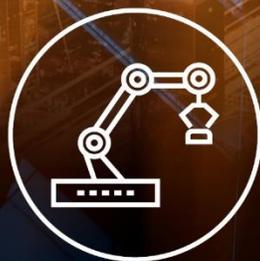


SOMMAIRE EXÉCUTIF

Impact de l'innovation technologique
et des technologies dans l'industrie
québécoise de la construction

14 avril 2021



Équipe de recherche :

Erik A. Poirier, PhD, Professeur

Ivanka Iordanova, PhD, Professeure

Daniel Forgues, PhD, Professeur

Claire Delarue, M. Ing.

Marouen Mejri, M. Ing.

Ahmed Boudaoura, M. Ing.

Isabelle Jutras

Emmanuelle Nonirit, M.Ing.

Sommaire exécutif

L'importance de l'industrie de la construction aux niveaux économique, environnemental et social est indéniable. Or, tant au Québec qu'à l'international, les constats fusent quant au besoin d'améliorer la performance et d'accroître la productivité de celle-ci (Groupe BIM Québec, 2018). Le virage numérique et la construction hors site sont vus par plusieurs comme étant les avenues les plus prometteuses pour améliorer de façon tangible la productivité et la création de valeurs pour ce secteur névralgique de l'économie québécoise. Par exemple, Koeleman et al. (2019) indiquent que le virage numérique en construction permettrait d'augmenter la productivité de l'industrie de 14 à 15 % et diminuerait les coûts de projets de 4 à 6 %. Lorsque jumelé à la construction hors site, le virage numérique permettrait de doubler la productivité sur le chantier (Poirier et al. 2015). De façon globale, une entreprise qui mise sur l'innovation a deux fois plus de chances d'accroître sa productivité de façon significative (Loosemore et Richard, 2015).

Malgré les avantages et retombées potentielles de saisir ces opportunités, l'industrie de la construction accuse toujours un retard en matière d'innovation technologique. En effet, l'industrie a entrepris son virage numérique beaucoup plus lentement et plus tard que les autres industries. Par exemple, seulement 25 % des entreprises en immobilier ou en construction se sont dotées d'une stratégie numérique, et seules 9 % déclarent être prêtes pour la numérisation de leurs pratiques selon une enquête menée auprès d'entreprises européennes, nord-américaines et asiatiques (EY, 2018). Le retard dans la modernisation et la mise en œuvre de technologies au sein de l'industrie affecte grandement sa productivité globale : en fait, celle-ci a stagné au cours des dernières décennies. Plusieurs raisons expliquent ce retard, notamment le manque de bénéfices clairs (Ozorhon et al., 2016) et l'incompréhension des implications du virage numérique sur les entreprises (Barbosa et al., 2017). De plus, des problèmes de flux de trésorerie et de faibles marges de profits engendrées par les pratiques d'approvisionnement basées sur le plus bas soumissionnaire et le transfert de risques, mènent à un sous-investissement chronique en innovation technologique, ce qui freine à son tour le virage numérique. En ce sens, les dépenses en informatique ne dépassent pas 1 % des revenus des entreprises en construction (Agarwal, Chandrasekaran et Sridhar, 2016).

Cela étant dit, plusieurs initiatives voient le jour à travers le monde et au Québec afin d'encourager et de supporter le virage numérique. Certains pays misent sur des mandats clairs rendant obligatoire l'utilisation du numérique lors de la construction, comme au Royaume-Uni, d'autres misent sur une approche plus démocratique, comme le Plan BIM 2022 en France. Au Québec, il n'existe pas de cadre formel pour la transformation numérique de l'industrie de la construction. La faiblesse de la demande et de cadre combinée aux barrières organisationnelles et financières mentionnées plus haut ont assurément un impact sur l'innovation technologique dans ce secteur avec comme conséquences une perte de valeur économique qui affecte la création de richesse pour l'ensemble de la collectivité. Autrement dit, il y a un

Les **innovations technologiques** sont l'ensemble des produits, services ou processus nouveaux (récents) ou largement améliorés par rapport à la technologie existante et qui engendre des opportunités d'amélioration de facteurs tels que la production, la rapidité d'exécution, le respect de l'environnement, la sécurité, etc. sur les chantiers de construction. L'innovation peut être présente sur le chantier, à distance dans les installations de votre entreprise ou ailleurs.

besoin criant de stimuler la réflexion pour trouver une nouvelle approche qui pourrait changer la façon de se former, de travailler et, ultimement, de bâtir.

