

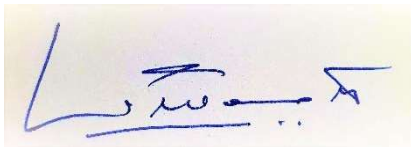
Rapport de projet GES

« École modulaire Riverside »

Réalisé par « Les Chantiers de Chibougamau Itée –
Nordic Structures »

Dans le cadre du Programme de vitrine technologique pour les
bâtiments et les solutions innovantes en bois

« 2021-01-26 »



Williams Munoz Toro

Nordic

Responsable du projet GES



Julie Frappier

Nordic

Responsable administrative
de l'aide financière



Julie Frappier

Nordic

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 de vitrine technologique pour les bâtiments et les solutions innovantes en bois (Programme). Le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) ainsi que le Fonds vert 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).

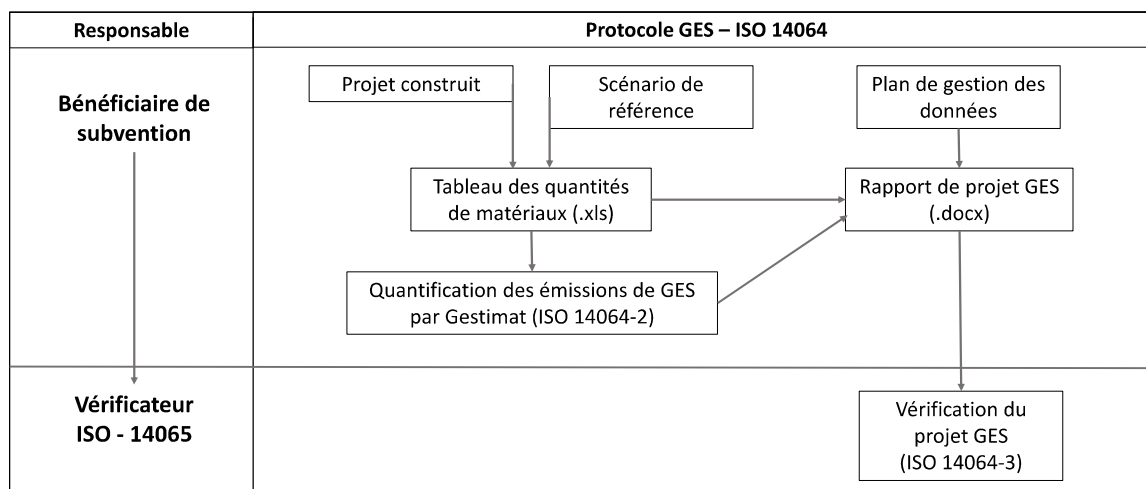
Table des matières

1. Projet GES	4
1.1 Parties prenantes du Projet GES	4
1.2 Titre et lieu de réalisation du projet de construction.....	4
1.3 Description du projet de construction.....	5
1.4 Description et justification du scénario de référence.....	5
1.5 Données du projet GES	8
2. Quantification des émissions de GES	8
3. Annexes	9
3.1 Annexe 1 : Quantités de matériaux – Projet GES.....	9
3.2 Annexe 2 : Quantités de matériaux – Scénario de référence.....	10
3.3 Annexe 3 : Lettre de l'estimateur des quantités de matériaux	11
3.4 Annexe 4 : Rapport Cecobois - Gestimat.....	12
3.5 Annexe 5 : Rapport du vérificateur – Tetrattech	13

1. Projet GES

1.1 Parties prenantes du Projet GES

- Bénéficiaire de subvention : « [Les Chantiers de Chibougamau Itée](#) »;
- Responsable administratif de l'aide financière : « [Julie Frappier](#) », « [Nordic](#) »;
- Responsable – Rapport du projet GES : « [Williams Munoz Toro](#) », « [Nordic](#) »;
- Responsable des estimations de quantités de matériaux (ingénieur ou architecte seulement) :
 - Projet construit : « [Nicolas Dionne](#) », « [ingénieur](#) », « [Nordic](#) »;
 - Scénario de référence : « [Nicolas Dionne](#) », « [ingénieur](#) », « [Nordic](#) ».
- Responsable de la quantification des émissions de GES : « [Yannick Lessard](#) », « [Cecobois](#) ».



1.2 Titre et lieu de réalisation du projet de construction

- Titre du projet : [École modulaire Riverside](#).
- Lieu de réalisation du projet de construction : [RIVERSIDE REGIONAL SCHOOL, 1770 Rue Joule, Jonquière, QC, G7S 3B1](#)

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);

Le bâtiment se compose de deux salles de classe et d'un vestiaire, faits à partir d'un système de construction modulaire en bois massif. La construction possède 1 étage sur une superficie de 254 m². La bâtisse, de type non résidentiel, est destinée aux activités éducationnelles.

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

La conception des salles de classe modulaires se fait en bois massif, principalement avec du bois lamellé-collé et du bois lamellé-croisé. Le type de construction préfabriquée s'effectue en minimisant les pertes de matériaux et en optimisant les espaces et l'éclairage naturel. Du point de vue structural, les modules ont une grande rigidité et peuvent être démontés et relocalisés au besoin. Les assemblages de mur et de plancher permettent d'atteindre un confort thermique et acoustique notable, ce qui facilite le déroulement des activités à l'intérieur des salles.

De plus, les matériaux structuraux utilisés pour la construction des modules en bois massif possèdent une résistance au feu intrinsèque qui offre un comportement prévisible et sécuritaire. Finalement, les salles de classe mettent en valeur la beauté du bois, créant un environnement chaleureux et propice à l'apprentissage.

