

EXPLORATION D'OPTIONS DE CONCEPTION THÉORIQUE POUR UNE RÉDUCTION DE 50 % DES ÉMISSIONS DE CARBONE INTRINSÈQUE

Étude de cas du projet d'agrandissement de la Sauder School of Business de l'Université de la Colombie-Britannique



THE UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA
Sustainability Hub

Juin 2025

AUTEUR DE L'ÉTUDE

Cette étude de cas décrit une évaluation théorique de la réduction de 50 % des émissions de carbone intrinsèque, commandée par le service Planification du campus et de la communauté (C+CP) de l'Université de la Colombie-Britannique (UBC) dans le cadre du projet d'agrandissement « Powerhouse » de l'école de commerce de UBC, la Sauder School of Business. L'évaluation de la réduction des émissions décrite ici a été réalisée par l'équipe du projet d'agrandissement :

- reLoad Sustainable Design
- Patkau Architects
- Acton Ostry Architects
- RJC Engineering
- Heatherbrae Builders

Cette étude de cas a été élaborée par le UBC Sustainability Hub, sur la base du rapport UBC Sauder School of Business Expansion Embodied Carbon Case Study (rapport d'étude de cas sur le carbone intrinsèque de l'expansion de la UBC Sauder School of Business) et du rapport d'ACV du bâtiment de l'expansion de la Sauder School of Business de l'UBC préparé par reLoad Sustainable Design Inc., ainsi que de la documentation relative au projet et des consultations avec l'équipe du projet. Les contributeurs du Sustainability Hub de l'UBC sont les suivants :

- Megan Badri, Gestionnaire de recherche
- Kah Mun Wan, spécialiste de programme
- Angelique Pilon, directrice principale par intérim/directrice de la recherche en innovation urbaine

Assistants de recherche étudiants de l'UBC :

- Shiyao Zhu, Faculté de foresterie
- Viola Zhao, École d'architecture et d'architecture paysagère
- Rojini Kathiravel, Département des sciences du bois

L'autorisation de produire cette étude de cas et l'accès à l'information ont été fournis par UBC Campus + Community Planning et UBC Properties Trust.

RECONNAISSANCE DU FINANCEMENT

Cette étude de cas a été créée dans le cadre du projet « Les voies vers un carbone intrinsèque net zéro dans les bâtiments » (version française de Pathways to Net-Zero Embodied Carbon in Buildings) du Sustainability Hub, qui cherche à établir des collaborations et des partenariats locaux et régionaux afin d'identifier les obstacles et les défis immédiats à la mise en œuvre de politiques et d'actions en matière de carbone intrinsèque.

Pour soutenir le mandat de recherche du Groupe consultatif sur la carboneutralité, ce projet a été réalisé avec le soutien financier du gouvernement du Canada. Le financement a été réalisé par le Fonds d'action et de sensibilisation pour le climat du Fonds pour dommages à l'environnement, administré par Environnement et Changement climatique Canada.

Ce projet a été réalisé avec l'appui financier
du gouvernement du Canada.
This project was undertaken with the financial support
of the Government of Canada.



Image de couverture : Visualisation 3D du projet d'expansion de la UBC Sauder School of Business, avec l'aimable autorisation d'ACTON OSTRY + Patkau Architects, rendu par Mute Images.



Figure 1 : Visualisation du projet d'agrandissement de Sauder, atrium du niveau 1 (Source : Conception par ACTON OSTRY + Patkau Architects, rendus par Mute Images).

TABLE DES MATIÈRES

AUTEUR DE L'ARTICLE	2
RECONNAISSANCE DU FINANCEMENT	2
1. INTRODUCTION	4
2. OBJECTIFS DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE GES DE L'UBC	5
3. PROJET D'EXPANSION DE LA CENTRALE ÉLECTRIQUE DE L'UBC SAUDER SCHOOL OF BUSINESS	8
3.1 Aperçu du projet	10
3.2 Forme et site	11
3.3 Structure et enveloppe	12
4. ÉVALUATION DE LA RÉDUCTION THÉORIQUE DE 50 % DES ÉMISSIONS DE CARBONE INTRINSÈQUE	14
4.1 Processus de sélection des options de conception	14
4.2 Développement d'alternatives de conception structurelle	15
4.3 Alternatives de conception structurelle et sources de données sur les émissions	17
4.4 Génération de la liste des matériaux	18
4.5 Modélisations et hypothèses de l'ACVV du bâtiment	18
4.6 Estimations des émissions de carbone intrinsèque	19
4.7 Estimation des coûts de construction et du calendrier	23
4.8 Résumé de l'étude	25
5. RÉFÉRENCES	26

1 INTRODUCTION

Le carbone intrinsèque lié aux bâtiments désigne la quantité totale de gaz à effet de serre (GES) émis tout au long du cycle de vie des matériaux qui entrent dans la construction d'un bâtiment, y compris l'extraction des ressources, la production, la construction, l'utilisation et l'élimination. Le carbone intrinsèque représente une grande partie de l'empreinte carbone globale d'un bâtiment, et il est important de le réduire pour diminuer les émissions de carbone et lutter contre les changements climatiques. À mesure que les émissions opérationnelles d'un bâtiment diminuent grâce à des mesures d'efficacité énergétique et à l'utilisation d'énergies renouvelables, la part de carbone intrinsèque dans l'empreinte carbone totale d'un bâtiment devient plus importante.

L'Université de la Colombie-Britannique (UBC) s'est engagée à réduire les émissions de GES sur ses campus. Le [Plan d'action climatique 2030](#) (CAP 2030) fixe comme objectif pour 2030 de réduire les émissions de carbone intrinsèque dans la conception des nouveaux bâtiments et les rénovations majeures de 50 % par rapport à la base de références de l'UBC de 2010. Le [plan d'action pour les bâtiments verts \(Green Building Action Plan\)](#) de 2018 décrit les mesures à prendre pour atteindre cet objectif. Parmi ces mesures, on retrouve l'utilisation de l'analyse du cycle de vie de l'ensemble du bâtiment (ACV du bâtiment).

Cette méthode permet de mesurer et de réduire les émissions de carbone intrinsèque des nouveaux bâtiments. Le plan prévoit également la normalisation des rapports sur les émissions de carbone intrinsèque.

Pour soutenir cet effort, les [Lignes directrices sur l'analyse du cycle de vie de l'ensemble du bâtiment](#) ont été publiées en 2023 par Campus + Community Planning (Vancouver) et UBC Campus Planning (Okanagan) afin de fournir des conseils aux équipes de projet qui réalisent des ACV du bâtiment pour les projets de construction sur les deux campus.

Pour tester la faisabilité d'une réduction de 50 % des émissions de carbone intrinsèque par rapport à un bâtiment universitaire type, le service de planification du campus et de la communauté de l'UBC a réalisé une ACV théorique du bâtiment sur un projet de développement en cours, entrepris par l'UBC Sauder School of Business. Le projet d'expansion de l'école Sauder est un nouveau bâtiment universitaire de 11 étages au centre du campus de Vancouver.

Pour réaliser l'ACV du bâtiment, l'équipe de projet a utilisé un processus de conception itératif et collaboratif qui consistait à réfléchir et à raffiner une courte liste de conceptions de bâtiments alternatives et à les évaluer sur la base de leurs émissions de carbone intrinsèque, de leurs coûts et d'autres considérations relatives à la construction.

L'équipe de projet a basé son travail sur les documents de développement de la conception à 50 % de l'agrandissement Powerhouse de la Sauder School of Business de l'UBC, en se concentrant sur les systèmes structuraux et les matériaux du bâtiment, identifiés comme la principale source des émissions de carbone intrinsèque totales. Le consultant en ACV a évalué à la fois des matériaux et produits à faible teneur en carbone ainsi que des options basées sur les moyennes de l'industrie pour l'ensemble des scénarios de conception alternatifs. Le gestionnaire de construction a fourni une estimation préliminaire des coûts de main-d'œuvre, des coûts des matériaux et des échéanciers de construction.

Analyse du cycle de vie (ACV) : Méthode permettant de suivre et d'analyser les impacts environnementaux d'un produit ou d'un processus à chaque étape de sa vie, de l'extraction des matières premières à l'élimination ou au recyclage, en passant par la fabrication et l'utilisation.

Analyse du cycle de vie du bâtiment (ACV du bâtiment) : Analyse du cycle de vie appliquée à un bâtiment entier ou à une partie importante d'un bâtiment, et utilisée pour éclairer les décisions de conception ou pour rendre compte des impacts environnementaux conformément aux réglementations en matière de construction.

Émissions de carbone opérationnelles : Émissions de GES libérées par l'exploitation des bâtiments, principalement en raison de l'énergie utilisée pour le chauffage et la climatisation des locaux, l'éclairage, le chauffage de l'eau et la ventilation. Mesurées en kilogrammes (kg) ou en tonnes métriques (t) d'équivalent CO₂(eq. CO₂) par an.

Émissions de carbone intrinsèque : Émissions de GES libérées par la production, le transport, la construction, l'entretien et l'élimination des matériaux et produits de construction. Mesurées en kilogrammes (kg) ou en tonnes métriques (t) d'équivalent CO₂(eq. CO₂) par mètre carré (m²) de surface de construction ou par unité de matériau.

Carboneutralité opérationnelle : état dans lequel les émissions de GES provenant de l'opération d'un bâtiment, combinées à l'élimination d'une quantité équivalente de GES de l'atmosphère, sont aussi proches que possible de zéro.

2 OBJECTIFS DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE GES DE L'UBC

L'UBC s'est fixé pour objectif d'atteindre des émissions opérationnelles de GES nettes pour les deux campus d'ici 2035. Le CAP2030 définit trois objectifs de réduction des émissions pour le campus de Vancouver de l'UBC :

1. Réduction collective de 45 % par rapport au niveau de référence de 2010 des émissions liées aux sources d'impact indirect, soit : les déplacements domicile-travail, les voyages d'affaires en avion, l'alimentation, les déchets et le carbone intrinsèque (d'ici 2030) ;
2. Réduction de 85 % des émissions de GES opérationnelles du campus par rapport à la base de références de 2007, et ce d'ici 2030, et
3. Réduction de 100 % des émissions de gaz à effet de serre opérationnelles d'ici 2035.

En plus de ces trois objectifs du CAP2030, l'UBC prévoit d'établir une base de références et d'aligner les nouveaux bâtiments et les rénovations majeures sur un objectif de réduction de 50 % des émissions de carbone intrinsèque. Les actions clés et les objectifs intermédiaires relatifs à cet objectif sont décrits dans divers plans et lignes directrices, comme le résume le tableau 1.