Ainsi, une réflexion s'impose quant à la promotion et la mise en œuvre de l'innovation technologique dans l'industrie québécoise de la construction. En ce sens, une question se doit d'être étudiée en priorité : *Quel est l'impact de la technologie sur la productivité dans l'industrie québécoise de la construction ?* Pour y répondre, l'Association des constructeurs de routes et grands travaux du Québec (ACRGQTQ) et l'Association de la construction du Québec (ACQ), en collaboration avec le ministère de l'Économie et de l'Innovation (MEI), ont mandaté les chercheurs du Groupe de recherche en intégration et développement durable en environnement bâti (GRIDD) et de la Chaire de recherche industrielle sur l'intégration des technologies numériques en construction de l'École de technologie supérieure pour mener une étude portant sur l'usage de la technologie dans une optique d'accroissement de la productivité et d'encouragement de l'innovation au sein de l'industrie de la construction.

Le but de l'étude est de fournir un regard objectif sur des innovations technologiques qui sont soit déjà appliquées ou en cours de développement, mais également de brosser un portrait des conditions et des fins dans lesquelles elles doivent être déployées et leur impact (ou leur potentiel) sur la productivité dans le contexte québécois de la construction.

Les objectifs secondaires sont de :

- 1 Développer une classification ainsi qu'une caractérisation des différentes technologies en construction;
- 2 Comprendre les taux et les enjeux d'adoption des technologies en construction au Québec;
- 3 Quantifier l'impact potentiel de la technologie sur la productivité en chantier.

L'étude a été réalisée en trois temps : (1) une revue de littérature, (2) un sondage à grande échelle et (3) des études de cas.

En premier lieu, la revue de l'état de l'art en matière d'utilisation de la technologie en construction et son impact a permis de développer une classification de la technologie afin d'offrir un cadre de référence facilitant son analyse. Ainsi, une classification à cinq facettes est proposée, ce qui permet de catégoriser l'innovation technologique de la façon suivante :

- Selon l'étape du **cycle de vie de l'actif** dans laquelle l'innovation est mise en œuvre;
- Selon la **discipline** à laquelle l'innovation s'applique;
- Selon la **forme de l'innovation**, soit la dimension physique ou symbolique, que prend l'innovation;
- Selon la **fonction d'affaires** qui est supportée ou améliorée par l'innovation;
- Selon la **localisation** de l'innovation, c'est-à-dire où l'innovation sera mise en œuvre (chantier, bureau, etc.).

Par la suite, une évaluation des innovations récentes, incluant la construction hors site (CHS) et une revue de l'impact de celles-ci sur la productivité en chantier a permis d'identifier les éléments moteurs, les facilitateurs, les avantages et les obstacles à leur déploiement. Par exemple, il n'existe pas de consensus sur les acteurs de la chaîne d'approvisionnement qui influencent le plus la mise en œuvre de l'innovation dans le cadre d'un projet. En revanche, tous identifient le client comme moteur important de l'innovation. En matière de facilitateurs, l'implication des acteurs clés en amont dans le cadre d'un projet permet de

développer et d'introduire des innovations plus aisément. Finalement, le manque de temps ou de ressources financières, entre autres, est vu comme un obstacle à l'innovation en construction. Cela étant dit, plusieurs recherches démontrent l'impact positif de l'innovation technologique sur différents indicateurs en construction, notamment en termes de réduction des coûts, de réduction de l'échéancier et de l'accroissement de la productivité. De son côté, la CHS permet également l'accélération de la réalisation des projets de construction et de la réduction de l'échéancier. Toutefois, les impacts de la CHS se font sentir davantage au niveau de la productivité et de la qualité de l'ouvrage.

Un sondage panquébécois portant sur l'adoption et la mise en œuvre des innovations technologiques et de la CHS par les entreprises québécoises en construction a été réalisé de septembre 2020 à février 2021 à travers les réseaux de l'ACQ et de l'ACRGTO. Plus de 270 réponses ont été enregistrées sur la plateforme de sondage en ligne, dont 161 réponses identifiées comme étant valides. Le sondage a permis de comprendre les taux d'adoption, les barrières, les défis, les différentes approches et l'impact de la mise en œuvre de l'innovation technologique et de la construction hors site dans l'industrie québécoise de la construction. À cet effet, il est intéressant de noter que :