1.4 Description et justification du scénario de référence

Le choix du scénario de référence se base sur les résultats du test de barrières, présenté à la page suivante. Le résultat du test a permis d'identifier les constructions en ossature légère en acier (OLA) comme le scénario de référence. L'impact important et significatif sur les GES de l'utilisation de l'acier, ainsi que la croissance constante de la part de marché qui gagne la construction en OLA, nous a fait choisir ce type de construction comme scénario de référence¹.

Bien que les deux types de construction puissent offrir des performances structurales semblables, certaines fonctionnalités offertes par les deux systèmes constructifs sont différentes. Surtout pour les murs en ossature par rapport à ceux en CLT. Le mur en ossature offre la possibilité d'installer l'isolant, le système mécanique/électrique, etc. directement dans le mur, qui est par la suite recouvert par une couche de gypse. En revanche, le CLT est un mur plein qui doit être isolé par

¹ Lors d'une analyse préliminaire, la construction modulaire en ossature légère en bois avait été également étudiée et nous avons demandé à Cecobois de l'incorporer dans son rapport à titre informatif seulement.

l'extérieur et qui offre un fini intérieur en bois. Les installations des systèmes MEP (mécanique-électricité-plomberie) suivent des chemins différents avec une configuration qui est propre aux panneaux en bois massif.

Les fondations sont constituées de trépieds en métal installés sur un remblai compacté. Ce type de fondation temporaire est préconisé étant donné sa simplicité et sa rapidité de mise en œuvre, son coût économique, son potentiel de réutilisation et son faible impact sur le milieu d'implantation. Le bâtiment modulaire peut donc pleinement atteindre sa vocation de salles de classe temporaire, pouvant être mobilisé à plusieurs endroits au cours de son cycle de vie et laissant une possibilité de récupération immédiate du terrain après démobilisation.

De plus, le bâtiment réalisé et le bâtiment de référence ont une géométrie similaire. Dans les deux scénarios, les différentes charges sont transmises aux poutres principales de plancher, qui sont utilisées comme base d'appui pour le transport et qui doivent ensuite être appuyées sur les fondations. Considérant que la structure d'ossature légère en acier a un poids propre moindre que celle en bois massif, nous jugeons que le type de fondations utilisé pour cette dernière est également approprié pour le scénario de référence. Ainsi, les fondations ont été exclues aux fins de l'analyse comparative, puisque leur composition a été jugée similaire pour tous les scénarios.

Les dimensions et la géométrie du bâtiment utilisé comme scénario de référence sont identiques à celles du projet GES (superficie et hauteur libre). Pour le projet GES et le scénario de référence, la fondation, les murs intérieurs et le corridor du bâtiment ont été exclus de l'analyse comparative.

Une description plus complète du scénario de référence est disponible dans le rapport de quantification de GES préparé par Cecobois (Annexe 4).

Obstacles	Option 1 Projet de construction (projet GES)	Option 2 Scénario de référence OLA
Règlementaire	Nouveau produit en processus de certification.	Produits certifiés disponibles.
Pratique courante	Non	Oui
Financier	Légèrement plus dispendieuse.	Coûts standards.
Technologique	Très haut potentiel de réutilisation.	Technologie très connue et utilisée.
Ressources humaines	Non	Non
Infrastructure	Non	Non
Culturel, géographique, climatique	Type de construction utilisée pour d'autres projets résidentiels et non résidentiels. Le bois massif est reconnu de plus en plus en Amérique du Nord.	Construction conventionnelle qui augmente sa part de marché rapidement.
Marché	La construction modulaire en bois massif est une innovation en incorporation dans le marché.	Construction conventionnelle qui augmente sa part de marché rapidement.
Institution, perception du public	Premier bâtiment de ce type dans le marché. Le bois massif des modules a une fonction d'apparence. Les constructions en bois massif aident à réduire les émissions de GES.	Type de construction très répandu avec un impact majeur sur les émissions de GES. Absence de bois structural apparent.

1.5 Données du projet GES

Le volume de bois utilisé dans le projet dépasse légèrement (2.3%) celui qui a été utilisé pour l'estimation de GES. La différence réside dans les hypothèses mises de l'avant par Cecobois et qui éliminaient du calcul la section du corridor et les éléments utilisés pour les trépieds. Les volumes totaux (m³) de bois utilisés dans le projet et pour l'analyse de GES sont indiqués dans le tableau suivant :

VOLUME TOTAL DE BOIS DANS LE PROJET (m ³)	VOLUME TOTAL DE BOIS UTILISÉ POUR LE CALCUL DE GES (m ³)
87,2	85,0

2. Quantification des émissions de GES

L'analyse des émissions des GES indique que les émissions de GES du projet en bois massif représentent près de 24% des émissions GES générées par la construction en OLA. Ceci permet de constater l'opportunité que représente l'utilisation de la construction modulaire en bois massif pour la fourniture de salles de classe pour les écoles. Les détails du résultat de l'analyse sont présentés dans l'Annexe 4.

