

Rapport de projet GES

« Les Pavillons du 49^e, Phases 1 et 2 »

Réalisé par « Les Chantiers de Chibougamau Itée »

Dans le cadre du Programme d'innovation en construction bois

30 juillet 2025



Williams Munoz Toro

Les Chantiers de
Chibougamau Itée

Responsable du projet
GES



Rénald Cloutier

Les Chantiers de
Chibougamau Itée

Responsable administratif de
l'aide financière



Rénald Cloutier

Les Chantiers de
Chibougamau Itée

Bénéficiaire de subvention

Avis de non-responsabilité

Le contenu et les résultats de ce rapport sont produits et présentés par le bénéficiaire de subvention au Programme d'innovation en construction bois (Programme). Le ministère des Ressources Naturelles et des Forêts (MRNF), ainsi que le Plan pour une Économie Verte 2030 (PEV) ne sont pas responsables du contenu de ce document.

Chacune des sections de ce rapport est expliquée dans le *Protocole de quantification des émissions de gaz à effet de serre attribuables à la fabrication de matériaux de structure pour divers scénarios de bâtiments* (Protocole).

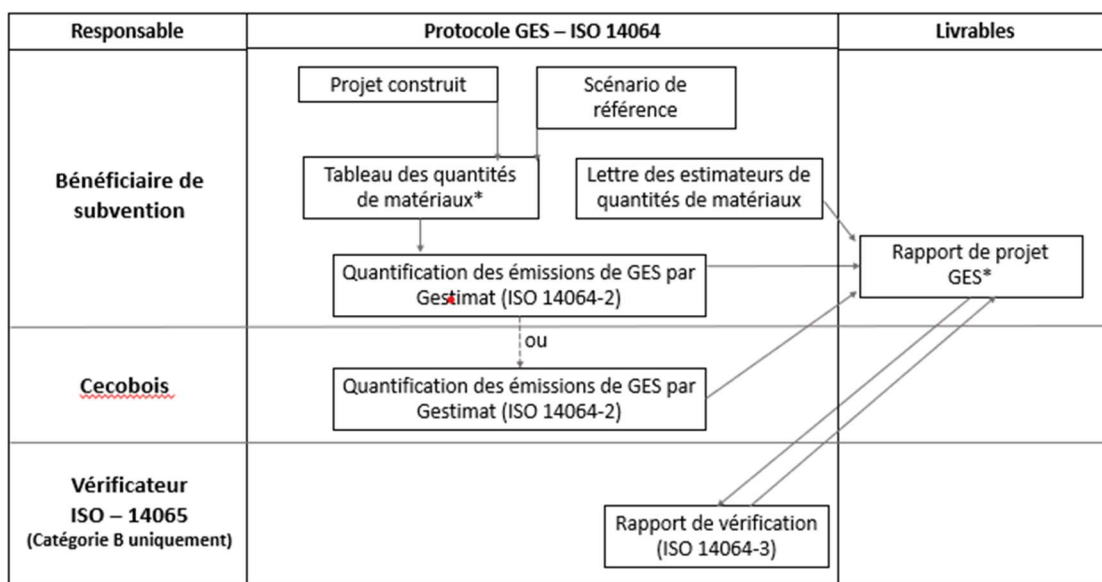
Table des matières

1.	Projet GES	4
1.1	Parties prenantes du Projet GES.....	4
1.2	Titre et lieu de réalisation du projet de construction.....	5
1.3	Description du projet de construction.....	5
1.4	Description et justification du scénario de référence.....	6
1.5	Données du projet GES	8
2.	Quantification des émissions de GES	8
3.	Annexes	9
3.1	Tableaux des quantités de matériaux (.xls);	9
3.1.1	Phase 1 : Structure en bois massif.....	9
3.1.2	Phase 2 : Structure en bois massif.....	10
3.1.3	Scénario de référence – Structure en béton.....	11
3.2	Lettre des estimateurs de quantités de matériaux (Section 6.1 du Protocole);	12
3.3	Rapports complets du Gestimat (Section 7.0 du Protocole) :	13
3.4	Rapport du vérificateur après la vérification suivant la norme ISO 14064-3 (Section 9.0 du Protocole).	14

1. Projet GES

1.1 Parties prenantes du Projet GES

- Bénéficiaire de subvention :
 - ***Les Chantiers de Chibougamau Itée***
- Responsable administratif de l'aide financière :
 - **Rénald Cloutier, *Les Chantiers de Chibougamau Itée***
- Responsable – Rapport du projet GES :
 - **Williams Munoz Toro, *Les Chantiers de Chibougamau Itée***
- Responsable des estimations de quantités de matériaux (ingénieur ou architecte seulement) :
 - Projet construit :
 - **Louis-Philippe Poirier, Ingénieur, *Les Chantiers de Chibougamau Itée – Nordic Structures***
 - Scénario de référence :
 - **Louis-Philippe Poirier, Ingénieur, *Les Chantiers de Chibougamau Itée – Nordic Structures***
- Responsable de la quantification des émissions de GES : « Gabrielle Pichette et Rosaline Larivière-Lajoie », « cecobois ».
- Responsable de la vérification du rapport de projet GES : « à venir »



*Gabarits fournis par le MRNF

1.2 Titre et lieu de réalisation du projet de construction

- Titre du projet :
 - Les Pavillons du 49^e
- Lieu de réalisation du projet de construction :
 - Chibougamau

1.3 Description du projet de construction

- Description du projet de construction (nombre d'étages, superficie totale et superficie par étage, type d'occupation et usage du bâtiment);
 - Les Pavillons du 49^e est un complexe d'immeubles d'habitation modulaires en bois massif au Québec. Le projet est constitué par deux bâtiments de 4 étages, avec une superficie totale de 2226 m² par bâtiment et de 556.5 m² par étage. Le type d'occupation du projet est « Multi-résidentiel » tandis que l'usage principal tel que défini dans le code du bâtiment est celui de « C Habitations ».
 - La clientèle est multiple : des étudiants, des travailleurs temporaires ou permanents, des familles et des gens retraités ont loué les unités. La configuration des logements par bloc est répartie comme suit : 1 studio, 7

logements de deux chambres, dont 2 unités entièrement adaptables, et 12 logements de 3 chambres.

- Description du bâtiment innovant ou de la solution innovante (produit innovant, système de construction, assemblage, nouvelle application, usages actuels et futurs, ampleur, etc.).

Entièrement préfabriqué en usine dans les installations de Chantiers Chibougamau, le complexe de deux bâtiments d'appartements de quatre étages. Chaque bâtiment a été construit à partir de 47 modules en bois massif (CLT et bois lamellé-collé), livrés et installés sur place. La structure est fabriquée de modules d'appartement, de module de corridor et de modules de cages d'escalier et d'ascenseur. Chaque module d'appartement est constitué de dalles de bois lamellé-croisé pour le plancher et le plafond, ainsi que des panneaux de bois lamellé-croisé pour les murs. Des poutres de bois lamellé-collé viennent supporter le module sur la périphérie. Les modules de corridor sont fabriqués d'un plancher de bois lamellé-croisé, ainsi que des murs en ossature légère. Les modules de cages d'escalier et d'ascenseurs sont constitués de panneaux de bois lamellé-croisé verticaux. Chaque tour d'appartement gère ses propres charges sismiques. Le module de cage d'ascenseur gère ses propres efforts sismiques. La charge latérale occasionnée par le corridor dans son axe faible est transférée aux modules d'appartement.

1.4 Description et justification du scénario de référence

Le scénario de référence représente un bâtiment typique semblable au bâtiment construit. De même gabarit et superficie, 4 étages et la même aire de bâtiment, il répond au même usage. Pour des performances acoustiques similaires, une attention doit être portée à la composition des murs inter logements ainsi qu'à la composition des assemblages de planchers. Le béton a été retenu pour sa capacité à fournir des performances acoustiques similaires au niveau des planchers, des colonnes, poutres et murs de fondation. Les murs extérieurs sont des murs standards en montants métalliques ainsi que les cloisons interlogements. Une structure de béton pour les cages verticales a été sélectionnée.

La structure du scénario de référence inclut des poutres, colonnes et dalles en béton. Les murs de fondation ainsi que les cages d'escalier et d'ascenseur sont également en béton. L'armature et le type de béton ont été calculés suivant les ratios reconnus de l'industrie pour un bâtiment comme celui réalisé. Les murs d'enveloppe en ossature métallique ont été également calculés selon les espacements typiques de l'industrie. Pour les cloisons interlogements, le bâtiment Arbora, complexe d'unités résidentielles de condominiums situé à Montréal, a été utilisé comme référence. Atteignant les performances acoustiques requises par le code du bâtiment avec son ossature doublée, il a été utilisé pour l'hypothèse des murs interlogements du scénario de référence.

Tableau 1 : Test de barrières

Obstacles	Option 1 Projet de construction (projet GES)	Option 2 Scénario de référence
Règlementaire	Système de construction permis dans le code de bâtiment.	Système de construction permis dans le code de bâtiment.
Pratique courante	Non	Oui
Financier	Risque financier en lien avec un dépassement des coûts important dû à la courbe d'apprentissage des équipes professionnels et techniques.	Risque financier très atténué et appuyé sur des décennies d'expérience financière et technique.
Technologique	Premiers bâtiments modulaires multiétages (4) en bois massif comme exercice de base pour des bâtiments de 6 étages.	Type de construction du bâtiment cible (6 étages) très connu et utilisé dans le marché des appartements à haute performance de tenue en service et structurale.
Ressources humaines	Le projet GES est une première au Québec et toutes les équipes ont dû être formées pour livrer un produit fini de bonne qualité.	La construction multiétagée en béton est très connue par les différents équipes professionnels et corps de métier.
Infrastructure	Non	Non
Culturel, géographique, climatique	Premier projet de bâtiments modulaires multiétagés (4) en bois massif, mais des exemples de bâtiments « conventionnels » en bois massif dans notre marché aident à mieux accepter ce nouveau type de construction.	Population largement habituée à ce type de construction et très confiante lorsqu'il s'agit de reconnaître le produit et sa performance.
Marché	La construction modulaire multiétagée en bois massif est une innovation en incorporation dans le marché.	Construction conventionnelle très reconnue dans le marché.
Institution, perception du public	- Bonne - Type de construction (structure modulaire en bois massif) avec un plus faible impact GES	- Bonne - Type de construction (structure en béton) avec un gros impact GES

1.5 Données du projet GES

VOLUME TOTAL DE BOIS DANS LE PROJET (m³)
Phase 1 : 988.8 m³
Phase 2 : 993.3 m³

2. Quantification des émissions de GES

ÉMISSIONS GES DU SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE (kg éq. CO₂)	ÉMISSIONS GES DU PROJET CONSTRUIT (kg éq. CO₂)	RÉDUCTION DES ÉMISSIONS GES (kg éq. CO₂)
Phase 1 Sc. Réf. : 316 574 Phase 2 Sc. Réf. : 316 574	Phase 1 : 179 455 Phase 2 : 179 319	Phase 1 : 137 119 Phase 2 : 137 255

3. Annexes

3.1 Tableaux des quantités de matériaux (.xlsm);

3.1.1 Phase 1 : Structure en bois massif

QUANTITÉ DE MATÉRIAUX			INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES	
Matériau	Quantité	Unité	Méthode d'estimation	Commentaires (ex. informations sur le matériau, justification de la précision)
Fondations				
Béton 30 MPa	221	m³		fichier : I21-478-Nordic Structure- Les Pavillon du 49 - POUR CONSTRUCTION
Barres d'armature	7.422	t		fichier : I21-478-Nordic Structure- Les Pavillon du 49 - POUR CONSTRUCTION
AJOUTER				
Poutres et colonnes				
BLC	66.3	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
AJOUTER				
Planchers				
CLT	293.3	m³	Modèle 3D	Planchers des modules fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
CLT	141.1	m³	Modèle 3D	Plafond des modules fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Plaques d'acier épaisses	6805.2	kg	Modèle 3D	Pour tous les modules du bâtiment fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Vis, écrous et boulons	3208.1	kg	Modèle 3D	Pour tous les modules du bâtiment fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Clous	27.9	kg	Modèle 3D	Pour tous les modules du bâtiment fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
AJOUTER				
Toiture				
CLT	78.3	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
AJOUTER				
Murs extérieurs				
CLT	134.9	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
AJOUTER				
Murs intérieurs				
CLT	274.9	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
OSB	0.785	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Bois d'œuvre	1.2782	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Clous	15.3	kg	Plans et devis	
AJOUTER				

3.1.2 Phase 2 : Structure en bois massif

QUANTITÉ DE MATÉRIAUX			INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES	
Matériau	Quantité	Unité	Méthode d'estimation	Commentaires (ex. informations sur le matériau, justification de la précision)
Fondations				
Béton 30 MPa	221	m³	Plans et devis	fichier : I21-478-Nordic Structure- Les Pavillon du 49 - POUR CONSTRUCTION
Barres d'armature	7.422	t	Plans et devis	fichier : I21-478-Nordic Structure- Les Pavillon du 49 - POUR CONSTRUCTION
AJOUTER				
Poutres et colonnes				
BLC	65.1	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
AJOUTER				
Planchers				
CLT	293.1	m³	Modèle 3D	Planchers des modules fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
CLT	141.1	m³	Modèle 3D	Plafond des modules fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Plaques d'acier épaisses	6720	kg	Modèle 3D	Pour tous les modules du bâtiment fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Vis, écrous et boulons	3242.4	kg	Modèle 3D	Pour tous les modules du bâtiment fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Clous	36.1	kg	Modèle 3D	Pour tous les modules du bâtiment fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
AJOUTER				
Toiture				
CLT	78.4	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
AJOUTER				
Murs extérieurs				
CLT	136.2	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
AJOUTER				
Murs intérieurs				
CLT	274.9	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
OSB	0.785	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Bois d'œuvre	1.2782	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Clous	15.3	kg	Plans et devis	
AJOUTER				

3.1.3 Scénario de référence – Structure en béton

QUANTITÉ DE MATÉRIAUX			INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES	
Matériau	Quantité	Unité	Méthode d'estimation	Commentaires (ex. informations sur le matériau, justification de la précision)
Fondations				
Béton 30 MPa	103	m³	Note de calculs	Semelles, mur de fondation
Barres d'armature	9,5	t	Note de calculs	
Béton 25 MPa	53	m³	Note de calculs	Dalle sur sol, balcons extérieurs sur sol
AJOUTER				
Poutres et colonnes				
Béton 30 MPa	133	m³	Note de calculs	colonnes de 10"x10" + murs des cages d'ascenseur
Barres d'armature	9,3	t	Note de calculs	
AJOUTER				
Planchers				
Béton 30 MPa	319	m³	Note de calculs	Dalle 8" + balcons 6"
Barres d'armature	23,1	t	Note de calculs	
AJOUTER				
Toiture				
Béton 30 MPa	105	m³	Note de calculs	Dalle 8"
Barres d'armature	7,3	t	Note de calculs	
AJOUTER				
Murs extérieurs				
Montant métallique	4,684	t	Note de calculs	Montants métalliques de calibre 20, espacés de 406mm c/c. Tel que plans du projet Arbora, comparable.
Autres	14603,04	kg	Plans et devis	Matériau de fermeture d'enveloppe tel que Dens Glass. Superficie des façades de rayonnement utilisée, moins les baies non protégées. Gypse renforcé aux fibres de verre (Dens Glass 5/8", 12kg/m²). Facteur GES développé par le LIRIDE 0.217 kg éq. CO2/kg
Vis, écrous et boulons	93,68	kg	Note de calculs	Une estimation de 2% a été faite pour les connexions et assemblages.
AJOUTER				
Murs intérieurs				
Montant métallique	5,324	t	Note de calculs	Montants métalliques de calibre 20, espacés de 403mm c/c, doublés. Tel que plans du projet Arbora, comparable.
Vis, écrous et boulons	106,48	kg	Note de calculs	Une estimation de 2% a été faite pour les connexions et assemblages.
AJOUTER				

3.2 Lettre des estimateurs de quantités de matériaux (Section 6.1 du Protocole);

NORDIC
STRUCTURES

Montréal,
27 janvier 2025

Objet: Certification des quantités pour la quantification des GES

À qui de droit,

Je, Louis-Philippe Poirier, ing., confirme que les quantités de matériaux pour les bâtiments modulaires du projet « Les Pavillons du 49^e » ainsi que pour le scénario de référence en béton ont été estimées selon les règles du métier pour les fins de la comparaison des GES effectuée par Cecobois.