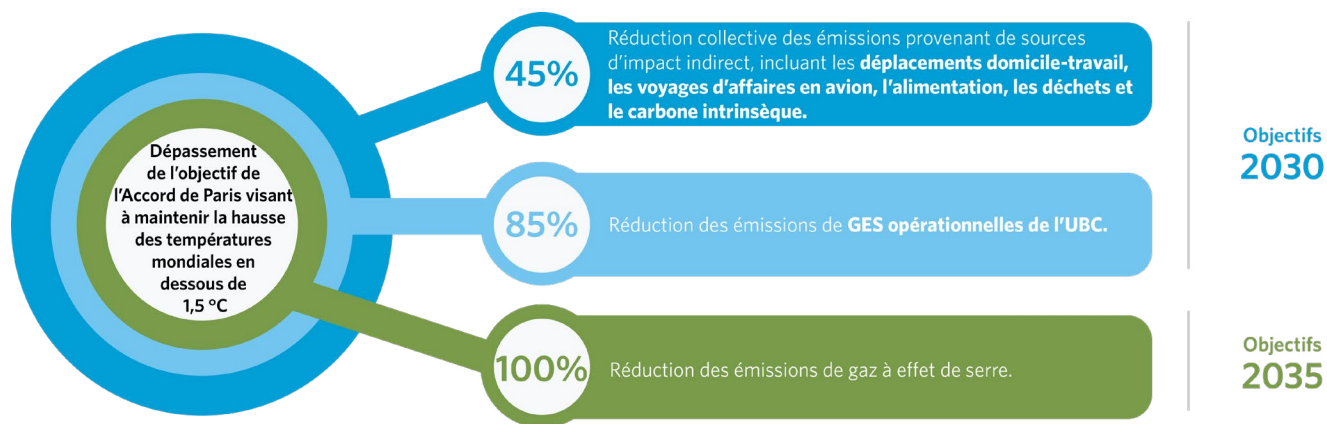


Figure 2 : Objectifs du CAP2030 de l'UBC (Source : UBC Vancouver Campus Climate Action Plan 2030).

Tableau 1 : Résumé des plans d'action et des lignes directrices de l'UBC pertinents pour la déclaration et la réduction des émissions de carbone intrinsèque dans les bâtiments (Source : informations fournies par le service Planification du campus et de la communauté de l'UBC).

Plan d'action/lignes directrices de l'UBC	Type de bâtiment		Points saillants
	Institutionnel	Résidentiel	
Plan d'action climatique du quartier de l'UBC (2024) (2024) (UBC Neighbourhood Climate Action Plan)		✓	Fixe des objectifs visant à réduire de 40 % les émissions de carbone intrinsèque des nouveaux bâtiments par rapport à la base de références d'ici 2030.
Lignes directrices sur l'ACV du bâtiment de l'UBC, version 1.1 (2023)	✓	✓	Fournis des directives sur la méthodologie à suivre pour réaliser une ACV du bâtiment pour les bâtiments UBC sur les campus de Vancouver et d'Okanagan.
Programme d'évaluation environnementale résidentielle (REAP) 3.3 (2023)		✓	Fixe un objectif de réduction de 10 % à 20 % des émissions de carbone intrinsèque pour les bâtiments résidentiels de quartier en rendant obligatoire l'ACVdB (analyse du cycle de vie du bâtiment). Encourage l'utilisation de matériaux structuraux à faible teneur en carbone (comme le bois massif) et d'autres produits de construction provenant de sources responsables. Recommande des stratégies visant à optimiser la conception pour améliorer l'efficacité des matériaux et l'adaptabilité.
Guide du processus intégré de durabilité de l'UBC (2022)	✓	✓	- Présente un cadre pour l'intégration des objectifs de durabilité dans les grands projets d'investissement de l'UBC, avec un guide détaillé pour l'élaboration d'un cahier des charges, et décrit les objectifs de durabilité possibles et les exigences en matière de rapports de performance. - Encourage les équipes de projet à intégrer les considérations relatives aux émissions de carbone intrinsèque dans les décisions de conception et à présenter les résultats dans le cadre d'ateliers sur la durabilité.
LEED v4.1 Guide de mise en œuvre (2022)	✓	✓	- Fournis des procédures, des exemples et des attentes aux équipes de projet pour obtenir la certification LEED BD+C v4.1 pour les bâtiments des campus de l'UBC, tout en s'alignant sur les politiques et les objectifs de l'UBC. - Rappelle que tous les grands projets d'investissement (> 5 millions de dollars et plus de 1000 m2) sur les campus de l'UBC doivent obtenir la certification LEED Or et, dans le cadre du thème « Matériaux et ressources » (MR) de la version 4.1 du LEED BD+C, obtenir au moins trois points dans la catégorie « Réduction de l'impact du cycle de vie des bâtiments » et au moins un point dans la catégorie « Déclarations environnementales de produits ».

Tableau 1 : Résumé des plans d'action et des lignes directrices de l'UBC pertinents pour la déclaration et la réduction des émissions de carbone intrinsèque dans les bâtiments (suite)
(Source : informations fournies par le service Planification du campus et de la communauté de l'UBC).

Plan d'action/lignes directrices de l'UBC	Type de bâtiment		Points saillants
	Institutionnel	Résidentiel	
Plan d'action climatique 2030 de l'UBC Vancouver (2021)	✓	✓	- Fixe des objectifs pour établir une base de références pour le carbone intrinsèque et garantir que les nouveaux bâtiments et les rénovations majeures atteignent un objectif de réduction de 50 % d'ici 2030. - Établis des objectifs de réduction de 45 % des émissions étendues (déplacements domicile-travail, alimentation, déplacements professionnels en avion, carbone intrinsèque, déchets et matériaux, et papier) à l'échelle du campus par rapport à la base de références de 2010. - S'engage à : - Élaborer des lignes directrices claires pour les études ACV sur le carbone intrinsèque des bâtiments neufs et rénovés, et introduire un objectif pilote de réduction de 20 % par rapport à un bâtiment de référence. - Élaborer des lignes directrices pour réduire les émissions de carbone intrinsèque dans les bâtiments afin de décourager, réduire ou éliminer les matériaux ayant les impacts les plus élevés en matière de carbone intrinsèque. - Mettre à jour la méthode de déclaration des émissions de carbone intrinsèque pour l'ensemble du campus dans l'inventaire des GES et le rapport sur le carbone de l'UBC. - Élaborer des objectifs de réduction des émissions de carbone intrinsèque pour les bâtiments de l'UBC par type et pour l'ensemble du campus, qui seront appliqués aux projets de 2025 à 2030. - Réaliser une étude pour modéliser les impacts sur les émissions de carbone intrinsèque de divers scénarios de logement sur le campus afin d'éclairer l'aménagement du territoire futur.
Plan d'action pour des bâtiments écologiques (2018)	✓		Fixe des objectifs pour la mise en œuvre de politiques visant à réduire les émissions de carbone intrinsèque dans les bâtiments institutionnels, en commençant par l'obligation de déclarer les émissions de carbone intrinsèque, puis en procédant à des réductions progressives.
		✓	- S'engage à exiger des réductions progressives de l'impact environnemental des matériaux de construction résidentiels. - Vise à créer une politique intégrée pour les matériaux de construction résidentiels qui tienne compte de l'analyse du cycle de vie.

3 PROJET D'AGRANDISSEMENT DE LA SAUDER SCHOOL OF BUSINESS DE L'UBC

La Sauder School of Business de l'Université de la Colombie-Britannique est une école de commerce de renommée mondiale située sur le campus de Vancouver. Elle combine un enseignement de calibre mondial, des activités de recherche et des liens avec l'industrie afin de former des leaders prêts pour l'avenir et de favoriser l'esprit d'entreprise.

Le projet d'agrandissement de la Sauder School of Business prévoit la construction d'un nouveau bâtiment qui permettra d'accueillir un nombre croissant d'étudiants.

Il offrira également des possibilités d'apprentissage plus spécialisées grâce à des installations de pointe conçues pour favoriser l'apprentissage novateur, collaboratif et pratique.

Les sections suivantes décrivent la conception du projet d'agrandissement de la Sauder au stade de conception préliminaire à 50 %, qui a été utilisée pour l'évaluation théorique de la réduction de 50 % du carbone intrinsèque. La conception réelle du bâtiment a depuis été révisée.

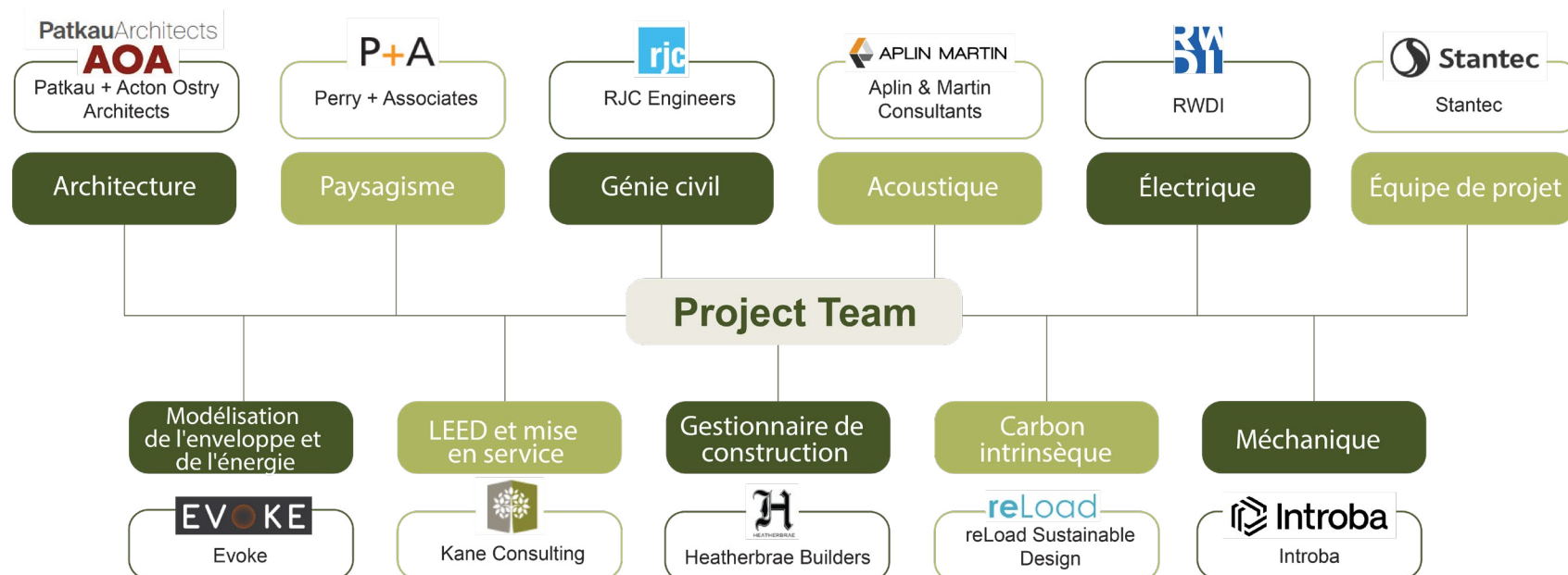


Figure 3 : Équipe du projet d'agrandissement Sauder, adapté du rapport Design Brief.