ÉMISSIONS GES DU SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE OLA (kg éq. CO ₂)	ÉMISSIONS GES DU PROJET CONSTRUIT (kg éq. CO ₂)	RÉDUCTION DES ÉMISSIONS GES (kg éq. CO ₂)
29 351	6 900	22 451

3. Annexes

3.1 Annexe 1 : Quantités de matériaux – Projet GES

QUANTITÉ DE MATÉRIAUX			INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES	
Matériau	Quantité	Unité	Méthode d'estimation	Commentaires (ex. informations sur le matériau, justification de la
Fondations				
AJOUTER				
Poutres et colonnes				
BLC	1	m³	Modèle 3D	Colonnes
BLC	5	m³	Modèle 3D	Poutres du toit
CLT	2	m³	Modèle 3D	Poutres de plancher
BLC	2	m³	Modèle 3D	Poutres de plancher
Vis, écrous et boulons	156	kg	Fournisseurs	Tous les assemblages
AJOUTER				
Planchers				
CLT	25	m³	Modèle 3D	
AJOUTER				
Toiture				
CLT	26	m³	Modèle 3D	
AJOUTER				
Murs extérieurs				
CLT	24	m³	Modèle 3D	
AJOUTER				
Murs intérieurs				
AJOUTER				

3.2 Annexe 2 : Quantités de matériaux – Scénario de référence

QUANTITÉ DE MATÉRIAUX			INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES	
Matériau	Quantité	Unité	Méthode d'estimation	Commentaires (ex. informations sur le matériau, justification de la
Fondations				
AJOUTER				
Poutres et colonnes				
Profilé extrudé moyen (W,S,C,L)	2	t	Note de calculs	Poutres de toit
HSS	0	t	Note de calculs	Colonnes
Profilé extrudé moyen (W,S,C,L)	2	t	Note de calculs	Poutres de plancher
Plaques d'acier épaisses	260	kg		Hypothèse : 8% de la masse des profilés
Vis, écrous et boulons	65	kg		Hypothèse : 2% de la masse des profilés
AJOUTER				
Planchers				
Contreplaqué	5	m³	Note de calculs	
Profilé extrudé moyen (W,S,C,L)	4	t	Note de calculs	
Plaques d'acier épaisses	343	kg		Hypothèse : 8% de la masse des profilés
Vis, écrous et boulons	86	kg		Hypothèse : 2% de la masse des profilés
AJOUTER				
Toiture				
Pontage en acier	2	t	Note de calculs	
Profilé extrudé moyen (W,S,C,L)	2	t	Note de calculs	
Plaques d'acier épaisses	172	kg		Hypothèse : 8% de la masse des profilés
Vis, écrous et boulons	84	kg		Hypothèse : 2% de la masse des profilés + pontage
AJOUTER				
Murs extérieurs				
Contreplaqué	4	m³	Note de calculs	
Montant métallique	2	t	Note de calculs	
Profilé extrudé moyen (W,S,C,L)	0	t	Note de calculs	Linteaux
Vis, écrous et boulons	36	kg		Hypothèse : vissage dense
AJOUTER				
Murs intérieurs				
AJOUTER				

3.3 Annexe 3 : Lettre de l'estimateur des quantités de matériaux

NORDIC
STRUCTURES

M. Roger Fournier
Tetra Tech QI Inc.
1205 Ampère, bureau 310
Boucherville, Québec
Canada
J4B 7M6

Montréal, le 3 décembre 2020

Je, Nicolas Dionne, ing., confirme que les quantités de matériaux pour le bâtiment modulaire de l'école Riverside et le scénario de référence ossature légère acier 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 MFFP, soit de minimum 90% 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 M. Fournier, mes plus cordiales salutations.



Nicolas Dionne, ing.
Nordic Structures
514-871-8526 #8079

NORDIC STRUCTURES
100-1100, avenue des Canadiens-de-Montréal
Montréal (Québec) H3B 2S2
T 514-871-8526 1 866 817-3418
nordic.ca

3.4 Annexe 4 : Rapport Cecobois - Gestimat



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



Crédit photo : Nordic Structures

Bâtiment étudié : École Riverside

Rapport produit dans le cadre du programme de
Vitrine technologique pour les bâtiments et
les solutions innovantes en bois

Client : Les Chantiers de Chibougamau Itée – Nordic Structures
521, chemin Merrill, C.P. 216
Chibougamau, QC, G8P 2K7

Étude réalisée par : Camille Roy

Approuvée par : Yannick Lessard

Date : 9 octobre 2020





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



Crédit photo : **Nordic Structures**

Bâtiment étudié : École Riverside

Rapport produit dans le cadre du programme de
Vitrine technologique pour les bâtiments et
les solutions innovantes en bois

Client : Les Chantiers de Chibougamau Ltée – Nordic Structures
521, chemin Merrill, C.P. 216
Chibougamau, QC, G8P 2K7

Étude réalisée par : Camille Roy

Approuvée par : Yannick Lessard

Date : 9 octobre 2020

1 Contexte

Le programme de vitrine technologique pour les bâtiments et les solutions innovantes en bois du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) découle des mesures de la Charte du bois pour favoriser la construction non résidentielle et multifamiliale en bois. Il répond également à la priorité 19.4.2 du PACC 2020 de favoriser la construction de bâtiments à faible empreinte carbone par la réalisation de projets mobilisateurs en lien avec l'utilisation du bois dans la construction. Ce programme bénéficie d'un budget du Fonds vert, ce qui requière une réduction des émissions de GES dans les projets supportés financièrement.

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.
- Diffuser dans le milieu de la construction des solutions techniques avantageuses quant aux matériaux en bois et aux systèmes développés à partir de modèles de référence, et ce, afin de favoriser une utilisation à plus grande échelle. Développer le savoir-faire technique et professionnel amenant l'évolution des pratiques et permettant ensuite l'émergence d'autres projets en bois.

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

- Vitrine technologique de solutions innovantes : projets de construction qui proposent l'introduction d'une solution innovante en bois pour en faciliter sa commercialisation à grande échelle et même son exportation dans le secteur de la construction. Une solution innovante peut être, par exemple, un nouveau produit, un système de construction, un assemblage ou une nouvelle application d'un produit.
- Vitrine technologique de bâtiments innovants : projets mobilisateurs de construction de bâtiments innovants en bois. Les bâtiments admissibles peuvent être dans les secteurs de la construction non résidentielle ou encore multifamiliale. Le caractère innovant peut provenir, par exemple, de l'usage du bâtiment, de son ampleur par son nombre d'étages ou sa superficie, de la combinaison des matériaux employés ou de l'utilisation de nouveaux systèmes ou de nouvelles techniques de construction.