La méthode d'estimation des quantités respecte le niveau de précision exigé par le PICB-MRNF, soit de minimum 95% pour le projet et de 80% pour le scénario de référence. Je confirme également par la présente que les renseignements et documents fournis comme preuve sont complets et exacts.

Veuillez agréer Madame, Monsieur, mes plus cordiales salutations.


LOUIS-PHILIPPE POIRIER, ing., M.Sc.A.
Directeur des opérations
C 514-808-2888

NORDIC STRUCTURES
100-1100, avenue des Canadiens-de-Montréal
Montréal (Québec) H3B 2S2
T 514-871-8528 1 866 817-3418
nordic.ca

3.3 Rapports complets du Gestimat (Section 7.0 du Protocole) :

cecobois

**Quantification de la réduction
des émissions de gaz à effet de serre
attribuables à la fabrication
de matériaux de structure d'une infrastructure**



Crédit Photo : Ulysse Lemerise

Projet réalisé : Les Pavillons du 49^e (phase 1 et 2)

Rapport produit dans le cadre du Programme d'innovation en
construction bois (PICB)

Client : Chantiers Chibougamau
521 Chemin Merrill, CP 216
Chibougamau, Québec, G8P 2K7

Étude réalisée par : Gabrielle Pichette ing. & Rosaline Larivière-Lajoie, ing.

Approuvée par : Caroline Frenette, ing.

Date : 8 juillet 2024

Révisé le : 29 janvier 2025

Ressources naturelles
et Forêts
Québec

Plan pour une
économie
verte



3.4 Rapport du vérificateur après la vérification suivant la norme ISO 14064-3 (Section 9.0 du Protocole).



RAPPORT DES ACTIVITÉS DE VÉRIFICATION DU RAPPORT DE PROJET
GES DES PAVILLONS DU 49° DANS LE CADRE DU PROGRAMME
D'INNOVATION EN CONSTRUCTION BOIS

Pour :

LES CHANTIERS DE CHIBOUGAMAU LTÉE

Monsieur Williams Munoz Toro

Coordonnateur

1100, avenue des Canadiens-de-Montréal, bureau 100

Montréal (Québec) H3B 2S2

Téléphone : 514 871-5625

williams.munoz@nordic.ca

Par :

MNP S.E.N.C.R.L., s.r.l.

1802, rue King Ouest, bureau 300

Sherbrooke (Québec) J1J 0A2

Téléphone : 819 823-1616

www.mnp.ca

19 février 2025



RAPPORT DES ACTIVITÉS DE VÉRIFICATION DU RAPPORT DE PROJET
GES DES PAVILLONS DU 49° DANS LE CADRE DU PROGRAMME
D'INNOVATION EN CONSTRUCTION BOIS

Pour :

LES CHANTIERS DE CHIBOUGAMAU LTÉE

Monsieur Williams Munoz Toro
Coordonnateur
1100, avenue des Canadiens-de-Montréal, bureau 100
Montréal (Québec) H3B 2S2
Téléphone : 514 871-5625
williams.munoz@nordic.ca

Par :

MNP S.E.N.C.R.L., s.r.l.

1802, rue King Ouest, bureau 300
Sherbrooke (Québec) J1J 0A2
Téléphone : 819 823-1616
www.mnp.ca

19 février 2025



MNP S.E.N.C.R.L., s.r.l.
1802, rue King Ouest
Bureau 300
Sherbrooke (Québec) J1J 0A2
www.mnp.ca

Avis de vérification

Aux gestionnaires de :

LES CHANTIERS DE CHIBOUGAMAU LTÉE

MNP S.E.N.C.R.L., s.r.l. (MNP) a été retenu par Les Chantiers de Chibougamau Ltée (Chantiers Chibougamau) afin de vérifier, en tant que tierce partie indépendante, le rapport de quantification des réductions d'émissions de gaz à effet de serre (GES) attribuables à la fabrication des matériaux de structure de son projet Les Pavillons du 49° (Projet) daté du 31 janvier 2025 (Rapport de projet GES).

Le Projet a été réalisé dans le cadre du *Programme d'innovation en construction bois* du Ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF). Chantiers Chibougamau est responsable de la préparation de son Rapport de projet GES conformément au *Protocole de quantification des émissions de gaz à effet de serre attribuables à la fabrication de matériaux de structure pour divers scénarios de bâtiments* (Protocole). La quantité totale de réductions d'émissions de GES déclarée par Chantiers Chibougamau pour le Projet est de 137 119 kgCO₂éq pour la phase 1 et de 137 255 kgCO₂éq pour la phase 2.

Les objectifs de la vérification étaient de confirmer avec un niveau d'assurance raisonnable que le Rapport de projet GES est conforme aux exigences du Protocole et aux principes de la norme ISO 14064-2:2019 et que la quantité de réductions d'émissions de GES déclarée est exempte d'écart important. La portée de la vérification incluait toutes les émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure du Projet et du scénario de référence mentionnées dans le Protocole en vigueur au moment de la tenue des activités de vérification.

MNP est tenu d'exprimer un avis sur le Rapport de projet GES en se basant sur la vérification. Ainsi, l'équipe de vérification a examiné les documents fournis et a exécuté les procédures suivantes :

- ✓ Analyse des éléments des bâtiments du Projet en comparaison à ceux des bâtiments du scénario de référence afin de statuer sur leur équivalence fonctionnelle structurale;
- ✓ Évaluation de la liste des matériaux de structure des bâtiments du Projet et de celle des bâtiments du scénario de référence à l'aide d'une revue des preuves pour le Projet et de la lettre de l'ingénieurs pour le Projet et le scénario de référence afin de statuer sur l'adéquation des types et des quantités de matériaux utilisés dans le cadre de l'analyse comparative des émissions de GES du Projet et du scénario de référence;
- ✓ Retraçage et traçage des données utilisées pour le calcul des réductions d'émissions de GES;
- ✓ Évaluation du contrôle de la qualité des données fournies et identification des erreurs;
- ✓ Évaluation de la conformité du Rapport de projet GES avec les exigences du Protocole.

Les données corroborant le Rapport de projet GES sont de type historique pour le projet et basées sur des hypothèses pour le scénario de référence. Elles proviennent de mesures ou d'estimations effectuées par Chantiers Chibougamau ou de factures de ses fournisseurs.

MNP conclut, avec un niveau d'assurance raisonnable, que la quantité de réductions d'émissions de GES attribuable à la fabrication des matériaux de structure déclarée par Chantiers Chibougama pour son projet Les Pavillons du 49° est exempte d'écarts importants et que le Rapport de projet GES répond aux exigences du Protocole.

L'avis de vérification fourni par MNP est donc positif.

Cependant, rien dans ce rapport de vérification ne doit être interprété à l'effet que la construction de ces bâtiments aurait généré ces réductions d'émissions de GES, car le Protocole utilisé ne concerne que la fabrication des matériaux.



Manon Laporte

Directrice générale, Services et audits GES

MNP S.E.N.C.R.L., s.r.l.

Numéro d'accréditation au Conseil canadien des normes : 1009-7/2

Le 19 février 2025

TABLE DES MATIÈRES

1.	SOMMAIRE DES INFORMATIONS SUR LA VÉRIFICATION.....	1
1.1	Information sur l'organisme de vérification	1
1.2	Information sur l'équipe de vérification et l'examineur indépendant affectés au mandat.....	1
1.3	Information sur les activités de vérification.....	2
1.4	Information sur le projet vérifié.....	3
2.	MÉTHODOLOGIE ET RÉSULTATS DE LA VÉRIFICATION.....	4
2.1	Revue des sources d'émission à déclarer.....	4
2.2	Évaluation de la justification du scénario de référence.....	4
2.3	Évaluation des méthodologies de quantification des réductions d'émissions de GES..	4
2.4	Recalcul des réductions d'émissions de GES	4
2.5	Retraçage et traçage des données.....	5
2.6	Évaluation des procédures de contrôle de la qualité des données et des calculs	5
2.7	Révision du rapport de projet GES.....	6
2.8	Faits découverts après la vérification.....	6
3.	CONCLUSIONS DE LA VÉRIFICATION.....	7
3.1	Sommaire des écarts résiduels	7
3.2	Sommaire des non-conformités.....	7
3.3	Sommaire des opportunités d'amélioration	7

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Résultats du retraçage et traçage des données	5
---	---

ANNEXES

ANNEXE I	DÉCLARATION DE CONFLITS D'INTÉRÊTS
ANNEXE II	RAPPORT DE PROJET GES DES PAVILLONS DU 49°

1. SOMMAIRE DES INFORMATIONS SUR LA VÉRIFICATION

1.1 Information sur l'organisme de vérification

Nom et coordonnées	MNP S.E.N.C.R.L., s.r.l. 1802, rue King Ouest, bureau 300 Sherbrooke (Québec) J1J 0A2 Tél. : 819 823-1616
Représentant	Manon Laporte, B.Sc., MBA <i>Directrice générale, Services et audits GES</i> manon.laporte@mnp.ca
Organisme d'accréditation	Conseil canadien des normes 55, rue Metcalfe, bureau 600 Ottawa (Ontario) K1P 6L5 Tél. : 613 238-3222 Fax : 613 569-7808
Numéro d'accréditation	1009-7/2
Date d'accréditation	29 juillet 2011

1.2 Information sur l'équipe de vérification et l'examineur indépendant affectés au mandat

Vérificatrice en chef et experte technique	Melissa Windsor, B.Sc.A. 1802, rue King Ouest, bureau 300 Sherbrooke (Québec) J1J 0A2 Tél. : 819 823-1616 melissa.windsor@mnp.ca
Examinatrice indépendante	Camille Mooney, ing., M.Env. 1802, rue King Ouest, bureau 300 Sherbrooke (Québec) J1J 0A2 Tél. : 819 823-1616 camille.mooney@mnp.ca

1.3 Information sur les activités de vérification

Objectifs	Exprimer une opinion sur la conformité du Rapport de projet GES par rapport aux principes de la norme ISO 14064-2:2019 et aux exigences du <i>Programme d'innovation en construction bois</i> et du <i>Protocole de quantification des émissions de gaz à effet de serre attribuables à la fabrication de matériaux de structure pour divers scénarios de bâtiments</i> (Protocole). Déterminer si la quantité de réductions d'émissions de GES déclarée est exempte d'écarts importants.
Période de la tenue des activités	21 janvier au 19 février 2025
Niveau d'assurance	Raisonnable
Critères de vérification	Principes de la norme ISO 14064-2:2019 – <i>Spécifications et lignes directrices, au niveau des projets, pour la quantification, la surveillance et la déclaration des réductions d'émissions ou d'accroissements de suppressions de gaz à effet de serre</i> et exigences du Protocole en vigueur au moment de réaliser le mandat.
Norme de vérification	ISO 14064-3:2019 — <i>Spécifications et lignes directrices pour la vérification et la validation des déclarations des gaz à effet de serre</i>
Seuil d'importance relative	5 % du total des réductions d'émissions de GES
Sources d'émission visées	Selon les critères du Protocole
Période couverte	N/A
Conservation des documents	Tous les documents fournis initialement par Chantiers Chibougamau ou recueillis lors des activités de vérification (photocopies, photos, notes des vérificateurs, fichiers électroniques, correspondances électroniques ou autres) sont conservés sous format électronique sur un serveur sécurisé ou dans un classeur à accès restreint si seulement une copie papier est disponible. L'ensemble de ces documents sera conservé pour une durée minimale de sept années. Les dossiers de vérification peuvent être fournis sur demande écrite pour des motifs raisonnables et avec le consentement écrit de Chantiers Chibougamau.
Absence de conflits d'intérêts	Une évaluation des risques pour l'impartialité a été réalisée par l'équipe de vérification afin d'évaluer les conflits d'intérêts (réels et potentiels) entre elle-même, l'organisme de vérification et le promoteur du Projet. Une déclaration d'absence de conflit d'intérêts est disponible en annexe.

1.4 Information sur le projet vérifié

Nom de l'entreprise responsable du projet	Les Chantiers de Chibougamau Ltée
Emplacement du projet de construction	449 Chemin Merrill Chibougamau (Québec) G8P 0A6
Nom et coordonnées de la personne-ressource	Williams Munoz Toro <i>Coordonnateur</i> Tél. : 514 871-5625 williams.munoz@nordic.ca
Infrastructures physiques, activités et technologies	Matériaux de structure de bâtiments
Informations supplémentaires	La projet consiste en la construction de deux bâtiments (Phases 1 et 2) d'habitation modulaires en bois massif.
Réductions totales déclarées pour le Projet	137 119 kgCO ₂ éq pour la Phase 1 137 255 kg CO ₂ éq pour la Phase 2

2. MÉTHODOLOGIE ET RÉSULTATS DE LA VÉRIFICATION

2.1 Revue des sources d'émission à déclarer

Une revue des listes de matériaux de structure des bâtiments du Projet et des bâtiments du scénario de référence a été réalisée avec la collaboration du responsable du Rapport de projet GES de Chantiers Chibougamau.

MNP conclut que toutes les sources d'émissions de GES exigées par le Protocole ont été considérées pour le Projet et le scénario de référence.

2.2 Évaluation de la justification du scénario de référence

La sélection et la justification du scénario de référence ont été examinées.

