toutefois, selon les personnes interrogées dans les deux provinces, aucune stratégie ou exigence officielle n'a encore été élaborée.

Au niveau régional et municipal, plusieurs municipalités du Canada ont lancé un processus de mise en œuvre du BIM ou utilisent activement le BIM dans leurs projets d'immobilisations, y compris la ville de Calgary, la ville de Québec et la ville d'Oakville, qui ont adopté le BIM pour différents objectifs, comme la délivrance de permis électroniques, la conception et la construction, et la gestion des biens. De plus, de nombreuses municipalités possèdent une expertise en systèmes d'information géographique (SIG), qu'elles utilisent pour gérer leurs infrastructures linéaires. L'intégration entre le BIM et un SIG est très prometteuse, mais nécessite davantage de travail. Les municipalités

pourraient bénéficier de ce type d'intégration, mais elles doivent faire face à des défis considérables dans l'adoption et la mise en œuvre du BIM. Pour cette raison, buildingSMART Canada a créé le Conseil sur l'infrastructure municipale pour aider à structurer l'adoption et la mise en œuvre du BIM dans les municipalités partout au Canada.

3.4.1.2 Domaines

Le taux d'adoption et de mise en œuvre du BIM dans tous les domaines croît pour inclure une plus grande partie de la chaîne d'approvisionnement. Les domaines de l'architecture et de l'ingénierie, ainsi que les entrepreneurs généraux, ont toujours été les premiers à adopter le BIM et continuent de mener ce processus. Toutefois, l'adoption et la mise en œuvre du BIM par les propriétaires, les sous-traitants et les fabricants ont également lieu.

> *Je dirais que, selon mes constatations, la conception architecturale est la plus avancée. En termes de consultants, la structure utilise presque toujours une sorte de plateforme BIM, tout comme les consultants en électricité et en mécanique, un peu dans le domaine civil et presque jamais dans le domaine de l'aménagement paysager. Les intérieurs commencent maintenant à rattraper un peu la pratique architecturale, mais ils sont encore loin derrière. Nous commençons aussi à voir d'autres sous-traitants commencer à s'impliquer dans la livraison avec BIM. En fait, certains des sous-traitants les plus perfectionnés livreront des dessins d'atelier avec le BIM, qui sont toujours excellents et appréciés pour une meilleure coordination. Mais c'est encore aléatoire dans l'industrie, je dirais. [traduction]*
>
> **(Expert en BIM, firme de professionnels de la conception)**

L'adoption du BIM par les propriétaires et les clients publics est en hausse, bien que de façon inégale, partout au Canada. Quoique cette croissance soit positive, elle soulève plusieurs questions concernant les échanges de données, la gestion, le travail collaboratif et bien plus encore. De plus, à mesure que les propriétaires se pencheront sur le BIM, il existe un risque que différents types de normes, d'exigences et de protocoles soient élaborés, ce qui pourrait créer de la confusion dans l'industrie.

3.4.1.3 Secteurs

Le taux d'adoption et de mise en œuvre du BIM pour les grandes infrastructures verticales (c.-à-d. les bâtiments) est relativement élevé, les répondants indiquant que l'utilisation du BIM est maintenant courante dans les grands bâtiments commerciaux, institutionnels et résidentiels à logements multiples. Pour les développements privés de plus grande envergure, les développeurs s'attendent à ce que les équipes utilisent le BIM pour améliorer le rendement pendant les phases de conception et de construction, mais les exigences formelles manquent toujours. Cependant, il semble y avoir un changement en cours chez ces développeurs :

> *On constate maintenant des changements au niveau du marché de la location, ou les gens construisent des immeubles locatifs sur mesure. À présent, ils se soucient non seulement de vendre la propriété, mais ils veulent les garder pour, disons, 15 ou 20 ans. Maintenant qu'ils s'en soucient, ils se disent qu'ils peuvent peut-être le faire en BIM. Ils se disent « Essayons d'obtenir un modèle BIM conforme à l'exécution, utilisons-le peut-être pour la gestion des installations, essayons d'investir dans la conception et les coûts initiaux. Parce que nous allons supporter ce bâtiment pour les 20 prochaines années. » [traduction]*
>
> **(Expert en BIM, cabinet de conseil)**

Les bâtiments résidentiels unifamiliaux, les bâtiments résidentiels à logements multiples plus petits et les plus petits bâtiments commerciaux ont des taux de mise en œuvre du BIM plus faibles, et le taux d'adoption et de mise en œuvre du BIM pour les infrastructures horizontales (routes, ponts, tunnels et autres travaux civils) est également beaucoup plus faible et irrégulier dans tout le pays. Bien que les grands projets civils aient été exécutés ou sont en cours d'exécution à l'aide du BIM, l'utilisation de celui-ci dépend en grande partie de l'équipe chargée de la réalisation du projet.

3.4.1.4 Phases du cycle de vie des biens

Les phases de conception et de construction ont toujours été celles où le taux d'adoption et de mise en œuvre du BIM a été le plus important. À ce titre, les utilisations du BIM ont été officialisées pour appuyer les pratiques relatives aux activités généralement entreprises au cours de ces phases. Il y a eu une augmentation notable de l'intérêt pour le BIM pendant la phase d'exploitation, qui est considérée par beaucoup comme la phase pendant laquelle le BIM peut offrir le plus d'avantages [51]. Cependant, il y a beaucoup de questions concernant le processus de mise en œuvre et où le BIM fournira le plus de valeur

> *Après la construction de l'actif, que faire avec le modèle? C'est là que les municipalités ne savent pas vraiment comment elles peuvent l'utiliser. Elles ont des systèmes SIG, elles savent que s'il est possible de commencer à connecter, raccorder des sites de services souterrains avec les modèles du SIG, alors il peut y avoir de la valeur, mais tout est théorique à ce stade. [traduction].*
>
> **(Expert en BIM, firme d'ingénierie)**

En parallèle, l'adoption du BIM pendant la phase de fabrication a également reçu une attention importante en raison des avantages évidents du BIM dans le soutien de la conception aux fins de fabrication et d'assemblage (DfMA) [52].

3.4.2 Utilisation du BIM

Le taux croissant d'adoption et de mise en œuvre du BIM dans les marchés, les domaines, les secteurs et les phases du cycle de vie reflète l'évolution de l'utilisation du BIM à mesure que les capacités sont développées dans tout le pays. La notion d'utilisation du BIM sert à encadrer et à définir des processus, des intrants, des technologies et des produits livrables spécifiques pour permettre la prise de décisions et appuyer des résultats spécifiques. Pour [53] : « Une utilisation du BIM peut être définie comme une méthode d'application du *building information modelling* aux bâtiments pendant le cycle de vie d'une installation pour réaliser un ou plusieurs objectifs spécifiques. » [traduction] Selon le dictionnaire BIM, le BIM prend en charge plusieurs types d'utilisation de l'information, qui sont catégorisés comme des utilisations de documents, des utilisations de modèles et des utilisations de données. Les utilisations de modèle sont définies comme suit : « Les livrables d'un projet prévu ou attendu pour la génération, la collaboration et la liaison des modèles à une base de données externe. Un usage du modèle représente les interactions entre un utilisateur et un système de modélisation afin de générer des Livrables basés-modèle. Il y a des dizaines d'usages du modèle incluant la détection des conflits, l'estimation des coûts et la gestion des espaces » [traduction] [54]. La notion d'utilisation du BIM ou d'utilisation de modèles fournit un autre niveau d'analyse et de structure lorsqu'on discute de l'adoption et de la mise en œuvre du BIM. En effet, l'utilisation du BIM peut être liée à l'intensité de la mise en œuvre au sein d'une organisation donnée. Au fil des ans, plusieurs stratégies ont été élaborées pour classer, structurer et documenter les utilisations du BIM, comme les travaux de Penn State sur le dictionnaire du BIM et ceux de buildingSMART International.

Au Canada, plusieurs utilisations fondamentales du BIM ont été déployées au fil des ans et sont devenues courantes dans des secteurs et des domaines particuliers. En particulier, la coordination 3D, la détection des conflits, la documentation et la visualisation ont toujours été citées comme les principales utilisations du BIM dans un certain nombre d'études susmentionnées. Par exemple, l'enquête GRIDD-ÉTS menée en 2015 a identifié la création de documents 2D, le soutien à la conception, la visualisation, la multi-discipline et la détection des conflits comme les cinq principales utilisations du BIM [41]. Les rapports annuels de 2019 et 2020 sur le BIM indiquaient que les principales utilisations du BIM étaient la coordination, la collaboration, la visualisation, la conception et la détection des conflits [43], [44]. De même, des ateliers de planification d'action avec des organismes qui ont participé à l'Initiative québécoise pour la Construction 4.0 (IQC 4.0) ont indiqué que la documentation, la visualisation et la détection des conflits étaient les utilisations les plus populaires du BIM [50]. Il convient de noter que l'IQC 4.0 a utilisé la classification des utilisations de modèles développée par l'initiative d'excellence du BIM [55]. Ces trois dernières études ont également ciblé des utilisations avancées du BIM, y compris l'analyse énergétique, la gestion des installations et la vérification de la conformité aux codes. Au fur et à mesure que les compétences et les capacités du BIM sont développées, y compris les outils et les technologies, les utilisations avancées du BIM vont probablement augmenter en popularité et gagner du terrain au sein de l'industrie.

Utilisations du BIM et modélisation nD

Le concept de modélisation nD relatif au BIM est apparu vers 2003. Un modèle nD est une extension d'un modèle de données du bâtiment intégrant toutes les informations de conception requis à chaque étape du cycle de vie d'une installation [56], [57]. Les concepts de modélisation 3D et 4D pour l'industrie de la construction faisaient l'objet d'une discussion dès l'an 2000 [58]. Au cours des dernières décennies, la modélisation nD a été officialisée au point où les modélisations 6D, 7D, 8D, 9D et 10D ont été définies dans diverses publications de l'industrie et signifient différentes choses pour différentes personnes. Par conséquent, après le BIM 5D, il n'y a pas de consensus sur les définitions de

ces dimensions, et chaque dimension peut inclure un certain nombre d'utilisations du modèle. En fin de compte, le concept des dimensions vise à offrir une façon compréhensible de classer les utilisations du BIM, mais la variabilité et l'absence de définition commune peuvent conduire à la confusion. D'autres catégorisations ont également été élaborées, comme celle proposée par l'initiative BIMexcellence [55], qui classe les utilisations du modèle selon le domaine et l'intention globale.

3.5 Avantages de l'adoption et de la mise en œuvre du BIM

Les avantages de la transformation numérique et de la mise en œuvre du BIM ont été étudiés et discutés dans des études antérieures. Par exemple, un rapport du Groupe BIM du Québec résume les possibilités et les avantages du BIM dans les domaines économique, environnemental et social, ainsi qu'au niveau de l'industrie et dans l'environnement bâti [32]. Le Tableau 2 illustre certains des avantages indiqués dans la documentation.

En 2018, PricewaterhouseCoopers a publié un rapport sur la méthodologie de mesure des avantages (MMA) de niveau 2 du BIM, qu'elle a été chargée d'élaborer par Innovate UK [59]. Le rapport a présenté les résultats de l'application du cadre de la MMA à deux projets, qui ont indiqué entre **1,5 % et 3,0 % d'économies sur le cycle de vie d'un actif bâti,** la majeure partie des économies réalisées au cours de la phase d'exploitation. En 2021, le Center for Digital Built Britain a commandé un rapport sur la valeur de la gestion de l'information (au moyen de la transformation numérique et du BIM) dans l'industrie des actifs bâtis [60]. Les résultats suggèrent que pour chaque livre anglaise investie dans la gestion de l'information, les économies de main-d'œuvre seraient comprises entre 5,10 et 6,00 GBP et les économies totales de coûts seraient comprises entre 6,90 et 7,40 GBP au fil du temps. Les résultats ont également suggéré que chaque tranche de 1 GBP de productivité obtenue grâce à la gestion de l'information pourrait ajouter 3,70 GBP supplémentaires au PIB annuel du Royaume-Uni. Enfin, ces avantages pourraient également contribuer à une valeur sociale plus large par des actifs bâtis de meilleure qualité et plus durables.

La promesse d'une amélioration du rendement et d'avantages sociaux plus larges est à l'origine de l'adoption et de la mise en œuvre du BIM dans le monde entier. Comme indiqué ci-dessus, les avantages d'une telle transformation sont peu à peu formalisés et passant d'anecdotique à quantifiable. Bien qu'il y ait des difficultés à documenter ces avantages de façon complète et sans équivoque, les données de plus en plus probantes constituent une base pour amorcer et guider le processus d'adoption et de mise en œuvre du BIM au Canada. Cependant, bien que la volonté et la motivation augmentent, plusieurs défis importants entravent ce processus de transformation.

3.6 Défis liés à l'adoption et à la mise en œuvre du BIM

Depuis les années 1980, les chercheurs ont étudié les obstacles et les défis à la transformation numérique dans l'industrie des actifs bâtis. Des problèmes tels que la fragmentation et une faible collaboration [61], l'interopérabilité des systèmes d'information [62], le manque de normalisation [63], la formation et la gestion du changement [64] et la difficulté pour les petites et moyennes entreprises (PME) de mettre en œuvre de nouvelles technologies [65] ont été décelés il y a plusieurs décennies et continuent d'agir comme des obstacles et de poser des défis à l'innovation et à la transformation numérique dans l'industrie des actifs bâtis.

Plusieurs études ont recensé des obstacles qui entravent l'adoption et la mise en œuvre du BIM. En résumé, les obstacles les plus importants peuvent être classés dans les cinq catégories suivantes :

1. technologiques
2. juridiques
3. gestion
4. fiscaux
5. humains

Parmi ces obstacles figurent le coût de l'investissement, le manque de normes et de stratégies industrielles, les changements dans les flux de travail et les modèles d'affaires, le manque de demande de la clientèle et de soutien de la direction, la nature fragmentée de l'architecture, l'ingénierie et de la construction (AIC), le manque de sous-traitants qui peuvent utiliser la technologie du BIM, le besoin d'éduquer les professionnels sur le BIM, les difficultés à mesurer les impacts du BIM, les politiques gouvernementales

Tableau 2. Avantages du BIM selon la documentation

Avantages économiques pour l'industrie des actifs bâtis	Avantages environnementaux pour l'industrie des actifs bâtis	Avantages sociaux pour l'industrie des actifs bâtis
▪ Augmentation de 20 à 28 % de la productivité sur site ▪ Amélioration de la compétitivité du secteur de la construction ▪ Capacité accrue d'exporter le savoir-faire canadien ▪ Expansion du secteur des services numériques ▪ Un pas vers le marché numérique unique	▪ Meilleure utilisation des ressources ▪ Un pas vers l'économie circulaire ▪ Amélioration de l'efficacité des ressources de l'infrastructure de données (réduction de la consommation d'énergie)	▪ Des emplois plus sûrs ▪ Meilleure capacité d'attirer les gens dans l'industrie ▪ Sécurité accrue des données ▪ Attraction du talent numérique dans la construction
Avantages économiques pour l'environnement bâti	**Avantages environnementaux pour l'environnement bâti**	**Avantages sociaux pour l'environnement bâti**
▪ Réduction de 3 % à 10 % des coûts de construction ▪ Diminution de 7 % à 19 % de la durée du projet (conception et mise en service) ▪ Diminution de 50 % à 95 % des erreurs de construction ▪ Réduction des coûts d'entretien et d'exploitation ▪ Réduction de 66 % à 98 % du temps d'intervention pendant la phase d'exploitation ▪ Réduction de 55 % et 80 % du temps de travail en phase d'exploitation	▪ Réduction des déchets sur site ▪ Optimisation de la consommation d'énergie pendant l'exploitation ▪ Possibilité d'une analyse complète du cycle de vie du bien pendant l'exploitation	▪ Normes de santé et de sécurité plus élevées ▪ Amélioration de l'engagement et de la consultation du public ▪ Amélioration des avantages sociaux (par exemple, amélioration des soins aux patients et de l'apprentissage des élèves)

Note : adapté de Poirier et al., 2018 [30].

inadéquates, la concurrence ou le manque d'initiative et l'hésitation, le manque de recherche sur la mise en œuvre du BIM, et l'incompréhension du BIM [64], [65], [66], [67], [68], [69].

Au Canada, les obstacles et les défis à l'adoption et à la mise en œuvre du BIM ont été étudiés et décrits dans le cadre de différentes études et confirmés dans le cadre de ce projet de recherche. La résistance au changement, le faible taux d'adoption par les parties prenantes de l'industrie, le manque de connaissances et de formation et les courbes d'apprentissage ont toujours été distingués comme étant des défis importants. Le manque de demande de la part des clients et l'absence de mandat ont également été classés comme des défis importants dans les enquêtes canadiennes antérieures sur le BIM [39], [40], [41], [42], [43], [44], [45], [46], [47], [48].

Beaucoup de ces obstacles pointent vers des défis systémiques et enracinés au sein de l'industrie, y compris la nature complexe de l'industrie des actifs bâtis, sa fragmentation [72], le manque d'investissement dans la recherche et le développement et l'innovation en raison de faibles marges de profit [73] et un manque de gestion du changement [74]. De plus, des obstacles importants et récurrents déterminés dans le cadre de recherches antérieures indiquent un manque de connaissances et de ressources pour adopter et mettre en œuvre le BIM, y compris un manque d'éducation et de formation, un manque de normes, des environnements contractuels non propices et des pratiques mal adaptées. Une personne interrogée a répondu à cette question ainsi :

> *Je pense que [l'instauration de pratiques normalisées et avancées] modifierait fondamentalement la façon dont le BIM est utilisé, si nous n'avions pas à dépenser d'énergie sur l'annotation et le dimensionnement pour qu'ils puissent être interprétés à partir d'un morceau de papier, par opposition au modèle numérique, cela permettrait de gagner énormément de temps, et ce temps se traduirait en économies pour le client, ou il pourrait être redirigé vers une collaboration accrue, un temps de conception accru ou encore améliorer le niveau de détail du modèle. [traduction]*
>
> **(Expert en BIM, firme de professionnels de la conception)**

3.7 Défis à relever

Dans le contexte de cette recherche, les obstacles et les défis à l'adoption et à la mise en œuvre du BIM indiqués ci-dessus ont été mentionnés de façon constante lors des entrevues. L'objectif de la recherche n'était pas de quantifier statistiquement ces obstacles, mais de les valider et d'élaborer une réponse. À ce titre, en fonction de la catégorisation des réponses antérieures au sondage et d'une analyse des données recueillies pour ce rapport, trois principaux défis ont été ciblés et sont définis dans le Tableau 3. Ces défis concernent principalement les aspects opérationnels de l'adoption et de la mise en œuvre du BIM. Toutefois, ils concernent aussi indirectement la stratégie d'entreprise et les incitatifs financiers (par exemple, le rendement du capital investi, les coûts d'exploitation, le soutien des hauts dirigeants, etc.), en soulignant un quatrième défi qui sous-tend les trois principaux : l'absence d'un cadre opérationnel cohérent pour l'adoption et la mise en œuvre du BIM. Cette absence entrave le plein potentiel de l'adoption et de la mise en œuvre du BIM en introduisant une variabilité significative dans son application et son déploiement. Les organisations élaborent de plus en plus leurs propres cadres opérationnels. Bien qu'elles soient nécessaires pour structurer et prendre en charge l'adoption du BIM à l'échelle de l'entreprise, ces cadres de références ad-hoc peuvent entraîner des pratiques et des flux de travail incompatibles au sein des projet et des différentes phases du cycle de vie d'un actif. Par conséquent, ces défis globaux relevés dans la documentation, validés par les entrevues et classés ci-dessus doivent être traités par une réponse structurée, qui fait l'objet d'une discussion à la section 4.

4 Structurer l'adoption et la mise en œuvre du BIM au Canada : Répondre aux trois défis

La formulation d'une réponse claire et cohérente aux défis décrits dans le tableau 3, qui non seulement permet aux parties prenantes dans l'industrie des actifs bâtis de réaliser pleinement les possibilités de l'adoption et de la mise en œuvre du BIM, mais également de traiter les principaux facteurs de changement est complexe. Toute réponse à ces défis devrait faciliter cette transformation numérique et apporter des améliorations substantielles dans tous les segments de l'industrie. Elle doit être proportionnée, mesurée et ciblée, et exécutée de manière cohérente, ce qui signifie qu'elle doit obtenir un soutien considérable.

À leur base, les trois défis découlent de l'absence d'un corpus de connaissances canadien cohérent et largement adopté pour appuyer le BIM et d'un cadre pour concrétiser ces connaissances. Bien que des travaux à cet égard aient été effectués dans le passé, tant au Canada qu'à l'international [75], [76], ils ne tiennent pas compte des récents efforts de normalisation et de la portée des cibles en matière d'ensemble de connaissances propres au BIM. Un corpus canadien de connaissances sur le BIM devrait avoir une portée plus large et être plus modulaire et plus évolutif pour être utile, ce qui est l'approche proposée ci-dessous.

Les réponses aux défis du tableau 3 et leurs résultats escomptés sont présentés dans le Tableau 4 et sont décrits en détail dans les sections suivantes. Chaque réponse est d'abord définie par rapport au défi qu'elle aborde, puis les besoins et les attentes propres au Canada sont décrits. Ensuite, les travaux passés et actuels relatifs à chaque réponse sont décrits. Finalement, les écarts et les activités pour les traiter sont abordées. Ces réponses sont formulées pour traiter directement des défis et de la complexité de la tâche à accomplir : appuyer la transformation numérique de l'industrie canadienne des actifs bâtis, par l'adoption et la mise en œuvre du BIM, pour atteindre les objectifs économiques, environnementaux et sociaux plus généraux décrits dans la section 3.1. Bien que chacune des réponses nécessite un effort soutenu, il existe des synergies significatives entre les trois; elles doivent donc être opérationnalisées ensemble dans la mesure du possible. Cette approche a servi de base au cadre opérationnel uniforme pour l'adoption et la mise en œuvre du BIM, illustré à la Figure 6.

De nombreux pays dans le monde ont formulé des stratégies, élaboré des programmes et mis en œuvre des mandats pour relever ces défis, amorcer et soutenir la transformation numérique dans leurs industries respectives de actifs bâtis. En Asie, la Corée du Sud, la Chine, Hong Kong et Singapour ont fait preuve de leadership dans ce domaine. En Europe, la Finlande, la Norvège, le Danemark, l'Allemagne, la France et le Royaume-Uni ont élaboré de vastes cadres et développé des ressources de connaissances pour soutenir l'adoption et la mise en œuvre du BIM. En

Tableau 3. Défis pour l'adoption et la mise en œuvre du BIM au Canada

Défi	Description
Manque de demande constante de la part des clients	Le manque de demande de la part des clients et l'absence de mandat pour le BIM figurent toujours parmi les principaux obstacles au BIM. Ce point a été repris dans les entrevues, le manque systématique de demande étant un thème universel.
Manque d'aptitudes et de compétences appropriées	Le manque d'expertise interne, le manque de connaissances et de compétences, le manque d'éducation et de formation et le manque d'orientation ont été reconnus comme des obstacles importants à la transformation numérique et à l'adoption et à la mise en œuvre du BIM. Le manque de savoir-faire technique en matière de gestion et d'opération à tous les niveaux peut sérieusement entraver le succès du processus de transformation et la réalisation de ses bénéfices. L'éventail et l'étendue des compétences à perfectionner sont considérables et nécessitent une approche structurée.
Incompatibilité des capacités et des flux de travail dans les chaînes d'approvisionnement et de valeur des actifs bâtis	Le manque de collaboration et de coopération, le manque d'uniformité des flux de travail (fondés sur le BIM ou hybrides), les questions juridiques, le manque d'uniformité au niveau de l'application, les normes ad-hoc et les questions d'interopérabilité (sémantique, syntaxique, processus et technique) nuisent au plein potentiel de la mise en œuvre du BIM.

Amérique du Sud, le Brésil, le Chili, l'Argentine et le Pérou ont également mis au point des initiatives visant à promouvoir l'utilisation du BIM. Enfin, l'Australie et les États-Unis ont des antécédents considérables dans ce domaine. Cette recherche a examiné les divers travaux entrepris dans le monde et la façon dont ils pourraient éclairer les réponses aux défis relevés dans le Tableau 4.

4.1 Cadres d'adoption et de mise en œuvre du BIM

Les défis indiqués dans le tableau 3 mettent en évidence l'absence d'un ensemble de connaissances largement adopté et d'un cadre opérationnel uniforme pour l'adoption et la mise en œuvre du BIM au Canada. La formalisation d'un tel cadre fait partie de la réponse globale à ces défis. L'adoption et la mise en œuvre du BIM, ou « l'ensemble des activités entreprises par une unité organisationnelle pour préparer, déployer ou améliorer ses produits livrables du BIM (produits) et leurs flux de travail (processus) connexes » [traduction] [54], ont fait l'objet de recherches importantes au cours de la dernière décennie. La recherche menée dans le cadre du présent rapport visait à mieux comprendre les différentes composantes et variables qui ont une incidence sur ce processus au niveau de l'industrie, de l'organisation, du projet et de la personne.

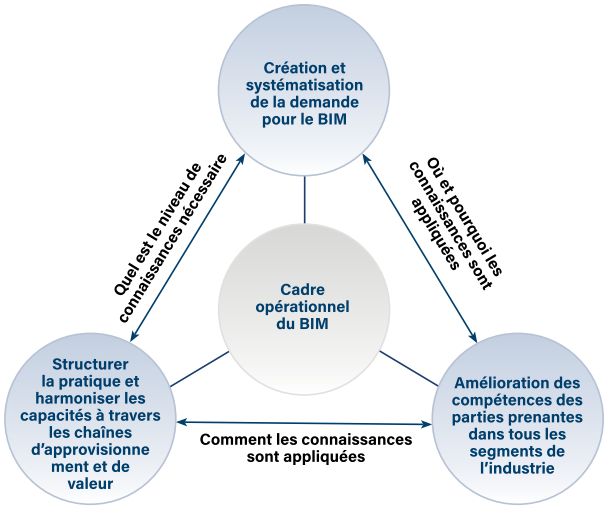
Plusieurs cadres ont été élaborés pour mieux cadrer, décrire et favoriser l'adoption et la mise en œuvre du BIM [67], [77], [78],[79]. Ces cadres ont de nombreuses caractéristiques communes, à savoir des dimensions clés et des critères ou indicateurs spécifiques qui qualifient ce processus complexe. Les dimensions de ces cadres découlent de travaux de plusieurs décennies axés sur la transformation numérique, les systèmes socio-techniques et la gestion du changement organisationnel [80], [81], [82], [83], [84], [85]. Ces dimensions peuvent être davantage distillées dans des parties et des composantes de connaissances, notamment :

- **Contexte :** La dimension contextuelle définit l'environnement dans lequel l'adoption et la mise en œuvre du BIM ont lieu. Elle représente tout ce qui se trouve en dehors de l'organisation et est concernée par des questions comme les normes, les règlements, les politiques, les marchés et les cultures.
- **Organisation :** La dimension organisationnelle est liée à la façon dont les équipes et les personnes sont structurées. Elle porte sur les configurations contractuelles, les liens hiérarchiques créés et les rôles et responsabilités, y compris l'approvisionnement et les partenariats.
- **Processus :** La dimension du processus sous-tend les pratiques, les mécanismes et les actions qui appuient la mise en œuvre du BIM. Elle est liée à la production d'information et de connaissances, ainsi qu'à sa gestion et à son échange entre les personnes au sein d'une organisation, dans un réseau de projet et tout au long du cycle de vie d'un actif bâti. Les processus sont soutenus par les personnes et les pratiques et comprennent les intrants et les extrants, les contrôles et les mécanismes.