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.

Les Chantiers de Chibougamau Itée – Nordic Structures ont mandaté Cecobois pour réaliser l'étude de quantification de la réduction des émissions de GES attribuables à la fabrication de matériaux de structure de l'école Riverside, pour son admission à la catégorie « Vitrine technologique de solutions innovantes ». L'étude réalisée est basée sur l'ensemble des informations fournies par **Nordic Structures**.

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 **Nordic Structures**.

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 bâtiment réalisé, soit l'école Riverside, en le comparant avec 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 avec deux scénarios 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 programme de vitrine technologique pour les bâtiments et les solutions innovantes en bois, en date du 27 septembre 2018.

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 lié à la fabrication des matériaux de structure 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 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.

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 programme de vitrine technologique pour les bâtiments et les solutions innovantes en bois, les quantités de matériaux du bâtiment 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 **Nordic Structures**.

3.2 Limitations 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 CIRAD, sont tirés de ses bases de données d'inventaire de cycle de vie. Les émissions de GES liées aux étapes du cycle de vie du bâtiment autre 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 Bâtiment réalisé

L'école Riverside est constituée de deux modules d'un étage qui comprennent deux salles de classe et un vestiaire. La superficie au sol du bâtiment est de 254 mètres carrés.

La structure de la toiture, des planchers et des murs extérieurs est composée principalement de panneaux de bois lamellé-croisé (CLT), en combinaison avec un système de poutres et colonnes en bois lamellé-collé (BLC) pour la toiture et avec un système de poutres en BLC pour le plancher.

Les quantités de matériaux de structure pour le bâtiment réalisé ont été entrées dans Gestimat selon les données fournies par **Nordic Structures** (Annexe 1).

Une hypothèse a été posée lors de l'entrée des données dans Gestimat :

- Les fondations constituées de trépieds en métal installés sur un remblai compacté ont été exclues aux fins de l'analyse comparative entre le bâtiment réalisé et les scénarios de référence, puisque leurs compositions ont été jugées similaires pour tous les scénarios.
- Les murs intérieurs du bâtiment et le corridor extérieur d'environ quatre pieds faisant le pont entre deux modules ont été exclus aux fins de l'analyse comparative entre le bâtiment réalisé et les scénarios de référence, puisqu'ils ne font pas partie intégrante de la structure du bâtiment et, par conséquent, ne font pas partie de la portée de l'analyse.
- Les quantités d'assemblage fournies par Nordic Structures pour le bâtiment réalisé ont été agrégées dans un élément distinct dans la section des poutres et colonnes puisque la méthode utilisée pour quantifier ces matériaux ne permettait pas de faire la distinction par éléments modélisés.

3.4 Scénarios de référence

Il a été jugé pertinent de comparer le bâtiment réalisé à deux scénarios de référence, contrairement à ce qu'il est fait normalement dans le cadre du PVT.

3.4.1 Ossature légère de bois

Le premier scénario de référence consiste en une structure en ossature légère en bois. Ce type de structure est habituellement utilisé pour la fabrication modulaire de salles de classe temporaires.

La structure de la toiture et du plancher est composée principalement de poutres en BLC et de solives en bois d'œuvre recouvert d'un contreplaqué. Les poutres faîtières sont soutenues par des poteaux composés en bois d'œuvre. La structure des murs extérieurs est composée d'un système de montants en bois d'œuvre auquel des panneaux en contreplaqué sont fixés. Des linteaux composés en bois d'œuvre sont utilisés au-dessus des ouvertures des murs.

Les quantités de matériaux de structure pour les scénarios de référence ont été entrées dans Gestimat selon les données fournies par **Nordic Structures** (Annexe 2).

Une hypothèse a été posée lors de l'entrée des données dans Gestimat :

- Comme mentionné à la section précédente, les fondations, les murs intérieurs et le corridor du bâtiment ont été exclus aux fins de l'analyse comparative entre le bâtiment réalisé et les scénarios de référence.
- Les ouvertures pour les fenêtres et les portes n'ont pas été prises en compte dans le calcul de quantités de matériaux pour l'ossature des murs extérieurs, outre la quantité pour les linteaux.

3.4.2 Ossature légère d'acier

Le second scénario de référence consiste en une structure en acier. Selon les informations obtenues de Nordic Structures, ce type de structure semble être de plus en plus utilisé pour la fabrication modulaire de salles de classe temporaires. C'est pour cette raison qu'il a été jugé pertinent d'inclure ce scénario à l'analyse.

La structure de la toiture et du plancher est composée de poutres en profilé W et de pannes en C en acier recouvert d'un tablier métallique. Les poutres faîtières sont soutenues par des poteaux en HSS en acier. La structure des murs extérieurs est composée d'un système de montants en C en acier auquel des panneaux en contreplaqué sont fixés. Des linteaux en acier sont utilisés au-dessus des ouvertures des murs.

Les quantités de matériaux de structure pour les scénarios de référence ont été entrées dans Gestimat selon les données fournies par **Nordic Structures** (Annexe 3).

Une hypothèse a été posée lors de l'entrée des données dans Gestimat :

- Comme mentionné à la section précédente, les fondations, les murs intérieurs et le corridor du bâtiment ont été exclus aux fins de l'analyse comparative entre le bâtiment réalisé et les scénarios de référence.

- Le pourcentage d'acier supplémentaire pour les assemblages dans le scénario de référence en acier a été estimé à 10%.
- Les ouvertures pour les fenêtres et les portes n'ont pas été prises en compte dans le calcul de quantités de matériaux pour l'ossature des murs extérieurs, outre la quantité pour les linteaux.