Pour en arriver au choix d'un scénario de référence, Chantiers Chibougamau a réalisé un test de barrières. Toutefois, un seul scénario a été considéré pour ce test. Chantiers Chibougamau aurait pu inclure une autre possibilité de scénario de référence à son test de barrières afin de justifier la sélection du scénario de référence qui consiste à utiliser une structure en béton (OA 1).

Lors de l'appel, Chantiers Chibougamau a justifié la sélection du scénario de référence en béton plutôt qu'en acier en indiquant que les performances acoustiques et structurales des bâtiments du Projet étaient similaires au béton.

MNP conclut que la justification du scénario de référence correspond aux exigences du Protocole, à l'exception de l'élément mentionné précédemment.

2.3 Évaluation des méthodologies de quantification des réductions d'émissions de GES

La quantification des émissions de GES du Projet et du scénario de référence, ainsi que des réductions d'émissions, a été réalisée par Cecobois à l'aide du logiciel Gestimat.

Dans la première version du Rapport de projet, la donnée d'émission de GES du matériau « Autres » utilisé pour le scénario de référence n'était pas indiquée dans le tableau des quantités de matériaux. La donnée d'émissions a été ajoutée dans une version révisée du Rapport de projet, et Chantiers Chibougamau a fourni toute la documentation pertinente à la justification de cette donnée, tel que requis par le Protocole.

MNP conclut que la méthodologie de quantification des réductions d'émissions de GES correspond aux exigences du Protocole.

2.4 Recalcul des réductions d'émissions de GES

Toutes les émissions du Projet et du scénario de référence ont été calculées à l'aide du logiciel Gestimat. Tel que prévu au Protocole, un recalcul des réductions d'émissions de GES n'avait pas à être effectué.

2.5 Retraçage et traçage des données

Le retraçage et le traçage des données utilisées pour calculer les émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure ont été faits pour le Projet et pour le scénario de référence. Pour ce faire, les quantités de chacun des matériaux utilisées dans le calcul des émissions de GES ont été comparées aux données recueillies lors de la construction pour le Projet et aux estimations obtenues à partir d'un dimensionnement préliminaire de la structure des bâtiments pour le scénario de référence. Les quantités pour chacun des scénarios ont également été comparées aux quantités attestées par les professionnels responsables de la collecte des données.

Les quantités et les types de matériaux constituant les sources d'émissions de GES pour lesquelles le retraçage des données a été effectué représentent 100 % des émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure du Projet et 100 % des émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure du scénario de référence. Les types de données et les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 1 : Résultats du retraçage et traçage des données

Matériaux de construction	Observations
Béton 30 MPa	Aucune divergence n'a été constatée sur les quantités retracées pour l'ensemble des matériaux du Projet et du scénario de référence, pour les Phases 1 et 2.
Barres d'armature	
Bois lamellé-collé (BLC)	
Bois lamellé-croisé (CLT)	
Plaques d'acier épaisses	Toutefois, il est à noter que tous les matériaux d'attache (vis, écrous et boulons, clous et plaques d'acier) ont été inclus dans le système constructif du plancher. Chantiers Chibougamau aurait pu séparer les matériaux d'attache selon le système constructif auquel ils appartiennent (OA 2).
Vis, écrous et boulons	
Clous	
Panneau de lamelles orientées (OSB)	
Bois d'œuvre	
Autres	
Montant métallique	

MNP conclut que les données servant aux calculs des réductions d'émissions de GES déclarées sont exemptes d'écarts significatifs.

2.6 Évaluation des procédures de contrôle de la qualité des données et des calculs

Chantiers Chibougamau a mis en place bon nombre de contrôles qui permettent d'assurer la qualité des données servant aux calculs des réductions d'émissions de GES déclarées ainsi que celle des calculs eux-mêmes. Entre autres, les données réelles provenant des plans et d'un logiciel de planification ont été utilisées pour le Projet et les calculs ont été vérifiés par une seconde personne.

MNP conclut que les procédures de contrôle de la qualité des données et des calculs sont suffisantes pour les besoins du Rapport de projet GES.

2.7 Révision du rapport de projet GES

Le Rapport de projet GES présentant la quantification des réductions d'émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure du Projet de Chantiers Chibougamau a été revu.

Dans la première version de ce rapport, la lettre d'attestation des quantités de matériaux fournie par l'ingénieur ne spécifiait pas le niveau de précision et n'attestait pas que les renseignements fournis étaient complets et exacts. Cet élément a été corrigé et une nouvelle version du Rapport de projet a été préparée.

MNP conclut que le Rapport de projet GES est conforme aux exigences du Protocole.

2.8 Faits découverts après la vérification

Tel que stipulé à la section 10 de la norme ISO 14064-3 :2019, si des écarts importants sont découverts après la vérification, MNP devrait en être informée par écrit dans les meilleurs délais. Au besoin, le rapport de vérification sera rectifié et un nouvel avis de vérification pourrait être émis.

3. CONCLUSIONS DE LA VÉRIFICATION

3.1 Sommaire des écarts résiduels

Aucun écart résiduel n'a été constaté.

3.2 Sommaire des non-conformités

Aucune non-conformité n'a été identifiée.

3.3 Sommaire des opportunités d'amélioration

Les opportunités d'amélioration suivantes ont été identifiées :

OA 1 *Chantiers Chibougamau aurait pu établir plusieurs scénarios de référence possibles et les inclure à son test de barrières afin de déterminer celui qui est le plus probable.*

OA 2 *Chantiers Chibougamau aurait pu séparer les matériaux d'attache selon le système constructif auquel ils appartiennent.*

ANNEXES

ANNEXE I DÉCLARATION DE CONFLITS D'INTÉRÊTS

Nom et coordonnées de l'organisme de vérification



Bureau de Sherbrooke

1802, rue King Ouest, bureau 300

Sherbrooke (Québec) J1J 0A2

Téléphone : 819 823-1616

www.mnp.ca

Domaines d'activités inclus à la portée de l'accréditation

MNP inc. est un organisme accrédité selon la norme ISO 14065:2020 par le Conseil canadien des normes dans le cadre du Programme d'accréditation pour les gaz à effet de serre (PAGES). Le tableau suivant présente les domaines d'activités inclus à la portée de l'accréditation de MNP.

Domaines d'activités

Organisation

G1 S1.1	Général : Service
G1 S2	Procédés généraux de fabrication
G1 S3.1	Production d'énergie et transferts d'électricité : Production d'énergie
G1 S3.2	Production d'énergie et transferts d'électricité : Transferts d'électricité
G1 S4	Activité minière et extraction de minéraux
G1 S5	Production de métaux
G1 S6	Industrie chimique
G1 S7	Extraction de pétrole et de gaz, production et raffinage, y compris les produits pétrochimiques
G1 S8	Manutention et élimination des déchets
G1 S9	Agriculture, foresterie et changement d'affectation des terres (AFOLU)

Projet - Validation

G2 SA.1	Réduction des émissions de GES provenant de la combustion de carburants : Production d'énergie renouvelable
G2 SA.3	Réduction des émissions de GES provenant de la combustion de carburant : Transport
G2 SC	Réduction et élimination des émissions de GES provenant de l'agriculture, de la foresterie et des autres utilisations des terres (AFOLU)
G2 SF	Décomposition des déchets, manipulation et élimination
VCS 14	Agriculture, foresterie, utilisation des terres

Projet - Vérification

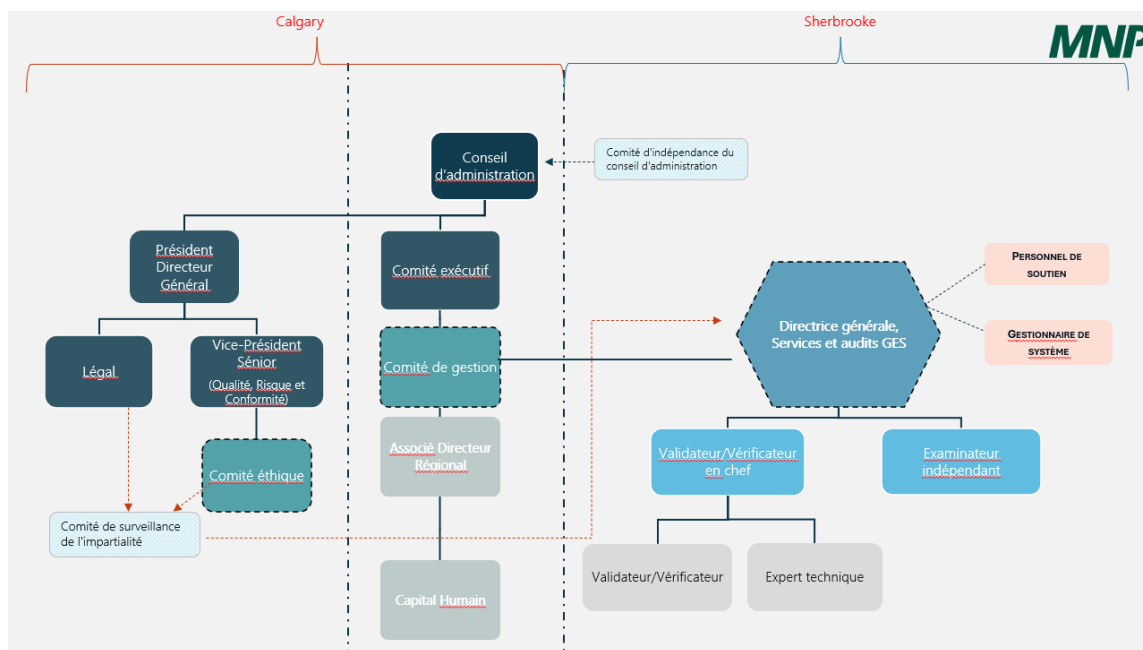
G3 SA.1	Réduction des émissions de GES provenant de la combustion de carburants : Production d'énergie renouvelable
G3 SA.3	Réduction des émissions de GES provenant de la combustion de carburant : Transport
G3 SB	Réduction des émissions de GES provenant de procédés industriels (non-combustion, réactions chimiques, émissions chimiques fugitives, torchage et éventage du pétrole, etc.)
G3 SC	Réduction et élimination des émissions de GES provenant de l'agriculture, de la foresterie et d'autres utilisations des terres (AFOLU)
G3 SF	Décomposition des déchets, manipulation et élimination
VCS 14	Agriculture, foresterie, utilisation des terres

Programme de réglementation des carburants propres (RCP)

2	Combustibles renouvelables/Biocombustibles/Combustibles à faible intensité en carbone (IC)
---	--

Organigramme de l'organisme de vérification

La figure suivante présente l'organigramme pour les activités de vérification de MNP :



Équipe de vérification et examinateur indépendant

Le tableau qui suit présente les noms et coordonnées des membres de l'équipe de vérification et de l'examineur indépendant.

Rôle	Nom	Coordonnées
Vérificatrice en chef et experte technique	Melissa Windsor, B.Sc.A.	1802, rue King Ouest, bureau 300 Sherbrooke (Québec) J1J 0A2 Tél. : 819 823-1616 melissa.windsor@mnp.ca
Examinatrice indépendante	Camille Mooney, ing., M.Env.	1802, rue King Ouest, bureau 300 Sherbrooke (Québec) J1J 0A2 Tél. : 819 823-1616 camille.mooney@mnp.ca

Attestation d'impartialité

MNP et son équipe de vérification ont réalisé une évaluation des risques de conflits d'intérêts. MNP déclare que le risque de conflit d'intérêts est acceptable.



Date : 19 février 2025

MNP S.E.N.C.R.L., s.r.l.

Manon Laporte, B.Sc., MBA

Directrice générale, Services et audits GES

Vérificatrice en chef

En tant que vérificatrice en chef, je déclare être compétente et avoir participé à toutes les activités du processus de vérification.

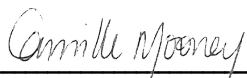


Date : 19 février 2025

Melissa Windsor, B.Sc.A.

Examinatrice indépendante

En tant qu'examinatrice indépendante, je déclare également être compétente et m'être assurée que toutes les étapes du processus de vérification ont été complétées et que les preuves recueillies par l'équipe de vérification sont suffisantes pour supporter l'opinion donnée dans l'avis de vérification avec un niveau d'assurance raisonnable.



Date : 19 février 2025

Camille Mooney, ing., M.Env.

Ordre des ingénieurs du Québec : 6013848

ANNEXE II RAPPORT DE PROJET GES DES PAVILLONS DU 49°

Rapport de projet GES

« Les Pavillons du 49^e, Phases 1 et 2 »

Réalisé par « Les Chantiers de Chibougamau Itée »

Dans le cadre du Programme d'innovation en construction bois

31 janvier 2025



Williams Munoz Toro

Les Chantiers de
Chibougamau Itée

Responsable du projet
GES



Rénald Cloutier

Les Chantiers de
Chibougamau Itée

Responsable administratif de
l'aide financière



Rénald Cloutier

Les Chantiers de
Chibougamau Itée

Bénéficiaire de subvention

Avis de non-responsabilité

Le contenu et les résultats de ce rapport sont produits et présentés par le bénéficiaire de subvention au Programme d'innovation en construction bois (Programme). Le ministère des Ressources Naturelles et des Forêts (MRNF), ainsi que le Plan pour une Économie Verte 2030 (PEV) ne sont pas responsables du contenu de ce document.

Chacune des sections de ce rapport est expliquée dans le *Protocole de quantification des émissions de gaz à effet de serre attribuables à la fabrication de matériaux de structure pour divers scénarios de bâtiments* (Protocole).