Tableau 4. Réponses et résultats attendus aux trois défis du BIM

Défi	Intervention	Résultat
Manque de demande constante de la part des clients	Créer et systématiser une demande pour le BIM, ainsi que la livraison de projets et la gestion des actifs bâtis numérisés.	Demande uniforme et harmonisée dans tout le Canada, à tous les paliers de gouvernement et dans tous les secteurs.
Manque d'aptitudes et de compétences appropriées	Améliorer les compétences des parties prenantes dans tous les segments de l'industrie, en s'appuyant sur un ensemble de connaissances de base	Une main-d'œuvre qualifiée et compétente, capable de mettre en œuvre pleinement le BIM et la transformation numérique et d'en tirer profit.
Incompatibilité des capacités et des flux de travail dans les chaînes de valeur et d'approvisionnement des actifs bâtis	Structurer la pratique et harmoniser les capacités dans les chaînes d'approvisionnement et de valeur grâce à la normalisation.	Des chaînes d'approvisionnement et de valeur hautement compétentes qui bénéficient de possibilités accrues d'intégration des processus, des flux de travail et des flux de informations.

Figure 6. Réponse aux défis liés à l'adoption et à la mise en œuvre du BIM



- **Technologie :** La dimension technologique est liée au déploiement des technologies de l'information et de la communication et englobe les outils, les technologies et les plateformes qui sous-tendent l'adoption et la mise en œuvre du BIM.

Une perspective complémentaire de la mise en œuvre du BIM est liée à la gestion de l'information et des données. Les éléments recensés dans le contexte de ce rapport correspondent aux quatre éléments clés de la gestion de l'information, tels que définis dans la série ISO 19650 : Besoin et utilisation de l'information, exigences en matière d'information, planification de la livraison de l'information et livraison de l'information. L'accessibilité de l'information et son architecture sont également cruciales. Ces termes sont définis à l'annexe A.1.

4.2 Création et systématisation de la demande au moyen de la politique

4.2.1 Pourquoi est-ce important?

La demande de la part des clients est l'un des principaux facteurs d'adoption et de mise en œuvre du BIM [86], [87], ce qui a été confirmé dans les données recueillies pour ce rapport. L'absence de demande de la part des clients et de mandats publics pour le BIM ont toujours été classés parmi les principaux obstacles à l'adoption et à la mise en œuvre du BIM. L'absence de demande de la part des clients a plusieurs conséquences majeures. Premièrement, l'industrie n'est pas incitée à lancer ou à accélérer la transition, ce qui entraîne un ralentissement de l'adoption du BIM par l'industrie. Deuxièmement, le manque de demande régulière entraîne des reprises et du gaspillage, car les exigences ne sont pas normalisées de manière optimale, ce qui signifie que les entreprises doivent adapter leurs livrables à différents types de demande. Enfin, les personnes interrogées ont toujours indiqué le fait que l'asymétrie de l'utilisation du BIM, avec une utilisation plus prononcée pendant la phase de conception et de construction, entrave considérablement le plein potentiel du BIM. Cette « baisse » de l'utilisation du BIM au niveau des sous-traitants et aux étapes ultérieures du cycle de vie annule les avantages attendus du BIM.

L'absence de demande est attribuable à un manque de compétences de la part des organisations propriétaires, qui à son tour entrave la progression de l'adoption du BIM par l'industrie canadienne des actifs bâtis, comme l'a souligné l'une des personnes interrogées :

Je pense que c'est principalement la communauté des propriétaires qui n'a pas encore la sophistication pour demander ce dont ils ont besoin. Et de nombreux propriétaires n'utilisent pas d'outils numériques pour la gestion des biens, [...]. Je pense donc que c'est une des raisons pour laquelle cela n'a pas été aussi rapide que possible. [traduction]

(Vice-président, entrepreneur général)

4.2.2 Besoins et attentes du Canada dans ce domaine

La demande de la part des clients peut être officialisée et soutenue par différents canaux et appuyée par différents mécanismes. La demande de la part des clients provient principalement de l'utilisation des informations déterminées par les propriétaires et les exploitants d'actifs bâtis pour soutenir leurs processus d'affaires tout au long du cycle de vie de leurs actifs bâtis. Le propriétaire de l'actif bâti en tant que client est la vision prédominante dans le secteur, mais tout utilisateur ou fournisseur de biens en aval peut être considéré comme un client. Par conséquent, l'augmentation et la systématisation de la demande impliquent également sa structuration et sa sécurisation dans l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement. La demande de la part des clients est officialisée par les exigences d'information tel qu'énoncée dans la série de normes ISO 19650.

Structurer et sécuriser les utilisations de l'information et leurs exigences, qui constituent essentiellement le cœur de la demande de la part des clients, peut être réalisé en formulant des politiques claires et uniformes et des instruments de soutien (réglementaires, économiques ou informatifs) pour informer, promouvoir, structurer et permettre l'adoption et la mise en œuvre du BIM. Ces instruments politiques sont principalement promulgués par des voies d'approvisionnement, qui constituent les modèles, les stratégies et les mécanismes contractuels sous-jacents qui créent le cadre du projet, tout en obligeant les participants au projet à fournir un service ou un bien. L'utilisation de modèles d'approvisionnement plus intégrés est considérée comme bénéfique à la promotion et au soutien d'une utilisation efficace et efficiente du BIM [88].

Les ateliers organisés pour ce rapport ont donné la priorité à plusieurs ressources de connaissances qui appuient la formalisation des utilisations et des exigences de l'information, notamment : les spécifications de progression du modèle et niveau de besoin d'information (Niveau de X/LoX), la sécurité de l'information, les spécifications et manuels de livraison de l'information, et livrables informationnels pour soutenir des utilisations spécifiques du modèle, des points de décision clés formalisés et des critères d'acceptation, et le minimum requis des services numériques.

Deux thèmes complémentaires concernant les politiques faisant la promotion de l'adoption et de la mise en œuvre du BIM ont émergé grâce à cette recherche. Le premier est l'importance générale des organismes publics, à tous les niveaux, dans la structuration et la promotion de la transformation numérique et de l'adoption et de la mise en œuvre du BIM dans tout le pays. Le second était la nécessité d'un mandat clair relatif au BIM de la part de ces organismes publics. Ces thèmes sont décrits dans les sous-sections suivantes.

4.2.2.1 Rôle et influence du gouvernement relativement à l'adoption et à la mise en œuvre du BIM

En général, les gouvernements réglementent ce qui est construit (par exemple, au moyen de règlements administratifs), comment il est construit (au moyen de codes du bâtiment) et qui le construit (au moyen de la formation professionnelle et du droit du travail). Ils fixent également des objectifs et des stratégies, au moyen de politiques, qui touchent directement ces domaines. Comme il est mentionné à la section 3.2, les organismes publics représentent également la plus grande part des dépenses en immobilisations dans l'industrie canadienne des actifs bâtis et sont donc le plus grand groupe de clients.

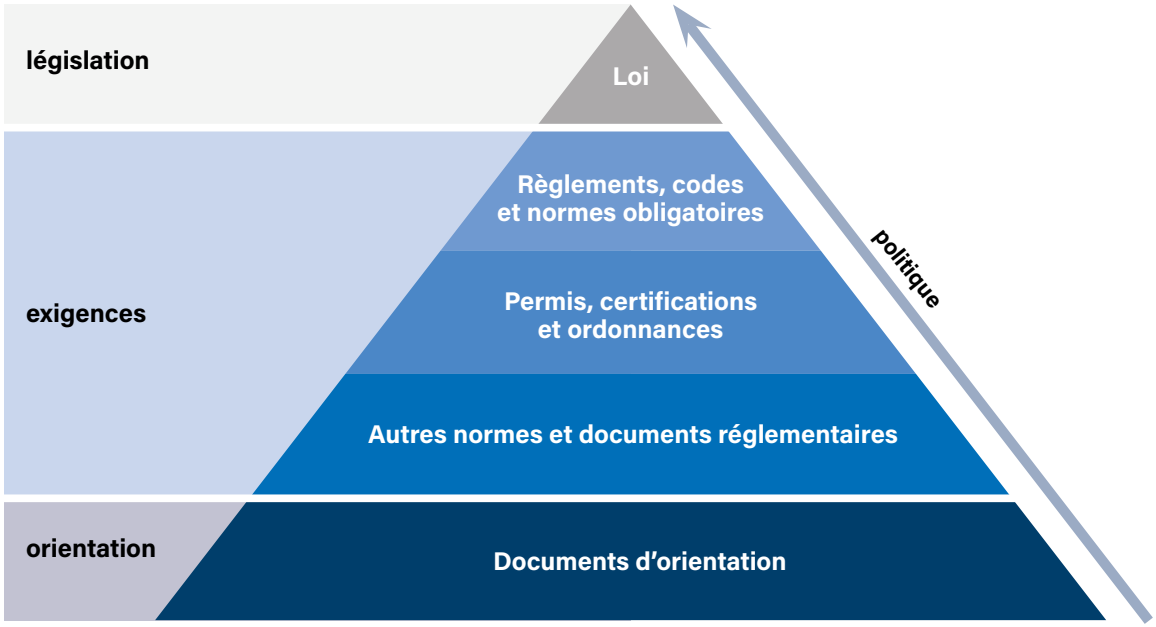
Comme l'illustre la Figure 7, les lois d'un territoire sont promulguées par des règlements, des licences, des codes et des normes (exigences), qui sont appuyés par des guides (orientation). Au Canada, l'industrie des actifs bâtis est une compétence provinciale, ce qui signifie que les lois, les règlements et les codes qui touchent cette industrie sont proposés, votés, promulgués et appliqués au niveau provincial. Parmi les exemples, mentionnons la Building Act de la Colombie-Britannique, le Building Code Regulation de l'Alberta, la Loi sur le code du bâtiment de l'Ontario et la Loi sur les bâtiments du Québec, pour ne nommer que quelques lois. Ces lois provinciales exigent l'utilisation de codes du bâtiment pour établir les exigences minimales acceptables

en matière de santé, de sécurité, d'accessibilité et de protection des bâtiments. Certaines provinces utilisent le Code national du bâtiment (CNB) du Canada, tandis que d'autres, notamment la Colombie-Britannique, l'Alberta, l'Ontario et le Québec publient leurs propres codes qui sont fondés sur le CNB, mais qui dépassent les exigences minimales de celui-ci. Il existe quelques exceptions pour les actifs bâtis sur des terres appartenant au gouvernement fédéral. Les municipalités ont parfois le pouvoir et la compétence d'administrer et d'appliquer le code du bâtiment de leur province, comme Vancouver, qui a son propre code du bâtiment. La Figure 8 illustre les différents règlements et codes, ainsi que leurs relations au sein de l'industrie canadienne des actifs bâtis.

Les municipalités peuvent appliquer des règlements qui réglementent les caractéristiques spécifiques de l'environnement bâti, y compris ce qui peut être construit et quels types de matériaux peuvent être utilisés. Du point de vue de la gestion au niveau municipal, certaines provinces ont adopté des lois précises qui dictent les exigences pour l'élaboration de stratégies et de plans de gestion des biens municipaux. Par exemple, la Loi de 2015 sur l'infrastructure au service de l'emploi et de la prospérité de l'Ontario comprenait la planification de la gestion des biens pour la réglementation de l'infrastructure municipale, qui exige que les municipalités de l'Ontario élaborent une politique stratégique de gestion des biens et un plan de gestion des biens. Le non-respect de ces directives pourrait entraîner des municipalités à ne pas recevoir leur part du Fonds de la taxe sur l'essence du fédéral [89].

Les politiques jouent un rôle clé dans le changement au sein l'industrie des actifs bâtis en établissant des stratégies et des visions ainsi que le contexte de la prise de décision en termes de planification, de livraison et d'utilisation de l'environnement bâti. Ces politiques peuvent aller de la durabilité aux pratiques d'approvisionnement en passant par la hiérarchisation des biens et peuvent être mise en œuvre par des moyens coercitifs ou non. Il existe des politiques concernant l'industrie des actifs bâtis à tous les paliers de gouvernement et dans de nombreux organismes et ministères, comme la Stratégie fédérale pour un gouvernement vert. L'établissement de politiques pertinentes, en combinaison avec d'autres règlements, codes, normes et guides, peut créer un contexte propice à la transformation numérique ainsi qu'à l'adoption et à la mise en œuvre du BIM.

Figure 7. Relation entre la législation, les exigences et les directives



4.2.2.2 Un mandat canadien pour le BIM

Les gouvernements ont la capacité de réglementer et de favoriser la transformation numérique et l'adoption du BIM à différents niveaux. En tant qu'importants organismes clients, ils ont également la capacité de mandater le BIM. Bien qu'il y ait eu un débat sur la nécessité d'un tel mandat au Canada, il y a un consensus croissant sur le fait qu'un mandat pour le BIM est maintenant nécessaire pour soutenir l'industrie et pour structurer et exploiter les pratiques BIM afin de générer de la valeur pour toutes les parties prenantes de l'industrie des actifs bâtis. Une majorité (62 %) des répondants sondés pour cette recherche étaient d'accord ou fortement d'accord sur le fait que le BIM devrait être mandaté et appuyé par le gouvernement, alors que 24 % n'étaient ni d'accord ni en désaccord. Moins de 15 % sont en désaccord ou fortement en désaccord. En outre, 69 % des répondants au sondage ont indiqué que l'absence de mandats gouvernementaux pour le BIM constituait un obstacle important à la transformation numérique de leur entreprise. Cela a été exprimé dans les entretiens :

> *Et il y a probablement plus de cinq ans. À ce stade, j'ai pensé, non, que nous serions en mesure de gérer cela de manière indépendante et que nous n'avions pas besoin d'un mandat. Nous n'avions pas besoin d'une autorité pour nous dire comment exécuter des projets. Cela a changé principalement en raison du succès que j'ai connu à l'étranger avec d'autres pays qui ont adopté un mandat de BIM. Les facteurs moteurs qui aident à stimuler cela et à quel point cela a été rapide. [traduction]*
>
> **(Expert du BIM, conseil)**

Définir et promulguer un mandat n'est pas une tâche simple. Tout comme aux États-Unis, l'absence d'un organisme public central au Canada rend difficile la promulgation, la coordination et l'application d'un mandat pour le BIM. En l'absence de cet organisme central, une constellation d'organisations et d'organismes gouvernementaux doit coordonner et adapter leurs politiques et pratiques individuelles pour appuyer un tel mandat. Un mandat canadien du BIM devrait porter sur un ensemble commun de politiques (y compris les règlements, les exigences et les codes) et un cadre commun de mise en œuvre (normes, spécifications, architecture des données – voir la section 4.4), et il devrait s'appuyer sur un ensemble commun d'aptitudes et de compétences de base (voir la section 4.3). Compte tenu du contexte réglementaire au Canada, un mandat, qui serait en fait une multitude de mandats, serait adopté et appliqué au niveau municipal, provincial et fédéral. En ce sens, l'équivalent le plus proche est celui des codes modèles nationaux [90]. Par ailleurs, le Devis directeur national [91] pourrait aussi servir de précédent pour éclairer et structurer l'adoption et la mise en œuvre du BIM au Canada.

Qu'est-ce qu'un mandat?

Un ordre officiel de faire quelque chose

Qu'est-ce qu'un mandat pour le BIM?

Une exigence (ou une série d'exigences) pour exécuter des projets et gérer des actifs bâtis (ou un portefeuille d'actifs) conformément aux normes reconnues pour échanger et fournir des données de manière structurée et cohérente, soutenue par des processus et des technologies BIM afin d'atteindre un ensemble d'objectifs et de résultats spécifiques.

Qui peut promulguer un mandat BIM?

Tout propriétaire, par rapport à son portefeuille de projets et d'actifs.

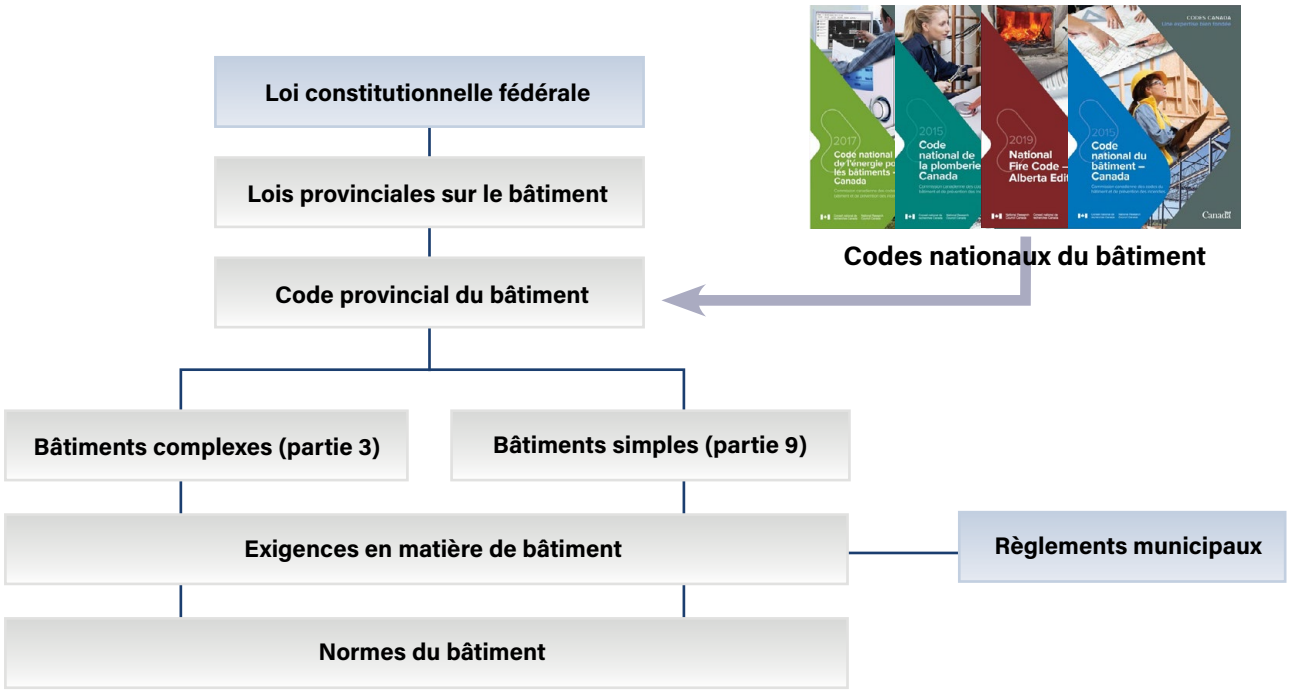
4.2.3 Travaux antérieurs et actuels dans ce domaine

Plusieurs instances à travers le monde ont fourni un effort important pour déterminer et officialiser les utilisations de l'information et les exigences concernant celles-ci, et pour élaborer des documents de politique et des pratiques d'approvisionnement permettant l'adoption et la mise en œuvre du BIM. On peut citer, par exemple, les politiques du Royaume-Uni et de l'état de Victoria (Australie) concernant la transformation numérique et le BIM, ainsi que la feuille de route pour le BIM du gouvernement du Québec.

4.2.3.1 Étude de cas à l'international : Le Royaume-Uni et le mandat de BIM de niveau 2

Beaucoup de choses ont été écrites sur l'expérience du Royaume-Uni et les actions et initiatives qui ont conduit à la décision du gouvernement britannique de mandater le BIM (p. ex., [92]). Initialement élaboré en

Figure 8. Règlements et codes dans l'industrie canadienne des actifs bâtis



2011, le mandat britannique pour le « BIM de niveau 2 » (qui est devenu le BIM selon la série ISO 19650) est peut-être l'exemple le plus discuté. Il est maintenant devenu *l'Information Management Mandate* au sein du *Transforming Infrastructure Performance: Roadmap to 2030*, qui a été publié par l'autorité responsable des infrastructures et des projets [17]. Le mandat initial exigeait que tous les projets publics soient exécutés conformément au BIM de niveau 2 à compter d'avril 2016. Fondé à l'origine sur le cadre PAS 1192, le mandat a évolué avec la publication de la série de normes ISO 19650.

Les partisans de ce mandat indiquent qu'il a eu un impact significatif en aidant l'industrie britannique de la construction à effectuer une transition efficace vers le BIM. Le fait que le mandat ait été renouvelé dans le document *Roadmap to 2030* [17] indique clairement que le gouvernement britannique soutient cette voie. Les détracteurs, quant à eux, indiquent que le mandat a été mal déployé, ce qui a conduit les entreprises à essayer d'atteindre la conformité par d'autres voies, annulant l'intention originale de la feuille de route, qui était d'améliorer le rendement de l'industrie [93].

Depuis l'adoption du mandat, de nombreuses ressources ont été élaborées pour soutenir l'adoption généralisée de la série ISO 19650 avec le cadre du BIM britannique, sous la direction de la UK BIM Alliance, agissant comme le dépôt central de la plupart des informations sur le BIM au Royaume-Uni. Le Tableau 5 illustre l'orientation du cadre BIM britannique qui a été élaborée par la UK BIM Alliance.

4.2.3.2 Étude de cas à l'international : L'Australie et le leadership gouvernemental à différents niveaux

L'Australie a un contexte semblable à celui du Canada, avec un gouvernement fédéral et des gouvernements d'État qui réglementent la construction. Vers 2010, l'Australie a assumé un rôle de leadership et a rédigé plusieurs documents soutenant et structurant l'adoption et la mise en œuvre du BIM au niveau national. Toutefois, en raison des changements politiques, l'élan s'est essoufflé en 2012. Cela a été discuté dans un entretien avec un représentant australien :

> *Malheureusement, en Australie, il n'y a pas eu d'initiatives de la part du gouvernement fédéral. Et il revient de plus en plus aux États de faire quelque chose [c'est maintenant aux] agences qui s'occupent de la construction ou de l'approvisionnement en infrastructures, [d'élaborer] ces normes. [traduction]*
>
> **Expert en normes, Australie**

Au niveau des États, New South Wales et Victoria ont activement soutenu et promu la transformation numérique et le BIM. Par exemple, l'État de Victoria a élaboré la *Victorian Digital Asset Strategy* (VDAS) qui définit le processus vital de sauvegarde des systèmes numériques qui permettra à l'État de Victoria de surveiller et d'améliorer la création et la gestion des infrastructures à Victoria. [94]. La VDAS s'appuie sur la *Victorian Digital Asset Policy* [95, p. 1] et autorise celle-ci :

Victorian Digital Asset Policy

La politique sur les biens numériques (politique) énonce des exigences organisationnelles et de projet claires et uniformes conçues pour optimiser la productivité et être appropriées et proportionnelles à la valeur et au contexte de risque d'un projet.

Cette politique s'applique à tous les ministères, sociétés, autorités et autres organismes du gouvernement de l'État de Victoria en vertu de la *Financial Management Act 1994* (Vic.). La politique s'applique à toute proposition d'investissement dans des biens demandant un financement budgétaire et exigeant l'élaboration d'une analyse de rentabilisation, qui est une exigence obligatoire pour les investissements en capital avec un investissement total estimé (ITE) de 10 millions de dollars ou plus.

La VDAS est articulée autour de trois parties, qui sont fondées sur 10 annexes et plusieurs autres ressources. Les trois parties traitent des éléments stratégiques, organisationnels et d'application qui composent la VDAS. Elles s'adressent à différents publics, y compris les ministères et les hauts dirigeants d'entreprise, les gestionnaires de biens, d'installations et de portefeuilles et les équipes de mise en œuvre de projets. D'autres parties prenantes de l'industrie ont été actives en Australie au fil des ans pour aider à structurer et à orienter l'adoption et la mise en œuvre du BIM. D'un point de vue de normalisation, la *National Building Specification* (NATSPEC), une organisation nationale sans but lucratif, détenue par le gouvernement et l'industrie, dont l'objectif est d'améliorer la qualité et la productivité de la

Tableau 5. Orientation du cadre du BIM du Royaume-Uni [91]

Orientation ISO 19650	Partie 1	Concepts
	Partie 2	Phase de livraison
	Partie 3	Phase d'exploitation
	Partie 4	À confirmer
	Partie 5	À confirmer
	Partie A	La fonction et les ressources de gestion de l'information
	Partie B	Données ouvertes, buildingSMART et COBie
	Partie C	Faciliter l'EDC (solutions en matière de flux de travail et solutions techniques)
	Partie D	Élaboration des exigences en matière d'information
	Partie E	Appels d'offres et nominations
	Partie F	Planification de la livraison de l'information

construction de l'environnement bâti par le leadership au niveau de l'information [96], a développé un portail contenant des ressources relatives au BIM, y compris la Open BIM Object Standard [97], le NATSPEC BIM Properties Generator [98] et le NATSPEC National BIM Guide [99].

4.2.3.3 Étude de cas au Canada : La feuille de route pour le BIM du gouvernement du Québec

Plus récemment, le gouvernement du Québec a publié sa *Feuille de route gouvernementale pour le BIM* [100], qui sera déployée sur cinq exercices, de 2021-2022 à 2025-2026, et qui est divisée en quatre volets :

1. Cibles de déploiement du BIM pour chaque donneur d'ouvrage public inclus dans la feuille de route.
2. Cibles détaillées de mise en œuvre du BIM pour chacun de ces donneurs d'ouvrage publics.
3. Axes et catégories d'actions soutenant la mise en œuvre du BIM.
4. Activités annuelles selon chaque axe et catégorie d'actions.

La feuille de route contient les six axes suivants :

1. Pilotage et coordination.
2. Mobilisation, responsabilisation et développement des compétences des parties prenantes.
3. Politiques, contrats et réglementation.

4. Processus, méthodes et flux de travail.
5. Documentation et normalisation.
6. Écosystème numérique.

Chaque axe présente trois catégories d'activités qui structurent les différentes actions à l'appui de la feuille de route, y compris les activités de normalisation et d'amélioration des compétences. Des groupes de travail ont été formés et mobilisés pour entreprendre certaines activités (voir le Tableau 8).

La feuille de route sera mise à jour chaque année et prendra de l'ampleur au fur et à mesure que de plus en plus de donneurs d'ouvrage publics s'engageront dans le plan provincial de mise en œuvre du BIM. À l'origine, six grands donneurs d'ouvrage publics ont dirigé l'élaboration de la feuille de route, dont le ministère des Transports du Québec, la Société québécoise des infrastructures, la Société d'habitation du Québec, Hydro-Québec, la Ville de Montréal et la Ville de Québec. Chaque donneur d'ouvrage public a déterminé et annoncé ses objectifs progressifs de mise en œuvre du BIM, ce qui fournit des précisions sur les intentions de chacun concernant la livraison de projets numériques (son mandat du BIM). L'ampleur, la portée, l'étendue et l'exhaustivité de la feuille de route du gouvernement du Québec la rendent unique en Amérique du Nord.