3.5 Rôles et responsabilités

Dans le cadre du programme de vitrine technologique de bâtiment et solutions innovantes en bois, Cecoboïs a été mandaté par **Nordic Structures** pour quantifier la réduction des émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure du bâtiment réalisé, l'**école Riverside**, en le comparant avec deux scénarios 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 27 septembre 2018.

Les quantités de matériaux de structure pour le bâtiment réalisé ainsi que pour les scénarios de référence ont été fournies par **Nordic Structures**. 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.

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 la **Nordic Structures**.

4 Résultats et analyse

4.1 Bâtiment réalisé

Les émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure du bâtiment réalisé sont estimées à 6 900 kg éq. CO₂, soit 27,2 kg éq. CO₂/m² de plancher. La modélisation de ce bâtiment comprend 85 m³ de bois d'ingénierie (CLT et BLC) et 0,16 tonne de vis. Les résultats détaillés des émissions de GES sont présentés à l'annexe 4.

Les toitures, les planchers et les murs extérieurs, composées de bois lamellé-croisé (CLT), représentent respectivement 35 %, 31 % et 25 % des émissions de GES associées à la fabrication des matériaux de structure du bâtiment, soit 2 437 kg éq. CO₂, 2 140 kg éq. CO₂ et 1 733 kg éq. CO₂. Les poutres et colonnes en bois lamellé-collé représentent 1,6 % des émissions de GES, soit 107 kg éq. CO₂. Les assemblages en acier pour l'ensemble des systèmes constructifs quant à elles représentent 7 % des émissions de GES, soit 484 kg éq. CO₂.

En comparant les matériaux, le bois représente 93 % des émissions de GES du scénario, comparativement aux assemblages en acier qui représentent le dernier 7 % de ces émissions (figure 1).

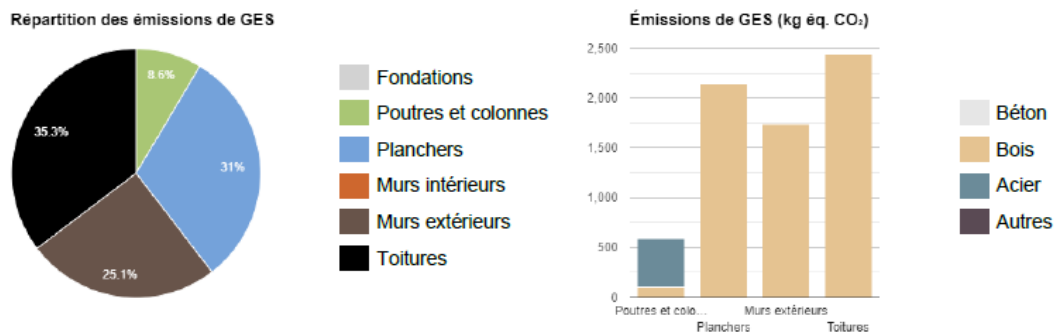


Figure 1 - Émissions de GES attribuables à la structure du bâtiment réalisé

4.2 Scénarios de référence

4.2.1 Ossature légère de bois

Les émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure du premier scénario de référence, en ossature légère de bois, sont estimées à 4 209 kg éq. CO₂, soit 16,6 kg éq. CO₂/m² de plancher. La modélisation de ce scénario de référence comprend 42 m³ de bois (BLC, bois d'œuvre et contreplaqué) et 0,30 tonne d'acier pour les assemblages (clous, vis, écrous, boulons et plaques). Les résultats détaillés des émissions de GES sont présentés à l'annexe 5.

Les toitures, les planchers et les murs extérieurs, composés principalement de bois d'œuvre et de contreplaqué, représentent respectivement 20 %, 31 % et 25 % des émissions de GES associées à la fabrication des matériaux de structure du bâtiment, soit 827 kg éq. CO₂, 1 289 kg éq. CO₂ et 1 073 kg éq. CO₂. Les poutres en bois lamellé-collé et les colonnes en

bois d'œuvre composé représentent 24 % des émissions de GES, soit 1 020 kg éq. CO₂. Les assemblages en acier ont été inclus dans chacun des systèmes constructifs.

En comparant les matériaux, le bois représente 83 % des émissions de GES du scénario, alors que les assemblages d'acier représentent le dernier 17 % de ces émissions (figure 2).

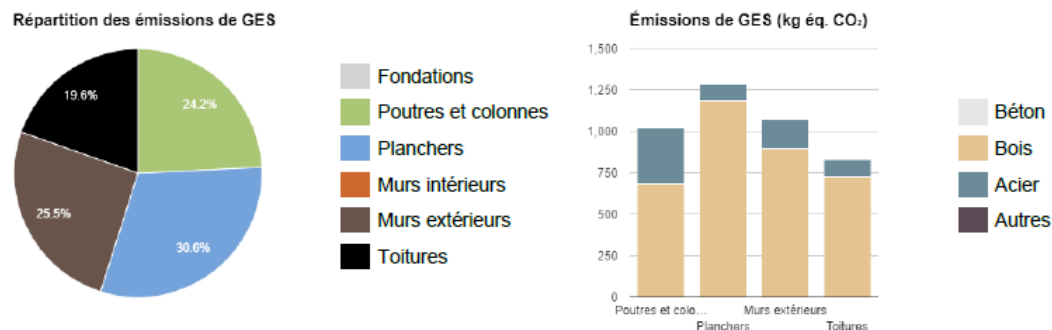


Figure 2 - Émissions de GES attribuables à la structure du scénario de référence en ossature légère de bois

4.2.2 Ossature légère d'acier

Les émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure du second scénario de référence, en ossature légère d'acier, sont estimées à 29 351 kg éq. CO₂, soit 116 kg éq. CO₂/m² de plancher. La modélisation de ce scénario de référence comprend 14 tonnes d'acier (HSS, profilés extrudés, pontage et montants métalliques), 9 m³ de contreplaqué et 1,1 tonne d'acier pour les assemblages (vis, écrous, boulons et plaques). Les résultats détaillés des émissions de GES sont présentés à l'annexe 6.