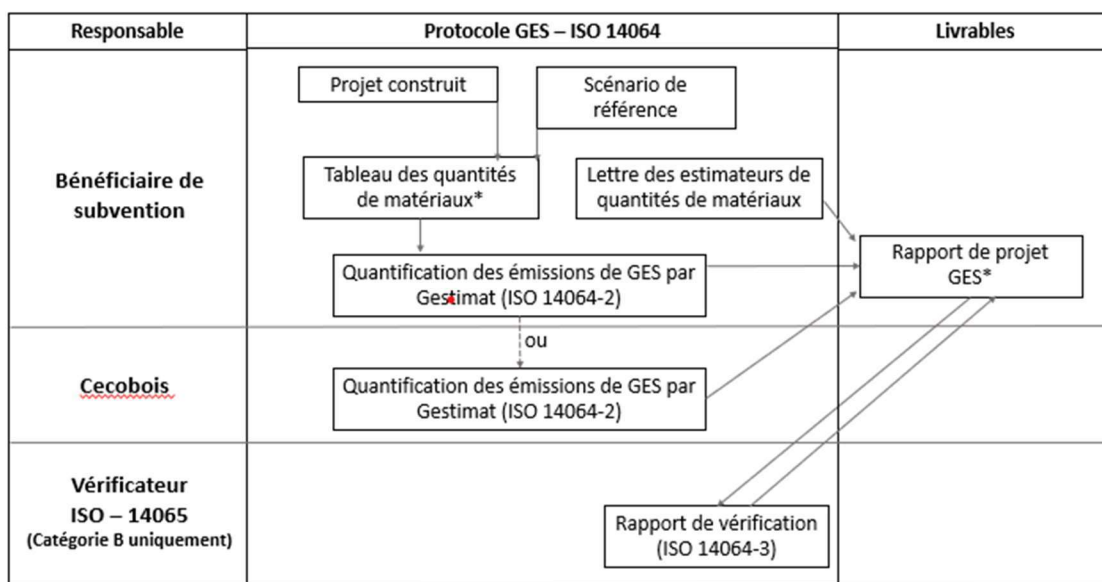
Table des matières

1.	Projet GES	4
1.1	Parties prenantes du Projet GES.....	4
1.2	Titre et lieu de réalisation du projet de construction.....	5
1.3	Description du projet de construction.....	5
1.4	Description et justification du scénario de référence.....	6
1.5	Données du projet GES.....	8
2.	Quantification des émissions de GES.....	8
3.	Annexes	9
3.1	Tableaux des quantités de matériaux (.xls);	9
3.1.1	Phase 1 : Structure en bois massif.....	9
3.1.2	Phase 2 : Structure en bois massif.....	10
3.1.3	Scénario de référence – Structure en béton.....	11
3.2	Lettre des estimateurs de quantités de matériaux (Section 6.1 du Protocole);	12
3.3	Rapports complets du Gestimat (Section 7.0 du Protocole) :	13
3.4	Rapport du vérificateur après la vérification suivant la norme ISO 14064-3 (Section 9.0 du Protocole).	14

1. Projet GES

1.1 Parties prenantes du Projet GES

- Bénéficiaire de subvention :
 - ***Les Chantiers de Chibougamau Itée***
- Responsable administratif de l'aide financière :
 - **Rénald Cloutier, *Les Chantiers de Chibougamau Itée***
- Responsable – Rapport du projet GES :
 - **Williams Munoz Toro, *Les Chantiers de Chibougamau Itée***
- Responsable des estimations de quantités de matériaux (ingénieur ou architecte seulement) :
 - Projet construit :
 - **Louis-Philippe Poirier, Ingénieur, *Les Chantiers de Chibougamau Itée – Nordic Structures***
 - Scénario de référence :
 - **Louis-Philippe Poirier, Ingénieur, *Les Chantiers de Chibougamau Itée – Nordic Structures***
- Responsable de la quantification des émissions de GES : « Gabrielle Pichette et Rosaline Larivière-Lajoie », « cecobois ».
- Responsable de la vérification du rapport de projet GES : « à venir »



*Gabarits fournis par le MRNF

1.2 Titre et lieu de réalisation du projet de construction

- Titre du projet :
 - **Les Pavillons du 49^e**
- Lieu de réalisation du projet de construction :
 - **Chibougamau**

1.3 Description du projet de construction

- Description du projet de construction (nombre d'étages, superficie totale et superficie par étage, type d'occupation et usage du bâtiment);
 - **Les Pavillons du 49^e** est un complexe d'immeubles d'habitation modulaires en bois massif au Québec. Le projet est constitué par deux bâtiments de 4 étages, avec une superficie totale de 2226 m² par bâtiment et de 556.5 m² par étage. Le type d'occupation du projet est « Multi-résidentiel » tandis que l'usage principal tel que défini dans le code du bâtiment est celui de « C Habitations ».
 - La clientèle est multiple : des étudiants, des travailleurs temporaires ou permanents, des familles et des gens retraités ont loué les unités. La configuration des logements par bloc est répartie comme suit : 1 studio, 7

logements de deux chambres, dont 2 unités entièrement adaptables, et 12 logements de 3 chambres.

- Description du bâtiment innovant ou de la solution innovante (produit innovant, système de construction, assemblage, nouvelle application, usages actuels et futurs, ampleur, etc.).

Entièrement préfabriqué en usine dans les installations de Chantiers Chibougamau, le complexe de deux bâtiments d'appartements de quatre étages. Chaque bâtiment a été construit à partir de 47 modules en bois massif (CLT et bois lamellé-collé), livrés et installés sur place. La structure est fabriquée de modules d'appartement, de module de corridor et de modules de cages d'escalier et d'ascenseur. Chaque module d'appartement est constitué de dalles de bois lamellé-croisé pour le plancher et le plafond, ainsi que des panneaux de bois lamellé-croisé pour les murs. Des poutres de bois lamellé-collé viennent supporter le module sur la périphérie. Les modules de corridor sont fabriqués d'un plancher de bois lamellé-croisé, ainsi que des murs en ossature légère. Les modules de cages d'escalier et d'ascenseurs sont constitués de panneaux de bois lamellé-croisé verticaux. Chaque tour d'appartement gère ses propres charges sismiques. Le module de cage d'ascenseur gère ses propres efforts sismiques. La charge latérale occasionnée par le corridor dans son axe faible est transférée aux modules d'appartement.

1.4 Description et justification du scénario de référence

Le scénario de référence représente un bâtiment typique semblable au bâtiment construit. De même gabarit et superficie, 4 étages et la même aire de bâtiment, il répond au même usage. Pour des performances acoustiques similaires, une attention doit être portée à la composition des murs inter logements ainsi qu'à la composition des assemblages de planchers. Le béton a été retenu pour sa capacité à fournir des performances acoustiques similaires au niveau des planchers, des colonnes, poutres et murs de fondation. Les murs extérieurs sont des murs standards en montants métalliques ainsi que les cloisons interlogements. Une structure de béton pour les cages verticales a été sélectionnée.

La structure du scénario de référence inclut des poutres, colonnes et dalles en béton. Les murs de fondation ainsi que les cages d'escalier et d'ascenseur sont également en béton. L'armature et le type de béton ont été calculés suivant les ratios reconnus de l'industrie pour un bâtiment comme celui réalisé. Les murs d'enveloppe en ossature métallique ont été également calculés selon les espacements typiques de l'industrie. Pour les cloisons interlogements, le bâtiment Arbora, complexe d'unités résidentielles de condominiums situé à Montréal, a été utilisé comme référence. Atteignant les performances acoustiques requises par le code du bâtiment avec son ossature doublée, il a été utilisé pour l'hypothèse des murs interlogements du scénario de référence.

Tableau 1 : Test de barrières

Obstacles	Option 1 Projet de construction (projet GES)	Option 2 Scénario de référence
Règlementaire	Système de construction permis dans le code de bâtiment.	Système de construction permis dans le code de bâtiment.
Pratique courante	Non	Oui
Financier	Risque financier en lien avec un dépassement des coûts important dû à la courbe d'apprentissage des équipes professionnels et techniques.	Risque financier très atténué et appuyé sur des décennies d'expérience financière et technique.
Technologique	Premiers bâtiments modulaires multiétages (4) en bois massif comme exercice de base pour des bâtiments de 6 étages.	Type de construction du bâtiment cible (6 étages) très connu et utilisé dans le marché des appartements à haute performance de tenue en service et structurale.
Ressources humaines	Le projet GES est une première au Québec et toutes les équipes ont dû être formées pour livrer un produit fini de bonne qualité.	La construction multiétagée en béton est très connue par les différents équipes professionnels et corps de métier.
Infrastructure	Non	Non
Culturel, géographique, climatique	Premier projet de bâtiments modulaires multiétages (4) en bois massif, mais des exemples de bâtiments « conventionnels » en bois massif dans notre marché aident à mieux accepter ce nouveau type de construction.	Population largement habituée à ce type de construction et très confiante lorsqu'il s'agit de reconnaître le produit et sa performance.
Marché	La construction modulaire multiétagée en bois massif est une innovation en incorporation dans le marché.	Construction conventionnelle très reconnue dans le marché.
Institution, perception du public	- Bonne - Type de construction (structure modulaire en bois massif) avec un plus faible impact GES	- Bonne - Type de construction (structure en béton) avec un gros impact GES

1.5 Données du projet GES

VOLUME TOTAL DE BOIS DANS LE PROJET (m³)
Phase 1 : 988.8 m³
Phase 2 : 993.3 m³

2. Quantification des émissions de GES

ÉMISSIONS GES DU SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE (kg éq. CO₂)	ÉMISSIONS GES DU PROJET CONSTRUIT (kg éq. CO₂)	RÉDUCTION DES ÉMISSIONS GES (kg éq. CO₂)
Phase 1 Sc. Réf. : 316 574 Phase 2 Sc. Réf. : 316 574	Phase 1 : 179 455 Phase 2 : 179 319	Phase 1 : 137 119 Phase 2 : 137 255

3. Annexes

3.1 Tableaux des quantités de matériaux (.xslm);

3.1.1 Phase 1 : Structure en bois massif

QUANTITÉ DE MATÉRIAUX			INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES	
Matériau	Quantité	Unité	Méthode d'estimation	Commentaires (ex. informations sur le matériau, justification de la précision)
Fondations				
Béton 30 MPa	221	m³		fichier : I21-478-Nordic Structure- Les Pavillon du 49 - POUR CONSTRUCTION
Barres d'armature	7.422	t		fichier : I21-478-Nordic Structure- Les Pavillon du 49 - POUR CONSTRUCTION
AJOUTER				
Poutres et colonnes				
BLC	66.3	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
AJOUTER				
Planchers				
CLT	293.3	m³	Modèle 3D	Planchers des modules fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
CLT	141.1	m³	Modèle 3D	Plafond des modules fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Plaques d'acier épaisses	6805.2	kg	Modèle 3D	Pour tous les modules du bâtiment fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Vis, écrous et boulons	3208.1	kg	Modèle 3D	Pour tous les modules du bâtiment fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Clous	27.9	kg	Modèle 3D	Pour tous les modules du bâtiment fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
AJOUTER				
Toiture				
CLT	78.3	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
AJOUTER				
Murs extérieurs				
CLT	134.9	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
AJOUTER				
Murs intérieurs				
CLT	274.9	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
OSB	0.785	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Bois d'œuvre	1.2782	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Clous	15.3	kg	Plans et devis	
AJOUTER				

3.1.2 Phase 2 : Structure en bois massif

QUANTITÉ DE MATÉRIAUX			INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES	
Matériau	Quantité	Unité	Méthode d'estimation	Commentaires (ex. informations sur le matériau, justification de la précision)
Fondations				
Béton 30 MPa	221	m³	Plans et devis	fichier : I21-478-Nordic Structure- Les Pavillon du 49 - POUR CONSTRUCTION
Barres d'armature	7.422	t	Plans et devis	fichier : I21-478-Nordic Structure- Les Pavillon du 49 - POUR CONSTRUCTION
AJOUTER				
Poutres et colonnes				
BLC	65.1	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
AJOUTER				
Planchers				
CLT	293.1	m³	Modèle 3D	Planchers des modules fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
CLT	141.1	m³	Modèle 3D	Plafond des modules fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Plaques d'acier épaisses	6720	kg	Modèle 3D	Pour tous les modules du bâtiment fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Vis, écrous et boulons	3242.4	kg	Modèle 3D	Pour tous les modules du bâtiment fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Clous	36.1	kg	Modèle 3D	Pour tous les modules du bâtiment fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
AJOUTER				
Toiture				
CLT	78.4	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
AJOUTER				
Murs extérieurs				
CLT	136.2	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
AJOUTER				
Murs intérieurs				
CLT	274.9	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
OSB	0.785	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Bois d'œuvre	1.2782	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Clous	15.3	kg	Plans et devis	
AJOUTER				

3.1.3 Scénario de référence – Structure en béton

QUANTITÉ DE MATÉRIAUX			INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES	
Matériau	Quantité	Unité	Méthode d'estimation	Commentaires (ex. informations sur le matériau, justification de la précision)
Fondations				
Béton 30 MPa	103	m³	Note de calculs	Semelles, mur de fondation
Barres d'armature	9,5	t	Note de calculs	
Béton 25 MPa	53	m³	Note de calculs	Dalle sur sol, balcons extérieurs sur sol
AJOUTER				
Poutres et colonnes				
Béton 30 MPa	133	m³	Note de calculs	colonnes de 10"x10" + murs des cages d'ascenseur
Barres d'armature	9,3	t	Note de calculs	
AJOUTER				
Planchers				
Béton 30 MPa	319	m³	Note de calculs	Dalle 8" + balcons 6"
Barres d'armature	23,1	t	Note de calculs	
AJOUTER				
Toiture				
Béton 30 MPa	105	m³	Note de calculs	Dalle 8"
Barres d'armature	7,3	t	Note de calculs	
AJOUTER				
Murs extérieurs				
Montant métallique	4,684	t	Note de calculs	Montants métalliques de calibre 20, espacés de 406mm c/c. Tel que plans du projet Arbora, comparable.
Autres	14603,04	kg	Plans et devis	Matériau de fermeture d'enveloppe tel que Dens Glass. Superficie des façades de rayonnement utilisée, moins les baies non protégées. Gypse renforcé aux fibres de verre (Dens Glass 5/8", 12kg/m²). Facteur GES développé par le LIRIDE 0.217 kg éq. CO2/kg
Vis, écrous et boulons	93,68	kg	Note de calculs	Une estimation de 2% a été faite pour les connexions et assemblages.
AJOUTER				
Murs intérieurs				
Montant métallique	5,324	t	Note de calculs	Montants métalliques de calibre 20, espacés de 403mm c/c, doublés. Tel que plans du projet Arbora, comparable.
Vis, écrous et boulons	106,48	kg	Note de calculs	Une estimation de 2% a été faite pour les connexions et assemblages.
AJOUTER				

3.2 Lettre des estimateurs de quantités de matériaux (Section 6.1 du Protocole);

NORDIC
STRUCTURES

Montréal,
27 janvier 2025

Objet: Certification des quantités pour la quantification des GES

À qui de droit,

Je, Louis-Philippe Poirier, ing., confirme que les quantités de matériaux pour les bâtiments modulaires du projet « Les Pavillons du 49^e » ainsi que pour le scénario de référence en béton ont été estimées selon les règles du métier pour les fins de la comparaison des GES effectuée par Cecobois.

La méthode d'estimation des quantités respecte le niveau de précision exigé par le PICB-MRNF, soit de minimum 95% pour le projet et de 80% pour le scénario de référence. Je confirme également par la présente que les renseignements et documents fournis comme preuve sont complets et exacts.

Veuillez agréer Madame, Monsieur, mes plus cordiales salutations.