4.2.4 Quelle est la lacune?

La création et la systématisation de la demande pour le BIM, ainsi que la fourniture de projets et la gestion des actifs bâtis numérisées peuvent être réalisées grâce à des politiques qui s'appuie sur un ensemble clair d'utilisations et d'exigences en matière d'information. Ces utilisations et ces exigences sont fournies, à des degrés divers, par diverses voies d'approvisionnement. L'écart principal à cet égard est l'absence d'un cadre stratégique pour le BIM et pour la transformation numérique au Canada qui pourrait aider les organismes publics à élaborer et à harmoniser les mandats BIM. À ce titre, un mandat canadien de BIM ne serait pas adopté et appliqué de façon centralisée. Au lieu de cela, il serait probablement déterminé par différents organismes gouvernementaux à différents niveaux, de la même manière que le CNB. Il pourrait également être exigé par divers clients, de la même manière que l'utilisation du Devis directeur national.

Un code (ou une norme) national en matière de modélisation et de gestion de l'information énoncerait les normes, les spécifications et les exigences minimales à respecter ainsi que les guides à suivre par les professionnels de l'industrie dans le cadre de leurs obligations au cours de l'exécution du projet. Les organismes gouvernementaux pourraient choisir de mettre en œuvre ou de compléter le code comme ils le souhaitent. Un code national de modélisation et de gestion de l'information couvrirait les principaux aspects du cadre de mise en œuvre du BIM dont il est question ci-dessous et inclurait les documents mentionnés dans le présent rapport. Compte tenu de la proximité avec les États-Unis et des travaux en cours sur la version mise à jour du NBIMS-US, *National BIM standard-United-States* [101] (voir la section 4.4.3.1), les parties prenantes au Canada pourraient souhaiter s'adapter à cette norme d'un point de vue opérationnel. Le Tableau 6 résume les défis spécifiques, les lacunes et les ressources nécessaires, et indique si des ressources existent déjà pour soutenir la création et la systématisation de la demande pour le BIM.

4.3 Amélioration des compétences des parties prenantes de l'industrie

4.3.1 Pourquoi est-ce important?

La création et la systématisation de la demande exerceront une pression sur l'industrie pour fournir des informations numériques structurées tout au long du cycle de vie d'un bien. L'industrie doit donc posséder les aptitudes et les compétences nécessaires pour répondre à cette demande. Le changement systémique requis pour concrétiser l'adoption et la mise en œuvre du BIM et s'assurer que les avantages sont réalisés implique la structuration et l'harmonisation de la manière dont l'exploitation est menée tout au long du cycle de vie des actifs bâtis par les différentes parties prenantes [102]. Ce changement nécessite également la configuration des pratiques pour permettre ces nouvelles façons de travailler [103], ce qui exige de nouvelles compétences qui ne sont pas facilement disponibles. Les recherches antérieures et les recherches menées pour le présent rapport ont ciblé le manque d'expertise interne, le manque de connaissances et de compétences, le manque d'éducation et de formation et le manque d'orientation comme des obstacles importants à l'adoption et à la mise en œuvre du BIM. Le manque de demande de la part des clients et le manque de

compétences appropriées au sein de l'industrie sont les causes profondes de l'inertie de l'industrie à l'égard de l'adoption et de la mise en œuvre du BIM, ce qui provoque un décalage entre l'offre et la demande. Ce décalage peut être résolu en fournissant un cadre de perfectionnement des acteurs dans tous les segments du secteur des actifs bâtis, fondé sur un ensemble de connaissances largement accepté. L'absence d'initiatives et d'un ensemble de connaissances pour soutenir le perfectionnement de l'industrie canadienne des actifs bâtis pourrait avoir des conséquences désastreuses, comme l'a souligné une personne interrogée :

> *Une des choses que je crains, c'est qu'au Canada, il y a encore une chance considérable que nous n'avançons pas assez rapidement pour saisir l'opportunité économique présentée par le BIM et la gestion de l'information parmi les avancées en cours aux États-Unis et au Royaume-Uni, en lien également avec nos accords commerciaux européens, et que nous ne serons pas en mesure de saisir ces opportunités, et nous serons laissés pour compte. [traduction]*
>
> **(Expert en BIM, organisme gouvernemental)**

4.3.2 Besoins et attentes du Canada dans ce domaine

Grâce à cette recherche, un consensus s'est dégagé sur le besoin de ressources pour informer, structurer et promouvoir l'adoption et la mise en œuvre du BIM (et la transformation numérique au sens large) au sein de l'industrie canadienne des actifs bâtis. Par exemple, 81 % des répondants au sondage ont indiqué qu'il y avait un besoin clair pour plus de ressources pour appuyer l'industrie canadienne dans sa transformation numérique. En ce qui concerne plus particulièrement l'adoption et la mise en œuvre du BIM, il existe un consensus concernant le rôle clé que les normes et les directives ciblées doivent jouer pour permettre à l'industrie canadienne des actifs bâtis d'aller de l'avant et de réussir sa transformation numérique. La Figure 9 illustre l'importance accordée à l'élaboration de ressources de connaissances spécifiques, y compris les normes, les guides, les pratiques exemplaires, les manuels et les contrats ou accords. Comme il est indiqué, 91 % des répondants à l'enquête ont indiqué que les normes relatives au BIM sont soit

Tableau 6. Défis, lacunes et ressources nécessaires et existantes pour créer et systématiser la demande pour le BIM

Défi	Lacunes	Ressources nécessaires	Ressources existantes
Cadres contractuels et d'approvisionnement difficiles	Manque de compréhension quant à l'acquisition de projets BIM et du cadre d'approvisionnement nécessaire pour la soutenir.	Lignes directrices en matière d'approvisionnement	International
Utilisation non systématique du BIM	Manque d'éducation et de sensibilisation aux principes qui guident l'élaboration et la détermination des utilisations et de la mise en œuvre de l'information. Absence de définitions sur les exigences fondamentales qui précisent des utilisations uniformes et reproductibles de l'information pour les mises en œuvre générales et propres à un domaine.	Utilisations de l'information	International
	Nécessité d'officialiser la saisie, la gestion et l'échange d'information pour permettre l'utilisation d'outils et de technologies numériques afin d'améliorer la santé et la sécurité par rapport aux actifs bâtis tout au long de leur cycle de vie.	Exigences en matière d'information et utilisations de l'information pour la santé et la sécurité	International
Manque de mécanismes officiels d'échange d'information	Manque de compréhension des concepts et des principes qui guident l'acceptation de l'information par les parties prenantes de l'industrie. Une fois comprise, l'information doit être officialisée et rigoureusement documentée par les parties prenantes pour garantir une mise en œuvre réussie du BIM, ce qui contribuera à l'automatisation de ce processus à grande échelle.	Critères d'acceptation de l'information	International

Défi	Lacunes	Ressources nécessaires	Ressources existantes
Manque de sensibilisation générale aux concepts et aux terminologies	Absence d'un cadre uniforme pour la gestion de l'information sur l'ensemble des projets et des cycles de vie des actifs bâtis.	Principes de gestion de l'information	International
	Manque d'enquêtes approfondies et de documentation sur ce que la transformation numérique implique et sur la façon dont elle peut être bénéfique pour le Canada afin de tenir l'industrie au courant de l'accélération de la croissance de la technologie.	Orientation générale sur la transformation numérique dans l'industrie canadienne des actifs bâtis – tendances et possibilités	Aucune trouvée
	Manque de compréhension au sein de l'industrie et entre les différents paliers de gouvernement pour s'assurer que la politique et la réglementation sont conformes à la stratégie visant à permettre la transformation numérique à grande échelle.	Orientation générale sur la transformation numérique dans l'industrie canadienne des actifs bâtis – élaboration de politiques et de règlements	Aucune trouvée
Absence de pratiques normalisées en matière de gestion de l'information	Nécessité d'élaborer des pratiques et des méthodes appropriées pour soutenir la sécurité de l'information lors de l'utilisation du BIM tout au long du cycle de vie des projets et des biens.	Protocoles et procédures de sécurité de l'information	International
Exigences en matière d'information non structurées ou absentes	Nécessité de communiquer les principes et les concepts sous-jacents à la fourniture et de définir explicitement la quantité appropriée d'information requise pour s'adapter à un but spécifique lors de la mise en œuvre de pratiques de prestation de projet avec le BIM. L'absence de telles définitions peut entraîner des pertes ou ne pas répondre adéquatement aux exigences des clients.	Niveau de besoin d'information/niveau de spécifications et de normes X	International
	Manque de définition et de communication au sujet des concepts et des principes, et des mécanismes permettant de déterminer, de saisir, de gérer, de fournir et d'évaluer les exigences en matière d'information sur l'ensemble des cycles de vie de l'information sur les projets et les biens. Une fois les concepts établis, les exigences fondamentales en matière d'échange et de diffusion d'information sur l'ensemble des cycles de vie des projets et des biens doivent être officialisées.	Exigences relatives aux informations	International
	Manque de définition et de communication au sujet des concepts, des principes et des mécanismes permettant de préciser rigoureusement les exigences en matière d'information pour l'ensemble des cycles de vie des projets et des biens. Une fois les concepts établis, les spécifications de base pour l'échange et la livraison d'informations sur l'ensemble des cycles de vie de l'information sur les projets et les biens doivent être officialisées.	Spécifications de l'information	International

très importantes, soit importantes. De même, 93 % ont indiqué que les guides relatives au BIM, 94 % ont indiqué que les pratiques exemplaires, 84 % ont indiqué que les manuels et 85 % ont indiqué que les contrats ou les accords sont soit très importants, soit importants. Dans le contexte canadien, la majorité des répondants (59 %) ont indiqué qu'il existe un besoin de normes de BIM ouvert, alors que 39 % ont répondu qu'ils ne savaient pas. Seulement 2 % des répondants ont indiqué qu'il n'était pas nécessaire d'établir des normes de BIM ouvert. Parmi ces ressources de connaissances spécifiques, les conseils, les pratiques exemplaires et les manuels sont la base de la formation des parties prenantes de l'industrie des actifs bâtis. Les normes et les accords contractuels font partie de la liste et sont traités à la section 5.

La plupart des ressources de connaissances spécifiques et d'autres ressources que les parties prenantes de l'industrie canadienne des actifs bâtis utilisent actuellement ont été élaborées au niveau organisationnel. Comme le montre la Figure 10, des modèles spécifiques, des conventions et des directives en matière d'appellation propres au BIM, des normes

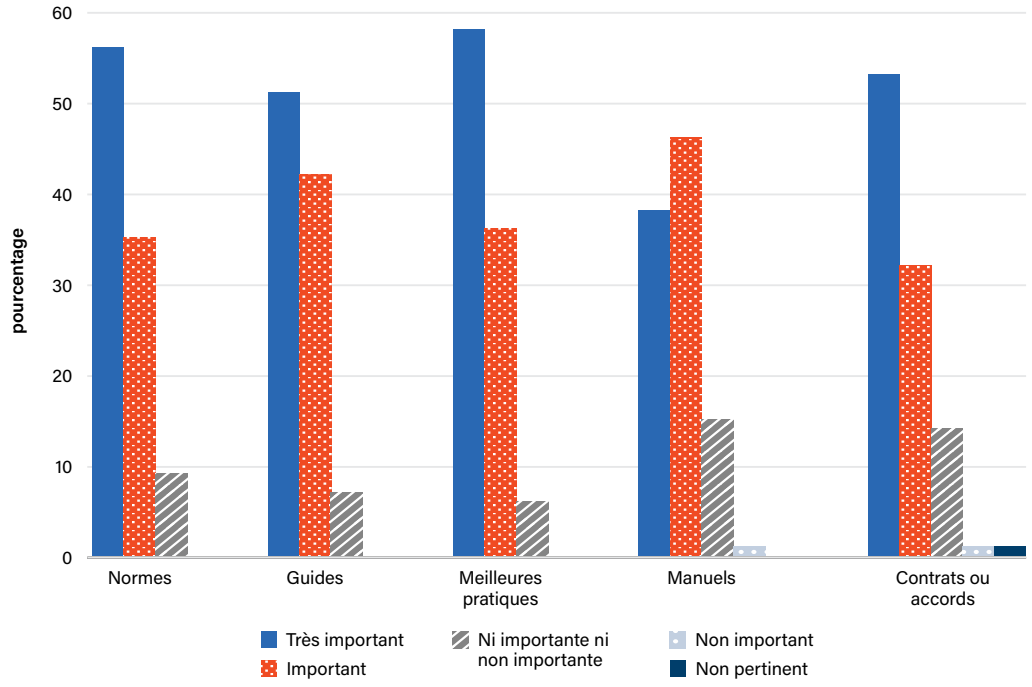
et des guides propres au BIM ainsi que des normes et des guides propres aux processus du BIM sont élaborés pour une utilisation au sein de l'organisation dans 40 % à 50 % des cas. D'autre part, moins de 10 % des répondants ont indiqué que ces normes et guides étaient fondées sur des normes de l'industrie, et environ 10 % ont indiqué que les ressources étaient fondées sur des précédents dans l'industrie ou dans l'organisation. Entre 30 % et 50 % des répondants n'avaient pas de normes ou de guides se rapportant à ces domaines de connaissances. Il est intéressant de noter que les taxonomies et les classifications n'ont pas été utilisées (ou que les répondants ne savaient pas) dans la plupart des cas. Là où elles ont été utilisées, la conformité avec les normes de l'industrie, bien que toujours faible (environ 25 %), a été le plus élevé parmi toutes les ressources. Comme indiqué à la section 4.4.1.1, la prolifération de normes et de guides propres à l'organisation présente un risque pour la mise en œuvre efficace et efficiente du BIM. Il est nécessaire de promouvoir et de communiquer davantage les ressources existantes et d'élaborer des ressources canadiennes de connaissances spécifiques. Une question qui se pose est de savoir s'il faut élaborer des ressources de connaissances spécifiques propres au Canada ou s'adapter aux ressources internationales. Cette question est traitée ci-dessous.

L'amélioration des compétences concerne le perfectionnement des personnes au cœur du processus d'adoption et de mise en œuvre du BIM, les personnes qui pourraient être touchées, qui pourraient mener, qui pourraient résister, et ainsi de suite, et doit donc être guidée et soutenue tout au long de la transition. L'amélioration des compétences nécessite également l'accès aux plateformes appropriées, qui constituent l'écosystème global d'outils et de technologies soutenant l'utilisation du BIM dans l'ensemble des chaînes d'approvisionnement et sur l'ensemble du cycle de vie des biens.

Ces compétences et aptitudes soutiennent les processus, les outils et les pratiques qui permettent la diffusion de l'information selon un plan spécifique qui répond aux exigences en matière d'information des parties prenantes et qui soutiennent l'utilisation de l'information dans la prise de décision tout au long du cycle de vie d'un actif bâti. Elles assurent également l'accessibilité de l'information, ce qui comprend les considérations et les écosystèmes qui appuient l'accès à l'information tout au long du cycle de vie d'un bien.

Les ateliers organisés pour le présent rapport ont donné la priorité à plusieurs ressources de connaissances qui aident à officialiser la prestation de l'information et son accessibilité, y compris la terminologie commune

Figure 9. Importance des ressources de connaissances spécifiques pour l'industrie canadienne des actifs bâtis.



et l'harmonisation des concepts qui sont essentiels à tout effort d'orientation et d'éducation. Des guides généralisées sur l'utilisation du BIM ont également été discutées. En ce qui concerne la diffusion et l'accessibilité de l'information, il faut élaborer des environnements de données communs et des systèmes d'information collaboratifs, des interfaces de programmation d'applications (API), des méthodes et procédures collaboratives, des processus d'assurance et de contrôle de la qualité, ainsi que des processus d'échange et de contrôle de l'information.

4.3.3 Travaux antérieurs et actuels dans ce domaine

Des ressources et des initiatives visant à former, éduquer et guider les parties prenantes de l'industrie ont été élaborées partout dans le monde et au Canada. Plusieurs programmes gouvernementaux et non gouvernementaux au Québec et en Ontario, qui font l'objet d'une discussion ci-dessous, ont été élaborés pour aider l'industrie à perfectionner ses compétences et à structurer ses pratiques. De plus, quelques ressources de connaissances spécifiques ont été élaborées au Canada, dont la plupart visent à structurer et à permettre aux personnes d'agir dans ces environnements numériques connectés mis en place par le BIM. Les questions relatives à la terminologie sont également traitées de différentes façons au moyen de ressources en ligne.

4.3.3.1 Ressources canadiennes pour le BIM

Depuis 2011, un total de 42 ressources de connaissances spécifiques canadiennes ont été publiées. Aux fins de cette recherche, seules les ressources de connaissances spécifiques qui étaient accessibles au public sur les sites Web officiels ont été prises en considération. Par conséquent, près de la moitié des ressources de connaissances spécifiques indiquées ont été publiées pour un public à l'échelle nationale. Les provinces de l'Alberta et du Québec suivent avec un nombre important de ressources de connaissances spécifiques. Pour l'Alberta, la majorité des ressources de connaissances spécifiques concernent les exigences, les guides et les spécifications pour la livraison de projet numérique d'Alberta Infrastructure, qui sont désignées comme *exigences, règles ou types de politiques* des ressources de connaissances spécifiques [104]. Au Québec, plusieurs rapports et guides ont été publiés, les organismes gouvernementaux ou les associations étant les plus actifs dans la publication de ressources de connaissances spécifiques. En général, les associations, comme les organismes locaux et nationaux de BIM, ont publié des rapports et des modules d'apprentissage, tandis que les organismes gouvernementaux ont publié des exigences, des spécifications et des protocoles pour appuyer la réalisation des projets. Enfin, la plupart des ressources de connaissances spécifiques indiquées ciblent soit un auditoire général (aucune cible spécifique), soit des parties prenantes de l'industrie des actifs bâtis. Sans surprise, les ressources de connaissances spécifiques ciblant un public général sont de nature plus générale et plus informative. Quelques exemples incluent les rapports nationaux annuels du BIM [40], [41], [42]. Les ressources de connaissances spécifiques ciblant les parties prenantes de l'industrie sont davantage axées sur la facilitation de la pratique et comprennent des guides et des protocoles concernant le BIM et la gestion de l'information, entre autres. Une liste non exhaustive des ressources de connaissances spécifiques canadiennes est incluse dans le tableau A.2.

Parmi les ressources de connaissances spécifiques indiquées, 19 ont une perspective nationale. De ce nombre, 14 visent à informer et à structurer les pratiques dans tous les domaines. Le Tableau 7 décrit les cinq autres ressources de connaissances spécifiques canadiennes, avec une portée nationale et un public général. Comme le montre la Figure 11, même lorsque ces ressources de connaissances spécifiques existent depuis plusieurs années, la sensibilisation à leur égard dans l'industrie canadienne des actifs bâtis demeure relativement faible, 40 % des répondants n'étant pas au courant de ces ressources. De plus, ces ressources de connaissances spécifiques n'ont pas été mises à jour pour tenir compte des développements récents dans le domaine. Plusieurs personnes interrogées ont souligné les défis posés par ces ressources, non seulement en termes de mise à jour et de gestion, mais aussi en termes de réalisation de leur plein potentiel :

> *[...] nous ne pouvons pas susciter suffisamment d'attention ou de soutien pour maintenir [ces ressources] constamment à jour, les mettre en œuvre de manière régulière, nous ne pouvons pas les relier à la façon dont le gouvernement fait les choses, nous ne pouvons pas les relier à la façon dont les niveaux inférieurs de la chaîne d'approvisionnement font les choses. Et là est la faiblesse si nous ne nous réunissons pas tous pour déterminer une sorte d'orientation stratégique pour l'élaboration de normes.*
>
> **(Expert en BIM, propriétaire public)**

Enfin, plusieurs efforts sont actuellement en cours au Canada pour élaborer des ressources spécifiques pour le BIM, comme le montre le Tableau 8. Il s'agit notamment de livres blancs et de rapports, de terminologie et de travaux de classification, ainsi que de normes et de modèles pour prendre en charge des exigences et des pratiques spécifiques.

4.3.3.2 Étude de cas à l'international : Dictionnaires en ligne

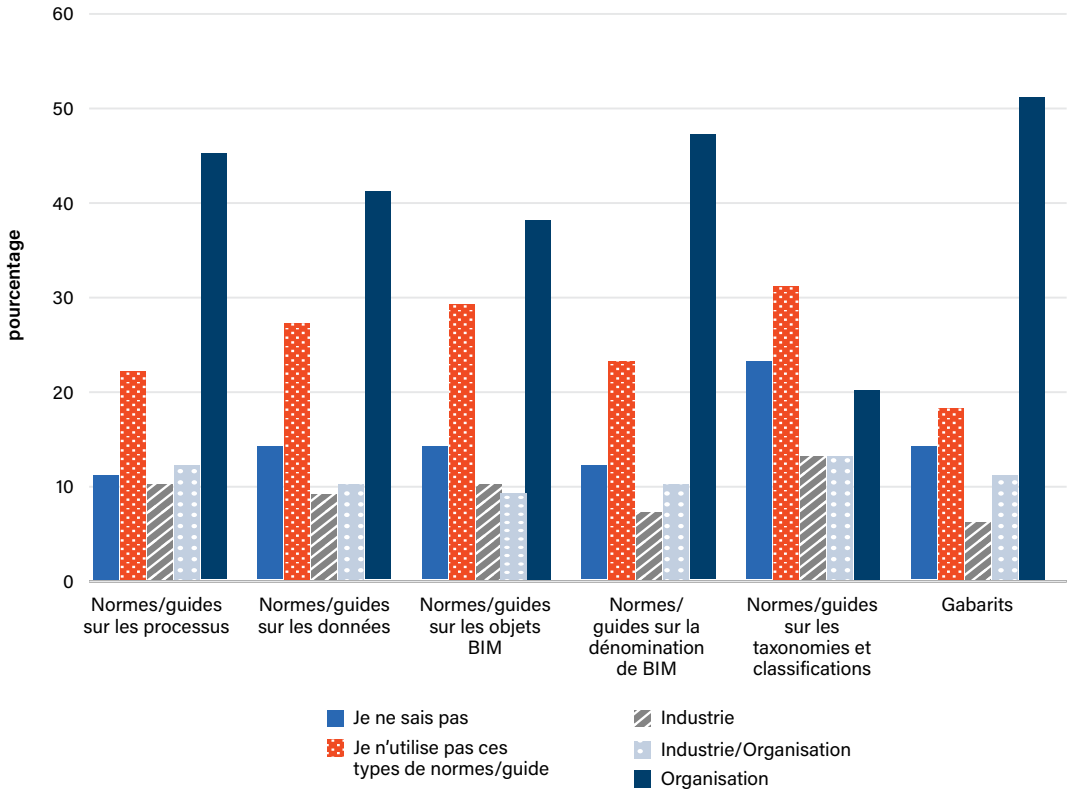
Plusieurs ressources en ligne ont été mises au point pour aider l'industrie dans le processus d'adoption et de mise en œuvre du BIM. Deux exemples notables sont décrits ici. Le premier est BIMdictionary.com, un effort communautaire visant à établir une ressource fiable et une compréhension commune des termes fréquemment utilisés dans l'environnement bâti. Le BIM Dictionary associe des centaines de termes à leurs descriptions et traductions approuvées et sert de référence aux guides et outils en ligne. [54] Plus de 810 termes relatifs au BIM et à la transformation numérique dans l'industrie des actifs bâtis ont été définis et traduits ou sont en voie d'être traduits en 27 langues.

La deuxième ressource est le buildingSMART Data Dictionnary (bSDD), un service en ligne qui héberge les classifications et leurs propriétés, les valeurs autorisées, les unités et des traductions. Le bSDD permet la liaison entre tout le contenu de la base de données. Il fournit un flux de travail normalisé pour garantir la qualité des données et la cohérence des informations. [109] Ces deux ressources sont disponibles et pourraient être adoptées au Canada ou adaptées au contexte canadien.

4.3.3.3 Étude de cas au Canada : La coalition One Ontario

Dans la province de l'Ontario, plus de 30 organismes participant au processus d'approbation de projets de développement ont formé la coalition One Ontario. Celle-ci comprend des représentants d'un large éventail de parties prenantes, y compris des responsables du bâtiment, des planificateurs, des constructeurs et des développeurs, des groupes BIM, des groupes de conservation, des fournisseurs de logiciels et des municipalités individuelles. Les objectifs de la coalition sont de simplifier l'échange

Figure 10. Élaboration et utilisation des ressources du BIM au sein des organisations canadiennes.



d'information entre les parties prenantes par la création d'une norme d'échange d'information, de développer une plateforme centrale d'examen et une plateforme de rapport pour faciliter le suivi et l'examen des applications, et ultimement de permettre l'utilisation du BIM dans le cadre du processus d'approbation des projets d'aménagement afin d'améliorer l'efficacité et de réduire les retards pour l'industrie, les administrations municipales et d'autres organismes de réglementation. En janvier 2022, le gouvernement de l'Ontario a annoncé un financement de 45 millions de dollars pour le nouveau Fonds pour la simplification du processus d'approbation des demandes d'aménagement afin d'aider les 39 plus grandes municipalités de l'Ontario à numériser, à simplifier et à accélérer leurs processus d'approbation, ainsi que 8 millions de dollars de plus pour aider les grandes municipalités à trouver des économies et des gains d'efficacité potentiels supplémentaires grâce à des examens par des tiers [110].