Les toitures, les planchers et les murs extérieurs, composés principalement d'éléments d'ossature légère en acier, dont les planchers et les murs extérieurs incluent un revêtement de contreplaqué en bois, représentent respectivement 32 %, 29 % et 19 % des émissions de GES associées à la fabrication des matériaux de structure du bâtiment, soit 9 392 kg éq. CO₂, 8 515 kg éq. CO₂ et 5 479 kg éq. CO₂. Les poutres en profilés « W » et les colonnes en HSS représentent 20 % des émissions de GES, soit 5 966 kg éq. CO₂. Les assemblages en acier ont été inclus dans chacun des systèmes constructifs.

En comparant les matériaux, l'acier représente 96 % des émissions de GES du scénario, alors que le bois représente le dernier 4 % de ces émissions (figure 3).

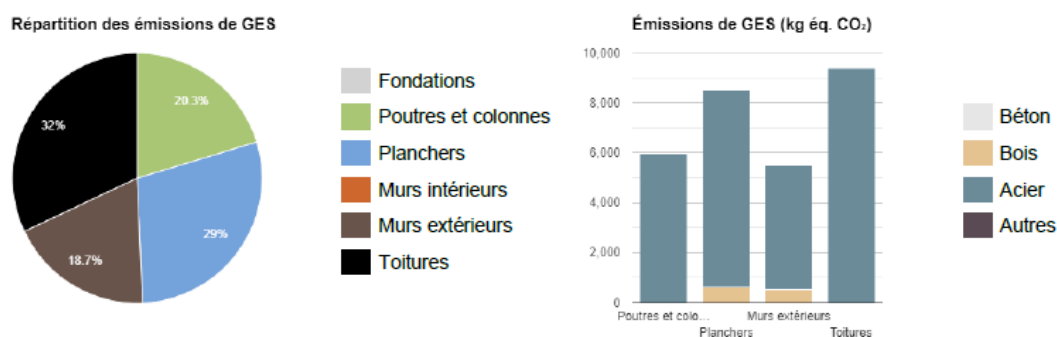


Figure 3 - Émissions de GES attribuables à la structure du scénario de référence en ossature légère d'acier

4.3 Réduction des émissions de GES

Lorsqu'il est comparé au scénario de référence en ossature légère en bois, le bâtiment réalisé amène une augmentation d'émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure de 2 691 kg éq. CO₂, soit une augmentation de 64 %. Toutefois, le bâtiment réalisé amène une réduction d'émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure de 22 451 kg éq. CO₂, soit une réduction de 76 %, lorsqu'il est comparé au scénario de référence en ossature légère d'acier. Les résultats détaillés sont présentés à l'annexe 7.

La composition des murs intérieurs et des fondations a été jugée similaire pour les trois scénarios. La différence entre les scénarios est attribuable au type de structure utilisé, soit une structure de bois massif en lamellé-collé et en lamellé-croisé pour le bâtiment réalisé comparativement à une structure en ossature légère en bois pour le premier scénario de référence et une structure en ossature légère en acier pour le second scénario de référence.

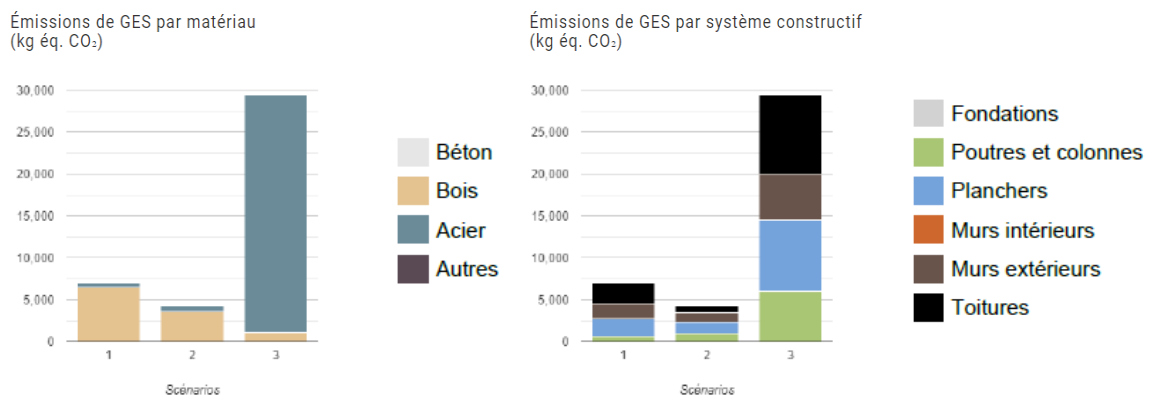


Figure 4 - Comparaison des émissions de GES attribuables à la structure du bâtiment réalisé (1), du scénario de référence en ossature légère en bois (2) et du scénario de référence en ossature légère en acier (3)

5 Conclusions

Dans le cadre du programme de vitrine technologique du MFFP, Cecoboïs a été mandaté par **Nordic Structures** pour quantifier la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) attribuables à la fabrication des matériaux de structure du bâtiment réalisé, l'**école Riverside**, en le comparant à deux scénarios de référence.