Figure 4 : Visualisations du projet d'agrandissement de Sauder (Source : Conception par ACTON OSTRY + Patkau Architects, rendus par Mute Images).

3.1 Présentation du projet

Le nouveau bâtiment universitaire de la Sauder School of Business de l’UBC servira de centre d’apprentissage collaboratif et favorisera l’engagement des étudiants.

La structure comprendra 11 étages, avec un podium de 3 étages et une tour de 8 étages (niveaux 4 à 11). Le rez-de-chaussée comprendra un hall spacieux, un amphithéâtre et un atrium pour les rassemblements et les événements communautaires. L’atrium s’étendra sur les niveaux 2 et 3, qui abriteront divers espaces multifonctionnels et des halls ouverts. Le niveau 4 est réservé aux bureaux administratifs, tandis que les niveaux 5 à 9 abritent des salles de classe, des laboratoires, des salles de réunion, des espaces d’apprentissage informels et des zones d’étude. Le niveau 10 comprend un espace événementiel modulable avec des terrasses extérieures et une cuisine de restauration. Les locaux techniques et électriques se trouvent au 11e étage. Il n’y a pas de sous-sol ni de stationnement souterrain.

Le projet d’agrandissement Sauder a débuté en 2022, avec la conception et l’obtention des permis en 2023. La construction a commencé au début du mois d’octobre 2024 et s’achèvera en 2027.

Informations sur le bâtiment

Superficie du site : 4,972 m² (53,519 pi²)

Surface brute :14,042 m² (151,147 pi²)

Emprise au sol :2,364 m² (25,456 pi²)

Hauteur du bâtiment :48.1 m (158 pi)

Budget d’investissement :147,191,000 \$(dollar canadien 2024)

Objectifs en matière d’énergie opérationnelle et d’émissions :

- Intensité énergétique (EUI) : maximum de 100kWh/m²/an
- Intensité de la demande en énergie thermique (TEDI) : maximum de 23 kWh/m²/an
- Intensité des GES (GHGI) : Maximum de 2.8 kg éq. CO₂/m²/yr



Figure 5 : Aperçu du calendrier du projet, adapté du Design Brief.

3.2 Forme et site

Le projet d'agrandissement Sauder est un bâtiment de 11 étages et d'une superficie de 14 042 m² (151 147 pi²). Il sera situé à côté de l'édifice Henry Angus, qui héberge actuellement les principaux locaux administratifs et universitaires de la Sauder School of Business de l'Université de la Colombie-Britannique, située sur le campus de Vancouver. Il s'agit d'un projet d'aménagement intercalaire entouré de bâtiments universitaires qui façonnera et organisera également les espaces publics environnants, notamment une place et des voies piétonnes entre Main Mall et West Mall.

Le bâtiment est un polygone de forme irrégulière conçu pour optimiser l'espace disponible tout en conservant la cohérence avec le quadrillage du campus et l'orientation principale vers les installations existantes.

L'aménagement paysager mettra en valeur des plantes indigènes et résistantes, sélectionnées pour leur floraison, leur couleur, leur port et leur capacité d'adaptation aux changements climatiques futurs.

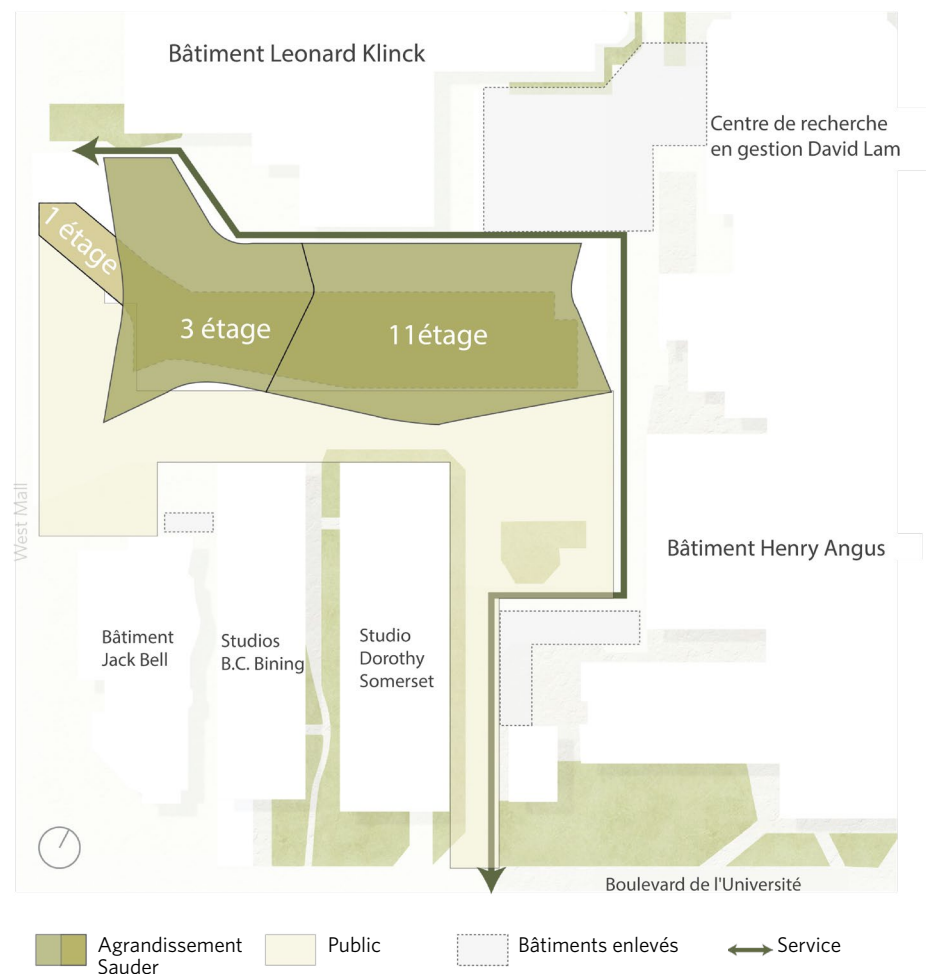
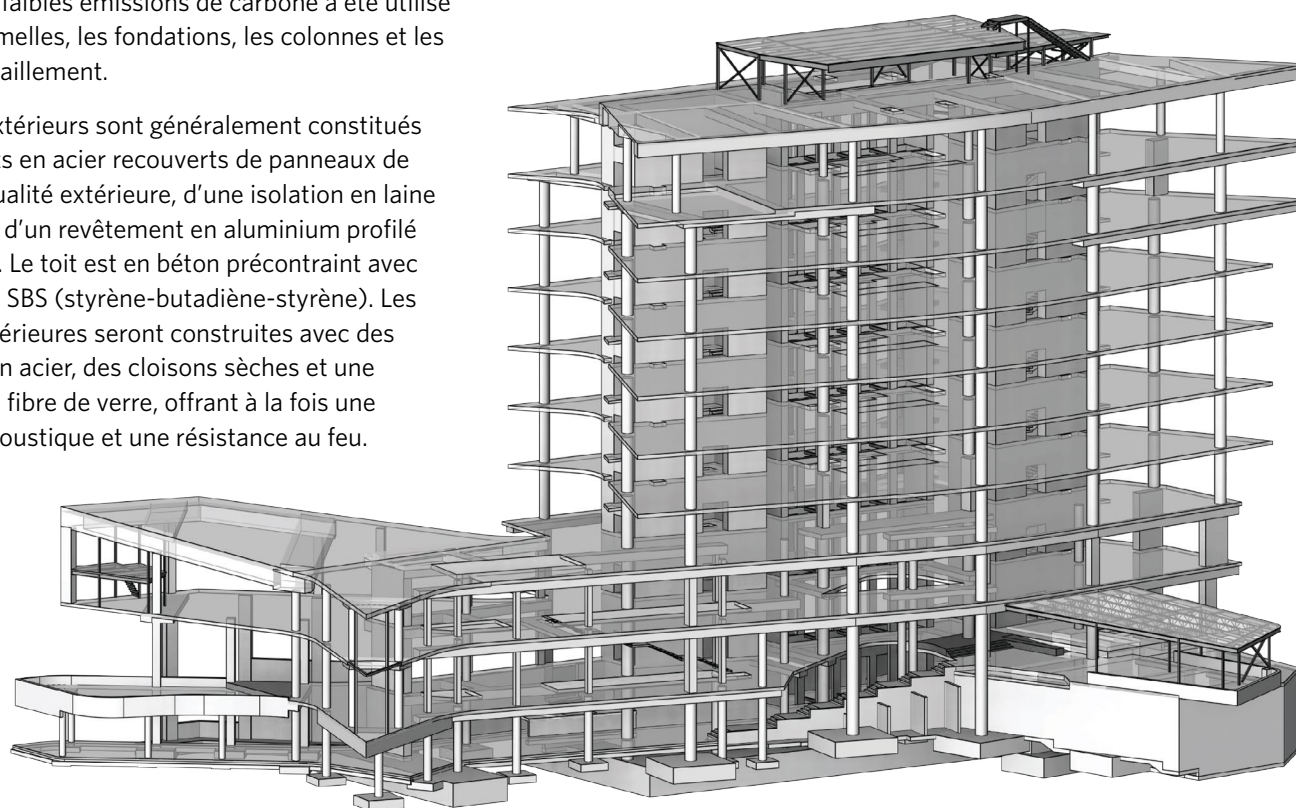


Figure 6 : Site du projet et volumétrie, adapté du rapport Design Brief.

3.3 Structure and Envelope

La structure du bâtiment est principalement en béton, les niveaux 1 à 3 étant constitués de béton armé conventionnel et les niveaux 4 à 11 de dalles en béton précontraint pour plus de résistance et pour une réduction de la quantité de matériaux utilisés. Du béton à faibles émissions de carbone a été utilisé pour les semelles, les fondations, les colonnes et les murs de cisaillement.

Les murs extérieurs sont généralement constitués de montants en acier recouverts de panneaux de gypse de qualité extérieure, d'une isolation en laine minérale et d'un revêtement en aluminium profilé sur mesure. Le toit est en béton précontraint avec un système SBS (styrène-butadiène-styrène). Les cloisons intérieures seront construites avec des montants en acier, des cloisons sèches et une isolation en fibre de verre, offrant à la fois une isolation acoustique et une résistance au feu.