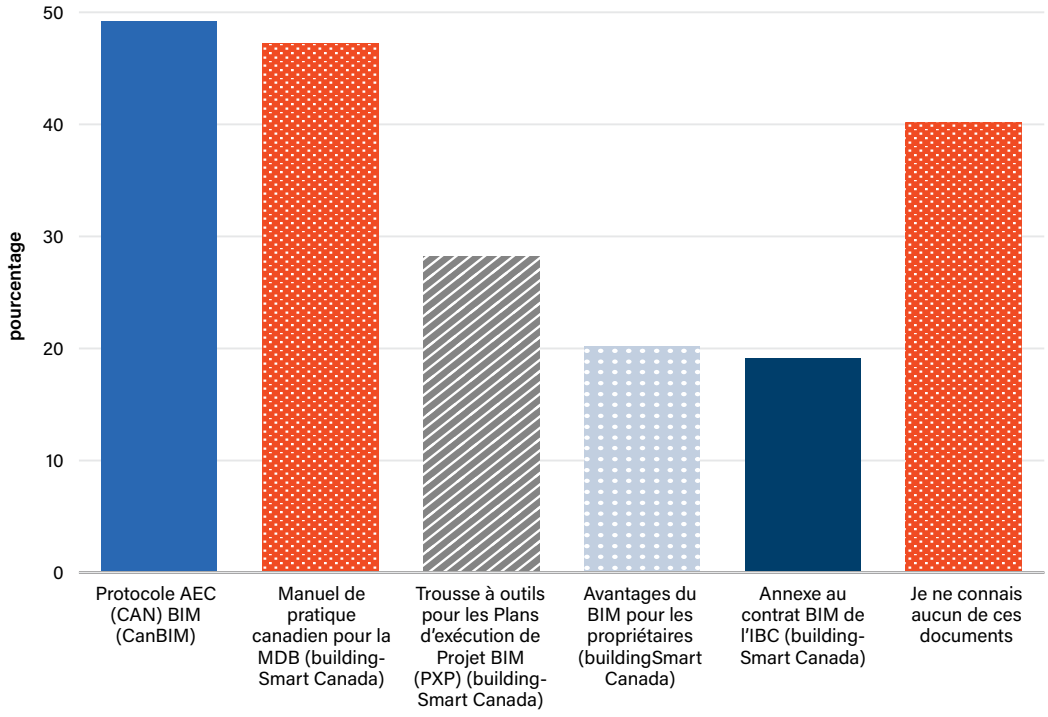
4.3.3.4 Étude de cas au Canada : L'Initiative québécoise pour la construction 4.0

Au Québec, un rapport sur les principales initiatives visant à permettre l'adoption et la mise en œuvre du BIM a été publié en 2018. Le rapport cible plus de 65 activités spécifiques dans 20 initiatives, articulées en cinq volets [32]. Le Tableau 9 présente les cinq

Tableau 7. Ressources de connaissances spécifiques canadiennes ayant une portée nationale et un public général

Titre	Éditeur	Année	Description
Protocole AEC (CAN) BIM [105]	CanBIM	2012 (V1) 2014 (V2)	Élaboré à l'origine au Royaume-Uni, le protocole AEC (CAN) BIM a été adapté pour le Canada par CanBIM en 2012 et mis à jour en 2014. « Le document vise principalement à encourager l'adaptation des normes émergentes pour une application pratique et efficace du BIM au Canada, particulièrement aux stades de la conception d'un projet. » [traduction] [105]
Avantages du BIM pour les propriétaires [106]	buildingSMART Canada (publié initialement par l'Institute for BIM in Canada)	2013	Disponible en français et en anglais, les avantages du BIM pour les propriétaires vise à « explorer l'utilisation du BIM du point de vue des propriétaires, cibler les utilisations les plus courantes du BIM, et grâce à un examen des études de cas et aux commentaires des propriétaires ayant de l'expérience avec le BIM, quantifier les avantages qu'ils ont réalisés grâce à son utilisation. » [traduction] [106]
Trousse à outils pour les Plans d'eXécution de Projet BIM (PXP) [107]	buildingSMART Canada (publié initialement par l'Institute for BIM in Canada)	2014	Disponible en trois volumes ou comme guide complet, en français et en anglais, la boîte à outils d'un PxP de MDB comprend : « des documents conçus pour soutenir le processus de création d'un plan d'exécution de projet du BIM et de préparation des projets de BIM. Chaque boîte à outils a été fondée sur des exemples réels qui ont été compilés pour créer un projet d'illustration composite. Chaque volume a été reconditionné pour inclure tous les documents justificatifs. » [traduction] [107]
Annexe au contrat BIM de l'IBC [108]	buildingSMART Canada (publié initialement par l'Institute for BIM in Canada)	2014	La BIM Contract Appendix est fondée sur des contrats de BIM déjà élaborés et conçue pour être annexée aux contrats de construction canadiens standard, comme le document 6 de l'IRAC, l'ACEC 31, le CCDC 2 et d'autres contrats normalisés déjà connus de l'industrie canadienne de la construction. Cette annexe au contrat couvre des sujets tels que les droits d'auteur, la propriété des éléments du modèle et plus encore. [108] Elle comprend deux parties : IBC 100-2014 : Annexe relative au contrat de BDM BC 201-2014 : ND, utilisations autorisées et tableau des éléments des modèles. Elle est disponible en français et en anglais.
Manuel de pratique canadien pour la MDB [37]	buildingSMART Canada	2016	Le Manuel de pratique canadien pour la MDB est disponible en trois volumes ou en tant que guide complet, en français et en anglais.

Figure 11: Pourcentage de répondants qui connaissent les ressources canadiennes du BIM



volets et les 20 initiatives qui ont été recensés pour soutenir la transformation numérique dans l'industrie québécoise de la construction.

Le rapport a mené à la création de l'Initiative québécoise pour la construction 4.0 pour aider les parties prenantes de l'industrie à planifier et à entreprendre l'adoption et la mise en œuvre du BIM. Le programme quinquennal de 20 M $, qui vise à aider plus de 1 000 entreprises au Québec, est soutenu par le gouvernement du Québec par l'entremise du ministère de l'Économie et de l'Innovation et exécuté par le Groupe BIM du Québec (GBQ) et *l'Institut de gouvernance numérique* (IGN). Il est basé sur trois programmes de base : (a) le diagnostic et la planification des actions, (b) l'accompagnement et la formation, et (c) le pilotage.

4.3.4 Quelle est la lacune?

Comme traité dans la section 4, il est possible d'augmenter la qualification des parties prenantes de l'industrie dans tous les segments de l'industrie en développant un corpus de connaissances communes. Le Manuel de pratique canadien pour la MDB [37] est une ressource valide qui peut servir de document de départ, mais il a besoin d'être mis à jour et sa portée élargie. Le Tableau 10 résume les défis spécifiques, les lacunes et les ressources requises, et il indique si des ressources existent déjà pour soutenir le perfectionnement des parties prenantes de l'industrie dans tous les segments de l'industrie.

4.4 Normalisation des pratiques et des capacités dans l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement

4.4.1 Pourquoi est-ce important?

Bien que le fait de cibler l'offre et la demande soit essentiel pour briser l'inertie de l'industrie des actifs bâtis et pour créer un élan, il est nécessaire de fournir une structure commune pour la pratique collaborative sur l'ensemble du cycle de vie des actifs bâtis en augmentant les compétences et en harmonisant les capacités de la chaîne d'approvisionnement [111]. Le manque de collaboration et de coopération, le manque d'uniformité des flux de travail (fondés sur le BIM ou hybrides) et les problèmes d'interopérabilité (sémantique, syntaxique, processus et technique) entravent le plein potentiel de la mise en œuvre du BIM. En outre, les questions juridiques, les normes ad-hoc et le manque de ressources communes et de cadres opérationnels introduisent une variabilité significative dans l'application et le déploiement du BIM. De plus en

plus, les entreprises élaborent leurs propres normes et directives internes, qui sont nécessaires pour structurer et soutenir l'adoption du BIM à l'échelle de l'organisation, mais qui peuvent entraîner des pratiques et des flux de travail incompatibles lorsqu'elles travaillent dans des environnements de projet. Comme le secteur des actifs bâtis s'appuie de plus en plus sur les processus numérisés et les flux d'information et de données, il est de plus en plus nécessaire de structurer et de normaliser ces flux [112]. Cela a été exprimé dans les entrevues :

> *Je ne vois aucune sorte de normalisation dans l'industrie, la façon dont les choses sont nommées et sont classées est en substance la façon dont chaque organisation a créé ses propres plans et normes de mise en œuvre du BIM et ses bibliothèques de ressources. [...] Ainsi, la normalisation de l'industrie à ce niveau permettrait une adoption beaucoup plus facile. [traduction]*
>
> **(Expert en BIM, firme de professionnels de la conception)**

Tableau 8. Initiatives nationales et régionales actuelles pour la normalisation et l'orientation du BIM (à compter de mars 2022 – disponibles sur les sites Web des organisations respectives)

buildingSMART Canada
BIM for municipalities
Canadian Annex to ISO 19650-2
Canadian LoX Specification, Part 1 – Introduction
Contract appendix revision
CanBIM
BIM/VDC Career Benchmarking
Digitization and Data Glossary
Digitization Maturity Survey
Standards Repository
What Are the Needs of a VDC Team?
Groupe BIM du Québec
Localisation du dictionnaire BIM pour la province de Québec
Inventaire de la formation et de l'éducation BIM*
Introduction au BIM pour les PME*
Modèles de données de produit*
Rapport sur les classifications et leur utilisation au Québec*

Notes : VDC: conception et construction virtuelles; PME : petites et moyennes entreprises. .

*Travaux effectués par les Groupes de travail dans le cadre de la Feuille de route gouvernementale pour le BIM

4.4.1.1 Importance des normes en matière de BIM

Selon le PlanBIM 2022 de France, l'objectif de la normalisation est de coordonner le dialogue entre les parties prenantes de l'industrie des actifs bâtis pour : (a) améliorer la compréhension des rôles de chacun et l'impact des actions de chacun sur le travail des autres acteurs, et (b) harmoniser les règles et les pratiques commerciales afin d'assurer un niveau de qualité équivalent entre les professionnels [113].

Hooper [114] a souligné les avantages et les risques de la normalisation du BIM, notant que contrairement à l'industrie de la fabrication ou de l'automobile, l'industrie de la construction est orientée sur une base projet, ce qui rend difficile le développement de boucles de rétroaction à long terme et la mise en œuvre uniforme de normes techniques et de gestion d'une grande portée. Il a également discuté du déséquilibre de pouvoir au sein de l'industrie, alors que les grandes entreprises dans les domaines de la fabrication et de l'automobile possèdent et contrôlent la chaîne d'approvisionnement, tandis que même les grandes entreprises dans l'industrie de la construction n'ont pas le même niveau d'influence sur leurs chaînes d'approvisionnement. Il a souligné la nécessité d'un leadership centralisé pour stimuler le changement et orienter l'élaboration de normes et de guides communes à l'échelle nationale.

Hooper a également noté qu'il y avait eu des appels à la prudence pour codifier et officialiser les meilleures pratiques, car l'industrie de la construction est en constante évolution. Il a suggéré qu'une faible adoption ou une mauvaise appropriation des normes pourrait entraver ou annuler leur efficacité et causer plus de mal que de bien. Toutefois, l'auteur a conclu que les avantages de la normalisation l'emportent de loin sur les risques (p. ex. codifier les pratiques obsolètes) et a observé qu'en l'absence d'un ensemble commun de normes au sein de l'industrie, les organisations créent leurs propres normes, ce qui mène à une « constellation d'approches fragmentées » qui pourrait avoir un impact sérieux sur le potentiel et la valeur de la transformation numérique et sur le processus d'adoption et de mise en œuvre du BIM [114, p. 336]. Cela est conforme aux résultats d'autres recherches qui ont ciblé un manque de normes comme l'un des principaux obstacles au BIM [64], [65], [67], [68], [69], [106].

Tableau 9. Domaines d'intervention pour soutenir la transformation numérique dans l'industrie québécoise de la construction

Volet	Initiative
1. Leadership et gouvernance	1.1 Faire converger les pôles de gouvernance afin de coordonner les efforts visant à initier et soutenir le virage numérique au Québec 1.2 Inscrire les corps publics comme donneurs d'ouvrage exemplaires 1.3 Accroître la demande en matière de BIM par les donneurs d'ouvrages 1.4 Développer et soutenir une stratégie québécoise de transition vers le numérique pour l'industrie de la construction mettant de l'avant des cibles claires et des mesures suffisantes et concrètes
2. Engagement et accompagnement	2.1 Créer un mouvement vers le BIM afin de briser l'inertie 2.2 Mettre en place des incitatifs pour la prise du virage par les entreprises et les institutions 2.3 Faire la promotion des meilleures pratiques dans la livraison et le maintien de notre environnement bâti 2.4 Élargir le bassin de projets par secteur d'activité
3. Collaboration et exécution	3.1 Mettre en place un cadre politique, légal et financier favorable au déploiement du BIM 3.2 Développer des standards afin de normaliser le travail là où il gagne à être normalisé 3.3 Cadrer les rôles et responsabilités des acteurs de projet et les adapter aux nouvelles pratiques numériques 3.4 Définir de nouvelles approches collaboratives à la livraison de projet et à son cycle de vie
4. Formation et enseignement	4.1 Orienter les curricula et les méthodes d'enseignement et de formation vers les pratiques émergentes 4.2 Appuyer le développement de programmes de formation adaptés aux différents besoins de la filière en matière de BIM 4.3 Assurer l'accessibilité à l'enseignement et à la formation de qualité 4.4 Soutenir l'évaluation des compétences individuelles
5. Recherche et développement	5.1 Encourager et accroitre les partenariats entre l'académique et l'industrie 5.2 Mettre sur pied un centre québécois dédié à l'intégration des nouvelles technologies en construction 5.3 Développer une plateforme de partage et de centralisation des connaissances et d'outils liés au virage numérique 5.4 Mettre en place un système d'étalonnage pour l'industrie pour mesurer les bénéfices du BIM et favoriser le développement d'une culture d'amélioration continue

Notes : adapté de Poirier et al., 2018 [32].

4.4.2 Besoins et attentes du Canada dans ce domaine

Les normes en matière de BIM ont généralement trait aux normes techniques ou aux normes de processus. Selon le premier volume du Manuel de pratique canadien pour la MDB, les normes techniques sont celles élaborées par les éditeurs de logiciels et les organismes internationaux qui décrivent la façon dont l'information est saisie dans un système ou un autre. Les normes en matière de processus font référence à la documentation des processus ou des protocoles qui décrivent comment une entreprise particulière utilise la technologie au cours de ses activités quotidiennes. [116, p. 27] Avec la publication de la série ISO 19650, des normes de gestion sont en cours d'élaboration. Le Canada n'a pas encore élaboré un ensemble de normes pour orienter et encadrer la prestation de projets et les pratiques de gestion des biens et de l'information. Un travail important est nécessaire pour établir des partenariats et harmoniser les capacités au sein des réseaux et entre les personnes au sein des organisations qui dépassent les limites fixées par un mécanisme contractuel spécifique. La collaboration est une considération fondamentale du BIM qui nécessite une structuration, et les normes jouent un rôle important dans ce processus. Une autre considération fondamentale concerne les produits et leurs données. Dans le cadre de cette recherche, les produits font référence aux matériaux, à leur assemblage et à leurs homologues numériques, qui constituent l'environnement bâti. Comme indiqué dans le modèle POP (produit, organisation et processus) du *Centre for Integrated Facility Engineering* (CIFE) de l'Université Stanford, « les construits liées au produit font référence

aux concepts physiques et abstraits qui décrivent l'artefact lui-même, comme les colonnes et le circuit électrique d'un bâtiment. » [traduction] [80, p. 75]. Selon cette perspective, les produits ont une fonction, une forme et un comportement.

L'arrivée de la série ISO 19650 a mis en évidence la nécessité et la possibilité de normaliser les processus de livraison de projet et de gestion des biens avec le BIM dans l'industrie des actifs bâtis. Bien que la popularité de la série ISO 19650 grandisse partout dans le monde, le niveau de sensibilisation à ce sujet demeure faible au Canada. Par exemple, 35 % des répondants au sondage connaissaient la série ISO 19650, contre 65 % qui ne la connaissent pas. Toutefois, plusieurs organismes gouvernementaux à travers le Canada, aux niveaux fédéral, provincial et municipal, sont en train d'adopter et de mettre en œuvre la série ISO 19650. Les grands organismes publics, y compris le SPAC et le MDN, adoptent la norme et migrent lentement leurs pratiques d'approvisionnement et d'exécution de projets tout en adaptent leurs cadres stratégiques pour se conformer à la série ISO 19650. Il devient donc nécessaire de structurer et d'officialiser les ressources canadiennes se rapportant à cette norme, entre autres ressources, comme indiqué ci-dessous.

> *Le BIM de niveau 2 et ce qui est maintenant la norme ISO 19650 sont logiques, car c'est un cadre [...où...] les exigences sont définies à l'avance, elles sont envoyées, on dispose d'un plan d'exécution du BIM pré-contractuel pour pouvoir mettre à niveau les offres afin de comprendre les choses, puis un plan d'exécution du BIM est émis pour expliquer la réponse, il existe un plan de diffusion de l'information de base, afin que tout le monde sache ce qui est fourni, quand, etc. [traduction]*
>
> **(Expert en BIM, Firme de professionnels en conception)**

La planification de la livraison de l'information, qui sous-tend ces composantes, est « l'un des concepts fondamentaux de la série ISO 19650 » [traduction] [117, p. 9], qui établit une approche progressive, mais structurée, pour planifier la livraison de l'information. Un autre aspect clé concerne l'architecture de l'information, qui « [...] est la conception structurelle d'environnements d'information partagés; l'art et la science de l'organisation et de l'étiquetage des sites web, des sites intranet, des communautés en ligne et des logiciels pour soutenir la facilité d'utilisation et la facilité d'accès; [...] En général, il s'agit d'un modèle ou d'un concept d'information qui est utilisé et appliqué dans le cadre d'activités qui exigent des détails explicites sur des systèmes d'information complexes. Ces activités comprennent les systèmes de bibliothèque et

Tableau 10. Défis, lacunes, ressources nécessaires et ressources existantes pour soutenir le perfectionnement des parties prenantes de l'industrie

Défi	Lacunes	Ressources nécessaires	Ressources existantes
Absence de compétences techniques spécifiques	Manque d'accompagnement et d'assistance concernant les outils et les technologies dans les écosystèmes technologiques BIM pour s'assurer qu'ils sont correctement mis en œuvre et utilisés pour atteindre les résultats souhaités.	Guides portant sur l'utilisation des outils	International
Manque de sensibilisation générale aux concepts et aux terminologies	Manque de terminologie et de définitions communes, qui sont un facteur essentiel de réussite dans le processus d'adoption et de mise en œuvre du BIM.	Dictionnaire canadien commun	International
Processus de collaboration peu clairs	Confusion et incertitude quant à ce qui constitue un environnement de données commun (EDC), comment il doit être mis en œuvre et déployé, les meilleures pratiques de gestion d'un EDC, etc.	Environnements de données communs (EDC)	International
	Un alignement plus serré des pratiques et les flux de travail au sein des équipes de projet doivent être harmonisés et facilités pour soutenir la production et la gestion collaboratives de l'information à l'aide du BIM tout au long du cycle de vie d'un actif bâti.	Production collaborative d'information	Canadien

2 https://www.constructionnumerique.ca/

le développement de bases de données » [traduction] [118]. Dans ce contexte, l'architecture de l'information inclut des concepts relatifs aux schémas de données (c.-à-d. Open BIM) et aux classifications.

Les ateliers organisés pour ce rapport ont donné la priorité à plusieurs ressources de connaissances qui aident à officialiser la planification de la livraison de l'information, y compris : les stratégies de fédération et les structures de répartitions des conteneurs d'information, les matrices de responsabilité et les plans de prestation de l'information principale et des tâches, les plans d'exécution du BIM, les registres des risques, les plans de mobilisation et les évaluations des capacités. Les ateliers ont également donné la priorité aux ressources concernant l'architecture de l'information, y compris les classifications et les dictionnaires, les modèles de données, les schémas, les formats et les données liées et intégrées comme l'intégration BIM-SIG.

4.4.3 Travaux antérieurs et actuels dans ce domaine

Bon nombre des besoins déterminés et classés par ordre de priorité dans le cadre de ce projet de recherche pourraient être adoptés ou adaptés à partir de sources internationales pour être utilisés au Canada. De nombreux travaux sont également en cours dans plusieurs de ces domaines de connaissances, y compris le travail de normalisation internationale du BIM au sein de l'ISO, le Comité européen de normalisation (CEN) et d'autres initiatives internationales, comme l'initiative BIM excellence (BIMe), ainsi que des travaux locaux au Canada. Tout travail entrepris au Canada devrait cadrer avec le travail qui se déroule à l'échelle internationale et éventuellement l'appuyer, tout en appuyant les initiatives existantes entreprises au Canada. Les initiatives internationales actuelles de normalisation et d'orientation du BIM, à compter de la publication du présent rapport, sont énumérées dans l'Annexe B. Elles donnent une idée du type de travaux entrepris à l'échelle internationale avec lequel le Canada pourrait s'harmoniser.

Bon nombre des composantes indiquées dans cette recherche et priorisées par celle-ci sont considérées dans la série ISO 19650, ses parties et ses directives sous-jacentes. En ce sens, le cadre de référence BIM du Royaume-Uni pourrait être la ressource la plus importante pour appuyer la mise en œuvre de la norme ISO 19650 et devrait être envisagé pour l'adaptation au Canada. En outre, le VDAS, dont il est question à la section 4.3.3, et les normes BIM du conseil de l'industrie de la construction (CIC) de Hong Kong [119]–[122] reposent fortement sur la série ISO 19650 et ont mis au point un grand nombre de ressources et de composants utiles. Le Tableau 11 présente une liste de ces ressources pour les normes BIM de Hong Kong.

Il y a également eu beaucoup de travail relatif aux classifications, dont plusieurs sont actuellement utilisées au Canada. Toutefois, plusieurs questions ont été mises en évidence, à savoir que bon nombre des systèmes de classification utilisés n'ont pas été mis à jour ou harmonisés et que, par conséquent, leur plein potentiel est entravé.

Compte tenu des différentes caractéristiques de l'architecture de l'information, les principes de BIM ouvert ont montré une grande valeur pour structurer les données avec succès et permettre l'interopérabilité au sein du secteur des actifs bâtis. Plus précisément, les normes techniques du BIM permettant l'échange de données et l'interopérabilité des systèmes d'information sont formées de trois composantes qui doivent être normalisées pour effectuer un échange d'information entre deux systèmes d'information ou plus. Cette « triade de normes » comprend un processus normalisé (le manuel de diffusion de l'information, ou Information Delivery Manual (IDM)), une terminologie commune (l'International Framework for Dictionaries, IFD) et un schéma de données harmonisé pour le transport des données elles-mêmes (l'Industry Foundation Class, IFC). Ces trois éléments sont au cœur du BIM ouvert. Deux autres approches normalisées qui appuient la mise en œuvre du BIM ouvert sont le format de collaboration du BIM (BIM Collaboration Format (BCF)) et les définitions de vues du modèle (Model View Definitions MVD). Bon nombre des éléments prioritaires par cette recherche ont été développés ou sont actuellement en développement par buildingSMART International, comme le montre l'Annexe B. Tout travail entrepris au Canada devrait donc s'harmoniser avec les travaux en cours à l'échelle internationale à cet égard, surtout compte tenu du fait que les normes élaborées à l'échelle internationale sont mises en œuvre dans les divers outils logiciels utilisés à l'échelle du Canada.

Tableau 11. Normes BIM du CIC de Hong Kong

Contenu	Norme BIM – Généralités	Modèle BIM EIR	Architecture et structure	Services publics souterrains	MEP	Objets BIM
Gestion de l'information [ISO 19650]	■					
Exigences relatives à l'information organisationnelle (OIR)	■					
Exigences relatives à l'information sur les biens (AIR)	■					
Exigences relatives à l'information sur les projets (PIR)	■					
Exigences relatives à l'information sur la sécurité (SIR)	■					
Exigences relatives à l'information sur les échanges (EIR)	■	■				
Niveau d'information nécessaire	■		■	■	■	■
Niveau de graphiques (LOD-G)	■		■	■	■	■
Niveau d'information (LOD-I)	■		■	■	■	■
Niveau de documentation (DOC)	■		■	■	■	
Vérification sur le terrain	■		■	■	■	
Matrice des responsabilités LOD	■		■	■	■	
Modèle d'information sur les biens (AIM)	■					
Contenu du plan d'exécution du BIM (PEB)	■	■				
Objectifs, utilisations et éléments livrables du BIM	■	■		■		
Normes d'information sur le projet	■					
Rôles, responsabilités et autorité	■	■				
Ressources, compétences et formation de l'équipe du BIM	■	■				
Logiciels, matériel, EDC et infrastructure informatique	■	■				
Assurance de la qualité – Vérification du BIM	■	■				
Environnement de données commun (EDC) [ISO 19650]	■	■				
Flux de travail de gestion de l'information	■					
Documents contractuels	■	■				
Méthodologie et exigences en matière de modélisation	■					
openBIM	■					
Codage et classification des objets du BIM	■					■
Pratique courante pour la modélisation de l'information			■	■	■	

Série de normes ISO 19650

La série ISO 19650 comprend six parties :

- Partie 1 : Concepts et principes [125]
- Partie 2 : Phase de livraison des biens [126]
- Partie 3 : Phase d'exploitation des biens [127]
- Partie 4 : Échange d'information (en cours de développement)
- Partie 5 : Approche de la gestion de l'information axée sur la sécurité [128]
- Partie 6 : Santé et sécurité (en cours de développement)

La norme énonce les concepts et principes recommandés pour les processus commerciaux dans l'ensemble du secteur de l'environnement bâti à l'appui de la gestion et de la production de l'information pendant le cycle de vie des actifs bâtis (ce qu'on appelle la « gestion de l'information ») lors de l'utilisation du *building information modelling* (BIM). Elle est principalement destinée aux organisations et aux personnes impliquées dans l'acquisition, la conception, la construction et/ou la mise en service des actifs bâtis, ainsi qu'aux personnes impliquées dans la prestation des activités de gestion des biens, y compris l'exploitation et l'entretien. En d'autres termes, la norme couvre l'ensemble du cycle de vie d'un bien ou d'un portefeuille de biens (parties 2 et 3). Elle fournit également des solutions à une question de plus en plus importante et hautement pertinente : la sécurité des données et de l'information (partie 5).

L'objectif principal de la norme est de fournir une voie claire pour la gestion de l'information tout au long du cycle de vie d'un bien, soutenue par le BIM, basée sur une terminologie, des concepts et des méthodes uniformes et spécifiques. Elle est particulièrement utile pour les clients qui se procurent des services et des biens, car elle fournit une base de référence pour leur évaluation. Elle fournit également un cadre aux équipes de projet pour la production et la diffusion d'informations à l'aide du BIM à toutes les phases du cycle de vie des biens.

(adapté de [129])

Enfin, la France et la Norvège ont réalisé un travail important sur les données de produit et les bibliothèques d'objets, qui inclut des modèles de données de produit et d'autres normes et directives soutenant la gestion de l'information sur le cycle de vie des produits. Ce travail a conduit à l'élaboration de deux normes ISO, ISO 23386 et ISO 23387, qui définissent la détermination et la gestion des propriétés des objets, des dictionnaires de données et des modèles de produit [123], [124].

4.4.3.1 International Case Study: The US and Grassroots Initiatives for BIM

Historiquement, les États-Unis ont adopté une approche libre marché et pratique vis-à-vis du BIM. En effet, beaucoup aux États-Unis estiment qu'un mandat de BIM comme celui du Royaume-Uni et de Victoria, en Australie, n'est ni possible ni nécessaire. L'article de 2017 de Pollock comparant les approches des États-Unis et du Royaume-Uni relatives au BIM en a fourni deux raisons : la décentralisation et la culture de l'industrie américaine de la construction [130]. En ce qui concerne la première raison, comme au Canada, les États-Unis n'ont pas d'agence centrale responsable de la construction, ce qui rend difficile l'adaptation, l'élaboration et l'application d'un ensemble clé de normes et de pratiques de manière uniforme dans tout le pays.

La deuxième raison, la culture, est plus subtile et complexe. L'article a déclaré que de nombreux acteurs de l'industrie aux États-Unis ne veulent pas d'un mandat de BIM. L'approche ascendante de l'industrie américaine est considérée comme plus agile et plus adaptée au rythme effréné de l'innovation qui sous-tend la transformation numérique et l'adoption et la mise en œuvre du BIM, plutôt que comme un exercice académique sur les normes, les mandats ou les exigences en matière de BIM, où tout le monde tente de s'entendre sur un ensemble « hypothétique » de normes selon lesquelles les projets se dérouleront. Les personnes interrogées par Pollock dans cet article ont indiqué une méthode de diffusion quasi virale, contrairement à l'approche descendante du Royaume-Uni [130]. Dans cette recherche, ce qui ressort de l'analyse des normes et directives existantes en matière de BIM est que la plupart des universités américaines qui ont élaboré des exigences en matière de BIM utilisent le même ensemble de documents, ce qui constitue de facto une norme pour ces institutions académiques.