Les quantités de matériaux de structure pour le bâtiment réalisé, ainsi que pour les scénarios de référence, ont été fournies par **Nordic Structures**. 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, en date du 14 août 2020, à partir des informations et des quantités de matériaux fournies.

Les émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure du bâtiment réalisé sont estimées à 6 900 kg éq. CO₂, soit 27,2 kg éq. CO₂/m² de plancher, celles du scénario de référence en ossature légère en bois sont estimées à 4 209 kg éq. CO₂, soit 16,6 kg éq. CO₂/m² de plancher, alors que celles du scénario de référence en ossature légère d'acier sont estimées à 29 351 kg éq. CO₂, soit 116 kg éq. CO₂/m² de plancher.

Selon ces données, le bâtiment réalisé entraîne **une réduction d'émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure de 22 451 kg éq. CO₂ par rapport au scénario de référence en ossature légère en acier et une augmentation de 2 691 kg éq. CO₂ par rapport au scénario de référence en ossature légère 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, demeure la responsabilité de **Nordic Structures**.

Annexe 1

Quantités de matériaux de structure – Bâtiment réalisé

- **Assemblages :**
 - Ensemble des systèmes
 - Vis auto-taraudeuses : 155.6 kg
- **Toit 1 :**
 - 13'-9" x 64', pente de 2 %
 - CLT 105 mm
 - 2 poutres secondaires : 184x339 x 13' long.
 - Poutre faîtière : glulam 184x417 x 64' long.
- **Toit 2 :**
 - 13'-9" x 64', pente de 2 %
 - CLT 105 mm
 - 2 poutres secondaires : 184x339 x 13' long.
 - Poutre faîtière : glulam 184x417 x 64' long.
- **Toit 3 :**
 - 13'-6" x 64', pente de 2 %
 - CLT 105 mm
 - 4 poutres secondaires : 184x339 x 13' long.
- **Mur 1 :**
 - 9'-8" x 64'
 - CLT 105 mm
 - Ouverture 3'-4" x 7'-2"
- **Mur 2 :**
 - 8' x 64'
 - CLT 105 mm
 - 4 ouvertures 9'-1" x 4'-5"
 - 1 ouverture 6'-1" x 7'-2"
- **Mur 3 :**
 - 8' x 64'
 - CLT 105 mm
 - 1 ouverture 6'-1" x 7'-2"
- **Mur 4 :**
 - 8' x 64'
 - CLT 105 mm
 - 1 ouverture 6'-1" x 7'-2"
- **Murs 5-6-7-8 :**
 - 13'-8" x 8'-10" (4 murs identiques)
 - CLT 105 mm
- **Murs 9 :**
 - 13'-5" x 8'-10"
 - CLT 105 mm
 - 1 ouverture 9'-1" x 4'-5"
- **Murs 10 :**
 - 13'-5" x 8'-10"
 - CLT 105 mm
- **Colonnes :**
 - 12 colonnes : 137x184 x 7' long.
 - 4 colonnes 137x184 x 8'-2" long.
- **Plancher 1 :**
 - 13'-8" x 64'
 - CLT 105 mm
 - poutres glulam : 140 x 279 x 13'-8" long.
- **Plancher 2 :**
 - 13'-8" x 64'
 - CLT 105 mm
 - poutres glulam : 140 x 279 x 13'-8" long.
- **Plancher 3 :**
 - 13'-5" x 64'
 - CLT 105 mm
 - 6 poutres glulam : 140 x 279 x 13'-5" long.
- **Fondations :**
 - Trépieds en métal sur des bases en CLT installés sur le remblai compacté
 - Même pour toutes les options, donc exclues

Annexe 2

Quantités de matériaux de structure – Scénarios de référence 1 : Ossature légère en bois

- **Toit 1 :**
 - 13'-9" x 64', pente de 2 %
 - Plywood ½"
 - SPF No1/No2 64x184 @ 406 mm c/c
 - Poutre faîtière glulam : 184x362 x 64' long.
 - 4 connecteurs Simpson
CCQ86SDS2.5 + 8 x 14 vis ¼" x 2-1/2"
- **Toit 2 :**
 - 13'-9" x 64', pente de 2 %
 - Plywood ½"
 - SPF No1/No2 64x184 @ 406 mm c/c
 - Poutre faîtière glulam : 184x362 x 64' long.
 - 4 connecteurs Simpson
CCQ86SDS2.5 + 8 x 14 vis ¼" x 2-1/2"
- **Toit 3 :**
 - 13'-6" x 64', pente de 2 %
 - Plywood ½"
 - SPF No1/No2 64x184 @ 406 mm c/c
- **Mur 1 :**
 - 9'-8" x 64'
 - Plywood 5/8"
 - SPF No1/No2 38x140 @ 406 mm c/c
 - Avec entremise
 - Sans ancrages de retenue
 - 2 montants additionnels pour ouverture de porte
 - 1 linteau 3-2x6 x 3'-10" long.
assemblé avec 2 clous 4-1/2" @ 400 c/c
- **Mur 2 :**
 - 8' x 64'
 - Plywood 5/8"
 - SPF No1/No2 38x140 @ 406 mm c/c
 - Avec entremise
- Sans ancrages de retenue
- 10 montants additionnels pour ouvertures
- 1 linteau 3-2x6 x 6'-6" long.
assemblé avec 2 clous 4-1/2" @ 400 c/c
- 4 linteaux 3-2x10 x 9'-7" long.
assemblés avec 2 clous 4-1/2" @ 400 c/c
- **Mur 3 :**
 - 8' x 64'
 - Plywood 5/8"
 - SPF No1/No2 38x140 @ 406 mm c/c
 - Avec entremise
 - Sans ancrages de retenue
 - 2 montants additionnels pour ouverture
 - 1 linteau 3-2x6 x 6'-6" long.
assemblé avec 2 clous 4-1/2" @ 400 c/c
- **Mur 4 :**
 - 8' x 64'
 - Plywood 5/8"
 - SPF No1/No2 38x140 @ 406 mm c/c
 - Avec entremise
 - Sans ancrages de retenue
 - 2 montants additionnels pour ouverture
 - 1 linteau 3-2x6 x 6'-6" long.
assemblé avec 2 clous 4-1/2" @ 400 c/c
- **Murs 5-6-7-8 (4 murs identiques) :**
 - 13'-8" x 8'-10"
 - Plywood 5/8"
 - SPF No1/No2 38x140 @ 406 mm c/c
 - Avec entremise