- Une très grande majorité des répondants (77 %) ont indiqué avoir un intérêt fort ou très fort pour l'innovation et l'utilisation des nouvelles technologies dans leurs projets.
- Une majorité de répondants (68 %) a déclaré avoir implanté et/ou utilisé une ou plusieurs innovations dans ses projets. Parmi les entreprises ayant indiqué avoir mis en œuvre une ou plusieurs innovations technologiques, 55 % d'entre elles ont indiqué avoir au moins une personne responsable de l'innovation ou de sa mise en œuvre.
- Plus de 50 % des répondants ont indiqué que les aides externes (subventions) et gouvernementales n'étaient pas suffisantes pour permettre aux entreprises de construction d'innover et de mettre en œuvre des technologies dans leurs projets.
- En contrepartie, 56 % des répondants ont indiqué avoir de la difficulté, du moins en partie, à trouver de l'accompagnement pour la mise en œuvre des innovations technologiques.
- Pour les répondants dont les entreprises **n'ont pas** mis en œuvre une innovation technologique, les principales raisons de cette absence étaient le manque d'expérience en la matière (16 %), les contraintes de temps (14 %), l'absence de bénéfices clairs (12 %) et un contexte contractuel défavorable à la mise en œuvre des innovations (11 %). Fait intéressant, le manque de ressources financières et le contexte réglementaire ne sont pas des facteurs déterminants, même s'ils sont à considérer dans le processus d'innovation.
- Parmi les répondants dont les entreprises ont mis en œuvre une innovation technologique, les principaux éléments moteurs sont l'initiative de la direction (23 %), la volonté d'amélioration de la performance sur les projets (19 %) et le désir d'accroître la compétitivité de l'entreprise sur le marché (16 %).
- La mise en œuvre d'innovations technologiques à la demande des clients ne constitue pas une source de motivation élevée, alors que la revue de littérature leur accorde une certaine importance en tant que moteur de l'innovation.
- Les répondants dont les entreprises ont mis en œuvre une innovation technologique ont indiqué avoir des attentes en matière de gains au niveau du temps (13 %), de la productivité (12 %), des coûts (11 %) et de la qualité (10 %) liés à la mise en œuvre de celle-ci. Une forte majorité des

répondants a indiqué un haut taux de satisfaction à l'égard de la rencontre de ces attentes (71 % de notes 4 ou 5). Il est donc possible de conclure que les résultats attendus liés à l'implantation des innovations ont bel et bien été livrés et que les entreprises répondantes en sont satisfaites.

- La majorité des technologies identifiées par les répondants (57 %) est perçue comme ayant un impact important ou majeur (4 ou 5) sur la productivité.
- En parallèle, une majorité de répondants (58 %) ont indiqué être satisfaits quant au retour sur investissement (ROI) de la mise en œuvre de la technologie qu'ils ont identifiée.

Le sondage a permis d'identifier plus de 100 technologies et innovations précises et leurs impacts. Ces technologies ont été catégorisées selon les facettes dérivées du recensement des écrits, soit les facettes liées à la **forme** de l'innovation technologique, sa **localisation**, la **fonction d'affaires** qu'elle supporte et la **discipline** à laquelle elle s'applique. Une des facettes identifiées dans la revue, la facette de **cycle de vie** du projet et/ou de l'actif, a été mise de côté puisque le sondage ciblait la construction spécifiquement. Les éléments moteurs, les bénéfices obtenus et l'impact des technologies sur la productivité ont été identifiés et mesurés.

Le sondage portait également sur l'utilisation de la construction hors site (CHS) dans l'industrie québécoise de la construction. Parmi les 161 réponses complètes obtenues dans le cadre du sondage, 93 répondants (58 %) ont complété la section portant sur la CHS. De ces 93 répondants, 38 % ont indiqué avoir déjà pris part à des projets utilisant la CHS. Ainsi, pour le volet CHS, il est intéressant de noter que :