LOUIS-PHILIPPE POIRIER, ing., M.Sc.A.
Directeur des opérations
C 514-806-2866

NORDIC STRUCTURES
100-1100, avenue des Canadiens-de-Montréal
Montréal (Québec) H3B 2S2
T 514-871-8528 1 866 817-3418
nordic.ca

3.3 Rapports complets du Gestimat (Section 7.0 du Protocole) :



**Quantification de la réduction
des émissions de gaz à effet de serre
attribuables à la fabrication
de matériaux de structure d'une infrastructure**



Crédit Photo : Ulysse Lemerise

Projet réalisé : Les Pavillons du 49° (phase 1 et 2)

Rapport produit dans le cadre du Programme d'innovation en
construction bois (PICB)

Client : Chantiers Chibougamau
521 Chemin Merrill, CP 216
Chibougamau, Québec, G8P 2K7

Étude réalisée par : Gabrielle Pichette ing. & Rosaline Larivière-Lajoie, ing.

Approuvée par : Caroline Frenette, ing.

Date : 8 juillet 2024

Révisé le : 29 janvier 2025

Ressources naturelles
et Forêts
Québec

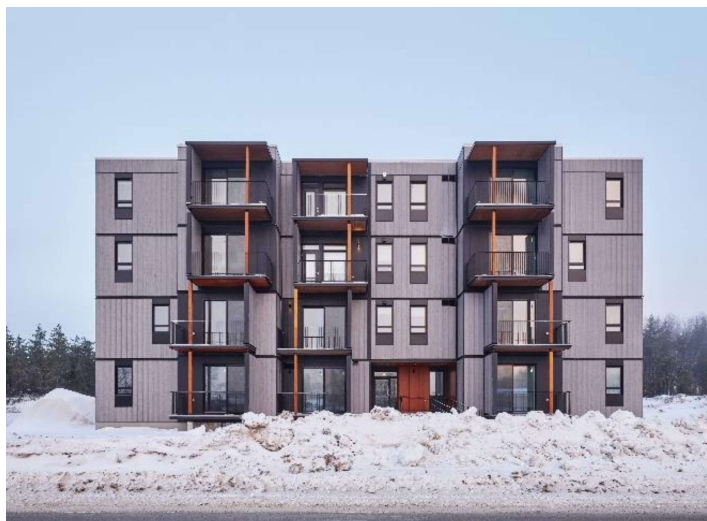


Plan pour une
économie
verte





**Quantification de la réduction
des émissions de gaz à effet de serre
attribuables à la fabrication
de matériaux de structure d'une infrastructure**



Crédit Photo : Ulysse Lemerise

Projet réalisé : Les Pavillons du 49^e (phase 1 et 2)

Rapport produit dans le cadre du Programme d'innovation en
construction bois (PICB)

Client : Chantiers Chibougamau
521 Chemin Merrill, CP 216
Chibougamau, Québec, G8P 2K7

Étude réalisée par : Gabrielle Pichette ing. & Rosaline Larivière-Lajoie, ing.

Approuvée par : Caroline Frenette, ing.

Date : 8 juillet 2024

Révisé le : 29 janvier 2025

1 Contexte

Le programme d'innovation en construction bois (PICB) du ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF) s'inscrit dans la mise en œuvre de la Politique d'intégration du bois dans la construction afin de favoriser la réalisation de projets qui ont pour but de transformer les pratiques de construction et de rénovation dans les secteurs non résidentiels et multifamiliaux. Le programme, financé dans le cadre du Plan pour une économie verte 2030 (PEV), vise à soutenir la conception ou la construction de bâtiments ou d'ouvrages de génie civil en bois comportant une innovation ou démontrant des besoins d'efforts supplémentaires en raison de l'utilisation du matériau bois.

Les objectifs du programme sont précisément les suivants :

- Réduire l'empreinte carbone des bâtiments par une utilisation accrue de matériaux en bois dans la construction non résidentielle et multifamiliale au Québec. Accroître l'utilisation du bois en démontrant ses possibilités dans le marché non résidentiel et multifamilial de la construction au Québec tout en s'assurant de faire usage du bon matériau au bon endroit.
- D'acquérir des connaissances en vue d'appuyer et d'accélérer l'évolution de la réglementation et des politiques publiques favorisant l'utilisation des produits du bois dans la construction de bâtiments et d'ouvrages de génie civil.

Le programme est composé de deux catégories où des projets peuvent être admis :

- Aide à la conception : Activités liées à un projet de conception de bâtiments ou d'ouvrages de génie civil en bois comportant une innovation où nécessitant des efforts supplémentaires en raison de l'utilisation du matériau bois. Le projet de conception doit être lié à un projet concret au Québec et en processus de réalisation. Les démarches présentées doivent être liées à l'utilisation du bois et à la réduction des émissions de GES.
- Solutions innovantes pour les constructions en bois : Projets de construction de bâtiments ou d'ouvrages de génie civil en bois comportant une innovation jugée nécessaire, c'est-à-dire que le produit ou le procédé présente un avantage déterminant par rapport aux solutions sur le marché et par rapport au secteur d'activité à l'échelle provinciale. Le projet doit démontrer un risque technologique (ex. : demande de mesures équivalentes) et un potentiel de réduction des GES. De plus, le projet a nécessité ou nécessitera des efforts en recherche et en développement, ainsi qu'une optimisation de sa conception afin d'être plus compétitif et performant.

Le projet doit faire l'objet d'une étude de quantification de la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) conforme aux spécifications et aux lignes directrices de la partie 2 de la norme ISO 14064 indiquant les GES évités par rapport à un scénario de référence.

Chantiers Chibougamau a mandaté Cecobois pour réaliser l'étude de quantification de la réduction des GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure du projet **Les Pavillons du 49^e**, pour son admission aux catégories « Aide à la conception » et

« Solutions innovantes pour les constructions en bois ». Basée sur les informations fournies par **Chantiers Chibougamau**, l'évaluation GES a été réalisée à l'aide de l'outil GESTIMAT en date du 28 juin 2024.

Pour les projets admis dans la catégorie « solutions innovantes pour les constructions en bois », la vérification du rapport par une tierce partie qui en détient les compétences, conformément aux spécifications et aux lignes directrices de la partie 3 de la norme ISO 14064, reste la responsabilité de **Chantiers Chibougamau**.

2 Objectifs

L'objectif de cette étude est de quantifier la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) attribuables à la fabrication des matériaux de structure du projet réalisé, soit **les Pavillons du 49e**, en le comparant à un scénario de référence.

3 Méthodologie

La quantification de la réduction des émissions de GES attribuables à la fabrication de matériaux de structure du bâtiment est réalisée en le comparant à un scénario de référence à l'aide d'une analyse GESTIMAT.

Cette analyse se réfère au **Protocole de quantification des émissions de gaz à effet de serre attribuables à la fabrication de matériaux de structure pour divers scénarios de bâtiments**, produit par GCM Consultants dans le cadre du PICB, en date du 13 août 2021.

3.1 GESTIMAT

Développé par Cecobois dans le cadre de la Charte du bois et financé par le Fonds vert, GESTIMAT est un outil d'estimation des émissions de GES liées à la fabrication des matériaux de structure et d'enveloppe qui permet de comparer les émissions de GES de différents scénarios de bâtiment dans un contexte québécois.

GESTIMAT quantifie les émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure et d'enveloppe d'un bâtiment en multipliant les quantités de matériaux par un facteur d'émissions de GES spécifique à chaque matériau. Ces facteurs d'émissions de GES des matériaux ont été développés en collaboration avec le Centre interuniversitaire de recherche sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG), affilié à l'école Polytechnique de l'Université de Montréal et le Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Ingénierie Durable et en Éco-conception (LIRIDE), affilié à l'Université de Sherbrooke.

La modélisation des scénarios peut être faite en utilisant l'estimation de quantités de matériaux à l'aide de bâtiments types ou en entrant directement les quantités de matériaux spécifiques à un projet donné.

Dans le cadre du PICB, les quantités de matériaux du projet réalisé et du scénario de référence doivent être développées selon le **Protocole de quantification des émissions de**

gaz à effet de serre attribuables à la fabrication de matériaux de structure pour divers scénarios de bâtiments. Ces données ont été fournies à Cecobois par **Chantiers Chibougama**.

3.2 Limites de l'analyse GESTIMAT

GESTIMAT permet de quantifier, d'analyser et de comparer les émissions de GES dues à la fabrication des matériaux (du berceau à la porte de l'usine, c'est-à-dire fabriqué et prêt pour l'expédition) de différents scénarios comparables de structure de bâtiment.

Les émissions de GES sont quantifiées en multipliant les quantités de matériaux aux facteurs d'émissions de GES propres à chacun de ces matériaux. Ces facteurs d'émissions de GES, fournis par le CIRAIG et par le LIRIDE, sont tirés de bases de données d'inventaire de cycle de vie. Les émissions de GES liées aux étapes du cycle de vie du bâtiment autres que celle de la fabrication, telles que le pré-usinage en préfabrication, la construction, l'exploitation, le transport des matériaux et la fin de vie, ne font pas partie de la portée de l'outil.

3.3 Projet réalisé – Les Pavillons du 49^e (phase 1 et 2)

Situé à Chibougama, les Pavillons du 49^e est un complexe d'immeubles de construction modulaire en bois massif. Dans le cadre de cette évaluation GES, les bâtiments multirésidentiels de 4 étages hors-sol de la Phase 1 et de la Phase 2 ont été évalués. Ces deux bâtiments pratiquement identiques ont été construits avec les mêmes configurations, superficie au sol et superficie totale de planchers. La quantité de certains matériaux varie entre les deux bâtiments en raison d'une optimisation de la conception lors de la Phase 2. Cette différence peut être observée dans le tableau des quantités de matériaux présenté à l'annexe 1. Entièrement préfabriqué en usine dans les installations de Chantiers Chibougama, chaque bâtiment compte 20 unités locatives construites à partir de 47 modules de panneaux de bois lamellé-croisé (CLT) et de bois lamellé-collé (BLC). Chaque bâtiment a une superficie au sol de 557 m² et une superficie totale de plancher de 2 226 m² (excluant les cabanons).

La présente évaluation GES inclut les fondations en béton armé, l'ensemble des modules en CLT composant les appartements (murs extérieurs et murs interlogements), les corridors, les balcons ainsi que les cages d'escaliers et d'ascenseurs. La portion non structurale des murs en ossature légère en bois (OLB) des corridors et les cabanons ont été exclus de l'évaluation GES.

La structure de chaque bâtiment est composée de 47 modules répartis sur 4 étages. 40 modules servent pour la configuration des appartements (2 modules par appartement) et 7 composent les corridors et des cages d'escalier et d'ascenseur. La structure des modules des appartements utilise un système modulaire en CLT pour les planchers, les plafonds et les murs extérieurs et/ou interlogements. Certains de ces modules intègrent également le plancher en CLT et un mur en CLT des balcons. Des poutres de BLC ont été intégrées aux modules d'appartements afin de les supporter en périphérie. La structure des modules des

corridors est composée d'un système mixte en CLT et en OLB. En effet, ces modules sont composés de planchers et de plafonds en CLT et de murs majoritairement non structuraux en OLB. Seulement les sections de mur agissant comme murs de refend ont été incluses dans la présente évaluation GES. L'ajout de ces murs de refend en OLB encadrés par des colonnes en BLC dans le corridor a pour objectif d'assurer le contreventement des modules de corridors qui se retrouvent au centre du bâtiment. La structure des modules des cages d'escalier et d'ascenseur est composée d'un système de murs en CLT. Ces modules étant adjacents à ceux des corridors, la charge latérale dans leurs axes faibles est transférée aux modules d'appartement.

Les quantités de matériaux de structure pour le projet réalisé ont été entrées dans GESTIMAT selon les données fournies par **Chantiers Chibougama** (Annexe 1).

3.4 Scénario de référence

Le scénario de référence est un bâtiment entièrement composé d'une structure conventionnelle en béton armé afin d'assurer une performance acoustique similaire à celle du projet réalisé. Le scénario de référence a été modélisé en utilisant le même usage, le même nombre d'étages, la même superficie au sol et la même superficie totale de planchers que le projet réalisé. Les scénarios de référence pour les Phase 1 et Phase 2 des Pavillons du 49^e sont identiques puisque les deux phases ont été construites avec les mêmes configurations, superficie au sol et superficie totale de planchers.

Tout comme le projet réalisé, le scénario de référence inclut les fondations en béton armé. La structure du scénario de référence n'est pas modulaire. Il s'agit d'une structure traditionnelle en béton armé incluant des colonnes en béton armé supportant les dalles de planchers et de toiture en béton armé. Afin d'assurer la comparabilité avec le projet réalisé, les éléments suivants ont été inclus dans l'évaluation : les murs extérieurs non structuraux en ossature légère en acier (OLA) recouverts de panneaux en gypse renforcé aux fibres de verre (ex : DensGlass), les murs non structuraux interlogements et de corridors en OLA et les balcons en béton préfabriqué. Les murs interlogements et de corridors du scénario de référence sont en OLA double puisque c'est ce qui avait été fait dans un complexe d'unités résidentielles de condominiums situé à Montréal, le bâtiment Arbora, afin d'atteindre les performances acoustiques requises par le code du bâtiment.

Pour la fondation en béton armé, les quantités de matériaux considérées dans ce système sont significativement inférieures à celles du projet réalisé. Cet écart s'explique par la différence entre les deux systèmes structuraux. Dans le projet, la structure du projet réalisé étant modulaire, la descente des charges gravitaires se fait sur les murs de chacun des modules. Afin de reprendre ces charges au niveau du sol, des semelles continues en béton armé ont dû être placées sous chacun des murs des modules. Le scénario de référence étant un bâtiment classique en béton armé, la descente des charges gravitaires s'effectue par le système de colonnes sur des semelles discontinues en béton armé. Par conséquent, une quantité plus élevée de béton armé est nécessaire au niveau des semelles de fondation pour le projet réalisé comparativement au scénario de référence. Autre que les fondations,

l'ensemble de la superstructure est également en béton armé. En effet, ce scénario est constitué d'une structure standard de béton armé comportant des dalles structurales, des poutres et colonnes, des murs de refend et des balcons en béton armé.

Les quantités de matériaux de structure pour le scénario de référence ont été entrées dans GESTIMAT selon les données fournies par **Chantiers Chibougamau** (Annexe 2).

3.5 Rôles et responsabilités

Dans le cadre du PICB, Cecoboïs a été mandaté par **Chantiers Chibougamau** pour quantifier la réduction des émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure du projet réalisé, soit **les Pavillons du 49e**, en le comparant à un scénario de référence.

Cette analyse a été réalisée à l'aide de GESTIMAT comme spécifié par le **Protocole de quantification des émissions de gaz à effet de serre attribuables à la fabrication de matériaux de structure pour divers scénarios de bâtiments**, produit par GCM Consultants, en date du 13 août 2021.

Les quantités de matériaux de structure pour le projet réalisé ainsi que pour le scénario de référence ont été fournies par **Chantiers Chibougamau**. La qualité, l'exactitude et la conformité à ISO 14064-2 de ces données demeurent la responsabilité de l'entreprise qui les a fournies, et n'ont pas été validées par Cecoboïs.