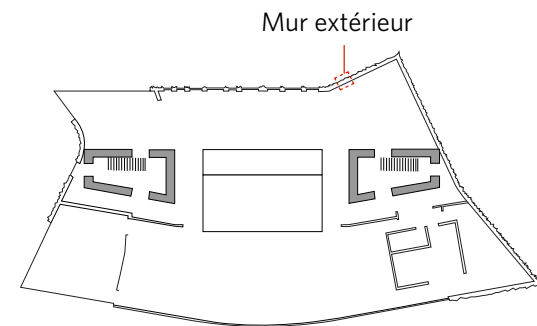
TOUR

Étages 5 à 11 : colonnes en béton coulé sur place avec dalles en béton post-contraint

PODIUM

Rez-de-chaussée — 4e étage : béton coulé sur place

Figure 7 : Modèle structurel (Source : modèle BIM structurel à 50 % par RJC Engineers).



Plan d'étage (niveau 10)

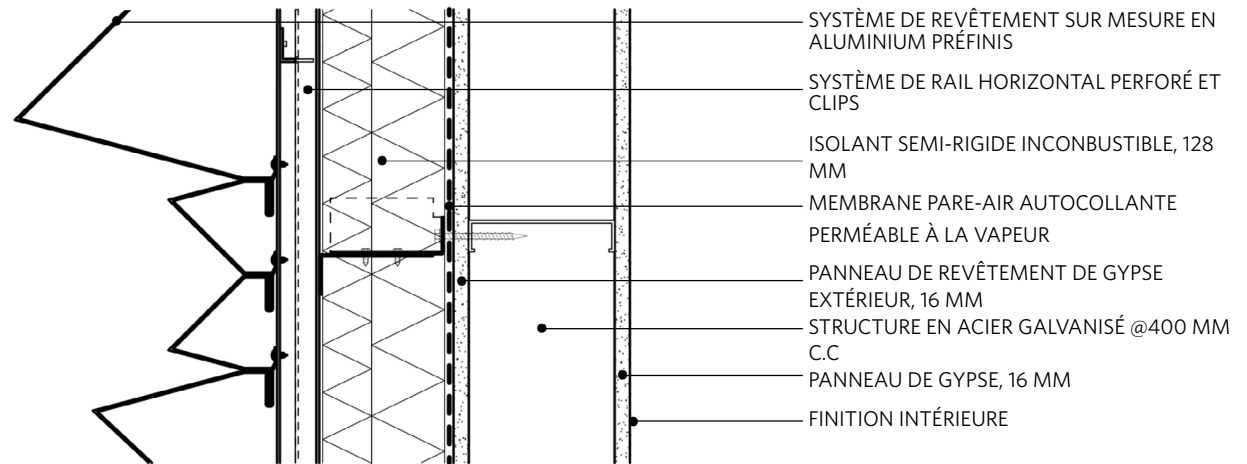
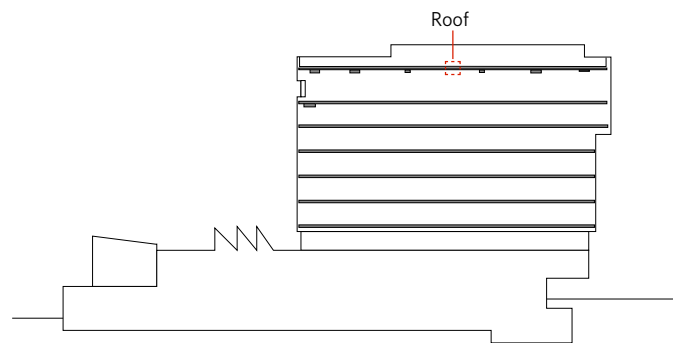


Figure 8: Enveloppe du bâtiment, détail de construction modifié (Source : ACTON OSTRY + Patkau Architects).



Coupe du bâtiment Est/Ouest

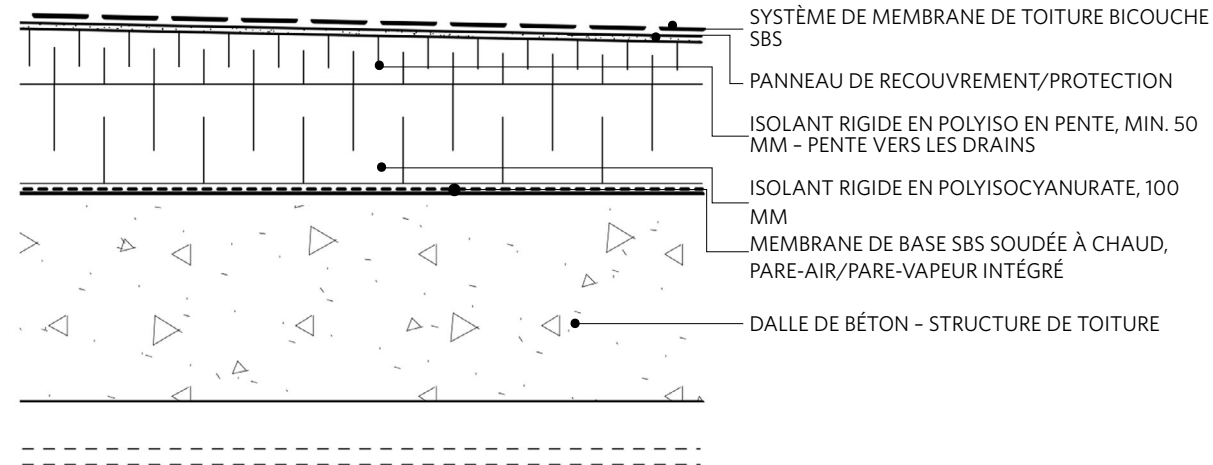


Figure 9: Toiture du bâtiment, détail de construction modifié (Source : ACTON OSTRY + Patkau Architects).

4 ÉVALUATION THÉORIQUE DE LA RÉDUCTION DE 50 % DES ÉMISSIONS DE CARBONE INTRINSÈQUE

4.1 Processus de sélection des options de conception

L'équipe du projet a réalisé une évaluation théorique de la réduction de 50 % des émissions de carbone intrinsèque sur la base des plans de conception préliminaire du projet d'agrandissement Sauder (appelés « modèle de conception préliminaire à 50 % » dans la présente étude de cas). L'évaluation a débuté par une séance de remue-méninges collaborative réunissant le consultant en ACV, les architectes du projet, les ingénieurs en structure, le directeur de la construction et l'équipe de développement.

Ensemble, ils ont dressé une longue liste de conceptions de bâtiments et de matériaux alternatifs susceptibles de réduire les émissions de carbone intrinsèque. Compte tenu du potentiel plus élevé des matériaux de structure pour réduire les émissions de carbone intrinsèque, l'équipe a ensuite dressé une liste restreinte d'options (appelées « alternatives de conception structurelle » dans l'étude) qui étaient réalisables dans le cadre des paramètres du projet. Ces paramètres comprenaient le maintien de la programmation, de la taille et de l'empreinte du bâtiment.

Six alternatives de conception structurelle ont été sélectionnées, puis évaluées sur la base de deux ensembles de données sur les émissions : l'un représentant les matériaux moyens de l'industrie et l'autre représentant les options de matériaux à faibles émissions. Cela a donné un total de 12 alternatives de conception structurelle.

L'équipe de projet a ensuite évalué chaque option en fonction des émissions de carbone intrinsèque, des coûts de construction et des calendriers de construction. Ces conceptions alternatives ont ensuite été comparées à une base de référence (appelée « modèle de base » dans l'étude) établie à l'aide des procédures décrites dans les lignes directrices V1.0 de l'UBC intitulées « Analyse du cycle de vie de l'ensemble du bâtiment », 2023.

Modèle de conception préliminaire à 50 % : Conception du bâtiment pour le projet d'agrandissement Sauder, telle que représentée dans les documents de conception à 50 %. À ce stade, les plans du projet étaient définis de manière assez détaillée, mais la conception n'était pas encore finalisée pour la construction.

Modèle de base : Conception standard du bâtiment utilisée comme référence pour la comparaison avec la conception existante pour l'ACV du bâtiment. Elle présente la même équivalence fonctionnelle (ex. : même portée, taille, géométrie, fonction, performance énergétique, sécurité incendie et performance acoustique) afin de respecter les exigences du code du bâtiment. Dans cette étude, le modèle de base était fondé sur le modèle de conception à 50 %.

Alternatives de conception structurelle : Dans l'ACV du bâtiment, les différents choix de conception sont comparés au modèle de base de références ayant la même équivalence fonctionnelle que ce modèle. Dans cette étude, les alternatives de conception étaient différentes options de systèmes structurels choisies par l'équipe du projet pour évaluer les émissions de carbone intrinsèque.

4.2 Élaboration d'alternatives de conception structurelle

L'équipe du projet a créé six alternatives de conception structurelle, avec différentes combinaisons de systèmes et de matériaux structurels pour le podium du bâtiment (rez-de-chaussée - 4e étage) et la tour (5e étage - 11e étage).

1. **Ciment décarboné** : podium et tour en béton coulé sur place utilisant un mélange de ciment décarboné.
2. **Tour en acier** : podium en béton coulé sur place et tour en structure d'acier
3. **Entièrement en acier** : fondations en béton coulé sur place et niveaux 1 et 2 partiellement enterrés, avec structure en acier aux étages 3 à 11.
4. **Tour en bois massif** : podium en béton coulé sur place et tour en structure de bois massif
5. **Tour en BubbleDeck®** : podium en béton coulé sur place et tour en BubbleDeck
6. **Entièrement en BubbleDeck®** : podium et tour en BubbleDeck

Toutes les alternatives de conception structurelle ont conservé la même équivalence fonctionnelle que le modèle de conception à 50 % et le modèle de base de référence. Les plans d'étage et l'emplacement des colonnes sont restés les mêmes, mais la hauteur des bâtiments a été ajustée pour tenir compte des différentes épaisseurs de dalle des différents systèmes structurels, tout en conservant la même hauteur sous plafond. Les différentes hauteurs des bâtiments ont entraîné des différences dans la superficie totale de l'enveloppe extérieure, mais la superficie totale des fenêtres est restée la même. La taille des fondations a également été ajustée pour tenir compte des différences de poids des bâtiments en fonction des différents matériaux de structure, mais la taille des deux noyaux d'escaliers et d'ascenseurs a été maintenue.

Toutes les exigences et classifications en matière de sécurité incendie et de sécurité des personnes ont été respectées dans la conception du modèle de conception préliminaire à 50 %, du modèle de base et des alternatives de conception structurelle.

L'équipe du projet a également sélectionné des produits actuellement disponibles sur le marché et répondants aux exigences réglementaires et de performance du projet d'extension de Sauder.