Cependant, avec l'internalisation du cadre original de niveau 2 par la série ISO 19650, le débat entourant l'importance d'un ensemble de normes généralisées et mandatées semble avoir évolué aux États-Unis. En fait, la prochaine version de la NBIMS-US [101] pourrait être harmonisée avec la série ISO 19650. L'espoir est de fournir un cadre solide et uniforme auquel les propriétaires publics et privés des États-Unis peuvent faire référence lorsqu'ils spécifient et mettent en œuvre le BIM dans leurs projets :

> *Nous envisageons que [NBIMS-US V4] soit adapté au processus de l'ISO 19650, mais nous n'utilisons pas directement ce processus pour l'organiser. [...] nous allons uniformiser le langage dans l'ensemble, en évitant les expressions du genre « partie nommée principale », « partie nommée », ce genre de termes. Les gens nous regardent de manière perplexe quand nous parlons comme ça. Nous allons donc essayer de rendre la norme facilement adoptable, en utilisant un langage commun bien connu dans notre industrie. [traduction]*
>
> **(Expert universitaire, États-Unis)**

Un expert en élaboration de normes aux États-Unis a indiqué qu'il se concentrait sur la création de la prochaine version de la NBIMS-US « [...] une norme qui peut être mise en œuvre dans un contrat par un propriétaire. » Pour eux, cela se fait en « [...] indiquant la façon dont ce qui se trouve dans le cadre de l'ISO 19650 est mis en œuvre. » Cela comprend des indications sur la façon de demander des données à fournir, la façon de planifier l'exécution du BIM dans un projet. En fin de compte, l'attente est que « [...] une fois [la version mise à jour de la NBIMS-US] publiée, puis l'application de la norme ISO 19650 aux États-Unis, nous pourrons relever ces défis en aidant les propriétaires à obtenir ce qu'ils recherchent et ce dont ils ont besoin pour leurs projets. » [traduction]

En ce qui concerne les organisations, le *National BIM Council* a été créé au sein du *National Institute of Building Science* (NIBS), qui a historiquement dirigé l'élaboration et la coordination des efforts en matière de BIM aux États-Unis. En effet, le NIBS était à l'origine le berceau de l'alliance buildingSMART, qui est récemment devenue le National BIM Council, pour des raisons qui ne sont pas pertinentes pour ce rapport. La mission du National BIM Council est la suivante : « diriger l'élaboration et le déploiement de normes nationales d'information et de meilleures pratiques largement adoptées pour l'environnement bâti, en mettant l'accent sur l'amélioration significative de l'exécution des projets et des processus opérationnels. » [traduction] [131]

De nombreuses autres organisations ont fait preuve de leadership aux États-Unis au cours des deux dernières décennies, à savoir l'American Institute of Architects, la General Services Administration, L'US Army Corps of Engineers et l'Association of General Contractors of America, qui a fondé le BIMForum. Ces organisations ont été soutenues par des institutions universitaires pour développer des ressources, notamment le Computer Integrated Construction Research Group de PennState, le CIFE de Stanford et le Digital Building Laboratory de Georgia Tech. En outre, les universités qui sont également de grands propriétaires de portefeuilles de construction (p. ex., Ohio State University), les autorités de transport (p. ex., Massport) et les grandes régions métropolitaines (p. ex., New York et Los Angeles) ont élaboré et mis en œuvre des guides et des exigences propres au BIM dans leurs projets.

En ce qui concerne la disponibilité de ressources propres au BIM aux États-Unis, une quantité importante de ressources de connaissances spécifiques a été développée au fil des ans. De ces ressources, trois ont fait l'objet de beaucoup d'attention : la BIMForum Level of Development (LOD) Specification [132], les guides BIM Project Execution Planning de Penn State [133] et la NBIMS-US [101], [134], [135]. Le Tableau 12 montre le contenu de la NBIMS-US et son évolution dans quatre versions. Il convient de noter que la BIM Forum LOD Specification et les guides BIM Project Execution Planning de Penn State ont été incluses dans la version 3.

4.4.3.2 Étude de cas au Canada : Documents de prestation de projets numériques de l'Alberta Infrastructure

Le Alberta BIM Centre of Excellence (ACE) a publié un des premiers rapports sur le BIM au Canada. Le rapport BIM « Best Practices Project Report » [82] présente une enquête sur les meilleures pratiques en matière de BIM dans l'industrie canadienne. Son intention était de mieux comprendre les avantages et les défis potentiels de l'adoption du BIM au Canada. Les auteurs ont résumé leurs conclusions en trois dimensions : la technologie, l'organisation et le processus. Bon nombre des meilleures pratiques énumérées sont encore pertinentes aujourd'hui.

En 2018, l'Alberta Infrastructure a élaboré ses documents de prestation de projets numériques, qui sont présentés dans le Tableau 13. Ces documents présentent les exigences, les modèles et les listes de vérification que les fournisseurs de services doivent utiliser pour exécuter leurs projets pour Alberta Infrastructure.

Tableau 12. Évolution du contenu dans les versions de la NBIMS-US

Contenu	Version 1	Version 2	Version 3
Concepts d'échange d'information	■		
Modèles de données et interopérabilité	■		
Stockage et partage d'information	■		
Contenu d'échange d'information	■		
Assurance de l'information	■		
Modèle de maturité des capacités	■		
Processus d'élaboration de normes NBIM	■		
Termes et définitions	■	■	■
OmniClass	■	■	■
BIM minimum	■	■	■
Bibliothèque IFD/ Dictionnaire de données buildingSMART	■	■	■
ISO 16739		■	■
W3C XML 1.0		■	■
Validation du programme spatial		■	■
Analyse de l'énergie du bâtiment		■	■
Avant-métré		■	■
Contenu du plan d'exécution du projet BIM		■	■
Exigences de coordination spatiale MEP		■	■
Planification, exécution et gestion de la remise		■	■
COBie		■	■
Guide de planification de l'exécution du projet BIM		■	■
Format de collaboration du BIM			■
Spécifications LOD			■
Normes nationales CAD des États-Unis			■
Échange d'information de programmation du bâtiment			■
Échange d'information électrique			■
Échange d'information CVC			■
Échange d'information sur le circuit d'eau			■
Guide de planification du BIM pour les propriétaires d'installations			■
Exigences pratiques du contrat de BIM			■
Utilisations du BIM			■
Exigences du BIM			

Tableau 13. Documents de prestation de projets numériques de l'Alberta Infrastructure pour l'infrastructure détenue ou soutenue

Ressource	Date de révision
Bid Document / Drawing Review Checklist [136]	février 2020
Asset Information Management, Consultant Requirements [137]	mars 2018
Asset Information Management, Contractor Requirements [138]	mars 2018
Asset Information Management, Execution Plan Template [140]	mars 2018
Building Information Modelling, Consultant Requirements [104]	mars 2018
Building Information Modeling, Design-Builder Requirements [139]	mars 2018
Building Information Modelling, COBie Requirements [141]	mars 2018
Building Information Modelling, Execution Plan Template [142]	mars 2018
Alberta Infrastructure Standards for Consultant Deliverables for Building Projects [143]	mars 2018
Project Manual (Specifications) Preparation Instructions for Alberta Infrastructure Building Construction Contracts [144]	février 2020

4.4.4 Quelle est la lacune?

L'écart principal dans la structuration de la pratique et l'harmonisation des capacités dans les chaînes d'approvisionnement et de valeur est le manque d'adoption formelle de la série ISO 19650 au Canada et l'élaboration de normes et de directives à l'appui de ses composantes. L'élaboration de la NBIMS-US V4 devrait également être pris en considération, car elle a traditionnellement influencé le marché canadien, en particulier dans la planification de l'exécution du BIM. Le Tableau 14 résume les défis spécifiques, les lacunes et les ressources requises, et il indique si des ressources existent déjà pour structurer la pratique et harmoniser les capacités dans les chaînes d'approvisionnement et de valeur.

4.5 Sommaire

Trois grands défis qui entravent l'adoption et la mise en œuvre du BIM dans l'industrie canadienne des actifs bâtis ont été déterminés au moyen d'entrevues, d'ateliers et d'enquêtes menés pour le présent rapport :

1. l'absence de demande régulière du BIM de la part des clients;
2. le manque de compétences et de qualifications appropriées pour appuyer la mise en œuvre du BIM; et
3. l'incompatibilité des capacités et des flux de travail dans les chaînes de valeur et d'approvisionnement des actifs bâtis.

En réponse, trois solutions principales ont été proposées :

1. créer et systématiser une demande pour le BIM, ainsi que la livraison de projets et la gestion des actifs bâtis numérisés.
2. améliorer les compétences des parties prenantes dans tous les segments de l'industrie, en s'appuyant sur un ensemble de connaissances de base
3. structurer la pratique et harmoniser les capacités dans les chaînes d'approvisionnement et de valeur grâce à la normalisation.

Ces défis et leurs solutions reposent sur la nécessité d'un cadre opérationnel pour l'adoption et la mise en œuvre du BIM. À la section 5, un cadre est proposé à partir de recherches antérieures et à partir des trois solutions mentionnées ci-dessus. Chaque solution et ses éléments constitutifs définissent des besoins spécifiques et ciblent les lacunes dans les connaissances requises pour soutenir l'adoption et la mise en œuvre du BIM. Le Tableau 15 présente un exemple de positionnement des zones de connaissance définies par l'interaction entre les différentes composantes du cadre opérationnel. Chaque cellule pourrait contenir de multiples ressources, allant d'éléments spécifiques à des sujets généraux. Des domaines ou des secteurs spécifiques pourraient être articulés sur l'axe z. L'établissement des priorités et l'élaboration de ces ressources de connaissances sont décrits à la section 5.



« L'objectif ultime est de fournir une base harmonisée et largement reconnue pour l'adoption et la mise en œuvre uniforme du BIM dans l'industrie canadienne des actifs bâtis. »

5 Priorités pour la normalisation et orientations pour l'adoption et la mise en œuvre du BIM dans l'industrie canadienne des actifs bâtis

Le résultat de ce projet de recherche est la détermination et la hiérarchisation des ressources de connaissances pour soutenir l'adoption et la mise en œuvre du BIM, en mettant l'accent sur la normalisation et les orientations. L'objectif ultime est de fournir une base harmonisée et largement reconnue pour l'adoption et la mise en œuvre uniforme du BIM dans l'industrie canadienne des actifs bâtis. L'essentiel des recommandations comprend plusieurs activités et leurs éléments livrables, qui sont regroupés et classés selon le cadre opérationnel présenté à la Figure 6 et ses dimensions, qui sont indiqués dans la section 4.1. Le Tableau 16 fournit la densité des activités proposées et des éléments livrables positionnés dans ce cadre opérationnel.

Les Tableau 17 à Tableau 23 présentent l'activité de normalisation et d'orientation recommandée, les éléments livrables et la responsabilité. Chaque ligne montre une ressource de connaissances à développer en relation avec une lacune indiquée à la section 4. Les ressources sont décrites et les résultats attendus sont définis. La responsabilité pour le livrable est indiquée en déterminant les différentes parties prenantes qui devraient être impliquées dans l'activité. Il s'agit généralement d'organismes d'élaboration de normes (OEN) accrédités, d'organismes gouvernementaux, d'organisations propriétaires, d'associations professionnelles, de professionnels de l'industrie et d'établissements universitaires. Les documents de référence de base qui doivent être considérés sont également indiqués. Bien qu'il y ait plusieurs documents qui pourraient et devraient être considérés pour chaque activité, ceux qui sont énumérés sont les documents clés qui ont été recensés dans le contexte de cette recherche. Enfin, l'état de chaque ressource de connaissance (ou de sa référence de base) est indiqué, en fonction des éléments suivants :

1. ***Publié à l'échelle internationale, à adapter :*** des ressources qui ont été publiées à l'échelle internationale et qui devraient être adaptées au contexte canadien.
2. ***En cours à l'échelle internationale, à adapter :*** des ressources qui sont en voie d'être publiées à l'échelle internationale et qui devraient être adaptées au contexte canadien une fois publiées.
3. ***En cours :*** documents en cours d'élaboration au Canada.
4. ***À entreprendre :*** documents qui doivent être élaborés au Canada.

5.1 Opérationnaliser la réponse

Comme le montre les Tableau 17 à Tableau 23, l'exécution des activités et le développement des éléments livrables impliquent de nombreuses parties prenantes et nécessitent des actions concertées sur de nombreux fronts. Aucun calendrier n'est donné pour ces activités, mais elles sont priorisées en fonction des commentaires reçus au cours des ateliers. Les

Tableau 14. Défis, lacunes et ressources requises et existantes pour structurer la pratique et harmoniser les capacités dans les chaînes d'approvisionnement et de valeur

Défi	Lacunes	Ressources nécessaires	Ressources existantes
Absence de flux de travail supportant la livraison d'information largement adoptés et harmonisés	Absence de mécanismes formels permettant d'aligner les parties prenantes du projet sur les moyens et les méthodes de réalisation des projets de BIM selon un ensemble d'exigences.	Planification de l'exécution du BIM	Canadien
Cadres contractuels et d'approvisionnement	Cadre juridique et contractuel mal adapté qui entrave la mise en œuvre efficace du BIM dans les projets. Nécessité de traiter des questions comme la propriété intellectuelle, le droit d'auteur, la propriété des données, etc.	Annexe du contrat de BIM (protocole du BIM)	Canadien
		Cadre juridique et contractuel du BIM	International
Difficulté à évaluer la capacité de la chaîne d'approvisionnement	Manque de mécanismes pour s'assurer que l'équipe de projet dispose de la capacité et des compétences nécessaires pour exécuter des projets en utilisant le BIM et selon un ensemble d'exigences claires. Nécessité d'évaluer rigoureusement cette compétence et cette capacité.	Évaluation des compétences et des capacités	International
Manque de consensus en ce qui concerne les architectures de données et d'information	Manque de clarté quant aux concepts et à l'utilisation des systèmes de classification au sein de l'industrie canadienne des actifs bâtis.	Classifications	Canadien
	Manque de connaissance et de compréhension des concepts, principes et stratégies d'échange de données et d'information entre les parties prenantes du projet et leurs systèmes d'information, y compris les cadres ouverts de l'API.	Cadre (ouvert) pour les API	International
	Nécessité d'introduire et de communiquer les concepts relatifs aux données sur les produits et aux objets numériques qui les contiennent.	Cadre de données sur les produits	International
	Manque de cohérence sémantique et syntaxique au niveau des outils de modélisation et des systèmes d'information, qui sont nécessaires pour assurer un flux uniforme et transparent de données et d'information.	Dictionnaire de données canadien	Aucune trouvée
Manque de mécanismes officiels d'échange d'information	Nécessité d'officialiser les processus et les mécanismes par lesquels l'information est échangée par des moyens numériques, y compris entre les plateformes BIM et SIG, de manière robuste et répétable pour générer les avantages attendus du BIM.	Échange d'information (cadre de données)	International
		Exigences relatives à l'échange d'information BIM-SIG	International
	L'adoption du BIM ouvert et l'adhésion à celui-ci au Canada tardent en partie en raison du manque d'information et d'orientation sur le BIM ouvert, ses principes et ses applications.	Principes et applications du BIM ouvert	International
Manque de sensibilisation générale aux concepts et aux terminologies	Nécessité d'élaborer les concepts à l'appui de l'intégration BIM-SIG pour obtenir une acceptation générale au sein de l'industrie.	Exposé sur l'intégration BIM-SIG	International
Absence de pratiques normalisées en matière de gestion de l'information	Besoin d'un cadre uniforme pour la gestion de l'information sur l'ensemble des projets et des cycles de vie des actifs bâtis.	Cadre de gestion de l'information	International

Tableau 15. Exemple de ressources de connaissances à l'appui de l'élaboration de politiques, de normes et de guides pour un cadre opérationnel du BIM

	Utilisation de l'information	Exigences relatives à l'information	Planification de la livraison de l'information	Livraison de l'information	Architecture de l'information	Accessibilité de l'information
Politiques	▪ Informations / Utilisations du BIM mandatés	▪ Exigences en matière d'information sur l'organisation et le projet (OIR, PIR)	▪ Codes, normes et spécifications mandatés	▪ Codes, normes et spécifications mandatés	▪ Mandat pour le BIM ouvert ▪ Classifications normalisées	▪ Normes de sécurité de l'information ▪ LPRPDE
Approvisionnement	▪ Spécifications d'utilisation de l'information/ du BIM	▪ Exigences relatives à l'information d'échange (EIR) ▪ Cadres juridiques et contractuels	▪ Évaluation des compétences et des capacités ▪ Plan d'exécution du BIM (PEB)	▪ Processus d'assurance de la qualité/contrôle de la qualité et synchronisation ▪ Acceptation de l'information	▪ Exigences et spécifications relatives au BIM ouvert	▪ Spécifications de l'EDC ▪ Spécifications de sécurité de l'information
Partenariats	▪ Utilisations collaboratives du BIM et de l'information	▪ Exigences en matière d'information pour l'intégration dans la chaîne d'approvisionnement	▪ Normes interorganisationnelles	▪ Méthodes de production collaborative d'information	▪ Terminologie et dictionnaire communs	▪ Directives de mise en œuvre et de gestion de l'EDC
Personnes	▪ Orientation et formation sur le BIM et les utilisations de l'information	▪ Directives sur les exigences relatives à l'information et les spécifications de l'information	▪ Plans de diffusion de l'information	▪ Certifications	▪ Orientation relative au BIM ouvert ▪ Terminologie et dictionnaire communs	▪ Outils et gestion de l'accessibilité
Pratiques	▪ Manuels de diffusion de l'information (IDM)	▪ Orientation relative aux exigences en matière d'information ▪ Niveau d'information nécessaire	▪ Orientation relative au PEB	▪ Modèles et guides ▪ Conseils sur les outils et les processus	▪ Classifications	▪ Registres des risques
Produits	▪ Bibliothèques d'objets	▪ Modèles de données de produit	▪ Spécifications relatives aux produits	▪ Bibliothèques d'objets	▪ Dictionnaires de données ▪ Structures de données sur les produits	▪ Bibliothèques d'objets
Plateformes	▪ Définitions de la vue du modèle (MVD)	▪ Plateformes de capture et de gestion des exigences en matière d'information	▪ Spécifications des outils et de la technologie ▪ Plans de mobilisation	▪ Outils de modélisation, d'analyse, de planification, etc	▪ Systèmes de données sur le BIM ouvert ▪ Cadres API (ouvert)	▪ Plateformes d'EDC ▪ Plateformes SIG

Tableau 16. Densité des activités et des éléments livrables proposés dans le cadre opérationnel

	Généralités	Utilisation de l'information	Exigences relatives aux informations	Planification de la livraison de l'information	Livraison de l'information	Architecture de l'information	Accessibilité de l'information	Total
Politique	1		2					**3**
Approvi-sionnement			8	2	1			**11**
Partenariats					1			**1**
Personnes	2			2				**4**
Pratique	2	4	1	5	1	3		**16**
Produit						3		**3**
Plateformes						5	2	**7**
Total	**5**	**4**	**11**	**9**	**3**	**11**	**2**	**45**

priorités sont comprises entre 1 (priorité la plus élevée) et 6 (priorité la plus faible). Un groupe de parties prenantes est recommandé afin d'entreprendre chaque activité. À l'exception des activités de normalisation, qui doivent être dirigées par des OEN accrédités, aucune propriété n'est attribuée aux activités. Par conséquent, chaque activité exigera un comité, et la responsabilité et le parrainage devront être déterminés. En termes de séquençage, une progression générale est proposée par laquelle les concepts fondamentaux et la terminologie d'un élément donné doivent être établis en premier, suivis des éléments de base ou généraux, puis des éléments propres au domaine, comme illustré à la Figure 12. Ce séquençage devrait suivre une évolution générale des capacités au sein de l'industrie.

Aux fins du présent rapport, bien que les ressources de connaissances pour des domaines spécifiques aient été étudiées, aucun domaine n'est ciblé ni priorisé dans les Tableau 17 à Tableau 23. Cela est principalement dû à l'absence de concept et de terminologies formels, ainsi qu'à des éléments principaux ou généraux concernant les éléments prioritaires et les éléments livrables. Il est prévu que les domaines seront ciblés et hiérarchisés à mesure que les éléments de base seront livrés.

Figure 12. Séquençage général des éléments livrables

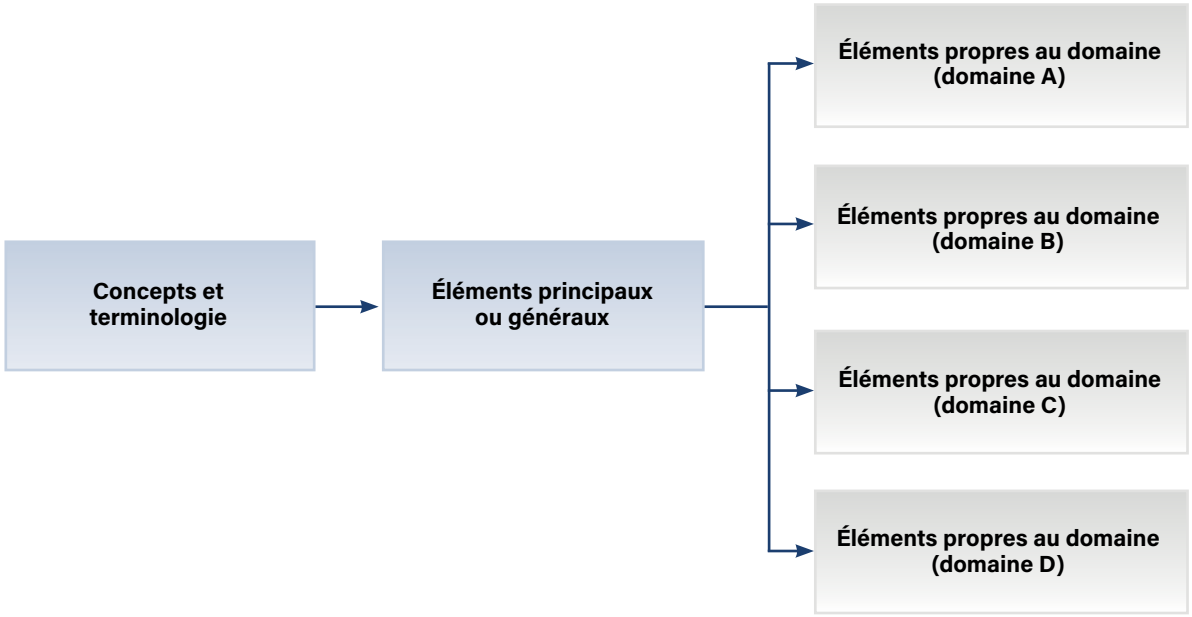


Tableau 17. Éléments généraux – activité de normalisation et d'orientation recommandée, éléments livrables et responsabilité

Dimension de la mise en œuvre	Ressource de connaissances	Priorité	Action requise pour le Canada	Éléments livrables	Responsabilité	Documents de référence principaux
Pratiques	Partie 1 : Concepts et principes	1	Publié à l'échelle internationale, à adapter	Adaptation de la norme ISO 19650, partie 1 : Organisation et numérisation des informations relatives aux *bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris la modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction – Partie 1 : Concepts et principes pour le Canada.*	OEN accrédité en collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	*ISO 19650-1:2018, Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction – Partie 1 : Concepts et principes*
Personnes	Orientation générale sur la transformation numérique dans l'industrie canadienne des actifs bâtis – tendances et possibilités	1	À entreprendre	Élaboration d'une série de guides ou de livres blancs qui examinent et communiquent les tendances et les possibilités de transformation numérique dans l'industrie canadienne des actifs bâtis. Cela peut être pris en charge par une veille technologique en continue.	Collaboration des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	S.O.
Pratiques	Conseils sur l'utilisation des outils (divers)	1	À entreprendre	Élaboration d'une série de documents d'orientation pour aider les parties prenantes de l'industrie à adopter et à mettre en œuvre des outils et des technologies spécifiques.	Collaboration des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	S.O.
Personnes	Dictionnaire canadien commun	1	En cours	Localisation potentielle du BIMdictionary.com, une ressource en ligne contenant plus de 800 définitions liées au BIM et à la transformation numérique. Tous les termes ont été traduits en français. L'étape suivante consiste à développer la localisation.	Collaboration des organismes gouvernementaux et des propriétaires, des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	bimdictionary.com www.iso.org/obp/ui
Politiques	Orientation générale sur la transformation numérique dans l'industrie canadienne des actifs bâtis – élaboration de politiques et de règlements	3	À entreprendre	Élaboration de cadres stratégiques et réglementaires et de documents à l'appui afin de faciliter et d'encourager la transformation numérique et l'innovation dans l'industrie canadienne des actifs bâtis.	Collaboration d'organismes gouvernementaux, d'établissements d'enseignement, d'associations professionnelles et de professionnels de l'industrie	S.O.