- La majorité des éléments préfabriqués appartiennent à la catégorie des éléments linéaires (41 %), soit des poutres, des tabliers de pont, des systèmes de charpente ou des ponceaux, par exemple.
- Les composantes ou sous-systèmes, les panneaux ouverts ou fermés sont mis en œuvre en proportions relativement égales par les répondants ayant adopté la CHS.
- Respectivement 7 % et 2 % des répondants ont indiqué que leurs entreprises utilisent la CHS pour la préfabrication de noyaux de services (« pods ») ou de modules complets et fermés (volumétriques).
- Les répondants ont recours à la CHS surtout pour les systèmes structuraux (52 %) et les principaux matériaux utilisés sont l'acier (42 %) et le béton (31 %).
- La CHS est utilisée sur moins de 25 % des projets pour au moins 50 % des répondants œuvrant dans les secteurs du génie civil et de la voirie et dans les secteurs institutionnels, commercial et industriel.
- Les taux de mise en œuvre de la CHS dans le secteur résidentiel demeurent relativement bas (+/-30 % des répondants indiquent utiliser la CHS). Ceci est quelque peu surprenant considérant que certains éléments structuraux, notamment les fermes de toit, sont presque exclusivement préfabriqués.
- Le domaine du génie civil et de la voirie possède le plus haut taux global de mise en œuvre de la CHS, avec 75 % des répondants indiquant une mise en œuvre de celle-ci.
- En termes d'impacts, les répondants indiquent que la CHS a le plus grand potentiel d'impact sur l'échéancier de projet (66 % avec un fort potentiel d'impact), suivi par la productivité de la main-d'œuvre (58 % avec un fort potentiel d'impact) et les coûts de projets (56 % avec un fort potentiel d'impact).
- Globalement, les répondants s'entendent pour dire que la CHS a un impact soit positif ou très positif sur le coût total de la construction (ce qui inclut le coût des travaux de construction et des frais associés à la construction), de même que sur les coûts de contingences.

- D'un autre côté, les répondants sont plus mitigés au niveau de l'impact de la CHS sur les coûts de conception et de modification à la conception. Ceci est en lien avec le processus de conception qui demande l'apport de plusieurs parties prenantes, notamment le fabricant/manufacturier ainsi que le temps requis pour développer un concept qui répond tant aux contraintes d'un projet comme tel, qu'aux contraintes liées à la fabrication et à l'assemblage sur le site.
- Finalement, les répondants s'entendent pour dire que la CHS a un impact soit positif ou très positif sur l'échéancier lors de la phase de réalisation, de même que sur l'échéancier global du projet.
- D'un autre côté, les répondants sont plus mitigés au niveau de l'impact de la CHS sur l'échéancier du projet en phase de conception. Évidemment, ceci est en lien avec la question précédente et le fait que le processus de conception dans le contexte de la CHS demande plus de temps en amont afin de développer un concept fonctionnel.

Finalement, afin d'approfondir certains des éléments identifiés dans la littérature et le sondage, quatre (4) études de cas portant sur des innovations technologiques porteuses et sur leur utilisation au Québec ont été réalisées. Les éléments moteurs, les avantages et les défis de mise en œuvre sont discutés pour les études de cas suivantes :

- Étude de cas 01 : Construction modulaire hors site pour le projet d'agrandissement de l'Hôpital Maisonneuve-Rosemont
- Étude de cas 02 : Système de construction abritée en hauteur sans grue sur un projet de résidence étudiante
- Étude de cas 03 : Compaction intelligente pour les projets routiers
- Étude de cas 04 : Inspection des ouvrages d'art par drone

Ce qui ressort de l'analyse des études de cas est l'importance du client comme élément moteur ou comme facilitateur de la mise en œuvre de l'innovation technologique. Dans les études de cas 01 et 02, l'impulsion pour l'innovation provenait du client tandis que dans les études de cas 03 et 04, la pertinence et le retour sur investissement étaient liés à la volonté du client. De plus, chacune des études de cas discutées démontre un impact positif, tangible, sur la productivité, en offrant un environnement de travail plus sécuritaire et propice aux ouvriers ou en permettant une planification et un suivi plus serré des travaux.

Ce rapport sur l'innovation technologique et de son impact sur l'industrie québécoise de la construction, notamment au niveau de la productivité, a permis de mieux comprendre les dynamiques derrière le processus d'innovation et de sa mise en œuvre. Longtemps vu comme étant un aspect crucial dans l'accroissement de la performance d'un des secteurs en importance pour l'économie québécoise, l'innovation en construction et la mise en œuvre des technologies semblent vouloir s'accélérer. Cela étant dit, il reste passablement beaucoup de travail à faire afin d'accompagner les entreprises œuvrant dans ce domaine. Selon les recherches effectuées dans le cadre de ce rapport, voici quelques pistes de réflexion pour améliorer l'implantation d'innovations et de technologies au sein de l'industrie québécoise de la construction :

- Centraliser la veille technologique afin de mettre en commun les ressources nécessaires pour identifier et suivre l'évolution des innovations et des technologies. Ceci est déjà en cours au sein des associations chapeautant l'étude.
- Offrir de l'accompagnement ciblé pour la mise en œuvre et amortir les coûts de l'innovation à plusieurs entreprises.
- Mettre en place des incitatifs à l'innovation dans le cadre de projets publics.
- Favoriser les modes d'approvisionnement dits intégrés qui favorisent l'apport des entrepreneurs généraux et spécialisés en amont du projet.