Pour les projets admis dans la catégorie « solutions innovantes pour les constructions en bois », la vérification du rapport d'analyse par une tierce partie qui en détient les compétences, conformément aux spécifications et aux lignes directrices de la partie 3 de la norme ISO 14064, reste également la responsabilité de **Chantiers Chibougamau**.

4 Résultats et analyse

4.1 Projet réalisé - Les Pavillons du 49^e (Phase 1)

Les émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure du projet réalisé, Phase 1, sont estimées à 179 455 kg éq. CO₂, soit 81 kg éq. CO₂/m² de superficie totale de plancher. Les résultats détaillés sont présentés à l'annexe 3.

Pour le projet réalisé de la Phase 1, 45 % des émissions de GES sont associées aux matériaux composant les fondations, soit 80 131 kg éq. CO₂. Les planchers des modules en CLT sont responsables de 32 % des émissions de GES, soit 56 788 kg éq. CO₂. Les systèmes d'assemblage ainsi que les clous pour l'ensemble des modules de CLT ont été comptabilisés dans le système constructif « Planchers ». Ceux-ci sont responsables de 26 162 kg éq. CO₂, soit 15% des émissions de GES. Les murs intérieurs des modules et des cages d'escaliers et d'ascenseur composés de CLT et les murs de refend en ossature légère en bois pour les corridors représentent 11 % des émissions des GES, soit 19 616 kg éq. CO₂. Les poutres et colonnes en BLC sont responsables de 4 % des émissions de GES, soit 7 890 kg éq. CO₂. Les murs extérieurs composés du CLT des modules représentent 5 % des émissions des GES, soit 9 510 kg éq. CO₂. Pour ce qui est de la toiture, le CLT des modules du dernier étage est responsable de 3 % des émissions de GES, soit 5 520 kg éq. CO₂.

En ce qui concerne les matériaux utilisés dans ce scénario, les émissions de GES se répartissent de la manière suivante : 39 % sont attribuables au béton des fondations, 20 % sont attribuables à l'acier des armatures et aux systèmes d'assemblages des modules et 41 % sont attribuables au bois des éléments structuraux (Figure 1).

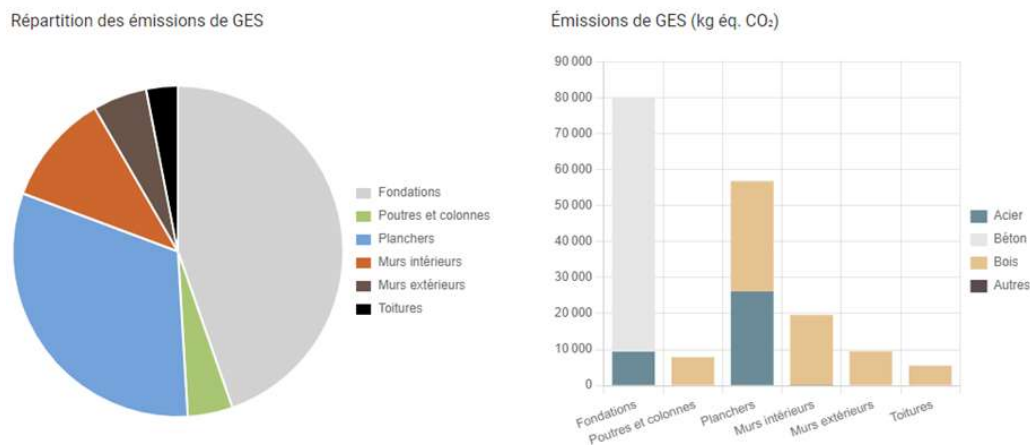


Figure 1 - Émissions de GES attribuables à la structure du projet réalisé (Phase 1)

4.2 Projet réalisé - Les Pavillons du 49^e (Phase 2)

Les émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure du projet réalisé, Phase 2, sont estimées à 179 319 kg éq. CO₂, soit 81 kg éq. CO₂/m² de superficie totale de plancher (Figure 2). Les résultats détaillés sont présentés à l'annexe 3.

Pour le projet réalisé de la Phase 2, 45 % des émissions de GES sont associées aux matériaux composant les fondations, soit 80 131 kg éq. CO₂. Les planchers des modules en CLT sont responsables de 32 % des émissions de GES, soit 56 696 kg éq. CO₂. Les murs intérieurs des modules et des cages d'escaliers et d'ascenseur composés de CLT et les murs de refend en ossature légère en bois pour les corridors représentent 11 % des émissions des GES, soit 19 616 kg éq. CO₂. Les poutres et colonnes en BLC sont responsables de 4 % des émissions de GES, soit 7 747 kg éq. CO₂. Les murs extérieurs composés du CLT des modules représentent 5 % des émissions des GES, soit 9 602 kg éq. CO₂. Pour ce qui est de la toiture, le CLT des modules du dernier étage est responsable de 3 % des émissions de GES, soit 5 527 kg éq. CO₂.

Les quantités de matériaux pour les fondations et les murs intérieurs des Phase 1 et Phase 2 sont identiques. La plus grande différence d'émissions GES se trouve dans la catégorie poutres et colonnes, soit 143 kg éq. CO₂, et s'explique par une réduction de 1,2 m³ de BLC entre la phase 1 et 2. La seconde plus grande différence se trouve dans les planchers avec une différence de 92 kg éq. CO₂. Elle s'explique par une modification de la quantité totale des systèmes d'assemblages et des clous. Finalement, une différence de 92 kg éq. CO₂ est aussi observable pour les murs extérieurs : la phase 2 a nécessité un léger surplus de CLT, passant de 134,9 à 136,2 m³.

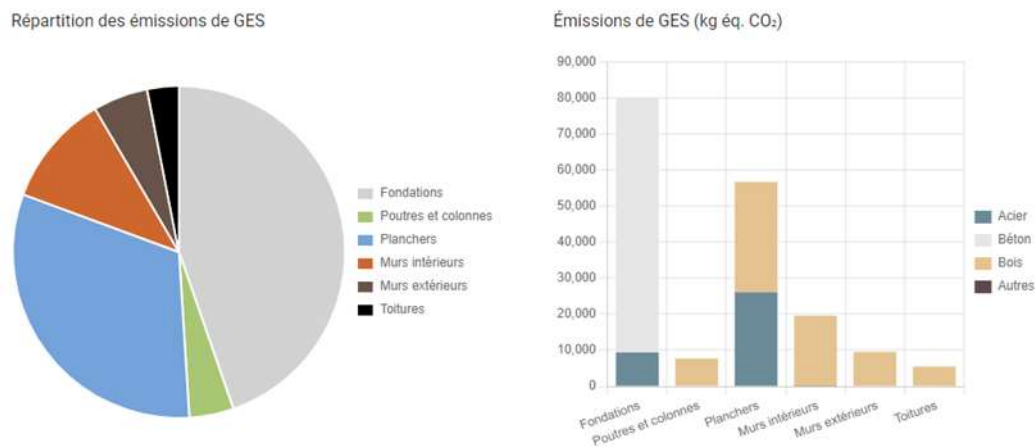


Figure 2 - Émissions de GES attribuables à la structure du projet réalisé (Phase 2)

Sommairement, les Phase 1 et Phase 2 sont pratiquement identiques, avec une différence de seulement 136 kg éq. CO₂ sur l'ensemble des émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure. Cela représente une différence de 0,08% par rapport à l'ensemble des émissions de GES de la Phase 2.

4.3 Scénario de référence

Les émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure du scénario de référence sont estimées à 316 574 kg éq. CO₂, soit 142 kg éq. CO₂/m² de superficie totale de plancher. Les résultats détaillés sont présentés à l'annexe 4.

Pour le scénario de référence, 19 % des émissions de GES sont associées aux matériaux des fondations, soit 59 263 kg éq. CO₂. Les poutres et colonnes, les dalles de plancher (incluant les balcons) et la toiture, tous en béton armé, sont responsables respectivement de 17 % (54 352 kg éq. CO₂), 41 % (131 371 kg éq. CO₂) et 14 % (42 856 kg éq. CO₂) des émissions des GES. Les murs extérieurs composés d'OLA et de panneaux de gypse renforcés aux fibres de verre sont responsables de 5 % des émissions des GES, soit 15 133 kg éq. CO₂. Les murs intérieurs en OLA double sont responsables de 4 % des émissions de GES, soit 13 598 kg éq. CO₂.

En ce qui concerne les matériaux utilisés dans ce scénario, les émissions de GES se répartissent de la manière suivante : 71 % sont attribuables au béton des fondations, des planchers, des poutres et colonnes et de la toiture tandis que 28 % sont attribuables à l'acier des armatures, l'OLA et les systèmes d'assemblages. Finalement, 1 % des émissions de GES de ce scénario est attribuable aux panneaux de gypse renforcés aux fibres de verre recouvrant les murs extérieurs en OLA (Figure 3).

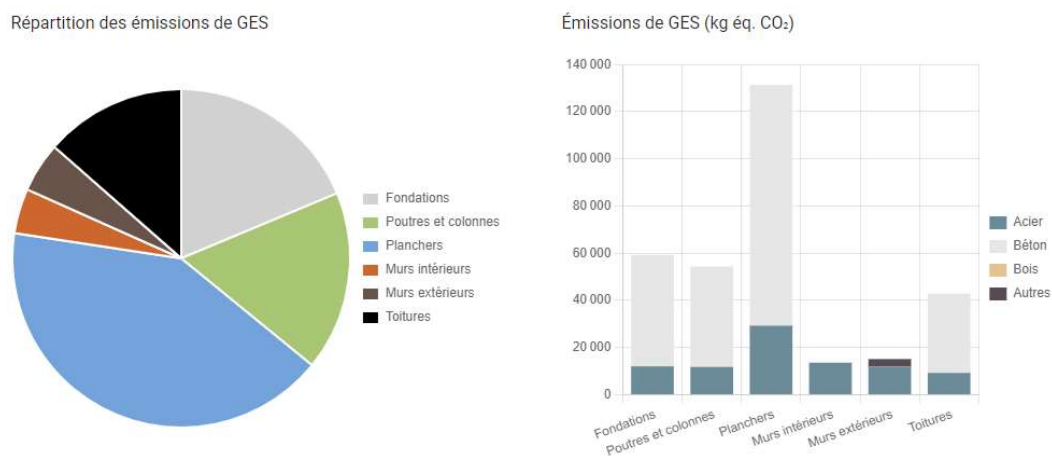


Figure 3 - Émissions de GES attribuables à la structure du scénario de référence

4.4 Réduction des émissions de GES

Le projet réalisé amène une réduction d'émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure de **137 119 kg éq. CO₂** pour la Phase 1 (Figure 4) et de **137 255 kg éq. CO₂** pour la Phase 2 (Figure 5), ce qui représente une réduction de 61 kg éq. CO₂/m² de superficie totale de plancher, soit une diminution de 43 % par rapport au scénario de référence. Les résultats détaillés sont présentés à l'annexe 5.

La différence entre les scénarios est attribuable principalement au type de structure utilisé, soit une structure modulaire en CLT avec quelques poutres et colonnes en BLC pour le projet réalisé (Phase 1 et Phase 2) comparativement à une structure en béton armé avec murs de remplissage en ossature légère en acier pour le scénario de référence.

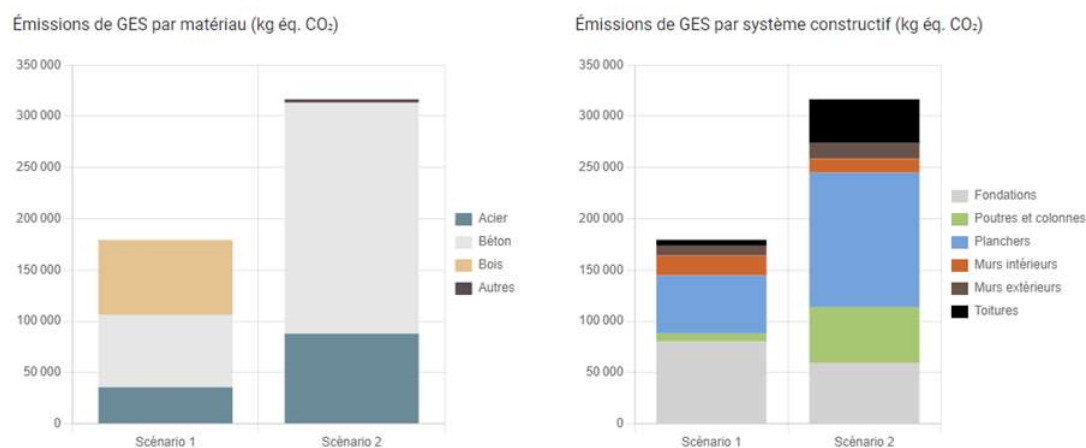


Figure 4 - Comparaison des émissions de GES attribuables à la structure du projet réalisé **Phase 1** (1) et du scénario de référence (2)

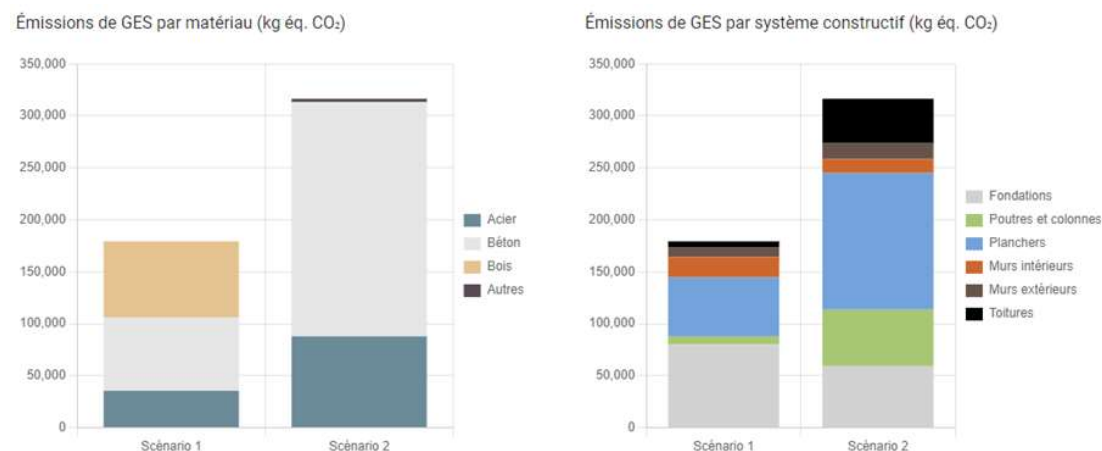


Figure 5 - Comparaison des émissions de GES attribuables à la structure du projet réalisé **Phase 2** (1) et du scénario de référence (2).