* plus haute priorité, priorité la plus faible

Tableau 18. Utilisations de l'information – activité de normalisation et d'orientation recommandée, éléments livrables et responsabilité

Dimension de la mise en œuvre	Ressource de connaissances	Priorité	Action requise pour le Canada	Éléments livrables	Responsabilité	Documents de référence principaux
Pratiques	Utilisations de l'information – concepts et principes	1	En cours à l'échelle internationale, à adapter	Élaboration d'une série de documents d'orientation pour expliquer et populariser les concepts et les principes d'utilisation de l'information dans l'industrie des actifs bâtis.	Collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	NBIMS-US buildingSMART International – Gestion des cas d'usage BIMe Initiative – Gabarits d'utilisation des modèles
Pratiques	Utilisations de l'information – principales exigences	3	En cours à l'échelle internationale, à adapter	Élaboration d'une série de documents décrivant un ensemble d'exigences fondamentales en matière d'information à élaborer.	Collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	NBIMS-US buildingSMART International – Gestion des cas d'usage BIMe Initiative – Gabarits d'utilisation des modèles
Pratiques	Partie 6 – Santé et sécurité	4	En cours à l'échelle internationale, à adapter	Adaptation de la norme ISO 19650, partie 6 : Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris la modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction – Partie 6 : Santé et sécurité au Canada une fois la norme publiée.	OEN accrédité en collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	*ISO/AWI 19650-6, Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction – Partie 6 : Santé et sécurité*
Pratiques	Utilisations de l'information – exigences relatives aux domaines	5	À entreprendre	Élaboration d'une série de documents décrivant un ensemble d'utilisations de l'information propres aux domaines à élaborer.	Collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	NBIMS-US buildingSMART International – Gestion des cas d'usage BIMe Initiative – Gabarits d'utilisation des modèles

* plus haute priorité, priorité la plus faible

Tableau 19. Exigences en matière d'information – activité de normalisation et d'orientation recommandée, éléments livrables et responsabilité

Dimension de la mise en œuvre	Ressource de connaissances	Priorité	Action requise pour le Canada	Éléments livrables	Responsabilité	Documents de référence principaux
Politiques	Partie 5 – approche de la GI axée sur la sécurité	1	Publié à l'échelle internationale, à adapter	Adaptation de la norme ISO 19650, partie 5 : Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris la modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction – Partie 5 : Approche de la gestion de l'information axée sur la sécurité pour le Canada.	OEN accrédité en collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	*ISO 19650-5:2020, Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction – Partie 5 : Approche de la gestion de l'information axée sur la sécurité*
Pratiques	Niveau de besoin de l'information/niveau de X – concepts et principes	1	En cours	Élaboration de documents d'orientation pour expliquer les concepts et les principes du niveau de X/niveau de besoin d'information.	Collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	buildingSMART Canada – spécification du niveau de X, partie 1 : Concepts ISO/DIS 7817, *Modélisation des informations de la construction (BIM) — Niveau du besoin d'information — Concepts et principes*
Politiques	Niveau de besoin de l'information – normes	2	En cours à l'échelle internationale, à adapter	Adaptation de la norme ISO 7817, modélisation des informations de la construction — niveau du besoin d'information pour le Canada.	OEN accrédité en collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	*ISO/DIS 7817, modélisation de l'information de la construction — niveau du besoin d'information*
Approvisionnement	Exigences en matière d'information – concepts et principes	2	En cours à l'échelle internationale, à adapter	Élaboration d'une série de documents d'orientation pour aider les parties prenantes de l'industrie à comprendre les concepts et les principes des exigences en matière d'information et leur lien avec d'autres concepts.	Collaboration avec des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	NBIMS-US ISO 19650-1:2018, Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction – Partie 1 : Concepts et principes
Approvisionnement	Exigences en matière d'information – principales exigences	3	En cours à l'échelle internationale, à adapter	Élaboration d'une série de documents décrivant un ensemble d'exigences fondamentales en matière d'information à élaborer.	Collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	NBIMS-US *ISO 19650-1:2018, Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction – Partie 1 : Concepts et principes*
Approvisionnement	Spécifications de l'information – concepts et principes	3	En cours à l'échelle internationale, à adapter	Élaboration d'une série de documents d'orientation pour aider les parties prenantes de l'industrie à comprendre les concepts et les principes des spécifications de l'information et leur lien avec d'autres concepts.	Collaboration avec des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	buildingSMART International — Spécification de la diffusion de l'information (SDI)
Approvisionnement	Lignes directrices en matière d'approvisionnement	3	À entreprendre	Élaboration de documents d'orientation expliquant les concepts et les principes de l'acquisition de projets compatibles avec le BIM.	Collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	S.O.
Approvisionnement	Acceptation des informations – spécifications du domaine	4	À entreprendre	Élaboration d'une série de documents décrivant un ensemble de critères d'information et de flux de travail propres au domaine.	Collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	S.O.
Approvisionnement	Niveau de besoin d'information/niveau de X – spécifications du domaine	4	À entreprendre	Élaboration d'une série de documents décrivant un ensemble de spécifications du niveau de X/niveau de besoin d'information.	Collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	buildingSMART Canada – spécification du niveau de X, partie 1 : Concepts ISO/DIS 7817, *Modélisation des informations de la construction (BIM) — Niveau du besoin d'information — Concepts et principes*
Approvisionnement	Spécifications de l'information – spécifications principales	5	À entreprendre	Élaboration d'une série de documents décrivant un ensemble de spécifications de l'information de base à élaborer par domaine et/ou phase de cycle de vie.	Collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	buildingSMART International — Spécification de la diffusion de l'information (SDI)
Approvisionnement	Exigences en matière d'information – exigences du domaine	6	À entreprendre	Élaboration d'une série de documents décrivant un ensemble d'exigences en matière d'information propre au domaine à élaborer.	Collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	S.O.

Tableau 20. Planification de la livraison de l'information – activité de normalisation et d'orientation recommandée, éléments livrables et responsabilité

Dimension de la mise en œuvre	Ressource de connaissances	Priorité	Action requise pour le Canada	Éléments livrables	Responsabilité	Documents de référence principaux
Pratiques	Partie 2 – phase de livraison des biens	1	Publié à l'échelle internationale, à adapter	Adaptation de la norme ISO 19650, partie 2 : *Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris la modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction – Partie 2 : Phase de livraison des biens* pour le Canada.	OEN accrédité en collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	ISO 19650, partie 2 : *Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris la modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction – Partie 2 : Phase de livraison des biens pour le Canada*
Pratiques	Partie 3 – phase d'exploitation des biens	1	Publié, à adapter	Adaptation de la norme ISO 19650, partie 3 : *Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris la modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction – Partie 3 : Phase d'exploitation des biens* pour le Canada.	OEN accrédité en collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	ISO 19650, partie 3 : *Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris la modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction – Partie 3 : Phase d'exploitation des biens pour le Canada.*
Personnes	Évaluation des compétences et des capacités – concepts et principes	1	En cours	Élaboration d'une orientation générale expliquant les concepts et les principes de la capacité et de la compétence relatives au BIM et la façon de les évaluer.	Collaboration avec des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	Tableau des compétences en matière d'excellence du BIM
Pratiques	Planification de l'exécution du BIM – généralités	1	En cours à l'échelle internationale, à adapter	Élaboration de directives et de modèles généraux pour la planification de l'exécution du BIM.	Collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires et des professionnels de l'industrie	Penn state BIM PxP Guidance IBC/buildingSMART Canada PxP Toolkits
Approvisionnement	Annexe du contrat de BIM (protocole du BIM)	1	En cours	Mettre à jour les annexes du contrat BIM 100 et 201 du bac afin d'élargir leur champ d'application et élaborer d'autres guides et modèles pertinents.	Collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des associations professionnelles et des professionnels du droit	IBC BIM 100:2014 IBC BIM 201:2014
Approvisionnement	Cadre juridique et contractuel du BIM – guides	1	En cours	Élaboration de directives et de modèles généraux pour la planification de l'exécution du BIM.	Collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des associations professionnelles et des professionnels du droit	S.O.
Personnes	Certification des compétences et des capacités	3	En cours	Élaboration d'un ensemble solide de critères de certification et élaboration d'un programme de certification fondé sur ces critères.	Collaboration avec des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	Certification professionnelle buildingSMART Certification professionnelle CanBIM
Pratiques	Planification de l'exécution BIM – propre au domaine	3	À entreprendre	Élaboration de directives et de modèles propres au domaine pour la planification de l'exécution du BIM.	Collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires et des professionnels de l'industrie	S.O.
Pratiques	Partie 4 – échange d'information	4	En cours à l'échelle internationale, à adapter	Adaptation de la norme ISO 19650, partie 4 : *Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris la modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction – Partie 4 : Échange d'information* pour le Canada une fois la norme publiée.	OEN accrédité en collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	*ISO/FDIS 19650-4, Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction – Partie 4 : Échange d'information*

Tableau 21. Livraison de l'information – activité de normalisation et d'orientation recommandée, éléments livrables et responsabilité

Dimension de la mise en œuvre	Ressource de connaissances	Priorité	Action requise pour le Canada	Éléments livrables	Responsabilité	Documents de référence principaux
Partenariats	Production collaborative d'information — concepts et principes	2	À entreprendre	Élaboration d'une série de documents d'orientation pour aider les parties prenantes de l'industrie à comprendre les concepts et les principes qui guident la production collaborative d'information.	Collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	S.O.
Approvisionnement	Acceptation de l'information – concepts et principes	2	À entreprendre	Élaboration d'une série de documents d'orientation pour aider les parties prenantes de l'industrie à comprendre les concepts et les principes de l'acceptation de l'information et leur lien avec d'autres concepts.	Collaboration avec des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	S.O.
Pratiques	Production collaborative d'information – spécifications	6	À entreprendre	Élaboration d'une série de documents d'orientation propres au domaine pour aider les parties prenantes de l'industrie à mettre en œuvre les concepts et les principes qui guident la production collaborative d'information.	Collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	S.O.

Tableau 22. Architecture de l'information – activité de normalisation et d'orientation recommandée, éléments livrables et responsabilité

Dimension de la mise en œuvre	Ressource de connaissances	Priorité	Action requise pour le Canada	Éléments livrables	Responsabilité	Documents de référence principaux
Plateformes	Principes et applications du BIM ouvert – généralités	1	En cours à l'échelle internationale, à adapter	Élaboration de documents d'orientation expliquant les principes et les applications du BIM ouvert dans le contexte canadien.	Collaboration avec des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	buildingSMART International – Ressources sur le BIM ouvert
Pratiques	Classifications – orientation	1	En cours à l'échelle international, à adapter	*Élaboration de documents d'orientation sur l'élaboration et l'utilisation des classifications dans l'industrie canadienne des actifs bâtis. Les travaux devraient être adaptés à la norme ISO 12006, Construction immobilière — Organisation de l'information des travaux de construction — Partie 2: Cadre pour les classifications.*	Collaboration avec les organisations internationales qui gèrent les systèmes de classification actuels, les associations de l'industrie et les professionnels de l'industrie.	Omniclass Uniformat II Masterformat
Plateformes	Intégration BIM-SIG – exposé	2	En cours à l'échelle international, à adapter	Élaboration d'une série de documents d'orientation pour aider les parties prenantes de l'industrie à comprendre les concepts et les principes de l'intégration du BIM et du SIG.	Collaboration avec des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	ISO/TR 23262:2021, *Interopérabilité SIG (géospatial)/BIM*
Pratiques	Échange d'information (cadre de données) – généralités	2	En cours à l'échelle international, à adapter	Élaboration d'une série de documents d'orientation générale pour aider les parties prenantes de l'industrie à comprendre les concepts et les principes de l'échange d'information et son lien avec d'autres concepts soutenus par la série de normes ISO 29481. L'intention n'est PAS d'adapter la norme au Canada, mais d'expliquer ses concepts et son but ainsi que son fonctionnement.	Collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	ISO 29481-1:2016, *Modèles des informations de la construction — Protocole d'échange d'informations — Partie 1: Méthodologie et format* ISO/FDIS 29481-3, *Modèles des informations de la construction — Protocole d'échange d'informations — Partie 3: Schéma de données et code*
Plateformes	Exigences relatives à l'échange d'information BIM-SIG	2	En cours à l'échelle international, à adapter	Élaboration de guides relatives à l'intégration BIM-SIG et à l'échange d'information.	Collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	ISO/TR 23262:2021, *Interopérabilité SIG (géospatial)/BIM*
Plateformes	Cadre (ouvert) de l'API – généralités	3	En cours à l'échelle international, à adapter	Élaboration d'une série de documents d'orientation pour aider les parties prenantes de l'industrie à comprendre les concepts et les principes du cadre ouvert de l'API en cours d'élaboration par buildingSMART International.	Collaboration avec les établissements d'enseignements et les professionnels de l'industrie	buildingSMART International — cadre ouvert de l'API

Dimension de la mise en œuvre	Ressource de connaissances	Priorité	Action requise pour le Canada	Éléments livrables	Responsabilité	Documents de référence principaux
Plateformes	Principes et applications du BIM ouvert – propres au domaine	3	En cours à l'échelle international, à adapter	Élaboration de documents d'orientation expliquant les applications spécifiques du BIM ouvert dans le contexte canadien.	Collaboration avec des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	buildingSMART International – Ressources sur le BIM ouvert
Produits	Cadre de données sur les produits – généralités	3	En cours à l'échelle international, à adapter	Élaboration d'un document d'orientation expliquant les concepts et les principes des données sur les produits et leur gestion dans la prestation de projets et la gestion du cycle de vie des biens compatibles avec le BIM.	Collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	ISO 23387:2020, *Modélisation des informations de la construction (BIM) — Modèles de données pour les objets de construction utilisés durant le cycle de vie des actifs bâtis — Concepts et principes*
Produits	Dictionnaire de données canadien (adaptation du dictionnaire de données de buildingSMART)	3	À entreprendre	Localisation ou création d'un dictionnaire de données canadien fondé sur le dictionnaire de données de buildingSMART.	Collaboration avec les établissements d'enseignements et les professionnels de l'industrie	Dictionnaire de données de buildingSMART ISO 23386:2020, *Modélisation des informations de la construction et autres processus numériques utilisés en construction — Méthodologie de description, de création et de gestion des propriétés dans les dictionnaires de données interconnectés*
Pratiques	Échange d'information (cadre de données) – propre au domaine	4	En cours à l'échelle international, à adapter	Élaboration d'une série de documents décrivant un ensemble de cadres d'échange d'information propres au domaine.	Collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	ISO 29481-1:2016, *Modèles des informations de la construction — Protocole d'échange d'informations — Partie 1: Méthodologie et format* ISO/FDIS 29481-3, *Modèles des informations de la construction — Protocole d'échange d'informations — Partie 3: Schéma de données et code*
Produits	Cadre de données sur les produits – propre au domaine	5	En cours à l'échelle international, à adapter	Élaboration de modèles de données sur les produits propres au domaine qui sont fondés sur les meilleures pratiques internationales.	Collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	ISO 23387:2020, *BModélisation des informations de la construction (BIM) — Modèles de données pour les objets de construction utilisés durant le cycle de vie des actifs bâtis — Concepts et principes*

Tableau 23. Accessibilité de l'information – activité de normalisation et d'orientation recommandée, éléments livrables et responsabilité

Dimension de la mise en œuvre	Ressource de connaissances	Priorité	Action requise pour le Canada	Éléments livrables	Responsabilité	Documents de référence principaux
Plateformes	Environnements de données communs (EDC) – concepts et principes	1	En cours à l'échelle international, à adapter	Élaboration de directives générales expliquant les concepts et les principes des EDC et leur mise en œuvre dans le cadre de projets.	Collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	S.O.
Plateformes	Environnements de données communs (EDC) – pratiques normalisées	3	Publié à l'échelle international, , à adapter	Élaboration d'approches normalisées aux EDC et leur mise en œuvre dans le cadre de projets.	Collaboration avec des organismes gouvernementaux et propriétaires, des établissements d'enseignement, des associations professionnelles et des professionnels de l'industrie	DIN SPEC 91391, *Common data environments (CDE) for BIM projects - Function sets and open data exchange between platforms of different vendors*

6 Conclusion

Une transformation majeure de l'industrie canadienne des actifs bâtis est en cours. De nouvelles méthodes de travail numériques permettent une conception, une livraison, une gestion et une utilisation plus efficaces et efficientes de l'environnement bâti. Toutefois, il y a d'importants défis à relever avant que l'une des industries les plus importantes au Canada puisse tirer pleinement profit de cette transformation numérique. Pour soutenir et concrétiser cette nouvelle façon de travailler par l'adoption et la mise en œuvre du BIM, une quantité importante de nouvelles connaissances doivent être formalisées et diffusées. De plus, ces connaissances doivent être établies dans le bon contexte pour être efficaces : la simple mise à disposition de ces connaissances ne permettra pas d'assurer une transformation numérique réussie de l'industrie canadienne des actifs bâtis. Au lieu de cela, l'adoption et le soutien par des instruments de politique ciblés (réglementaires, économiques ou autres) et des voies de mise en œuvre claires dans le but de structurer et de guider la façon dont l'information est acquise, générée, échangée, traitée, gérée et consommée tout au long du cycle de vie d'un actif bâti peut jouer un rôle clé dans la facilitation de cette transformation.

La recherche effectuée pour le présent rapport a appuyé l'élaboration d'un cadre opérationnel pour structurer ces connaissances, exprimé sous forme de normes, de guides et d'autres ressources nécessaires pour appuyer l'adoption et la mise en œuvre du BIM au Canada, ainsi que pour articuler et hiérarchiser ces ressources. Une approche à méthodes mixtes a été utilisée pour valider les défis, les besoins et les tendances actuels de l'industrie concernant l'utilisation du BIM au Canada, examiner les initiatives, les ressources et les outils existants du monde entier, discuter de leur adaptation ou de leur adoption et proposer des pistes d'élaboration, au besoin.

Les résultats montrent l'importance de tous les ordres de gouvernement et leur influence sur l'industrie des actifs bâtis, soit par voie de réglementation, soit par voie d'orientation. Par conséquent, toute solution à l'appui de la transformation numérique et du BIM devrait mobiliser ces différents niveaux de gouvernement. L'industrie a également un rôle important à jouer et certaines parties prenantes de l'industrie ont déjà pris l'initiative de diriger la transformation numérique et les efforts d'adoption du BIM sans l'influence du gouvernement. Toutefois, ces parties prenantes ont aussi constamment exprimé leur désir que le gouvernement joue un rôle beaucoup plus actif dans la structuration et le soutien de cet effort important. Trois défis précis ont été déterminés au moyen d'entrevues, d'ateliers et d'enquêtes :

1. l'absence de demande régulière de la part des clients;
2. le manque d'aptitudes et de compétences appropriées; et
3. l'incompatibilité des capacités et des flux de travail dans les chaînes de valeur des actifs bâtis.

L'absence d'un cadre opérationnel cohérent pour soutenir l'adoption et la mise en œuvre du BIM est à la base de ces trois domaines de défis. Compte tenu de cette dynamique, et en réponse aux trois défis, un cadre fondé sur la base de trois composantes clés est proposé :

1. créer et systématiser une demande pour le BIM, ainsi que la livraison de projets et la gestion des actifs bâtis numérisés.
2. améliorer les compétences des parties prenantes dans tous les segments de l'industrie, en s'appuyant sur un ensemble de connaissances de base
3. structurer la pratique et harmoniser les capacités dans les chaînes d'approvisionnement et de valeur grâce à la normalisation.

Chacune agissant comme cadre de référence en soi, ces composantes articulent les domaines de connaissances et les ressources nécessaires à l'adoption et à la mise en œuvre du BIM dans l'industrie canadienne des actifs bâtis. Une analyse approfondie des données a permis d'identifier 45 activités de développement distinctes, et leurs résultats attendus ont été présentés et classés par ordre de priorité. Ces activités tiennent compte des ressources et des domaines de connaissances internationaux, à savoir la série ISO 19650 et les principes et technologies de BIM ouvert. Une liste de ressources de connaissances spécifiques a été élaborée et présentée pour aider à établir les priorités et à planifier l'attribution des

efforts et des ressources nécessaires à la réalisation de ces éléments livrables. La liste offre des orientations précises pour parvenir à un résultat commun : la transformation numérique structurée de l'industrie canadienne des actifs bâtis.

6.1 Limites

Plusieurs limites ont été déterminées au cours de ce projet de recherche :

- **Représentativité de l'échantillon d'entrevue :** Bien qu'un effort conscient ait été fait pour interroger des experts d'une gamme variée de disciplines, de types et de tailles d'organisation et de lieux au Canada, l'échantillon manque de représentation dans les Maritimes et les Prairies, ainsi qu'auprès des plus petites organisations.
- **Importance statistique de l'échantillon de l'enquête :** Bien que les 170 réponses reçues dans le cadre de l'enquête aient permis d'obtenir un échantillon intéressant, l'importance statistique était difficile à atteindre en raison de la taille de l'industrie des actifs bâtis.
- **Interprétation :** Comme pour toute méthode d'analyse qualitative des données, les conclusions sont sujettes à l'interprétation des chercheurs qui effectuent l'analyse et à leurs biais. Bien que des mesures aient été prises pour atténuer ce problème, notamment en élaborant et en effectuant la collecte de données avec une équipe de chercheurs et en discutant des résultats de l'analyse, les résultats demeurent subjectifs.
- **Détermination et hiérarchisation des activités dans les ressources de connaissances répertoriées :** La détermination et l'établissement des priorités des activités et de leurs résultats ont été discutés et déterminés au cours des ateliers. Bien que les ateliers aient été participatifs et que toute la rétroaction ait été prise en considération, l'échantillon d'experts présents, tout en représentant une étendue et une profondeur d'expertise de partout au Canada, était limité.
- **Détail et hiérarchisation des ressources de connaissances pour des domaines spécifiques :** Comme discuté, aucun domaine n'a été déterminé ou classé par ordre de priorité, car il y a un manque de concepts de base et de terminologie, ainsi que d'éléments principaux/généraux se rapportant aux éléments prioritaires et aux livrables. Il est attendu que les domaines soient déterminés et hiérarchisés à mesure que les éléments fondamentaux indiqués dans le présent rapport seront fournis.

Références

[1] M. Rachinger, R. Rauter, C. Müller, W. Vorraber, and E. Schirgi, « Digitalization and its influence on business model innovation, » J. Manuf. Technol. Manag., vol. 30, no. 8, pp. 1143–1160, Jan. 2019, DOI : 10.1108/JMTM-01-2018-0020.

[2] World Economic Forum, « Shaping the future of construction: A breakthrough in mindset and technology, » World Economic Forum, Geneva, Switzerland, 2016. Consulté : 5 mars 2020. [En ligne]. Disponible : https://www.weforum.org/reports/shaping-the-future-of-construction-a-breakthrough-in-mindset-and-technology/

[3] B. Succar and E. Poirier, « Lifecycle information transformation and exchange for delivering and managing digital and physical assets, » Autom. Constr., vol. 112, Apr. 2020, Art. no. 103090, DOI : 10.1016/j.autcon.2020.103090.

[4] E. Papadonikolaki, C. van Oel, and M. Kagioglou, « Organising and managing boundaries: A structurational view of collaboration with building information modelling (BIM), » Int. J. Proj. Manag., vol. 37, no. 3, pp. 378–394, Apr. 2019, DOI : 10.1016/j.ijproman.2019.01.010.

[5] A. Dubois and L.-E. Gadde, « The construction industry as a loosely coupled system: Implications for productivity and innovation, » Constr. Manag. Econ., vol. 20, no. 7, pp. 621–631, Oct. 2002, DOI : 10.1080/01446190210163543.

[6] A. Hartmann, « The context of innovation management in construction firms, » Constr. Manag. Econ., vol. 24, no. 6, pp. 567–578, Jun. 2006, DOI : 10.1080/01446190600790629.

[7] Conseil canadien des normes, « Benefits of applying standards, » https://www.scc.ca/en/standards/what-are-standards/benefits (consulté le 24 février 2022).

[8] buildingSMART International, « BIM Guides Wiki, » BIM Guides Wiki, 2018. Consulté : 13 juin 2022. [En ligne]. Disponible : http://bimguides.vtreem.com/bin/view/Main/

[9] buildingSMART Spain, « Biblioteca BIM, » chapitre espagnol de buildingSMART, 2021. Consulté : 13 juin 2022. [En ligne]. Disponible : http://www.buildingsmart.es/observatorio/biblioteca-bim/.

[10] B. Succar and M. Kassem, « Macro-BIM adoption: Conceptual structures, » Autom. Constr., vol. 57, pp. 64–79, 2015, DOI : 10.1016/j.autcon.2015.04.018.

[11] M. Latham, « Constructing the team: final report: joint review of procurement and contractual arrangements in the United Kingdom construction industry, » Her Majesty's Stationery Office, London, UK, 1994.

[12] J. Egan, « Rethinking construction: The report of the construction task force, » Her Majesty's Stationery Office, London, UK, 1998.

[13] J. Egan, « Accelerating change: a report by the strategic forum for construction, » Rethink. Constr. SF F Constr. Lond., 2002.

[14] L. S. Pheng and L. S. Hou, « The economy and the construction industry, » Constr. Qual. Econ., pp. 21–54, Jan. 2019, DOI : 10.1007/978-981-13-5847-0_2.

[15] Business Roundtable, « More construction for the money: Summary report of the construction industry cost effectiveness project, » Business Roundtable, Washington DC, United States, p. 107, 1983.

[16] United Nations Department of Economic and Social Affairs, « The 17 goals | Sustainable development, » https://sdgs.un.org/goals (consulté le 27 fév. 2022).

[17] Infrastructure and Projects Authority, « Transforming infrastructure performance: Roadmap to 2030, » London, UK, Sep. 2021. Consulté : 15 fév. 2022. [En ligne]. Disponible : https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1016726/IPA_TIP_Roadmap_to_2030_v6__1_.pdf

[18] P. Teicholz, « Labor-productivity declines in the construction industry: Causes and remedies, » AECbytes, Apr. 14, 2004. [En ligne] disponible : https://www.aecbytes.com/viewpoint/2004/issue_4.html

[19] P. Teicholz, « Labor-productivity declines in the construction industry: Causes and remedies (a second look), » AECbytes, Mar. 14, 2014. [En ligne] disponible : https://www.aecbytes.com/viewpoint/2013/issue_67.html

[20] Statistique Canada, « Produit intérieur brut (PIB) aux prix de base, par industries, mensuel (x 1 000 000), » Statistique Canada, Ottawa, Canada, 2022. [En ligne]. Disponible : https://doi.org/10.25318/3610043401-fra

[21] F. Pries and F. Janszen, « Innovation in the construction industry: The dominant role of the environment, » Constr. Manag. Econ., vol. 13, no. 1, pp. 43–51, Jan. 1995, DOI : 10.1080/01446199500000006.

[22] Statistique Canada, « Dépenses en immobilisations, infrastructures, selon le type de propriété (x 1 000 000) » Statistique Canada, Ottawa, Canada,2022. [En ligne]. Disponible : https://doi.org/10.25318/3410028001-fra

[23] Statistics Canada, « Dépenses en immobilisations, sources de financement, selon la géographie (x 1 000 000) » Statistique Canada, Ottawa, Canada, 2022. [En ligne]. Disponible : https://doi.org/10.25318/3410028201-fra

[24] Statistique Canada, « Dépenses en immobilisation, actifs corporels non résidentiels, par industrie et types d'actif (x 1 000 000) », Statistique Canada, Ottawa, Canada, 2019. [En ligne]. Disponible: https://doi.org/10.25318/3410003901-fra

[25] Statistique Canada, « Tableau 34-10-0175-01, Investissement en construction de bâtiments », Statistique Canada, Ottawa, Canada, 2019. [En ligne]. Disponible: https://doi.org/10.25318/3410017501-fra

[26] Statistique Canada, « Tableau 36-10-0480-01, Productivité du travail et mesures connexes par industrie du secteur des entreprises et par activité non-commerciale, conformes aux comptes des industries », Statistique Canada, Ottawa, Canada, 2019. [En ligne]. Disponible: https://doi.org/10.25318/3610048001-fra

[27] Ressources naturelles Canada, « Émissions de GES au Canada par secteur, utilisation finale et sous-secteur – incluant celles liées à l'électricité », Ressources naturelles Canada, 30 janvier 2020. Consulté : 27 fév. 2022. [En ligne]. Disponible : https://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/showTable.cfm?type=HB&sector=aaa&juris=ca&rn=3&page=3

[28] M. Osmani, « Construction waste, » in Waste: A Handbook for Management, T. M. Letcher and D. A. Vallero, Eds. Boston, MA, United States: Academic Press, 2011, pp. 207–218. DOI : 10.1016/B978-0-12-381475-3.10015-4.