Le tableau 2 résume les choix de conception et de matériaux pour le modèle de conception préliminaire à 50 %, le modèle de base et toutes les alternatives de conception structurelle.

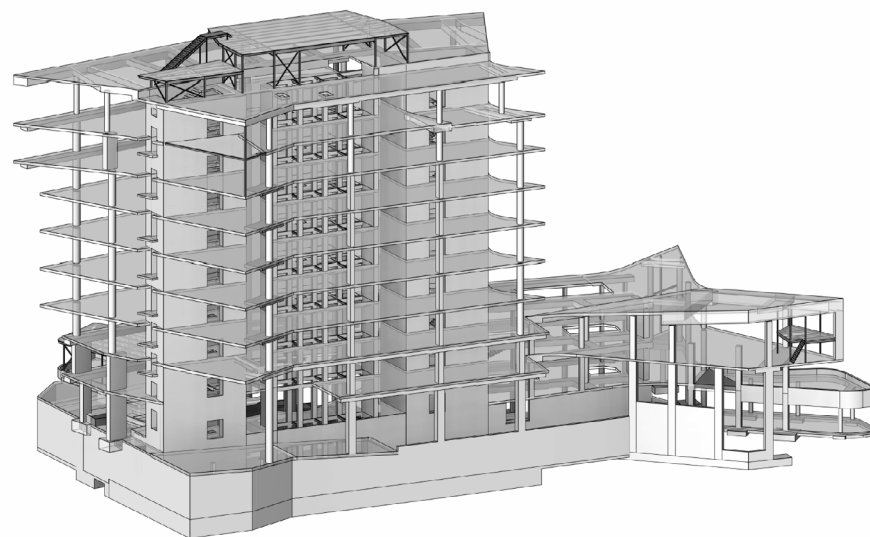
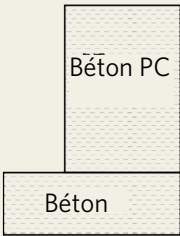
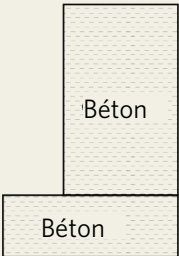
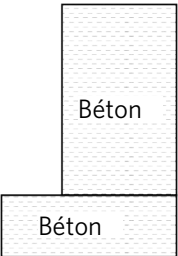
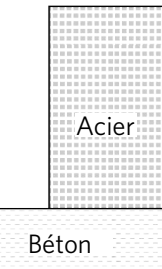
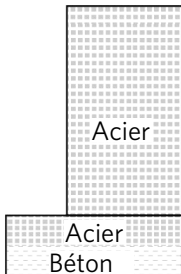
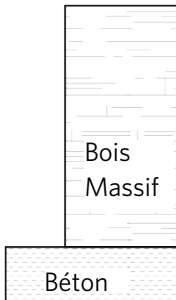
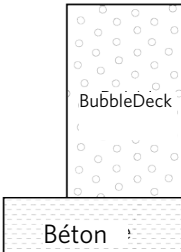
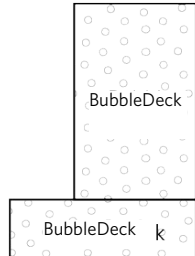


Figure 10: Modèle structurel (Source : modèle BIM structurel à 50 % réalisé par RJC Engineers).

Tableau 2 : Aperçu de la conception du modèle de conception préliminaire à 50 %, du modèle de base et des alternatives de conception structurelle (Source : informations fournies par le rapport d'étude de cas sur le carbone intrinsèque de l'UBC Sauder School of Business Expansion et reLoad Sustainable Design).

Liste restreinte	Conception et modèles de base de références		Alternatives de conception structurelle					
	Modèle de conception préliminaire à 50 %	Modèle de référence	1 Ciment décarboné	2 Tour en acier	3 Entièrement en acier	4 Bois massif	5 Tour en BubbleDeck®	6 Entièrement en BubbleDeck®
Représentation visuelle								
Hauteur du bâtiment (m)	48	52,8	52,8	53,1	53,5	55,2	52,5	52,7
Conception structurelle Podium (Niveaux 1 à 4)	Spécifications relatives à un béton à faible teneur en carbone intrinsèque pour les semelles, les noyaux et les poteaux. Béton conventionnel coulé sur place.	Béton conventionnel coulé sur place.	Identique au modèle de référence, mais avec du ciment décarboné Heidelberg Zero Carbon.	Identique au modèle de référence.	Les niveaux 1 et 2 en béton en raison de la présence partielle de zones en sous-sol. Les niveaux 3 et 4 utilisent une structure d'acier. Dalles : revêtement en béton de 114 mm sur platelage en acier.	Identique au modèle de référence.	Identique au modèle de référence.	Dalles : 285 mm de BubbleDeck. Poutres et colonnes en béton.
Conception structurelle de la tour (Niveaux 5 à 10)	Béton coulé sur place avec dalles précontraintes (système post-tension).	Béton conventionnel coulé sur place. Ajout de deux colonnes pour permettre des portées plus courtes dans le hall de la tour.	Identique au modèle de base, mais avec du ciment décarboné Heidelberg Zero Carbon.	Dalles : 114 mm de béton sur une dalle en acier. Poutres et colonnes en structure d'acier.	Dalles : revêtement en béton de 114 mm sur une plate-forme en acier. Les poutres et les colonnes sont en structure d'acier.	Dalles : revêtement en béton de 50 mm sur bois lamellé-croisé (CLT) de 245 mm (7 couches). Poteaux et poutres en bois lamellé-collé (GLT). (des raccords en acier ont été utilisés)	Dalles : 285 mm BubbleDeck. Poutres et colonnes en béton.	Dalles : BubbleDeck de 285 mm à 340 mm. Poutres et colonnes en béton.

4.3 Alternatives de conception structurelle et sources de données sur les émissions

Pour chaque solution de conception structurelle, l'équipe de projet a évalué les données sur les émissions provenant de deux sources : les émissions moyennes de l'industrie et les émissions de produits spécifiques pour les options à faibles émissions de carbone. Les données sur les émissions moyennes de l'industrie provenaient principalement des Déclarations environnementales de produits (DEP) de l'industrie canadienne ou nord-américaine. Les données sur les émissions de matériaux spécifiques à faibles émissions de carbone provenaient de la base de données de DEP EC3 [de Building Transparency](#). Pour deux solutions de conception structurelle à faibles émissions de carbone — ciment décarboné et bois massif —, les mêmes matériaux ont été utilisés dans les scénarios de moyenne industrielle et de faibles émissions, car il n'existait pas de versions à plus faibles émissions de carbone de ces matériaux sur le marché. Ainsi, la principale différence entre les deux options provenait d'autres matériaux, tels que les barres d'armature et les fenêtres en fibre de verre, qui utilisaient des DEP de produits spécifiques à faible émission de carbone.

Le tableau 3 résume les matériaux de construction et les sources de données sur les émissions pour chaque alternative de conception structurelle.

Déclaration environnementale de produit : document normalisé qui fournit des données environnementales transparentes et quantifiées pour les produits ou services de construction sur la base d'une ACV

Tableau 3 : Matériaux de construction et sources de données sur les émissions pour les six alternatives de conception structurelle (Source : informations fournies par le rapport d'étude de cas sur le carbone intrinsèque de l'UBC Sauder School of Business Expansion et reLoad Sustainable Design)

Alternatives de conception structurelle	Matériaux de construction et composants	Moyenne de l'industrie et sources des données	Matériaux à plus faible teneur en carbone et source des données
Ciment décarboné	Béton	Mélange de ciment décarboné de Heidelberg Materials , Edmonton, Canada. *	Ciment décarboné de Heidelberg Materials , Edmonton, Canada. *
	Armature	Moyenne de l'industrie nord-américaine pour les barres d'armature, selon le Concrete Reinforcing Steel Institute .	Barres d'armature de Cascade Steel Rolling Mills , Oregon, USA.
	Fenêtre		Fenêtres en fibre de verre Inline , Ontario, Canada.
Tour en acier et structure entièrement en acier	Acier	Moyenne de l'industrie canadienne d'acier selon l'Institut canadien de construction en acier (ICCA)	Acier de construction provenant de l'usine Gerdau en Virginie, États-Unis
	Béton		Béton prêt à l'emploi de Lafarge Canada Inc. , Kent Ave., Vancouver, Canada**
	Barres d'armature	Moyenne de l'industrie en Colombie-Britannique pour le béton prêt à l'emploi, selon Concrete BC .	Barres d'armature de Cascade Steel Rolling Mills en Oregon, États-Unis
	Fenêtre	Moyenne de l'industrie nord-américaine pour les barres d'armature, selon le Concrete Reinforcing Steel Institute .	Fenêtres en fibre de verre Inline , Ontario, Canada.
Tour en bois massif	CLT	Moyenne spécifique à la Colombie-Britannique pour les produits en bois massif provenant de Forestry Innovation Investment Ltd.*	Moyenne spécifique à la Colombie-Britannique pour les produits en bois massif provenant de Forestry Innovation Investment Ltd.
	GLT		
	Béton		Béton prêt à l'emploi de Lafarge Canada Inc. , Kent Ave., Vancouver, Canada. **
	Barres d'armature	Moyenne de l'industrie en Colombie-Britannique pour le béton prêt à l'emploi, selon Concrete BC .	Barres d'armature de Cascade Steel Rolling Mills en Oregon, USA.
	Fenêtre	Moyenne de l'industrie nord-américaine pour les barres d'armature, selon le Concrete Reinforcing Steel Institute .	Fenêtres en fibre de verre Inline, Ontario, Canada
	Concrete		
	Armature	Moyenne de l'industrie en Colombie-Britannique pour le béton prêt à l'emploi, selon Concrete BC	Béton prêt à l'emploi de Lafarge Canada Inc. , Kent Ave, Vancouver, Canada.**
Tour en BubbleDeck® et structure entièrement en BubbleDeck®	fenêtres	Moyenne de l'industrie nord-américaine pour les barres d'armature, selon le Concrete Reinforcing Steel Institute .	Barres d'armature de Cascade Steel Rolling Mills en Oregon, USA.
			Fenêtres en fibre de verre Inline , Ontario, Canada.

* Il n'existait pas sur le marché de versions à faibles émissions de carbone pour ces matériaux ; les matériaux à émissions moyennes et à faibles émissions ont été considérés comme équivalents dans cette analyse.

** Un temps de durcissement prolongé de 56 jours a été supposé afin de maximiser la réduction des émissions de carbone pour l'option la plus faible en carbone.