5 Conclusion

Dans le cadre du PICB du MRNF, Cecobois a été mandaté par **Chantiers Chibougamau** pour quantifier la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) attribuables à la fabrication des matériaux de structure du projet réalisé, **les Pavillons du 49e**, en le comparant à un scénario de référence.

Les quantités de matériaux de structure pour le projet réalisé, ainsi que pour le scénario de référence, ont été fournies par **Chantiers Chibougamau**. La responsabilité de la qualité, de l'exactitude et de la conformité au **Protocole de quantification des émissions de gaz à effet de serre attribuables à la fabrication de matériaux de structure pour divers scénarios de bâtiments** des données appartient exclusivement à l'entreprise qui les a fournies.

La quantification des émissions de GES a été réalisée à l'aide d'une analyse GESTIMAT, complétée en date du 28 juin 2024, à partir des informations et des quantités de matériaux fournies.

Les émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure du projet réalisé sont estimées à 179 455 kg éq. CO₂ pour la Phase 1 et à 179 319 kg éq. CO₂ pour la Phase 2, soit l'équivalent de 81 kg éq. CO₂/m² de superficie totale de plancher, alors que les émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure du scénario de référence sont estimées à 316 574 kg éq. CO₂, soit 142 kg éq. CO₂/m² de superficie totale de plancher.

Selon ces données, le projet réalisé entraîne **une réduction d'émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure de 137 119 kg éq. CO₂ pour la Phase 1 et de 137 255 kg éq. CO₂ pour la Phase 2**, soit une réduction de 61 kg éq. CO₂/m² de superficie totale de plancher (équivalent à une réduction de 43%) par rapport au scénario de référence.

La vérification du rapport d'analyse par une tierce partie qui en détient les compétences, conformément aux spécifications et aux lignes directrices de la partie 3 de la norme ISO 14064, demeure la responsabilité de **Chantiers Chibougamau**.

Annexe 1

Quantités de matériaux de structure pour le projet réalisé

Les Pavillons du 49e – Phase 1

QUANTITÉ DE MATÉRIAUX			INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES	
Matériau	Quantité	Unité	Méthode d'estimation	Commentaires (ex. informations sur le matériau, justification de la précision)
Fondations				
Béton 30 MPa	221.00	m³		fichier : I21-478-Nordic Structure- Les Pavillon du 49 - POUR CONSTRUCTION
Barres d'armature	7.42	t		fichier : I21-478-Nordic Structure- Les Pavillon du 49 - POUR CONSTRUCTION
AJOUTER				
Poutres et colonnes				
BLC	66.30	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
AJOUTER				
Planchers				
CLT	293.30	m³	Modèle 3D	Planchers des modules fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
CLT	141.10	m³	Modèle 3D	Plafond des modules fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Plaques d'acier épaisses	6805.20	kg	Modèle 3D	Pour tous les modules du bâtiment fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Vis, écrous et boulons	3208.10	kg	Modèle 3D	Pour tous les modules du bâtiment fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Clous	27.90	kg	Modèle 3D	Pour tous les modules du bâtiment fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
AJOUTER				
Toiture				
CLT	78.30	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
AJOUTER				
Murs extérieurs				
CLT	134.90	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
AJOUTER				
Murs intérieurs				
CLT	274.90	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
OSB	0.79	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Bois d'œuvre	1.28	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Clous	15.30	kg	Plans et devis	
AJOUTER				

Les Pavillons du 49^e – Phase 2

QUANTITÉ DE MATÉRIAUX			INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES	
Matériau	Quantité	Unité	Méthode d'estimation	Commentaires (ex. informations sur le matériau, justification de la précision)
Fondations				
Béton 30 MPa	221.00	m³	Plans et devis	fichier : I21-478-Nordic Structure- Les Pavillon du 49 - POUR CONSTRUCTION
Barres d'armature	7.42	t	Plans et devis	fichier : I21-478-Nordic Structure- Les Pavillon du 49 - POUR CONSTRUCTION
AJOUTER				
Poutres et colonnes				
BLC	65.10	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
AJOUTER				
Planchers				
CLT	293.10	m³	Modèle 3D	Planchers des modules fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
CLT	141.10	m³	Modèle 3D	Plafond des modules fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Plaques d'acier épaisses	6720.00	kg	Modèle 3D	Pour tous les modules du bâtiment fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Vis, écrous et boulons	3242.40	kg	Modèle 3D	Pour tous les modules du bâtiment fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Clous	36.10	kg	Modèle 3D	Pour tous les modules du bâtiment fichier : 3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
AJOUTER				
Toiture				
CLT	78.40	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
AJOUTER				
Murs extérieurs				
CLT	136.20	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
AJOUTER				
Murs intérieurs				
CLT	274.90	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
OSB	0.79	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Bois d'œuvre	1.28	m³	Modèle 3D	3155_Multi_modulaire_Pavillon 49_3D_MASTER_(2024-05-10)
Clous	15.30	kg	Plans et devis	
AJOUTER				

Annexe 2

Quantités de matériaux de structure pour le scénario de référence

QUANTITÉ DE MATÉRIAUX			INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES	
Matériau	Quantité	Unité	Méthode d'estimation	Commentaires (ex. informations sur le matériau, justification de la précision)
Fondations				
Béton 30 MPa	103	m³	Note de calculs	Semelles, mur de fondation
Barres d'armature	9,5	t	Note de calculs	
Béton 25 MPa	53	m³	Note de calculs	Dalle sur sol, balcons extérieurs sur sol
AJOUTER				
Poutres et colonnes				
Béton 30 MPa	133	m³	Note de calculs	colonnes de 10"x10" + murs des cages d'ascenseur
Barres d'armature	9,3	t	Note de calculs	
AJOUTER				
Planchers				
Béton 30 MPa	319	m³	Note de calculs	Dalle 8" + balcons 6"
Barres d'armature	23,1	t	Note de calculs	
AJOUTER				
Toiture				
Béton 30 MPa	105	m³	Note de calculs	Dalle 8"
Barres d'armature	7,3	t	Note de calculs	
AJOUTER				
Murs extérieurs				
Montant métallique	4,684	t	Note de calculs	Montants métalliques de calibre 20, espacés de 406mm c/c. Tel que plans du projet Arbora, comparable.
Autres	14603,04	kg	Plans et devis	Matériau de fermeture d'enveloppe tel que Dens Glass. Superficie des façades de rayonnement utilisée, moins les baies non protégées. Gypse renforcé aux fibres de verre (Dens Glass 5/8", 12kg/m²). Facteur GES développé par le LIRIDE 0.217 kg éq.CO2/kg
Vis, écrous et boulons	93,68	kg	Note de calculs	Une estimation de 2% a été faite pour les connexions et assemblages.
AJOUTER				
Murs intérieurs				
Montant métallique	5,324	t	Note de calculs	Montants métalliques de calibre 20, espacés de 403mm c/c, doublés. Tel que plans du projet Arbora, comparable.
Vis, écrous et boulons	106,48	kg	Note de calculs	Une estimation de 2% a été faite pour les connexions et assemblages.
AJOUTER				

Annexe 3

Rapport GESTIMAT – Projet réalisé

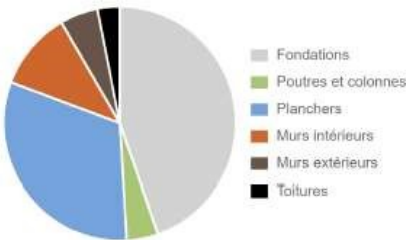
Les Pavillons du 49^e – Phase 1

Analyse des émissions de gaz à effet de serre (GES)

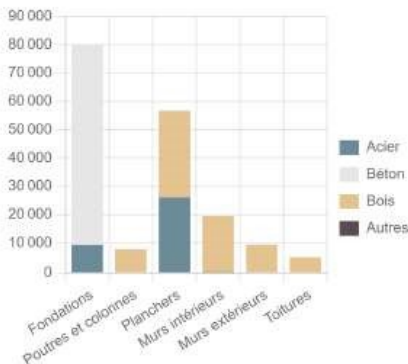
Scénario : Projet réalisé - modulaire CLT

Nom du projet	PICB_Les Habitations du 49e (Phase 1)
Numéro du projet	n/s
Type de projet	Saisie détaillée
Description	-

Répartition des émissions de GES



Émissions de GES (kg éq. CO₂)



Émissions de GES (kg éq. CO₂)

	Acier	Béton	Bois	Autres	Total	%
Fondations	9 411	70 720	0	0	80 131	44,7 %
Poutres et colonnes	0	0	7 890	0	7 890	4,4 %
Planchers	26 162	0	30 625	0	56 788	31,6 %
Murs intérieurs	33	0	19 583	0	19 616	10,9 %
Murs extérieurs	0	0	9 510	0	9 510	5,3 %
Toitures	0	0	5 520	0	5 520	3,1 %
Total	35 606	70 720	73 128	0	179 455	100 %
GES par m ²	16	32	33	0	81	

Superficie totale de plancher : 2226 m²



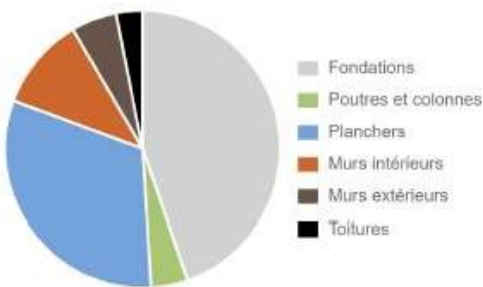
Date de modification: 2024-06-28 13 h 17 min 50 s
Date de génération: 2024-07-08 07 h 53 min 31 s

Analyse des émissions de gaz à effet de serre (GES)

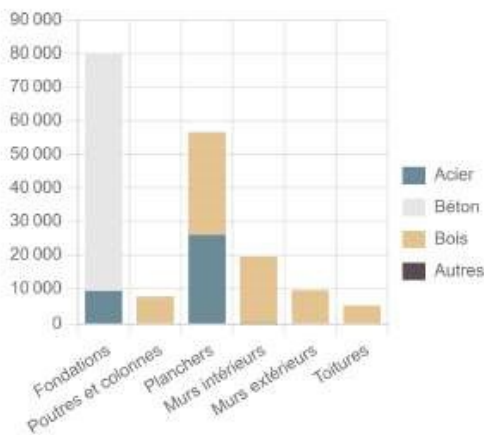
Scénario : Projet réalisé - modulaire CLT

Nom du projet	PICB_Les Habitations du 49e (Phase 2)
Numéro du projet	n/s
Type de projet	Saisie détaillée
Description	-

Répartition des émissions de GES



Émissions de GES (kg éq. CO₂)



Émissions de GES (kg éq. CO₂)

	Acier	Béton	Bois	Autres	Total	%
Fondations	9 411	70 720	0	0	80 131	44,7 %
Poutres et colonnes	0	0	7 747	0	7 747	4,3 %
Planchers	26 085	0	30 611	0	56 696	31,6 %
Murs intérieurs	33	0	19 583	0	19 616	10,9 %
Murs extérieurs	0	0	9 602	0	9 602	5,4 %
Toitures	0	0	5 527	0	5 527	3,1 %
Total	35 529	70 720	73 070	0	179 319	100 %
GES par m ²	16	32	33	0	81	

Superficie totale de plancher: 2226 m²

Annexe 4

Rapport GESTIMAT – Scénario de référence

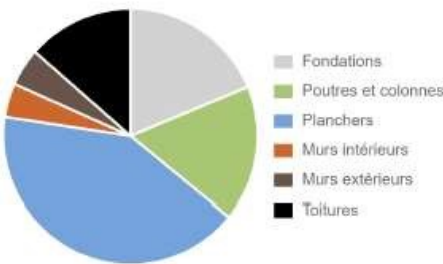
Les Pavillons du 49^e – Phase 1

Analyse des émissions de gaz à effet de serre (GES)

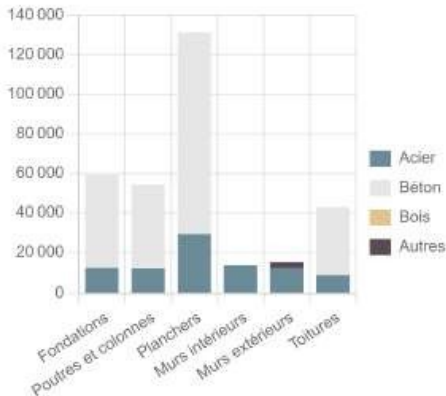
Scénario : Scénario référence - Béton armé

Nom du projet	PICB_Les Habitations du 49e (Phase 1)
Numéro du projet	n/s
Type de projet	Saisie détaillée
Description	-

Répartition des émissions de GES



Émissions de GES (kg éq. CO₂)



Émissions de GES (kg éq. CO₂)

	Acier	Béton	Bois	Autres	Total	%
Fondations	12 046	47 217	0	0	59 263	18,7 %
Poutres et colonnes	11 792	42 560	0	0	54 352	17,2 %
Planchers	29 291	102 080	0	0	131 371	41,5 %
Murs intérieurs	13 598	0	0	0	13 598	4,3 %
Murs extérieurs	11 964	0	0	3 169	15 133	4,8 %
Toitures	9 256	33 600	0	0	42 856	13,5 %
Total	87 948	225 457	0	3 169	316 574	100 %
GES par m ²	40	101	0	1	142	

Superficie totale de plancher : 2226 m²



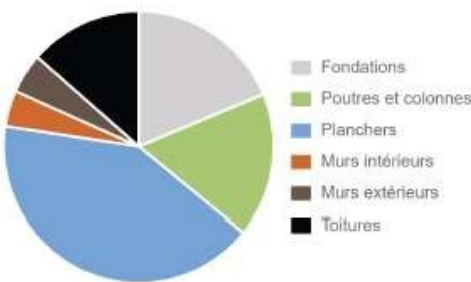
Date de modification : 2024-06-28 13 h 17 min 50 s
Date de génération : 2024-07-08 07 h 57 min 54 s

Analyse des émissions de gaz à effet de serre (GES)

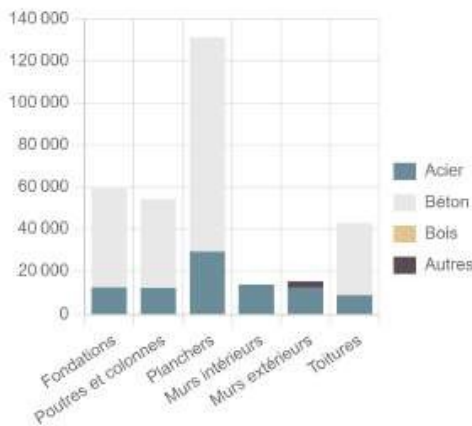
Scénario : Scénario de référence - Béton armé

Nom du projet	PICB_Les Habitations du 49e (Phase 2)
Numéro du projet	n/s
Type de projet	Saisie détaillée
Description	-

Répartition des émissions de GES



Émissions de GES (kg éq. CO₂)



Émissions de GES (kg éq. CO₂)