[29] G. Perry and M. VanderPol. (2014). Characterization & management of construction, renovation & demolition waste in Canada [PowerPoint slides]. Disponible : https://recycle.ab.ca/wp-content/uploads/2014/10/VanderPol_Perry.pdf

[30] Statistique Canada, « Tableau 14-10-0202-01, emploi selon l'industrie, données annuelles », Statistique Canada, Ottawa, Canada, 2021. [En ligne]. Disponible : https://doi.org/10.25318/1410020201-fra

[31] Statistique Canada, « Tableau 27-10-0358-01, Dépenses courantes au titre de la recherche et développement intra-muros en pourcentage des revenus, selon le groupe d'industries fondé sur le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) et le pays de contrôle », Statistique Canada, Ottawa, Canada, 2021. [En ligne]. Disponible : https://doi.org/10.25318/2710035801-fra

[32] E. Poirier, S. Frenette, V. Carignan, H. Paris, and D. Forgues, « Accroître la performance de la filière québécoise de la construction par le virage numérique : Étude sur le déploiement des outils et des pratiques de la modélisation des données du bâtiment au Québec, » BIMQuébec, QC, Canada, 2018. [En ligne]. Disponible : https://www.bimquebec.org/ressources

[33] C. Eastman, D. Fisher, G. Lafue, J. Lividini, D. Stoker, and C. Yessios, « An outline of the building description system, » Institute of Physical Planning, Pittsburg, PA, United States, Report No. 50, Sep. 1974.

[34] C. M. Eastman, « The use of computers instead of drawings in building design, » AIA J., vol. 63, no. 3, pp. 46–50, Mar. 1975.

[35] C. Eastman, « General purpose building description systems, » Comput.-Aided Des., vol. 8, no. 1, pp. 17–26, Jan. 1976, DOI : 10.1016/0010-4485(76)90005-1.

[36] Autodesk, « Building information modeling, » Autodesk, Inc., San Rafael, CA, United States, 2002. Consulté : 24 fév. 2022 [En ligne]. Disponible : http://www.laiserin.com/features/bim/autodesk_bim.pdf

[37] Canadian practice manual for BIM — Volumes 1, 2 and 3, buildingSMART Canada, Canada, 2016. [En ligne]. Disponible : https://buildingsmartcanada.ca/canadian-practice-manual-for-bim/

[38] National BIM Standard - United States Version 3, NBIMS-US V3, National Institute of Building Sciences, Washington DC, United States, 2015.

[39] J. Messner et al., « BIM project execution planning guide – Version 2.1, » Computer Integrated Construction, Pennsylvania State University, University Park, PA, United States, 2011.

[40] Techopedia, « What is information management (IM)? » Techopedia.com, Jan. 24, 2017. http://www.techopedia.com/definition/20012/information-management-im (consulté le 24 février 2022).

[41] D. Forgues, S. Tahrani, and E. A. Poirier, « 2015 Survey — BIM & integrated approaches in Quebec, » GRIDD, 2015. http://gridd.etsmtl.ca/en/archives/1358 (consulté le 19 février 2022).

[42] B. McCabe, A. Shahi, and L. H. Zhang, « 1st annual BIM report – 2018: For the Greater Toronto Area, » University of Toronto, ON, Canada, 2018. Consulté : 14 fév. 2022. [En ligne]. Disponible : https://rescon.com/affiliations/BIM-Report-2018.pdf

[43] B. McCabe, A. Shahi, L. H. Zhang, M. Whitell, and Y. Cao, « 2nd annual BIM report – 2019 : Canada wide survey, » University of Toronto, ON, Canada, 2019. Consulté : 14 fév. 2022. [En ligne]. Disponible : https://rescon.com/affiliations/Second-Annual-BIM-Survey-V3-Web.pdf

[44] B. McCabe, A. Shahi, and H. Nasrazadani, « 3rd annual BIM report – 2020: A benchmark of BIM use in Canada, » University of Toronto, ON, Canada, 2020. Consulté : 14 fév. 2022. [En ligne]. Disponible : https://static1.squarespace.com/static/5eff5bdef5beea28d155a50f/t/5fa09661054854317d528b46/1604359784353/AEC111_BIMReport_02b.pdf

[45] McGraw Hill Construction, « The business value of BIM for construction in major global markets, » Bedford, MA, United States, 2014. Consulté : 19 fév. 2022. [En ligne]. Disponible : https://icn.nl/pdf/bim_construction.pdf

[46] McGraw-Hill Construction, « The business value of BIM: Getting building information modeling to the bottom line, » McGraw-Hill Construction, New York, NY, United States, 2009.

[47] McGraw-Hill Construction, « The business value of BIM in North America: Multi-year trend analysis and user ratings (2007–2012), » McGraw-Hill Construction, New York, NY, United States, 2012.

[48] NBS, « International BIM report 2016, » NBS, Newcastle upon Tyne, United Kingdom, 2016.

[49] NBS, « NBS International BIM report 2013, » NBS, Newcastle upon Tyne, United Kingdom, 2013.

[50] E. A. Poirier, Y. Mezrag, S. Bordeur, L. Ap, and M. Kassem, « Rapport d'analyse des résultats des phases I et II des diagnostics numériques, » BIMQuébec, QC, Canada, 2021. [En ligne]. Disponible : www.bimquebec.org/ressources

[51] PricewaterhouseCoopers (PwC), « BIM level 2 benefits measurement: Introductory note: Approach and benefits framework, » PwC, United Kingdom, 2018. Consulté : 28 août 2020. [En ligne]. Disponible : https://www.cdbb.cam.ac.uk/files/2._pwc_introductory_note_to_bmm.pdf

[52] S. Staub-French, et al., « Building information modeling (BIM) and design for manufacturing and assembly (DfMA) for mass timber construction, » BIM TOPiCS Research Lab, Vancouver, BC, Canada, 2018. [En ligne]. Disponible : https://www.naturallywood.com/wp-content/uploads/bim-dfma-for-mass-timber-construction_report_bim-topics-research-lab.pdf

[53] R. G. Kreider and J. I. Messner, « The uses of BIM: Classifying and selecting BIM uses, » Pennsylvania State University, University Park, PA, USA., Version 0.9, Sep. 2013. Consulté : 14 fév. 2022. [En ligne]. Disponible : http://bim.psu.edu

[54] BIMe Initiative, « BIM dictionary, » BIMdictionary.com. https://bimdictionary.com/about consulté le 23 mars 2022).

[55] B. Succar, « 211in model uses table, » BIMe Initiative, Melbourne, Australia, Jan. 2019. DOI : 10.5281/ZENODO.3563403.

[56] A. Lee, et al., « Developing a vision of nD-enabled construction, » University of Salford, United Kingdom, 2003.

[57] G. Aouad, S. Wu, and A. Lee, « n dimensional modeling technology: Past, present, and future, » J. Comput. Civ. Eng., vol. 20, no. 3, pp. 151–153, May 2006, DOI : 10.1061/(ASCE)0887-3801(2006)20:3(151).

[58] M. Fischer, « Construction planning and management using 3D and 4D CAD models, » in Construction IT 2000, Sydney, Australia, 2000.

[59] PricewaterhouseCoopers (PwC), « BIM level 2 benefits measurement: Summary guide, » PwC, United Kingdom, 2018. Consulté : 17 fév. 2022. [En ligne]. Disponible : https://www.cdbb.cam.ac.uk/system/files/documents/1.PwCSummaryGuidancetoBBM.pdf

[60] KPMG and ATKINS, « The value of information management in the construction and infrastructure sector, » Digital Built Britain, University of Cambridge, United Kingdom, June 2021. Consulté : 17 fév. 2022. [En ligne]. Disponible : https://www.cdbb.cam.ac.uk/news/value-information-management-construction-and-infrastructure-sector

[61] C. H. Nam and C. B. Tatum, « Major characteristics of constructed products and resulting limitations of construction technology, » Constr. Manag. Econ., vol. 6, no. 2, pp. 133–147, Jun. 1988, DOI : 10.1080/01446198800000012.

[62] H. C. Howard, R. E. Levitt, B. C. Paulson, J. G. Pohl, and C. B. Tatum, « Computer integration: Reducing fragmentation in AEC industry, » J. Comput. Civ. Eng., vol. 3, no. 1, pp. 18–32, Jan. 1989, DOI : 10.1061/(ASCE)0887-3801(1989)3:1(18).

[63] K. C. Choi and C. W. Ibbs, « CAD/CAE in construction: Trends, problems, and needs, » J. Manag. Eng., vol. 6, no. 4, pp. 394–415, Oct. 1990, DOI : 10.1061/(ASCE)9742-597X(1990)6:4(394).

[64] D. Gann and P. Senker, « Construction skills training for the next millennium, » Constr. Manag. Econ., vol. 16, no. 5, pp. 569–580, Sep. 1998, DOI : 10.1080/014461998372105.

[65] D. E. Dowall and L. C. Barone, « Improving construction industry performance: Issues and opportunities, » Center for Real Estate and Urban Economics, University of California at Berkeley, United States, 1993. [En ligne]. Disponible : https://escholarship.org/uc/item/89m18273

[66] E. Ademci and S. Gundes, « Review of studies on BIM adoption in AEC industry, » presented at 5th international Project and Construction Management Conference (IPCMC2018), Cyprus, Nov. 16–19, 2018, pp. 1046–1055.

[67] R. M. Leicht and J. I. Messner, « Applying a data-centric approach to the collaborative execution of capital projects, » Construction Industry Institute, Austin, TX, United States, Final Rep. no. 372, 2021.

[68] O. E. Mansour and O. O. Elrawy, « The impact of enhanced commissioning process on AEC professionals – A case study of LEED new construction in Egypt, » Energy Environ. Res., vol. 9, no. 2, p. 36, Aug. 2019, DOI : 10.5539/eer.v9n2p36.

[69] A. B. Saka and D. W. M. Chan, « BIM divide: An international comparative analysis of perceived barriers to implementation of BIM in the construction industry, » J. Eng. Des. Technol., 2021, DOI : 10.1108/JEDT-07-2021-0348.

[70] S. Siebelink, H. Voordijk, M. Endedijk, and A. Adriaanse, « Understanding barriers to BIM implementation: Their impact across organizational levels in relation to BIM maturity, » Front. Eng. Manag., vol. 8, no. 2, pp. 236–257, Jun. 2021, DOI : 10.1007/s42524-019-0088-2.

[71] Z. Sriyolja, N. Harwin, and K. Yahya, « Barriers to implement building information modeling (BIM) in construction industry: A critical review, » IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci., vol. 738, no. 1, Art. no. 012021, Apr. 2021, DOI : 10.1088/1755-1315/738/1/012021.

[72] M. F. Dulaimi, F. Y. Y. Ling, G. Ofori, and N. De Silva, « Enhancing integration and innovation in construction, » Build. Res. Inf., vol. 30, no. 4, pp. 237–247, 2002, DOI : 10.1080/09613210110115207.

[73] G. Aouad, B. Ozorhon, and C. Abbott, « Facilitating innovation in construction: Directions and implications for research and policy, » Constr. Innov., vol. 10, no. 4, pp. 374–394, 2010, DOI : 10.1108/14714171011083551.

[74] J. A. Gambatese and M. Hallowell, « Enabling and measuring innovation in the construction industry, » Constr. Manag. Econ., vol. 29, no. 6, pp. 553–567, 2011, DOI : 10.1080/01446193.2011.570357.

[75] W. Wu, G. Mayo, T. L. McCuen, R. R. A. Issa, and D. K. Smith, « Building information modeling body of knowledge. I : Background, framework, and initial development, » J. Constr. Eng. Manag., vol. 144, no. 8, Art. no. 04018065, Aug. 2018, DOI : 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001518.

[76] W. Wu, G. Mayo, T. L. McCuen, R. R. A. Issa, and D. K. Smith, « Building information modeling body of knowledge. II: Consensus building and use cases, » J. Constr. Eng. Manag., vol. 144, no. 8, Art. no. 04018066, Aug. 2018, DOI : 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001536.

[77] B. Abbasnejad, M. P. Nepal, A. Ahankoob, A. Nasirian, and R. Drogemuller, « Building information modelling (BIM) adoption and implementation enablers in AEC firms: A systematic literature review, » Archit. Eng. Des. Manag., vol. 17, no. 5–6, pp. 411–433, Nov. 2021, DOI : 10.1080/17452007.2020.1793721.

[78] A. L. Ahmed and M. Kassem, « A unified BIM adoption taxonomy: Conceptual development, empirical validation and application, » Autom. Constr., vol. 96, pp. 103–127, Dec. 2018, DOI : 10.1016/j.autcon.2018.08.017.

[79] E. Poirier, S. Staub-French, and D. Forgues, « Embedded contexts of innovation: BIM adoption and implementation for a specialty contracting SME, » J. Constr. Innov., vol. 15, no. 1, pp. 42–65, 2015, DOI : 10.1108/CI-01-2014-0013.

[80] A. C. B. Garcia, J. Kunz, M. Ekstrom, and A. Kiviniemi, « Building a project ontology with extreme collaboration and virtual design and construction, » Adv. Eng. Inform., vol. 18, no. 2, pp. 71–83, 2004, DOI : 10.1016/j.aei.2004.09.001.

[81] E. A. Poirier, D. Forgues, and S. Staub-French, « Dimensions of interoperability in the AEC industry, » in Construction Research Congress 2014, 2014, pp. 1987–1996. DOI : 10.1061/9780784413517,203.

[82] S. Staub-French et al., « BIM best practices project report, » aceBIM, Productivity Alberta, Western Economic Development Func, 2011. Consulté : 19 fév. 2022. [En ligne]. Disponible : https://bim-civil.sites.olt.ubc.ca/files/2014/06/BIMBestPractices2011.pdf

[83] S. Staub-French and A. Khanzode, « 3D and 4D modeling for design and construction coordination: issues and lessons learned, » Electron. J. Inf. Technol. Constr., vol. 12, pp. 381–407, 2007. [En ligne]. Disponible : https://www.itcon.org/2007/26

[84] B. Succar, « Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders, » Autom. Constr., vol. 18, no. 3, pp. 357–375, 2009, DOI : 10.1016/j.autcon.2008.10.003.

[85] B. O. Uwakweh, « A framework for managing strategic change in the construction industry, » in Organization and Management of Construction: Shaping Theory and Practice; Volume One, D. A. Langford and A Retik, Eds., E & FN Spon, London, United Kingdom, pp. 4–12, 1996.

[86] H. Lindblad and J. R. Guerrero, « Client's role in promoting BIM implementation and innovation in construction, » Constr. Manag. Econ., vol. 38, no. 5, pp. 468–482, 2020, DOI : 10.1080/01446193.2020.1716989.

[87] U. Gurevich and R. Sacks, « Longitudinal study of BIM adoption by public construction clients, » J. Manag. Eng., vol. 36, no. 4, Art. no. 05020008, Jul. 2020, DOI : 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000797.

[88] S. Rowlinson, « Building information modelling, integrated project delivery and all that, » Constr. Innov., vol. 17, no. 1, pp. 45–49, Jan. 2017, DOI : 10.1108/CI-05-2016-0025.

[89] Municipal Finance Officers' Association of Ontario (MFOA), « Asset management framework: A guide to asset management for municipalities in Ontario, » MFOA, ON, Canada, 2018. Consulté : 28 fév. 2022. [En ligne]. Disponible : https://mfoa-amp.ca/AMF/AMF_01C.pdf

[90] Conseil national de recherches Canada, codes Canada, 4 mars 2019. https://nrc.canada.ca/frcertifications-evaluations-standards/codes-canada (consulté le 13 juin 2022).

[91] Conseil national de recherches Canada, Devis directeur national de la construction au Canada, 2 avril 2019. https://nrc.canada.ca/index.php/fr/certifications-evaluations-normes/devis-directeur-national-construction-au-canada (consulté le 22 février 2022).

[92] A. Kemp, « The UK BIM journey to date, » UKBIMAlliance.com, Aug. 17, 2020. https://www.ukbimalliance.org/the-uk-bim-journey-to-date/ (consulté le 26 fév. 2022).

[93] T. Zomer, « Institutional pressures and decoupling in projects: The case of BIM level 2 and coercive isomorphism in the UK's construction sector, » Thesis, University of Cambridge, United Kingdom, 2021. DOI : 10.17863/CAM.77142.

[94] Office of Projects Victoria, « Victorian digital asset strategy, » Victoria State Government, Australia. http://www.opv.vic.gov.au/Victorian-Chief-Engineer/Victorian-Digital-Asset-Strategy (consulté le 31 mars 2020).

[95] Office of Projects Victoria, « Victorian digital asset policy, » Victoria State Government, Australia, 2021. [En ligne]. Disponible : http://www.opv.vic.gov.au/Digital-Build/Digital-Asset-Policy

[96] NATSPEC, « About Us, » 2022. https://www.natspec.com.au/ (consulté le 28 février 2022).

[97] Open BIM Object standard, NATSPEC, Australia, 2018. Consulté : 9 nov. 2021. [En ligne]. Disponible : http://www.iibh.org/pdf/icis/OBOS(The%20Open%20BIM%20Object%20standard)_V1.0_2018.pdf

[98] NATSPEC, « Properties Generator v1.1. » 2022. https://www.propgen.bim.natspec.com.au/ (consulté le 13 juin 2022).

[99] NATSPEC, « National BIM Guide, » NATSPEC, Australia, 2016. Consulté : 2 sept. 2021. [En ligne]. Disponible : https://bim.natspec.org/documents/natspec-national-bim-guide

[100] Gouvernement du Québec, « Feuille de route gouvernementale pour la modélisation des données du bâtiment (2021–2026), » QC, Canada, 2021. Consulté : 28 fév. 2022. [En ligne]. Disponible : https://www.tresor.gouv.qc.ca/fileadmin/PDF/infrastructures_publiques/Feuille_route_gouvernementale_BIM.pdf

[101] National BIM Standard–United States, NBIMS-US V3, National Institute of Building Sciences, Washington, 2015. [En ligne]. Disponible : https://www.nationalbimstandard.org/

[102] C. Harty, « Implementing innovation in construction: contexts, relative boundedness and actor-network theory, » Constr. Manag. Econ., vol. 26, no. 10, pp. 1029–1041, Oct. 2008, DOI : 10.1080/01446190802298413.

[103] E. A. Poirier, D. Forgues, and S. Staub-French, « Understanding the impact of BIM on collaboration: a Canadian case study, » Build. Res. Inf., vol. 45, no. 6, pp. 681–695, Aug. 2017, DOI : 10.1080/09613218.2017.1324724.

[104] Alberta Infrastructure, « Digital Project Delivery Building Information Modelling Consultant Requirements, » Alberta Infrastructure, Canada, Mandate-Requirement, Rule or Policy, 2018. [En ligne]. Disponible : https://www.alberta.ca/assets/documents/tr/tr-dpdbimreqconsultant.pdf

[105] CanBIM, « AEC (CAN) BIM protocol: Implementing Canadian BIM standards for the architectural, engineering and construction industry based on international collaboration, » Canada, Sep. 2014.

[106] buildingSMART Canada, « Benefits of BIM for owners, » Institute for BIM in Canada, 2013. Consulté : 23 août 2021. [En ligne]. Disponible : https://buildingsmart.gilmoreglobal.com/en/product/df13f7e4-983b-4ddf-bdac-478a0c2a0e29

[107] buildingSMART Canada, « BIM PxP toolkits - Complete guide, » Institute for BIM in Canada, 2014. Consulté : 31 août 2021. [En ligne]. Disponible : https://buildingsmart.gilmoreglobal.com/en/product/cbe0d48c-e476-4e77-a7a4-75d0b82cd435

[108] buildingSMART Canada, « IBC BIM contract appendix, » Institute for BIM in Canada, 2014. Consulté : 31 août 2021. [En ligne]. Disponible : https://buildingsmart.gilmoreglobal.com/en/product/2422758f-c8a5-442d-a218-b512e2987515

[109] buildingSMART International. « buildingSMART data dictionary. » buildingSMART.org. https://www.buildingsmart.org/users/services/buildingsmart-data-dictionary/ (consulté le 23 mars 2022).

[110] Province of Ontario, « Ontario-Municipal Summit Seeks Solutions to Build More Homes, » news.ontario.ca, 2022. https://news.ontario.ca/en/release/1001442/ontario-municipal-summit-seeks-solutions-to-build-more-homes (consulté le 13 juin 2022).

[111] B. Succar, W. Sher, and A. Williams, « An integrated approach to BIM competency assessment, acquisition and application, » Autom. Constr., vol. 35, pp. 174–189, Nov. 2013, DOI : 10.1016/j.autcon.2013.05.016.

[112] M. Hooper, « BIM anatomy II: Standardisation needs & support systems, » Lund University (Media-Tryck), Lund, Sweden, 2015. [En ligne]. Disponible : https://lucris.lub.lu.se/ws/portalfiles/portal/3414188/5322624.pdf

[113] PlanBIM 2022, « Les normes BIM – Génèse, » Ministère chargé du logement, France, 2021. [En ligne]. Disponible : https://plan-bim-2022.fr/wp-content/uploads/2021/10/Brochure-normes-vdef.pdf

[114] M. Hooper, « BIM standardisation efforts - the case of Sweden, » J. Inf. Technol. Constr. ITcon, vol. 20, pp. 322–346, 2015. [En ligne]. Disponible : https://www.itcon.org/paper/2015/21

[115] B. Manzoor, I. Othman, S. S. S. Gardezi, H. Altan, and S. B. Abdalla, « BIM-based research framework for sustainable building projects: A strategy for mitigating BIM implementation barriers, » Appl. Sci., vol. 11, no. 12, Art. no. 5397, Jan. 2021, DOI : 10.3390/app11125397.

[116] buildingSMART Canada, « Canadian practice manual for BIM – Volume 1, » buildingSMART Canada, 2016. Consulté : 31 août 2021. [En ligne]. Disponible : https://buildingsmart.gilmoreglobal.com/en/product/76642296-6922-4047-be5f-c1a910b3a90d

[117] J. Ford and G. Try, « Information management according to BS EN ISO 19650: Guidance part F: About information delivery planning, » UK BIM Framework, 1st Ed., Sep. 2020. [En ligne]. Disponible : https://ukbimframework.org/wp-content/uploads/2020/09/Guidance-Part-F_About-information-delivery-planning_Edition-1.pdf

[118] Wikipedia. « Information architecture. » Wikipedia.org. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Information_architecture&oldid=1069276175 (consulté : 23 février 2022).

[119] CIC BIM Standards – General, Construction Industry Council, Kwun Tong, HK, 2020.

[120] CIC BIM Standard - Architecture and Structural Engineering, Construction Industry Council, Kwun Tong, HK, 2020. [En ligne]. Disponible : https://www.bim.cic.hk/Upload/publication/86/download_1/e93b4bc19e41444ca993ccc4b52daf7b.pdf

[121] Construction Industry Council, « CIC BIM EIR Template. » 2020.

[122] Construction Industry Council, « CIC BIM Dictionary. » 2020.

[123] Building Information Modelling and Other Digital Processes Used in Construction — Methodology to Describe, Author and Maintain Properties in Interconnected Data Dictionaries, ISO 23386:2020, ISO, Geneva, Switzerland, 2020. Consulté : 27 fév. 2022. [En ligne]. Disponible : https://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/data/standard/07/54/75401.html

[124] Building Information Modelling (BIM) — Data Templates for Construction Objects Used in the Life Cycle of Built Assets — Concepts and Principles, ISO 23387:2020, ISO, Geneva, Switzerland, 2020. Consulté : 27 fév. 2022. [En ligne]. Disponible : https://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/data/standard/07/54/75403.html

[125] Organization and Digitization of Information About Buildings and Civil Engineering Works, Including Building Information Modelling (BIM) — Information Management Using Building Information Modelling — Part 1: Concepts and Principles, ISO 19650-1:2018, ISO, Geneva, Switzerland, 2018. [En ligne]. Disponible : https://www.iso.org/standard/68078.html

[126] Organization of information about construction works - Information management using building information modelling - Part 2: Delivery phase of the assets, « ISO 19650-2:2018, ISO, Geneva, Switzerland, 2018. [En ligne]. Disponible : https://www.iso.org/standard/68080.html

[127] Organization of information about construction works - Information management using building information modelling - Part 3: Operational phase of the assets, ISO 19650-3:2020, ISO, Geneva, Switzerland, 2020. [En ligne]. Disponible : https://www.iso.org/standard/75109.html

[128] Organization of information about construction works - Information management using building information modelling - Part 5: Security-minded approach to information management, ISO 19650-5:2020, ISO, Geneva, Switzerland, 2020 [Online]. Disponible : https://www.iso.org/standard/74206.html

[129] E. A. Poirier, « ISO 19650 A gateway to standardized digital practices to design, deliver and maintain Canada's built environment, » CanBIM Innovation Spotlight Publication 2020, 2020. Consulté : 21 avr. 2022. [En ligne]. Disponible : https://www.canbim.com/articles/iso-19650

[130] E. Pollock. « A tale of two countries: Why the US won't follow the UK's lead on BIM. » 17 mai 2018. Engineering.com. https://www.engineering.com/story/a-tale-of-two-countries-why-the-us-wont-follow-the-uks-lead-on-bim (consulté le 20 février 2022).

[131] NIBS, « Building Information Management (BIM) Council | National Institute of Building Sciences, » 2022. https://www.nibs.org/bimc (consulté le 26 février 2022).

[132] BIM Forum, « Level of Development Specification, » 2022. https://bimforum.org/lod/ (consulté le 8 juin 2022).

[133] J. Messner et al., « BIM project execution planning guide – Version 2.2, » Computer Integrated Construction, Pennsylvania State University, University Park, PA, United States, 2019.

[134] National BIM Standard–United States, NBIMS-US V1, National Institute of Building Sciences, Washington, 2007.

[135] National BIM Standard–United States, NBIMS-US V2, National Institute of Building Sciences, Washington, 2012.

[136] Alberta Infrastructure, « Bid Document/Drawing Review Checklist, » Alberta Infrastructure, Canada, Protocol-Procedure or workflow, 2017. Consulté : 21 oct. 2021. [En ligne]. Disponible : https://www.alberta.ca/assets/documents/tr/tr-biddocumentchecklist.pdf

[137] Alberta Infrastructure, « Digital Project Delivery Asset Information Management Consultant Requirements, » Alberta Infrastructure, Canada, Mandate-Requirement, Rule or Policy, 2018. Consulté : 21 oct. 2021. [En ligne]. Disponible : https://www.alberta.ca/assets/documents/tr/tr-dpdaimreqconsultant.pdf

[138] Alberta Infrastructure, « Digital Project Delivery Asset Information Management Contractor Requirements, » Alberta Infrastructure, Canada, Mandate-Requirement, Rule or Policy, 2018. Consulté : 21 oct. 2021. [En ligne]. Disponible : https://www.alberta.ca/assets/documents/tr/tr-dpdaimreqcontractor.pdf

[139] Alberta Infrastructure, « Digital Project Delivery Building Information Modelling Design-Builder Requirements, » Alberta Infrastructure, Canada, Mandate-Requirement, Rule or Policy, 2018. [En ligne]. Disponible : https://www.alberta.ca/assets/documents/tr/tr-dpdbimreqdb.pdf

[140] Alberta Infrastructure, « Digital Project Delivery Asset Information Management Execution Plan Template, » Alberta Infrastructure, Canada, Protocol-Protocol or Convention, 2018. [En ligne]. Disponible : https://www.alberta.ca/assets/documents/tr/tr-dpdaimeptemplate.docx

[141] Alberta Infrastructure, « Digital Project Delivery COBie Requirements, » Alberta Infrastructure, Canada, Mandate-Requirement, Rule or Policy, 2018. [En ligne]. Disponible : https://www.alberta.ca/assets/documents/tr/tr-dpdcobiereq.pdf

[142] Alberta Infrastructure, « Digital Project Delivery Building Information Modelling Execution Plan Template, » Alberta Infrastructure, Canada, Protocol-Protocol or Convention, 2018. [En ligne]. Disponible : https://www.alberta.ca/assets/documents/tr/tr-dpdbimeptemplate.docx

[143] Alberta Infrastructure, « Standards for Consultant Deliverables, » Alberta Infrastructure, Canada, Protocol-Standard or Code, 2021. [En ligne]. Disponible : https://www.alberta.ca/assets/documents/tr/tr-consultant-deliverables.pdf

[144] Alberta Infrastructure, « Project Manual (Specifications) Preparation Instructions for Alberta Infrastructure Projects, » Alberta Infrastructure, Canada, Protocol-Specification or Prescription, 2020. [En ligne]. Disponible : https://www.alberta.ca/assets/documents/tr/tr-specprep.pdf

[145] Wikipedia. « Body of knowledge. » Wikipedia.org. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Body_of_knowledge&oldid=1087242907 (consulté : 12 mai 2022).