4.4 Génération de la liste des matériaux

Pour chacune des alternatives de conception structurelle, l'équipe du projet a quantifié la liste des matériaux afin de calculer les émissions de carbone intrinsèque associées à leur inventaire. Le processus a commencé par la génération d'une liste des matériaux à partir du modèle Revit de conception préliminaire à 50 %, complétée par la quantification manuelle de certains éléments, tels que les escaliers et les barres d'armature en acier, qui n'étaient pas pris en compte dans le modèle. Les nomenclatures du modèle de référence et des alternatives de conception structurelle ont ensuite été adaptées à partir de cette base, avec la contribution des ingénieurs en structure et des architectes afin de refléter les changements de matériaux dans chaque scénario.

4.5 Modèles et hypothèses de l'ACV du bâtiment

Toutes les ACV du bâtiment pour le modèle de conception préliminaire à 50%, le modèle de référence et les alternatives de conception structurelle ont été réalisées à l'aide du logiciel [One Click LCA](#), un logiciel propriétaire d'ACV pour la construction et la fabrication de bâtiments développé par [Bionova Ltd](#). Les modèles ACV du bâtiment ont été élaborés selon une approche du berceau à la tombe, analysant les émissions de GES associées à toutes les étapes de la vie du bâtiment, depuis la fabrication et la production des matériaux jusqu'à la démolition finale et l'élimination des matériaux à la fin de la durée de vie du bâtiment, en passant par la construction et l'utilisation. Le tableau 4 résume les principales données et hypothèses utilisées dans les calculs de l'ACV du bâtiment.

Liste des matériaux : La liste des quantités de flux de matériaux inclut dans le périmètre de modélisation du bâtiment et constituant sa composition physique. Dans le contexte des émissions de carbone des bâtiments, ces données servent d'intrants au processus d'évaluation.

Tableau 4 : Résumé des données générales et des hypothèses utilisées pour les modèles AVC du bâtiment. (Source : informations fournies par le rapport d'étude de cas sur le carbone intrinsèque de l'UBC Sauder School of Business Expansion et reLoad Sustainable Design)

Unité fonctionnelle	Surface brute de 14,042 m².
Limites du système	Du berceau à la tombe, y compris le produit (A1-A3), le processus de construction (A4-A5), l'utilisation (B4-B5) et la fin de vie (C1-C4).
Période de référence	Durée de vie de 60 ans
Source des données ACV	- plans architecturaux de conception à 50 % - Modèle structurel Revit - Les émissions des matériaux conventionnels ont été obtenues à partir de DEP génériques de l'industrie. - Les émissions des matériaux de substitution à faibles émissions de carbone ont été obtenues à partir des DEP spécifiques aux produits dans la base de données de DEP EC3.
Outil ACV	One Click LCA.
Élément d'évaluation ACV	- Sous-structure : fondations, murs de soutènement, dalles standard et dalles sur sol - Enveloppe : construction des planchers, construction des toitures, escaliers, murs extérieurs, fenêtres, portes et grilles, toitures - Intérieurs : cloisons intérieures, fenêtres et portes, construction de planchers surélevés, construction de plafonds suspendus - Les installations fixes, le mobilier et les systèmes mécaniques, électriques et de plomberie (MEP) sont exclus
Hypothèses et corrections manuelles apportées aux valeurs par défaut de l'outil ACV	- Distance de transport du béton entre l'usine et le chantier (module A4) fixée à 20 km. - La durée de vie des murs-rideaux et des fenêtres a été estimée à 60 ans, celle des murs intérieurs à 60 ans - La durée de vie des revêtements et membranes de toiture a été estimée à 20 ans, ou à deux remplacements au cours de la durée de vie du bâtiment. - Les plafonds acoustiques ont une durée de vie estimée à 30 ans ou à un remplacement pendant la durée de vie du bâtiment. - Les scénarios de fin de vie tirés des DEP ont été utilisés pour les matériaux tels que l'isolant XPS et la toiture SBS. - Pour l'option de ciment décarboné, 10 % du volume de ciment du béton a été utilisé pour calculer le poids à expédier par train depuis Edmonton.

4.6 Estimations des émissions de carbone intrinsèque

Les ACV du bâtiment ont estimé les émissions totales de carbone intrinsèque pour chacun des modèles : conception préliminaire à 50 %, modèle de référence, et six alternatives de conception structurelle. La section suivante présente et résume les résultats.

La figure 12 montre les émissions totales estimées de carbone intrinsèque pour le modèle de conception préliminaire à 50 %, le modèle de référence et les six alternatives de conception structurelle.

Les émissions moyennes de l'industrie et les émissions spécifiques aux produits à faibles émissions de carbone sont indiquées pour chaque alternative de conception structurelle.

La figure 13 présente le pourcentage de réduction des émissions totales de carbone intrinsèque pour le modèle de conception préliminaire à 50 % et les alternatives de conception structurelle, y compris les versions à faibles émissions et à moyenne émission, par rapport au modèle de référence.



Figure 11 : Visualisations du projet d'agrandissement de Sauder (Source : Conception par ACTON OSTRY + Patkau Architects, rendus par Mute Images).

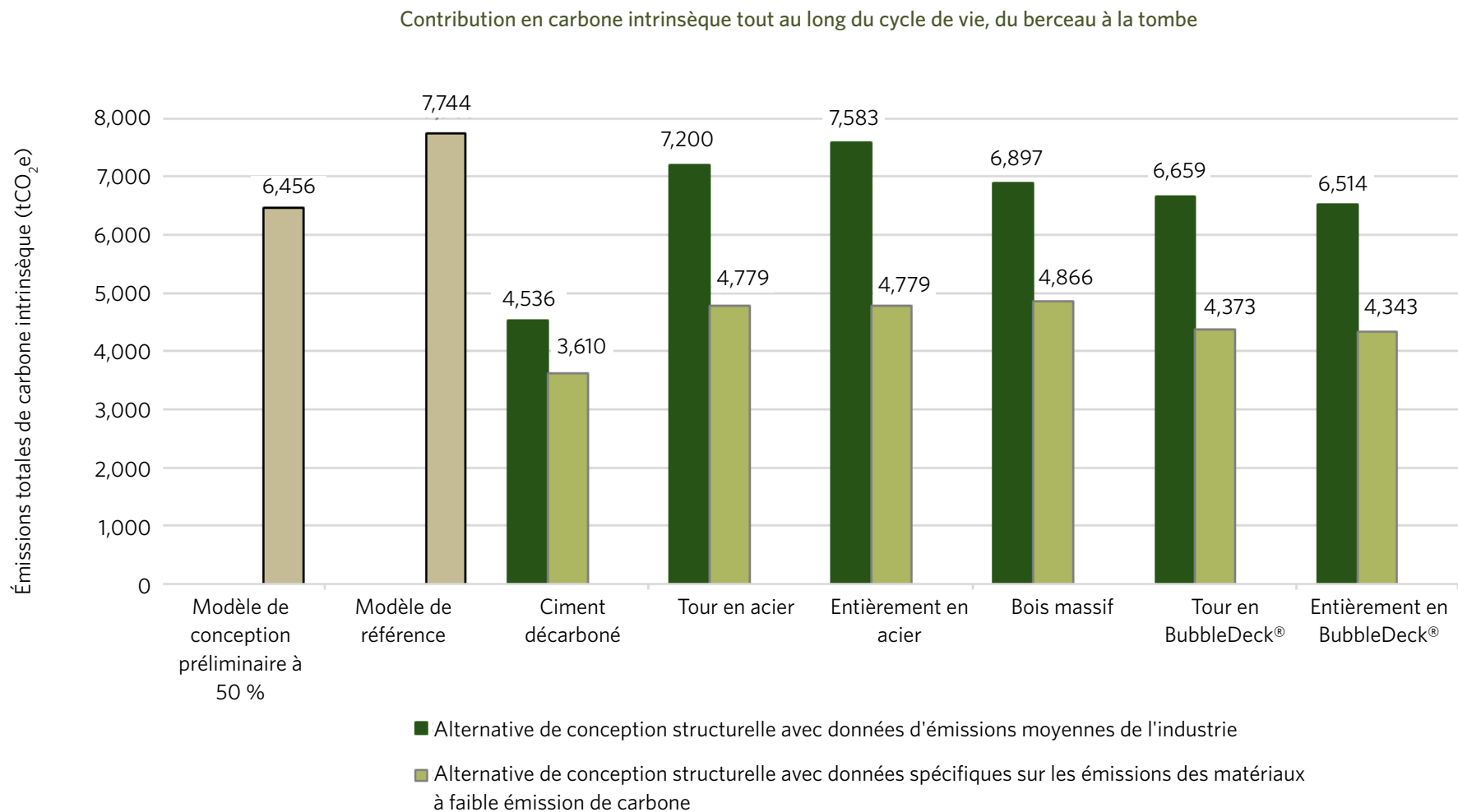


Figure 12: Estimation des émissions totales de carbone intrinsèque pour le modèle de conception à 50 %, le modèle de référence et les alternatives de conception structurale, y compris les versions à faibles émissions et la moyenne de l'industrie (Source : informations fournies par le rapport d'étude de cas sur le carbone intrinsèque de l'UBC Sauder School of Business Expansion).

Pourcentage de réduction totale des émissions de carbone intrinsèque par rapport au modèle de base de références