	Acier	Béton	Bois	Autres	Total	%
Fondations	12 046	47 217	0	0	59 263	18,7 %
Poutres et colonnes	11 792	42 560	0	0	54 352	17,2 %
Planchers	29 291	102 080	0	0	131 371	41,5 %
Murs intérieurs	13 598	0	0	0	13 598	4,3 %
Murs extérieurs	11 964	0	0	3 169	15 133	4,8 %
Toitures	9 256	33 600	0	0	42 856	13,5 %
Total	87 948	225 457	0	3 169	316 574	100 %
GES par m ²	40	101	0	1	142	

Superficie totale de plancher: 2226 m²

Annexe 5

Rapport GESTIMAT – Comparaison des scénarios

Les Pavillons du 49^e – Phase 1

Rapport sommaire de l'analyse comparative des scénarios

Informations du projet			
Nom du projet	PICB Les Habitations du 49e (Phas	Type de projet	Construction neuve
Numéro du projet	n/s	Type de bâtiment	Habitation (multiétagées , logements
Catalogue	Québec	Nombre d'étages	4
Emplacement	-	Superficie totale (m²)	2226
Année prévue	2024	Superficie au sol (m²)	556.5
Budget prévu	n/s	Version de l'analyse	-
Description :			

Scénarios analysés			
	Nom	GES totales (kg éq. CO ₂)	Description
Scénario 1	Projet réalisé - modulaire CLT	179 455	
Scénario 2	Scénario référence - Béton armé	316 574	

Scénario retenu			
	Numéro	Type de structure	Émissions GES (kg éq. CO ₂)
Scénario de référence	2	Béton	316 574
Scénario retenu	1	Mixte bois-bois	179 455

Émissions de GES évitées: 137 119



Date de modification: 2024-06-28 13 h 17 min 50 s
Date de génération: 2024-07-08 07 h 55 min 59 s

Rapport sommaire de l'analyse comparative des scénarios

Comparabilité des scénarios		
		Scénario 1
		Scénario 2
Saisie inclue bâtiment(s) type(s)		Non
Nombre d'éléments modélisés		8
Fondations	m³ béton armé	221
	tonne acier	7,4
Poutres et colonnes	m³ béton armé	
	tonne acier	9,3
	m³ bois	66,3
Planchers	m² de planchers	2 226
Murs intérieurs	m² de murs	
Murs extérieurs	m² de murs	
Toitures	m² de toitures	

Superficie totale de plancher: 2226 m²
Superficie au sol: 556,5 m²

Validation des scénarios		
	Scénario complété	Commentaires sur la comparabilité des scénarios
Scénario 1	Oui	-
Scénario 2	Oui	-

Rapport sommaire de l'analyse comparative des scénarios

Comparaison des scénarios		
Émissions de GES (kg éq. CO ₂)		
	Scénario 1	Scénario 2
Nom	Projet réalisé - modulaire CLT	Scénario référence - Béton armé
Type de structure	Mixte bois-bois	Béton
Saisie inclue bâtiment(s) type(s)	Non	Non
Par matériau		
Acier	35 606	87 948
Béton	70 720	225 457
Bois	73 128	0
Autres	0	3 169
Par système constructif		
Fondations	80 131	59 263
Poutres et colonnes	7 890	54 352
Planchers	56 788	131 371
Murs intérieurs	19 616	13 598
Murs extérieurs	9 510	15 133
Toitures	5 520	42 856
GES totales		
Total	179 455	316 574
GES par m ²	81	142
Choix des scénarios		
Scénario de référence		X
Scénario retenu	X	
Émissions de GES évitées	137 119	-
% de réduction	43,3	-

Superficie totale de plancher: 2226 m²

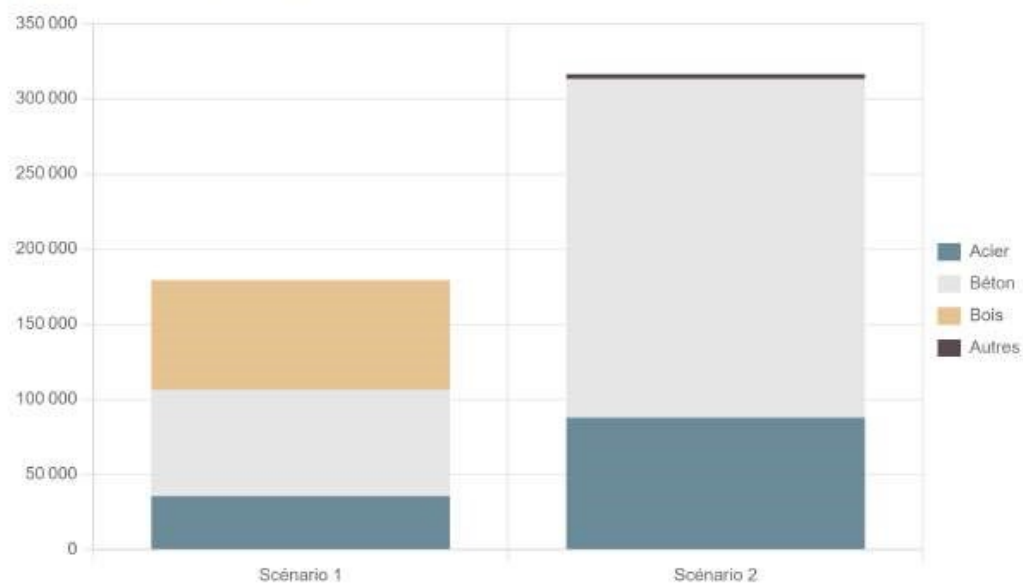


Date de modification: 2024-06-28 13 h 17 min 50 s
Date de génération: 2024-07-08 07 h 55 min 59 s

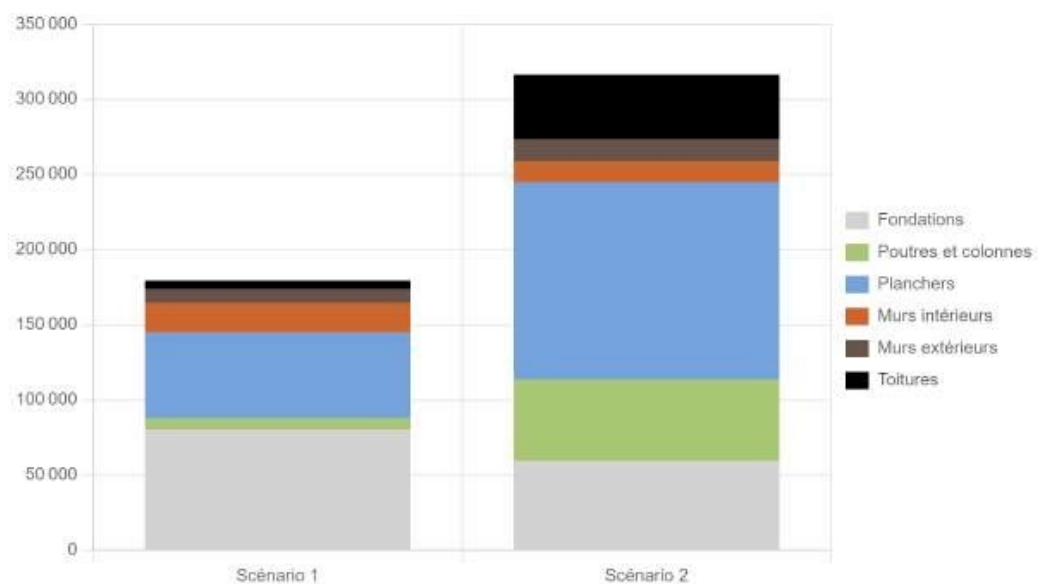
Rapport sommaire de l'analyse comparative des scénarios

Comparaison des scénarios

Émissions de GES par matériau (kg éq. CO₂)



Émissions de GES par système constructif (kg éq. CO₂)



Rapport sommaire de l'analyse comparative des scénarios

Informations du projet			
Nom du projet	PICB Les Habitations du 49e (Phase 2)	Type de projet	Construction neuve
Numéro du projet	n/s	Type de bâtiment	Habitation (multilogements, logements)
Catalogue	Québec	Nombre d'étages	4
Emplacement	-	Superficie totale (m ²)	2226
Année prévue	2024	Superficie au sol (m ²)	557
Budget prévu	n/s	Version de l'analyse	-
Description :			

Scénarios analysés			
	Nom	GES totales (kg éq. CO ₂)	Description
Scénario 1	Projet réalisé - modulaire CLT	179 319	
Scénario 2	Scénario de référence - Béton armé	316 574	

Scénario retenu			
	Numéro	Type de structure	Émissions GES (kg éq. CO ₂)
Scénario de référence	2	Béton	316 574
Scénario retenu	1	Panneaux de bois lamellé-croisé (CLT)	179 319

Émissions de GES évitées: 137 255

Rapport sommaire de l'analyse comparative des scénarios

Comparabilité des scénarios			
		Scénario 1	Scénario 2
Saisie inclue bâtiment(s) type(s)		Non	Non
Nombre d'éléments modélisés		8	7
Fondations	m³ béton armé	221	156
	tonne acier	7,4	9,5
Poutres et colonnes	m³ béton armé		133
	tonne acier		9,3
	m³ bois	65,1	
Planchers	m² de planchers	2 226	2 226
Murs intérieurs	m² de murs		
Murs extérieurs	m² de murs		
Toitures	m² de toitures		

Superficie totale de plancher: 2226 m²
Superficie au sol: 557 m²

Validation des scénarios		
	Scénario complété	Commentaires sur la comparabilité des scénarios
Scénario 1	Oui	-
Scénario 2	Oui	-

Rapport sommaire de l'analyse comparative des scénarios

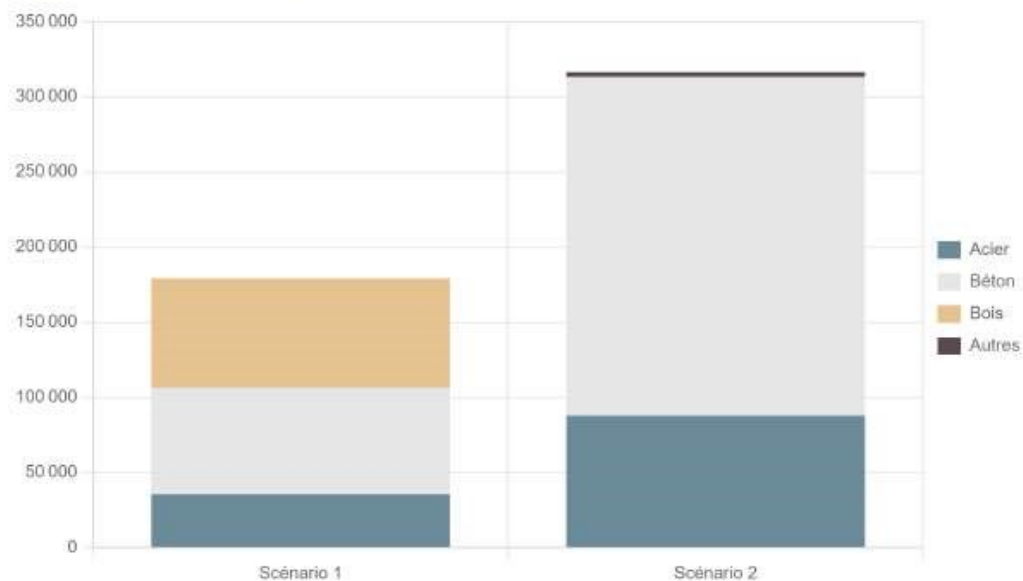
Comparaison des scénarios		
Émissions de GES (kg éq. CO ₂)		
	Scénario 1	Scénario 2
Nom	Projet réalisé - modulaire CLT	Scénario de référence - Béton armé
Type de structure	Panneaux de bois lamellé-croisé (CLT)	Béton
Saisie incluse bâtiment(s) type(s)	Non	Non
Par matériau		
Acier	35 529	87 948
Béton	70 720	225 457
Bois	73 070	0
Autres	0	3 169
Par système constructif		
Fondations	80 131	59 263
Poutres et colonnes	7 747	54 352
Planchers	56 696	131 371
Murs intérieurs	19 616	13 598
Murs extérieurs	9 602	15 133
Toitures	5 527	42 856
GES totales		
Total	179 319	316 574
GES par m ²	81	142
Choix des scénarios		
Scénario de référence		X
Scénario retenu	X	
Émissions de GES évitées	137 255	-
% de réduction	43,4	-

Superficie totale de plancher: 2226 m²

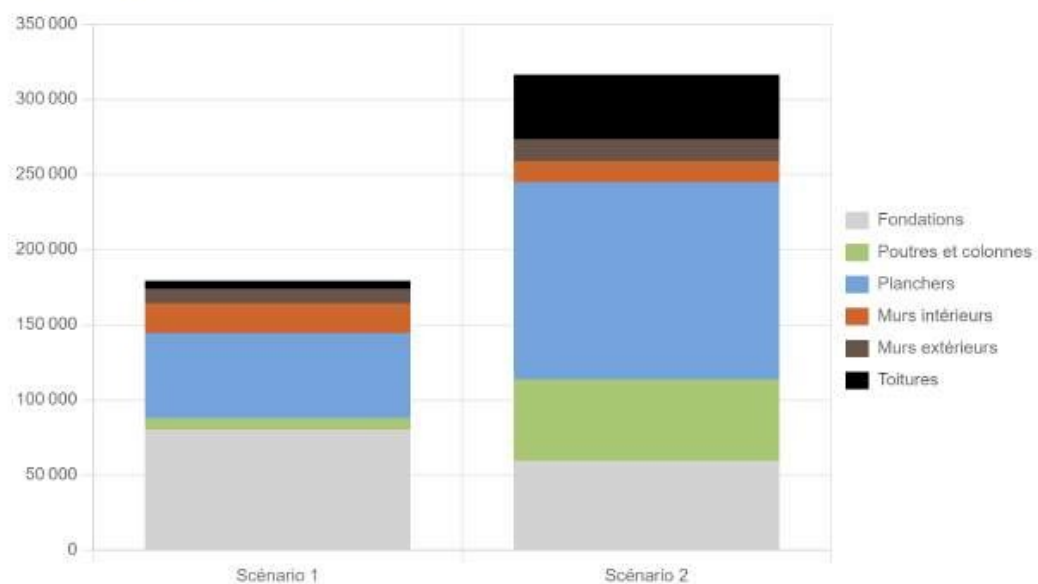
Rapport sommaire de l'analyse comparative des scénarios

Comparaison des scénarios

Émissions de GES par matériau (kg éq. CO₂)



Émissions de GES par système constructif (kg éq. CO₂)



3.4 Rapport du vérificateur après la vérification suivant la norme ISO 14064-3 (Section 9.0 du Protocole).

Sera présenté comme livrable du projet PICB-008.