[146] A. Kaklauskas and R. Gudauskas, « Intelligent decision-support systems and the internet of things for the smart built environment, » in Start-Up Creation: The Smart Eco-Efficient Built Environment, F. Pacheco-Torgal, E. Rasmussen, C.-G. Granqvist, V. Ivanov, A. Kaklauskas, and S. Makonin, Eds. Woodhead Publishing, 2016, pp. 413–449. DOI : 10.1016/B978-0-08-100546-0.00017-0.

[147] P. Barrios, B. Eynard, and C. Danjou, « Towards a digital thread between industrial internet of things and product lifecycle management: Experimental work for prototype implementation, » in Product Lifecycle Management in the Digital Twin Era, C. Fortin, L. Rivest, A. Bernard, and A. Bouras, Eds., Springer, Cham, 2019, pp. 273–282. DOI : 10.1007/978-3-030-42250-9_26.

[148] Digital Twin Consortium. « Definition of a digital twin. » digitaltwinconsortium.org. https://www.digitaltwinconsortium.org/initiatives/the-definition-of-a-digital-twin.htm (consulté : 12 mai 2022).

[149] Building Information Models — Information Delivery Manual — Part 1: Methodology and Format, ISO 29481-1:2016, ISO, Geneva, Switzerland, 2016. [En ligne]. Disponible : https://www.iso.org/standard/60553.html

[150] buildingSMART International. « Information delivery specification (IDS). » technical.buildingSMART.org. https://technical.buildingsmart.org/projects/information-delivery-specification-ids/ (constulée : 12 mai 2022).

[151] BIM Dictionary, « Information use. » BIMdictionary.com. https://bimdictionary.com/en/information-use/1 (consulté : 12 mai 2022).

[152] M. Bolpagni, « The many faces of 'LOD.' » BIMThinkSpace.com. https://www.bimthinkspace.com/2016/07/the-many-faces-of-lod.html (consulté le 12 mai 2022).

[153] Designing Buildings. « Product data template. » designingbuildings.co.uk. https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Product_Data_Template (consulté le 12 mai 2022).

[154] BIMe Initiative. « BIMe Initiative projects. » bimexcellence.org. https://bimexcellence.org/projects/ (consulté le 27 février 2022).

[155] CEN. « CEN/TC 442 – Building information modelling (BIM). » standards.cencenelec.eu. https://standards.cencenelec.eu/dyn/www/f?p=205:22:0::::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:1991542,25&cs=1DD92A6840A447FA80073ACA098B2A205 (consulté le 27 février 2022).

[156] ISO. « Standards under development by ISO/TC 59/SC 13 — Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM). » iso.org. https://www.iso.org/committee/49180/x/catalogue/p/0/u/1/w/0/d/0 (consulté le 27 février 2022).

[157] buildingSMART International. « Projects. » technical.buildingSMART.org. https://technical.buildingsmart.org/projects/ (consulté le 27 février 2022).

[158] Statistique Canada. Tableau 33-10-0304-01 nombre d'entreprises canadiennes, avec employés, décembre 2020. https://doi.org/10.25318/3310030401-fra

Annexe A – Glossaire des termes

A.1 Terminologie générale

Tableau A.1 Glossaire des termes

Terme	Définition	Source
Plan d'exécution BIM	Un plan qui explique comment les aspects de la gestion de l'information de la nomination seront réalisés par l'équipe de prestation.	[125]
Mandat pour le BIM	Une exigence (ou une série d'exigences) pour exécuter des projets et gérer des actifs bâtis (ou un portefeuille de biens) conformément aux normes reconnues pour échanger et fournir des données de manière structurée et cohérente, soutenue par des processus et des technologies de BIM afin d'atteindre un ensemble d'objectifs spécifiques.	
Ensemble de connaissances	Un ensemble de connaissances est l'ensemble complet de concepts, de termes et d'activités qui constituent un domaine professionnel, tel que défini par la société savante ou l'association professionnelle pertinente.	[145]
Gestion immobilière	Le processus de collecte, de stockage, de gestion et de maintien de l'information sous toutes ses formes.	[38]
Modèle de données du bâtiment	Une représentation numérique interopérable des caractéristiques physiques et fonctionnelles d'une installation. Il sert de ressource de connaissances partagées pour l'information sur une installation, formant une base fiable pour les décisions au cours de son cycle de vie, défini comme existant de la conception la plus ancienne à la démolition.	adapté de [36]
Modélisation des données du bâtiment	Un processus axé sur l'élaboration, l'utilisation et le transfert de modèles d'information numérique d'un projet de construction visant à améliorer la conception, la construction et l'exploitation d'un projet ou d'un portefeuille d'installations.	adapté de [37]
Industrie des actifs bâtis	L'industrie qui planifie, fournit et entretient l'environnement bâti.	
Cycle de vie des actifs bâtis	Les phases de la planification, de la conception, de la livraison, de l'utilisation, de la remise à neuf ou de la démolition d'un actif bâti.	
Environnement bâti	Les environnements créés par l'homme qui fournissent le cadre de l'activité humaine, allant de l'échelle des bâtiments et des parcs ou de l'espace vert aux quartiers et villes, qui peuvent inclure leurs infrastructures de soutien, comme l'approvisionnement en eau ou les réseaux d'énergie. L'environnement bâti est un produit matériel, spatial et culturel du travail humain qui combine les éléments physiques et l'énergie sous forme de vie, de travail et de jeu.	[146]
Fil numérique	Le fil numérique est la capacité à éliminer l'information produite depuis et vers n'importe quelle phase du cycle de vie du produit, évitant ainsi la perte ou la corruption de données (c'est-à-dire, de la copie humaine) et permettant le développement de fonctionnalités étendues.	[147, p. 274]
Transformation numérique	Processus de restructuration des économies, des institutions et de la société au niveau des systèmes.	[1, p. 1144]

Terme	Définition	Source
Jumeau numérique	Représentation virtuelle d'entités et de processus réels, synchronisée à une fréquence et une fidélité spécifiée. ▪ Les systèmes de jumeaux numériques transforment l'entreprise en accélérant la compréhension globale, la prise de décision optimale et l'action efficace. ▪ Les jumeaux numériques utilisent des données historiques et en temps réel pour représenter le passé et le présent et simuler l'avenir. ▪ Les jumeaux numériques sont motivés par les résultats, adaptés aux cas d'utilisation, alimentés par l'intégration, fondés sur les données, guidés par les connaissances du domaine et mis en œuvre dans les systèmes de technologie de l'information et de technologie opérationnelle.	[148]
Numérisation	The passage from analog to digital data sets, serves as the framework for digitalization.	[147, p. 274]
Accessibilité de l'information	Les considérations et les écosystèmes qui appuient l'accès à l'information tout au long du cycle de vie d'un bien. Selon Wikipedia, « l'accès à l'information est la liberté ou la capacité de déterminer, d'obtenir et d'utiliser efficacement des bases de données ou des informations. [...] L'accès à l'information englobe de nombreuses questions, dont le droit d'auteur, les sources ouvertes, la protection de la vie privée et la sécurité. » [traduction]	[85]
Architecture de l'information	« L'architecture de l'information (IA) est la conception structurelle d'environnements d'information partagés; l'art et la science de l'organisation et de l'étiquetage de sites Web, intranets, de communautés en ligne et de logiciels pour soutenir la convivialité et la facilité d'utilisation; [...] En général, il s'agit d'un modèle ou d'un concept d'information qui est utilisé et appliqué à des activités qui exigent des détails explicites sur des systèmes d'information complexes. Ces activités comprennent les systèmes de bibliothèque et le développement de bases de données. » [traduction] Dans ce contexte, l'architecture de l'information comprend des concepts relatifs aux schémas de données (c.-à-d., BIM ouvert) et aux classifications.	[84]
Diffusion de l'information	Les processus, les outils et les pratiques permettant la diffusion de l'information selon un plan spécifique afin de satisfaire aux exigences en matière d'information des parties prenantes d'un projet et de soutenir l'utilisation de l'information à l'appui de la prise de décision tout au long du cycle de vie d'un actif bâti.	
Manuel de livraison de l'information	Documentation qui capture le processus commercial et fournit des spécifications détaillées de l'information qu'un utilisateur remplissant un rôle particulier doit fournir à un point particulier d'un projet.	[149]
Planification de la livraison de l'information	« La planification de la diffusion de l'information est l'un des concepts fondamentaux de la série ISO 19650. Il y a trois façons différentes de planifier la diffusion de l'information en quantités successives de détails : ▪ La stratégie de fédération et la structure de ventilation des conteneurs d'information ▪ Les matrices de responsabilité ▪ Les plans de diffusion de l'information par tâche et principaux. » [traduction]	[83, p. 9]
Spécification de livraison de l'information	Document interprétable par ordinateur qui définit les exigences d'échange d'un échange fondé sur un modèle. Il définit comment les objets, les classifications, les propriétés et même les valeurs et les unités doivent être livrés et échangés.	[150]

Terme	Définition	Source
Exigences relatives aux informations	Une « spécification établissant l'information à produire, l'instant où elle doit l'être, sa méthode de production et son destinataire » (ISO 19650-1, article 3.3.2), qui est générée principalement par la partie investie du pouvoir de nomination, puis étendue par la partie nommée. Il existe des types complémentaires d'exigences en matière d'information, notamment : les exigences relatives à l'information organisationnelle (EIO), les exigences relatives à l'information sur les biens (EIB), les exigences relatives à l'information sur les projets (EIP), les exigences relatives à l'échange d'information (EEI) et les exigences relatives à l'information sur la sécurité (EIS) (ISO 19650-5) (bimdictionary.com).	[125]
Usage d'information	Définit l'information nécessaire pour fournir un résultat de projet spécifique. Les utilisations de l'information incluent les utilisations de documents, de modèles et de données. L'utilisation de l'information décrit l'objectif pour lequel l'information doit être fournie.	[151]
Niveau de besoin de l'information	Cadre qui définit l'étendue et la granularité de l'information.	[125]
Niveau de X (LoX)	L'émergence du concept de niveau de X (NdX) démontre la pluralité du concept associé au contenu du modèle BIM. Parmi les différents concepts de NdX, il y a : ▪ NdP : Niveau de précision ▪ NdD : Niveau de détail ▪ NdE : Niveau d'exhaustivité ▪ NdR : Niveau de réalisation ▪ NdC : Niveau de coordination ▪ NdI : Niveau d'information	[152]
Modélisation nD	Un modèle nD est une extension d'un modèle d'information sur le bâtiment intégrant toutes les informations de conception requises à chaque étape du cycle de vie d'une installation de bâtiment.	[57, p. 33]
Modèle de données de produit	Un modèle de données de produit est une structure de données commune qui définit les propriétés (caractéristiques essentielles et non essentielles du produit, telles que l'indice d'incendie et la couleur) qui décrivent tout type de produit d'une manière qui peut être retracée à une source crédible.	[153]

A.2 Publications notables sur le BIM

Définition :

« Les publications notables sur le BIM (PNB) sont des documents accessibles au public élaborés par diverses entités industrielles et universitaires, destinés à un large public et à promouvoir la compréhension du BIM, à réglementer la mise en œuvre du BIM ou à imposer des exigences de BIM. »[3] [traduction]

Tableau A.2, Types de publications notables sur le BIM

Groupe	Type	Description
Guides	Meilleures pratiques	Méthodes opérationnelles découlant de l'expérience; présentées comme avantageuses; reproductibles par d'autres personnes, organisations et équipes.
	Étude de cas	Résumé et analyse (descriptive ou explicative) des projets et des efforts organisationnels.
	Cadre ou modèle	Structures théoriques expliquant ou simplifiant des aspects complexes d'un domaine en indiquant des concepts significatifs et leurs relations.
	Lignes directrices	Compilation de plusieurs types de contenu sur le BIM qui fournissent des conseils aux personnes, aux équipes ou aux organisations.
	Module ou document d'apprentissage	Tous les types de supports analogiques et numériques (p. ex. manuels imprimés ou vidéos en ligne) qui fournissent des informations conceptuels ou pratiques pour l'éducation, la formation ou le perfectionnement professionnel dans l'industrie ou le milieu universitaire.
	Rapport	Compilation ou résumé des résultats d'une évaluation, d'un calcul ou d'un processus d'examen (p. ex., rapport de capacité de gestion intégrée des stocks ou déclaration de rentabilité).
	Stratégie ou vision	Articulation de la vision, de la mission et des objectifs à long terme.
	Taxonomie ou classification	Classification couvrant les rôles, les types, les niveaux, les éléments et d'autres concepts structurés.
Protocoles	Mesure ou référence	Outils et critères adaptés à l'établissement des niveaux de rendement des systèmes, projets, personnes , équipes, organisations et autres unités organisationnelles [1].
	Manuel	Document structuré qui clarifie les étapes nécessaires à l'exécution d'une activité mesurable ou à l'obtention d'un résultat mesurable (p. ex., Manuel de formation sur le BIM). Les manuels sont généralement axés sur des sujets qui nécessitent beaucoup de compétences, tandis que les guides (une étiquette complémentaire) se concentrent généralement sur des sujets qui nécessitent beaucoup de techniques.
	Plan	Document décrivant les activités à effectuer, les ressources à utiliser et les jalons à atteindre dans un délai défini.
	Procédure ou flux de travail	Information structurée couvrant les étapes successives pour répondre à une exigence opérationnelle plutôt que stratégique. Une procédure documentée comprend les petites étapes nécessaires pour fournir, si elle est exécutée par une personne compétente, un résultat prédéfini et souhaité. Un flux de travail indique les principales étapes à effectuer et les jalons de décision à franchir pour atteindre un jalon de livraison ou atteindre un objectif de projet ou organisationnel.
	Protocole ou convention	Méthode convenue ou habituelle de développement ou de livraison de produits et services qui ne sont pas eux-mêmes contractuels (par exemple, tenir les procès-verbaux des réunions, comment nommer les fichiers et la fréquence des échanges de modèles)
	Spécification ou prescription	Ensemble de critères utilisés pour définir ou juger la qualité des produits (p. ex., dimensions des objets ou richesse des données) et des services (p. ex., rapidité). Les spécifications peuvent être ou non une norme (une étiquette distincte).
	Norme ou code	Ensemble détaillé de descriptions de produits ou services (normatives ou fondées sur le rendement) servant de référence qui permet la prise de mesures.
Mandats	Contrat ou accord	Document juridiquement contraignant et ses sous-parties, y compris les ajouts contractuels, les modifications et les avis de non-responsabilité.
	Programme ou calendrier	Document associant une ou plusieurs classifications à l'heure et/ou à l'emplacement.
	Exigence, règle ou politique	Attente ou qualification exigée par les clients, les autorités réglementaires ou des parties similaires.

3 https://www.bimframework.info/2014/07/noteworthy-bim-publications.html consulté le 15 novembre 2021

Annexe B — Initiatives internationales actuelles de normalisation et d'orientation du BIM (mars 2022)

Les initiatives d'excellence en matière de BIM [154] comprennent :

- Dictionnaire du BIM
- Analyse comparative des compétences
- Projet d'information intégré
- Adoption macro
- Gabarits d'utilisation des modèles

Les initiatives du Comité européen de normalisation [155] comprennent ce qui suit :

- Building Information Modelling – Level of information need – Part 3: Data Schema
- BIM in Infrastructure – Standardization needs and recommendations
- Building Information Modelling – Information structure based on EN ISO 16739 1 to exchange data templates and data sheets for construction objects – Part 1: Data templates and configured construction objects
- Building Information Modelling – Information structure based on EN ISO 16739 1 to exchange data templates and data sheets for construction objects – Part 2: Configurable construction objects and requirements
- Building Information Modelling – Level of information need – Part 2: Guidance for application
- Building Information Modelling (BIM) – Data templates for construction objects used in the life cycle of built assets – Data templates based on European standards and technical specifications
- Building Information Modelling (BIM) – Semantic Modelling and Linking (SML)
- Common Data Environments (CDE) for BIM projects – Open data exchange between platforms of different vendors via an open CDE API
- Framework and Implementation of Common Data Environment Solutions, in accordance with EN ISO 19650
- Guidance on how to implement EN ISO 19650 Parts 1, 2, 3 and 5 in Europe
- Professions and competence related to the Building Information Management

Les initiatives de l'Organisation internationale de normalisation [156] comprennent ce qui suit :

- Construction immobilière — Organisation de l'information des travaux de construction — Partie 3 Schéma pour l'information basée sur l'objet (ISO/DIS 12006-3:2021)
- Modélisation des informations de la construction (BIM) — Niveau du besoin d'information — Concepts et principes(ISO/ DIS 7817)
- Modèles des informations de la construction — Protocole d'échange d'informations — Partie 3: Schéma de données (ISO/DIS 29481-3:2021)
- Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Framework for specification of building information modelling (BIM) implementation (ISO 12911:2012)

Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris la modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction – Partie 4 : Échange d'information

Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris la modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction – Partie 6 : Santé et sécurité

Les initiatives de normalisation en cours à buildingSMART International [157] comprennent ce qui suit :

Airport entities

BCF workflows

Building energy model IDM

Content and quality management

Documents API

Fire safety

FM handover equipment

FM openBIM

Foundations API

IFC 4.3, *Infra and rail extension deployment production*

IFC land and site development

IFC precast

IFC rail

IFC rebar

IFC tunnel

ifcJSON

Information delivery specification

Occupant movement analysis

openCDE

Modèles de données de produit

Properties API

Regulatory info requirements

Spatial zones

Steel construction

Structural requirements

Notes : FCB : Format de collaboration BIM ; IDM : manuel de diffusion d'informations; API : interface de programmation d'applications; FM : gestion des installations; IFC : classes de fondation de l'industrie; JSON : JavaScript Object Notation; CDE : environnement de données commun.

Annexe C — Liste non exhaustive des PNB canadiens

Guide

Meilleures pratiques

Building Information Modeling (BIM) 'Best Practices' Project Report

Lignes directrices

Guide de Coordination 3D basé sur des maquettes BIM

Introduction à la gestion des actifs facilitée par la modélisation des données du bâtiment (BIM)

Module ou document d'apprentissage

BIM PxP Toolkit – Construction Phase – Volume 2

BIM PxP Toolkit – Design Development Phase – Volume 1

BIM PxP Toolkit – Handover and Maintenance Phase – Volume 3

BIM PxP Toolkits – Complete Guide

Manuel

Manuel de pratique canadien pour la MDB– Volume 1

Manuel de pratique canadien pour la MDB– Volume 3

Rapport

1st Annual BIM Report – 2018

2nd Annual BIM Report – 2019

3rd Annual BIM Report – 2020

Adoption de la modélisation des données du bâtiment (Building Information Modelling – BIM) à l'échelle macro au Québec

Benefits of BIM for Owners

BIM Explained

Le BIM au Canada

Principes du déploiement de la modélisation des données du bâtiment (Building Information Modelling – BIM)

Rapport d'analyse des résultats des phases I et II des diagnostics numériques

Revue des outils d'évaluation de déploiement de la modélisation des données du bâtiment (Building Information Modelling – BIM) existants

Mandat

Contrat ou accord

IBC 100-2014 : BIM Contract Appendix
IBC 201-2014 : LOD, Authorized Uses and Model Element Table

Programme ou calendrier

Government roadmap for modelling of building data.pdf
Roadmap to Lifecycle Building Information Modeling in the Canadian AECOO Community

Exigence, règle ou politique

Digital Project Delivery Asset Information Management Consultant Requirements
Digital Project Delivery Asset Information Management Contractor Requirements
Digital Project Delivery Asset Information Management Design-Builder Requirements
Digital Project Delivery Building Information Modelling Consultant Requirements
Digital Project Delivery Building Information Modelling Design-Builder Requirements
Digital Project Delivery COBie Requirements

Protocole

Manuel

Manuel canadien de pratique de l'architecture, 3e édition, chapitre 5.6
Manuel de pratique canadien pour la MDB– Volume 2

Plan

Digital Project Delivery Asset Information Management Execution Plan Template
Digital Project Delivery Building Information Modelling Execution Plan Template
wBIMc BIM Execution Plan TEMPLATE

Procédure ou flux de travail

Bid Document/Drawing Review Checklist

Protocole ou convention

AEC (CAN) BIM Protocol – V.1

Spécification ou prescription

BIM Requirements Specification
Guide d'Application du BIM a la Societe Quebecoise des Infrastruture
Project Manual (Specifications) Preparation Instructions for Alberta Infrastructure Projects

Norme ou code

CADD/BIM Standards Manual
PSPC National CADD Standard
Standards for Consultant Deliverables

Annexe D — Liste non exhaustive des initiatives fédérales, provinciales et municipales visant les principaux facteurs de changement dans l'industrie canadienne des actifs bâtis

Tableau D.1. Exemple de liste des initiatives fédérales, provinciales et municipales qui sont à l'origine du changement dans l'industrie canadienne des actifs bâtis

Facteur	Combattre la crise climatique	Assurer la reprise économique	Régler la crise du logement	Renouveler l'infrastructure vieillissante	Combler le fossé de la main-d'œuvre
FÉDÉRAL					
	Stratégie pour un gouvernement vert	Plan Investir dans le Canada – Bâtir un Canada meilleur	Stratégie nationale sur le logement	Examen horizontal des immobilisations	Pénurie de main-d'œuvre et de compétences au Canada : Solutions aux défis actuels et futurs Compétences futures
PROVINCIAL					
Colombie-Britannique	Climate Targets + Accountability Report		Homes for BC - A 30-Point Plan for Housing Affordability in British Columbia		British Columbia Labour Market Outlook: 2019 Edition
Alberta		Selling Alberta to the World: An Investment and Growth Strategy	Alberta's Action Plan for the National Housing Strategy 2019-2022		Alberta 2030: Building Skills for Jobs
Saskatchewan	A Made-in-Saskatchewan Climate Change Strategy	Saskatchewan's Growth Plan - The Next Decade of Growth | 2020 - 2030	The Saskatchewan Housing Action Plan 2019-2022		
Manitoba	Made-in-Manitoba Climate and Green Plan	Protecting Manitobans, Advancing Manitoba	Manitoba Housing and Renewal Corporation Three-Year Action Plan		Manitoba's Strategy for Sustainable Employment and a Stronger Labour Market
Ontario	Plan environnemental conçu en 'Ontario	Soutenir la relance et la compétitivité de l'Ontario	Plus d'habitations, plus de choix : Plan d'action pour l'offre de logements de l'Ontario	Reconstruire l'Ontario : un plan d'infrastructure pour la population	L'avenir du travail en Ontario
Québec	Plan pour une économie verte	Plan d'action pour le secteur de la construction		Plan Québécois des Infrastructures	National Workforce Strategy 2018-2023
Nouveau-Brunswick	Plan d'action sur les changements climatiques du Nouveau-Brunswick	Plan de relance et de croissance économiques	Stratégie de logement du Nouveau-Brunswick 2019-2029		Stratégie de perfectionnement des compétences de la main-d'œuvre du Nouveau-Brunswick 2013-2016
Île-du-Prince-Édouard	PEI Climate Change Action Plan	The Premier's Council for Recover and Growth - Summary Report and Guiding Directions to move Prince Edward Island Forward	Housing Action Plan for Prince Edward Island		
Nouvelle-Écosse			Housing Nova Scotia 2019 - 2022 Action Plan		
Terre-Neuve-et-Labrador	NL Carbon Plan	The Big Reset - The Report of the Premier's Economic Recovery Team	3 Year Provincial Housing and Homelessness Action Plan	A Multi-Year Plan for Infrastructure Investments	Live Here, Work Here, Belong Here - A Workforce Development Action Plan for Newfoundland and Labrador, 2015 - 2020
Yukon	Our Clean Future: A Yukon strategy for climate change, energy, and a green economy		Plan Québécois des Infrastructures		

Facteur	Combattre la crise climatique	Assurer la reprise économique	Régler la crise du logement	Renouveler l'infrastructure vieillissante	Combler le fossé de la main-d'œuvre
PROVINCIAL					
Territoires du Nord-Ouest	2030 NWT Climate Change Strategic Framework - 2019-2023 Action Plan		NWT Housing Action Plan 2019-2022		
Nunavut	Climate Change Adaptation Planning: A Nunavut Toolkit				
MUNICIPAL					
Victoria	City of Victoria Climate Leadership Plan		The Victoria Housing Strategy 2016 - 2025		
Vancouver	Climate Emergency Action Plan		Housing Vancouver Strategy		
Calgary	City of Calgary - Climate Resilience Strategy Action Plans		Foundations for Home - the Corporate Affordable Housing Strategy		
Edmonton	Climate Resilient Edmonton: Adaption Strategy and Action Plan		Affordable Housing Strategy		
Regina	Renewable Regina		Housing Comprehensive Strategy		
Saskatoon	Climate Action Plan		Housing Business Plan 2013 - 2022		
Winnipeg	Winnipeg's Climate Action Plan		Housing Policy and Implementation Plan		
Ottawa	Plan directeur sur les changements climatiques		Plan décennal de logement et de lutte contre l'itinérance 2020-2030		
Toronto	TransformTO Net Zero Strategy		Housing TO 2020 - 2030 Action Plan		
Hamilton	Taking Action on Climate Change in Hamilton – A Community Plan		Hamilton's Housing & Homelessness Action Plan		
London	Climate Emergency Action Plan		Housing Stability for All - The Housing Stability Action Plan for the City of London 2019-2024		
Montreal	Climate Plan 2020-2030				
Ville de Québec					
Halifax	HaliFACT - Action on Climate Together		Affordable Housing Work Plan		
St. John's			Affordable Housing Strategy 2019-2028		

Recherche du Groupe CSA

Dans le but de favoriser l'adoption de solutions normatives fondées sur le consensus afin d'accroître la sécurité et de favoriser l'innovation, le Groupe CSA soutient et effectue des recherches dans des domaines qui visent les industries nouvelles ou émergentes ainsi que sur des sujets et des questions qui touchent une vaste gamme de parties prenantes actuelles et potentielles. Les résultats de nos programmes de recherche étaieront l'élaboration de solutions normatives futures, ils offriront aux industries des directives provisoires sur la conception et l'adoption de nouvelles technologies et ils contribueront à démontrer notre engagement continu envers l'édification d'un monde meilleur, plus sécuritaire et plus durable.

GROUPE CSA™

© 2022 Association canadienne de normalisation. Tous droits réservés.