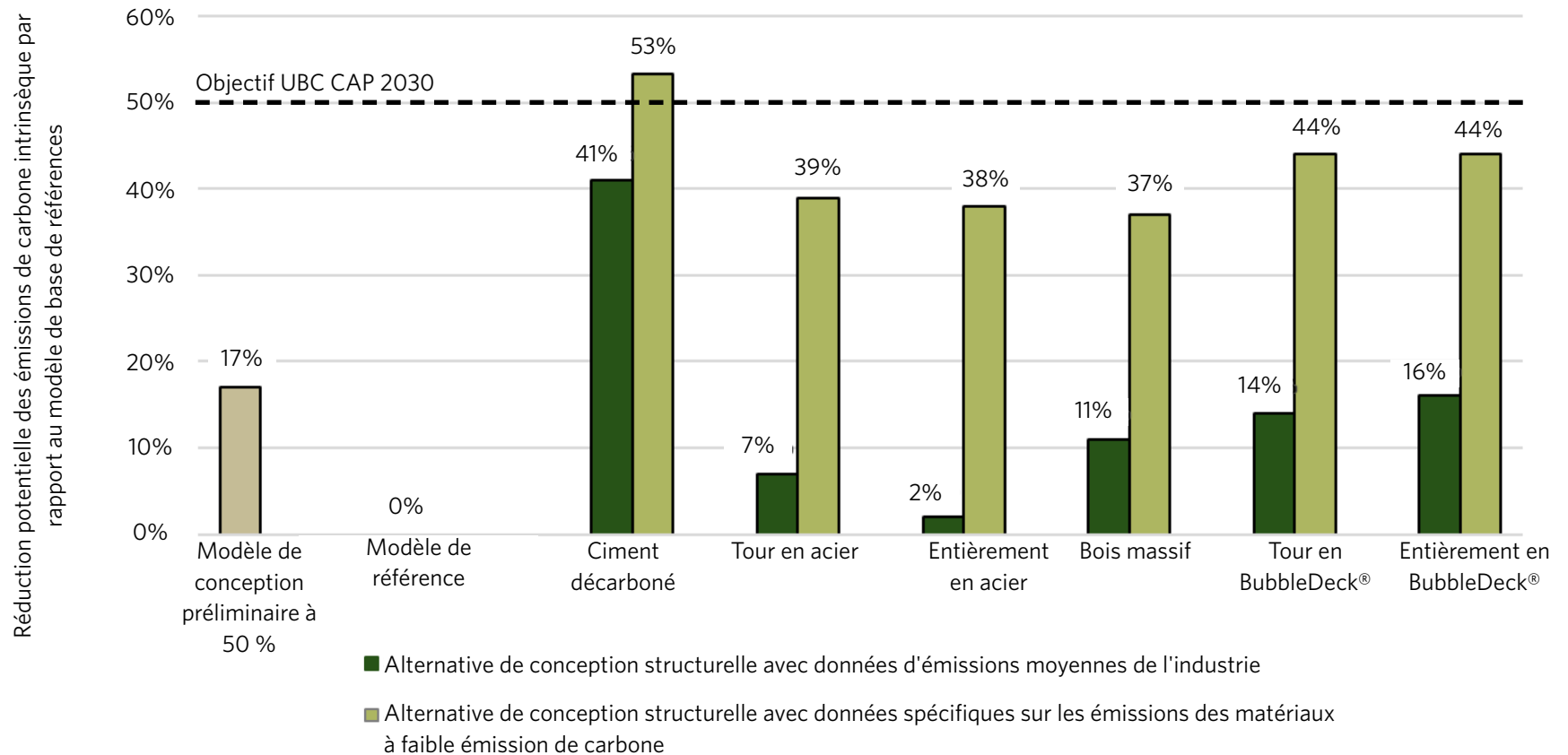


Figure 13: Réduction de 50 % des émissions totales de carbone intrinsèque du modèle de conception et des conceptions structurelles alternatives, montrant les versions moyennes et à faibles émissions de carbone de l'industrie, par rapport au modèle de base de référence. (Source : informations fournies par le rapport d'étude de cas sur le carbone intrinsèque de l'UBC Sauder School of Business Expansion).

La section suivante résume les résultats pour le modèle de conception préliminaire à 50 %, le modèle de référence et les alternatives de conception structurelle, y compris les données sur les émissions spécifiques moyennes de l'industrie et à faibles émissions.

- **Le modèle de référence**, qui utilise du béton conventionnel coulé sur place pour la structure, a été estimé à 7 744 t éq.CO₂ (~ 550 kg éq.CO₂/m²) d'émissions totales de carbone intrinsèque sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment.
- **Le modèle de conception à 50 %**, avec des émissions totales de carbone intrinsèque de 6 456 t éq.CO₂ (~460 kg éq.CO₂/m²), a permis de réduire les émissions de 17 % par rapport au modèle de référence. Cette réduction est principalement due à la diminution du volume de béton utilisé dans la structure en dalles de béton précontraint de cette option de conception.
- **Les alternatives avec le ciment décarboné** ont permis d'obtenir des émissions totales de carbone intrinsèque de 4 536 t éq.CO₂ pour l'option utilisant les moyennes de l'industrie et de 3 610 t éq.CO₂ pour l'option à faibles émissions, soit des réductions de 41 % et 53 % respectivement par rapport au modèle de référence. Étant donné que le même ciment décarboné a été utilisé dans les versions moyenne et faible en carbone, les économies supplémentaires réalisées dans l'option faible en carbone sont attribuables à des émissions plus faibles provenant d'autres matériaux spécifiques, notamment les barres d'armature et les fenêtres en fibre de verre.
- Les alternatives de conception de la **tour en acier** ont généré des émissions totales de carbone intrinsèque de 7 187 t éq.CO₂ pour la version moyenne de l'industrie et de 4 747 t éq.CO₂ pour la version à faibles émissions de carbone, soit des réductions de 7 % et 39 % respectivement par rapport au modèle de référence. Cet écart important reflète la grande différence entre les données d'émissions de la moyenne de l'industrie et celles des produits en acier à faibles émissions de carbone.
- Les alternatives de conception **de structure entièrement en acier** ont suivi une tendance similaire à celle de la tour en acier, avec des émissions totales de carbone intrinsèque de 7 583 t éq.CO₂ pour la version moyenne de l'industrie et d'environ 4 780 t éq.CO₂ pour la version à faibles émissions. Par rapport au modèle de référence, l'option tout en acier utilisant des données moyennes de l'industrie a réduit les émissions de 2 %; cependant, les données des produits spécifiques à faibles émissions ont réduit les émissions de 38 %.
- Les alternatives de conception de la **tour en bois massif** ont démontré des émissions de carbone intrinsèque de 6 897 t éq.CO₂ pour la version moyenne de l'industrie et de 4 866 t éq. CO₂ pour la version à faibles émissions de carbone, soit des réductions de 11 % et de 37 % respectivement par rapport au modèle de référence. Les mêmes produits en bois massif ont été utilisés pour les versions moyennes et à faibles émissions de carbone. Les résultats illustrent ainsi l'impact des autres composants à faibles émissions de carbone, à savoir le béton, les barres d'armature et les fenêtres en fibre de verre à faibles émissions de carbone.
- Les alternatives de conception de la **tour en BubbleDeck®** ont donné lieu à des émissions totales de carbone intrinsèque d'environ 6 660 t éq.CO₂ pour la version moyenne de l'industrie et de 4 373 t éq.CO₂ pour la version à faibles émissions, ce qui correspond à des réductions de 14 % et 44 % respectivement par rapport au modèle de référence. Le scénario à faibles émissions reflète l'avantage supplémentaire lié à l'utilisation de matériaux à faibles émissions de carbone.
- Les alternatives de conception **entièrement en BubbleDeck®** ont montré des émissions totales de carbone intrinsèque de 6 514 t éq. CO₂ pour la version moyenne de l'industrie et de 4 343 t éq. CO₂ pour la version à faibles émissions, ce qui représente des réductions de 16 % et 44 %, respectivement, par rapport au modèle de base.

4.7 Estimations des coûts et du calendrier de construction

À la suite des ACV du bâtiment, le gestionnaire de la construction a réalisé des estimations de coûts préliminaires pour le modèle de conception à 50 %, le modèle de référence et les alternatives de conception structurelle, en incluant à la fois les matériaux à faibles émissions et ceux correspondant à la moyenne de l'industrie. L'estimation comprenait les coûts de main-d'œuvre et des matériaux pour les composants structurels et l'enveloppe, ainsi qu'une estimation des coûts pour les fondations et les noyaux en béton pour toutes les versions. Le gestionnaire de la construction a également estimé un calendrier de construction préliminaire pour tous les modèles.

La figure 14 montre la différence entre les coûts de construction estimés pour le modèle de conception à 50 % et les alternatives de conception structurelle, exprimée en pourcentage des coûts du modèle de référence. Le graphique montre également les variations estimées du calendrier de construction pour le modèle de conception à 50 %, le modèle de référence et les alternatives de conception structurelle, exprimées en jours.

Les estimations des coûts ont été basées sur les quantités de matériaux provenant des nomenclatures utilisées dans les ACV du bâtiment, les données fournies par l'équipe de conception et les informations contenues dans la base de données des coûts du gestionnaire de la construction. Les estimations ne tiennent pas compte des changements du marché, des problèmes liés à la chaîne d'approvisionnement, des retards dans le projet ou de l'inflation future.

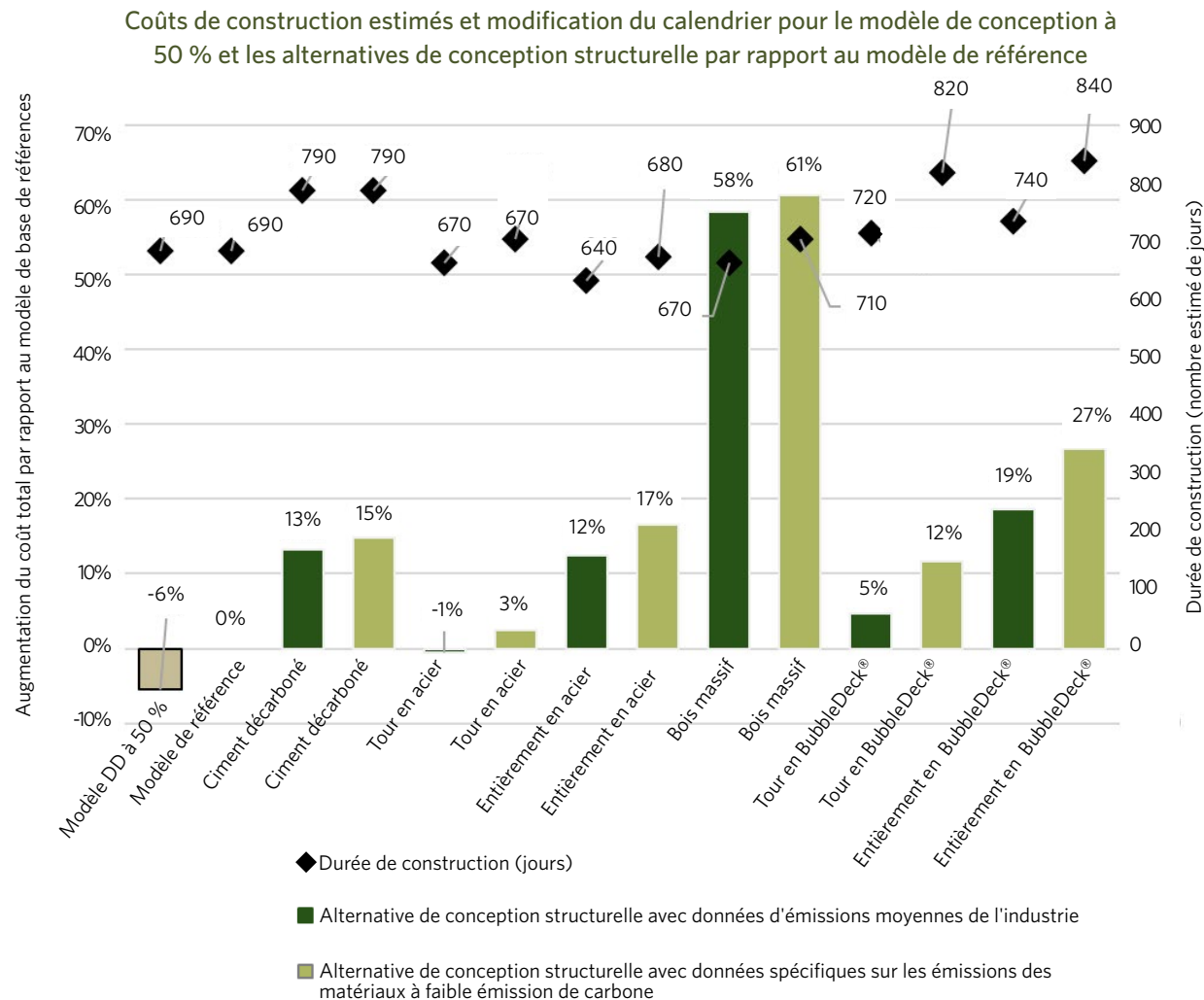


Figure 14: Différence entre les coûts de construction et le calendrier estimés pour le modèle de conception à 50 % et les alternatives de conception structurelle par rapport au modèle de référence (Source : informations fournies par reLoad Sustainable Design et Heatherbrae Builders).

Les données relatives aux coûts du modèle de référence ont été jugées confidentielles et n'ont pas été divulguées dans la présente étude. Elles ont toutefois été utilisées comme point de référence pour estimer les variations en pourcentage. Le gestionnaire de la construction a estimé à 690 jours la durée des travaux pour le modèle de référence.

Voici une brève analyse de l'impact sur les coûts de construction et sur le calendrier de construction pour le modèle de conception à 50 % et chacune des alternatives de conception par rapport au modèle de référence :

- **Le modèle de conception à 50 %** devrait permettre de réduire les coûts de construction de 6 % par rapport au modèle de base, principalement en raison de sa hauteur réduite et du volume moindre de matériaux utilisés. Le calendrier de construction reste le même que celui du modèle de référence.
- Les options **de ciment décarboné** utilisant des données moyennes de l'industrie et des données à faibles émissions ont été estimées à des coûts de construction respectivement supérieurs de 13 % à 15 %. Cela s'explique par les coûts plus élevés des matériaux spécialement approvisionnés et les coûts de main-d'œuvre associés au temps de durcissement plus longs du ciment à faibles émissions. L'allongement du temps de durcissement a entraîné un calendrier de 790 jours [plus de trois mois] plus long que le modèle de référence pour les deux modèles.
- Les coûts de construction des alternatives de conception **de la tour** en acier étaient proches de ceux du modèle de référence, soit 1 % de moins pour la version moyenne de l'industrie et 3 % de plus pour la version à faibles émissions. Le calendrier de construction estimé pour la version moyenne de l'industrie était plus court que celui du modèle de base, soit 670 jours ; toutefois, la version à faibles émissions de carbone avait un calendrier de construction estimé plus long, soit 710 jours, encore une fois en raison du temps de durcissement prolongé requis pour le ciment décarboné dans la base en béton.
- Toutes les alternatives de conception **entièrement en acier** ont été estimées avoir des coûts de construction plus élevés que le modèle de base, soit 12 % plus élevés pour la version moyenne de l'industrie, et 17 % plus élevés pour la version à faibles émissions. Les deux options avaient des délais de

construction plus courts, soit 640 jours pour l'option moyenne de l'industrie et 680 jours pour l'option à faibles émissions, ce qui reflète probablement la rapidité relative de la construction en acier par rapport au délai prolongé des structures en béton avec temps de durcissement supplémentaire.

- Les alternatives de conception **de la tour en bois massif** présentaient les augmentations de coûts de construction les plus élevées, soit 58 % pour la version moyenne de l'industrie et 61 % pour la version à faibles émissions. Cette différence s'explique par la complexité de la conception et l'augmentation du volume de matériaux nécessaires pour adapter un système structurel en bois massif à la géométrie du bâtiment et à la disposition des colonnes à longue portée conçues pour le béton. Les matériaux en bois utilisés dans les deux versions étaient les mêmes, et la légère différence de coût était due aux autres matériaux à faibles émissions, notamment les cadres de fenêtres, les barres d'armature et le ciment. Les délais de construction estimés pour les solutions de bois massif variaient au-dessus et en dessous de ceux du modèle de base (670 à 710 jours). Bien que la construction en bois massif soit généralement plus rapide que celle d'une tour en béton coulé sur place, le ciment décarboné utilisé dans le podium en béton nécessite un temps de durcissement plus long, ce qui allonge le calendrier de construction.
- Les alternatives de conception **de la tour en BubbleDeck®** présentaient des coûts de construction estimés 12 % plus élevés pour la version moyenne de l'industrie et 15 % plus élevés pour la version à faibles émissions de carbone, par rapport au modèle de référence. Les calendriers de construction étaient également nettement plus longs (720 à 820 jours) en raison du processus d'installation complexe du système BubbleDeck, la version à faibles émissions de carbone nécessitant un délai plus long en raison du temps de durcissement prolongé du béton.
- Les alternatives de conception entièrement en **BubbleDeck®** présentaient des coûts de construction estimés supérieurs de 19 % pour la version moyenne de l'industrie et de 27 % pour la version à faibles émissions. Les délais de construction ont également été prolongés (740 jours pour la version moyenne de l'industrie et 840 jours pour la version à faibles émissions) en raison de la complexité de l'installation du système BubbleDeck.

4.8 Résumé

Les résultats de l'étude de cas sur le carbone intrinsèque ont montré que, parmi les six alternatives de conception structurelle évaluées dans l'étude, seule la version à faibles émissions de carbone de l'alternative « ciment décarboné » était capable de réduire les émissions de carbone intrinsèque de 50 % par rapport au modèle de base de référence. Cette version utilisait des données d'émissions spécifiques aux produits à faibles émissions de carbone, notamment le ciment décarboné de Heidelberg Materials en Alberta, et intégrait des barres d'armature et des fenêtres à faibles émissions de carbone provenant de Cascade Steel Rolling Mills en Oregon et d'Inline Fibreglass en Ontario. En comparaison, les coûts de construction estimés étaient environ 15 % plus élevés que ceux du modèle de base et le calendrier de construction était plus long de trois mois, principalement en raison du temps de durcissement prolongé requis pour le ciment.

Bien qu'elles n'aient pas atteint l'objectif de 50 %, les autres versions à faibles émissions de carbone des autres alternatives de conception structurelle ont tout de même permis de réduire les émissions de manière significative, soit de 37 % à 44 %, démontrant ainsi l'impact de l'utilisation de matériaux à faibles émissions de carbone. Ces options ont surpassé les alternatives de conception moyennes de l'industrie, renforçant ainsi la valeur de l'utilisation de données sur les émissions de produits spécifiques. Toutefois, leur coût a été estimé plus élevé que celui du modèle de base, avec des augmentations allant de 3 % à 61 % selon l'option de conception et le choix des matériaux. Les délais de construction variaient également d'une alternative à l'autre, reflétant les différences dans la vitesse d'assemblage des structures et les exigences spécifiques aux matériaux en matière de séchage ou d'installation.

Étonnamment, la tour en bois massif présentait des émissions de carbone intrinsèque relativement élevées, même sa solution à faibles émissions de carbone ayant des émissions plus élevées que la plupart des autres alternatives. Ce résultat s'explique principalement par des inefficacités de conception liées à l'adaptation d'une structure en bois à un agencement initialement prévu pour du béton précontraint. L'imposition d'une structure en bois massif sur une disposition de colonnes et de murs conçue pour une structure en béton, comme cela a été fait

dans cette étude, a conduit à une structure en bois avec des poutres profondes et des panneaux de plancher épais, ce qui a entraîné une augmentation de la hauteur des étages. Ces contraintes ont limité l'efficacité de la conception en bois, qui a nécessité des composants structurels en bois plus grands, avec des émissions intrinsèques plus élevées et des coûts de construction estimés plus importants. Un bâtiment conçu dès le départ pour être en bois massif aurait présenté une disposition optimisée des colonnes afin d'offrir un système en bois plus efficace.

Lors de l'élaboration des solutions de rechange, l'équipe de projet n'a sélectionné que des matériaux disponibles sur le marché qui répondaient aux exigences de performance et à la réglementation applicables à un bâtiment universitaire en Colombie-Britannique. La disponibilité limitée de matériaux à faibles émissions de carbone a posé des défis : de nombreuses options étaient plus coûteuses et devaient être achetées à des distances plus éloignées. Cependant, avec une adoption plus large par le marché, le surcoût des matériaux à faibles émissions de carbone devrait diminuer avec le temps.

Dans le même ordre d'idées, la différence entre les données sur les émissions moyennes de l'industrie et celles propres à chaque produit souligne la variabilité des émissions de carbone intrinsèque d'un même type de matériau. Comme les DEP ne sont pas encore normalisées au Canada, la comptabilisation des émissions peut varier considérablement selon la source et le fournisseur.

La conception d'un système structurel efficace qui minimise l'utilisation de matériaux, tel que le modèle de conception préliminaire à 50 % avec une solution en béton précontraint, est essentielle pour réduire les émissions de carbone intrinsèque. La réduction du volume des matériaux à forte intensité de carbone peut être aussi importante que le choix du matériau structurel.

En fin de compte, les résultats suggèrent qu'il est possible de réduire de 50 % le carbone intrinsèque, même dans le cadre de contraintes de conception, grâce à la sélection de matériaux à faibles émissions de carbone et à l'utilisation de données spécifiques aux produits de haute qualité. Le succès de l'alternative « ciment décarboné » prouve ce potentiel. Par ailleurs, la réduction moyenne d'environ 40 % obtenue par d'autres alternatives à faibles émissions de carbone montre que des progrès significatifs sont encore possibles.

L'équipe du projet a conclu que l'intégration des objectifs d'émissions intrinsèques dès le début d'un projet permet une plus grande flexibilité dans la réalisation des objectifs de réduction tout en gérant les impacts sur les coûts et le calendrier. Une conception structurelle efficace, associée à une sélection judicieuse des matériaux et à une planification précoce, est essentielle pour atteindre des objectifs rigoureux de réduction du carbone intrinsèque.

5 RÉFÉRENCES

Rapports

Rapport sur l'étude de cas relative au carbone intrinsèque de l'agrandissement de la Sauder School of Business de l'Université de la Colombie-Britannique, 2024, 15 octobre, reLoad Sustainable Design Inc.

Rapport sur l'ACV du bâtiment d'agrandissement de l'École de commerce Sauder de l'Université de la Colombie-Britannique, 2024, 24 juillet, reLoad Sustainable Design Inc.

Informations supplémentaires

Projet d'agrandissement de la Sauder School of Business de l'Université de Colombie-Britannique : <https://planning.ubc.ca/SauderExpansion>

Objectifs, exigences et progrès de l'UBC en matière d'émissions de GES : <https://planning.ubc.ca/cap2030>