- Sans ancrages de retenue
- **Murs 9 :**
 - 13'-5" x 8'-10"
 - Plywood 5/8"
 - SPF No1/No2 38x140 @ 406 mm c/c
 - Avec entremise
 - Sans ancrages de retenue
- **Murs 10 :**
 - 13'-5" x 8'-10"
 - Plywood 5/8"
 - SPF No1/No2 38x140 @ 406 mm c/c
 - Avec entremise
 - Sans ancrages de retenue
 - 2 montants additionnels pour ouverture
 - 1 linteau 3-2x6 x 9'-6" long. assemblé avec 2 clous 4-1/2" @ 400 c/c
- **Colonnes :**
 - 8 colonnes 5-2x6 x 8'-4" long. assemblées avec 2 boulons 1/2" @ 220 mm c/c
 - 32 connecteurs Simpson A23 + 32 x 8 clous 0.148" x 1-1/2"
- **Plancher 1 :**
 - 13'-8" x 64'
 - Plywood 3/4"
 - SPF No1/No2 64x184 @ 305 mm c/c
- Sans étriers métalliques
- Avec blocages aux extrémités
- Poutres glulam : 140 x 279 x 13'-8" long.
- Poutres appuyées sur fondations
- **Plancher 2 :**
 - 13'-8" x 64'
 - Plywood 3/4"
 - SPF No1/No2 64x184 @ 305 mm c/c
 - Sans étriers métalliques
 - Avec blocages aux extrémités
 - Poutres glulam : 140 x 279 x 13'-8" long.
 - Poutres appuyées sur fondations
- **Plancher 3 :**
 - 13'-5" x 64'
 - Plywood 3/4"
 - SPF No1/No2 64x184 @ 305 mm c/c
 - Sans étriers métalliques
 - Avec blocages aux extrémités
 - 6 poutres glulam : 140 x 279 x 13'-5" long.
 - Poutres appuyées sur fondations
- **Fondations :**
 - Trépieds en métal sur des bases en CLT installés sur le remblai compacté
 - Même pour toutes les options, donc exclues

Annexe 3

Quantités de matériaux de structure – Scénarios de référence 2 : Ossature légère en acier

- **Toit 1 :**
 - 13'-9" x 64', pente de 2 %
 - Tablier métallique P-3606 calibre 22
 - 600S275-71 @ 610 mm c/c
 - 2 poutres faitières : W360x39 X 32' long.
- **Toit 2 :**
 - 13'-9" x 64', pente de 2 %
 - Tablier métallique P-3606 calibre 22
 - 600S275-71 @ 610 mm c/c
 - 2 poutres faitières : W360x39 X 32' long.
- **Toit 3 :**
 - 13'-6" x 64', pente de 2 %
 - Tablier métallique P-3606 calibre 22
 - 600S275-71 @ 610 mm c/c
- **Mur 1 :**
 - 9'-8" x 64'
 - Plywood 5/8"
 - 600S162-33@ 406 mm c/c
 - Avec entremise
 - Sans ancrages de retenue
 - 2 montants additionnels pour ouverture de porte
 - 1 linteau 2-600S200-68 x 3'-10" long.
- **Mur 2 :**
 - 8' x 64'
 - Plywood 5/8"
 - 600S162-33@ 406 mm c/c
 - Avec entremise
 - Sans ancrages de retenue
 - 10 montants additionnels pour ouvertures
 - 1 linteau 2-600S200-68 x 6'-6" long.
 - 4 linteaux 2-600S200-68 x 9'-7" long.
- **Mur 3 :**
 - 8' x 64'
 - Plywood 5/8"
 - 600S162-33@ 406 mm c/c
 - Avec entremise
 - Sans ancrages de retenue
 - 2 montants additionnels pour ouvertures
 - 1 linteau 2-600S200-68 x 6'-6" long.
- **Mur 4 :**
 - 8' x 64'
 - Plywood 5/8"
 - 600S162-33@ 406 mm c/c
 - Avec entremise
 - Sans ancrages de retenue
 - 2 montants additionnels pour ouvertures
 - 1 linteau 2-600S200-68 x 6'-6" long.
- **Murs 5-6-7-8 (4 murs identiques) :**
 - 13'-8" x 8'-10"
 - Plywood 5/8"
 - 600S162-33@ 406 mm c/c
 - Avec entremise
 - Sans ancrages de retenue
- **Murs 9 :**
 - 13'-5" x 8'-10"
 - Plywood 5/8"
 - 600S162-33@ 406 mm c/c
 - Avec entremise
 - Sans ancrages de retenue
- **Murs 10 :**
 - 13'-5" x 8'-10"
 - Plywood 5/8"
 - 600S162-33@ 406 mm c/c
 - Avec entremise
 - Sans ancrages de retenue

- 2 montants additionnels pour ouvertures
- 1 linteau 2-600S200-68 x 9'-6" long.
- **Colonnes :**
 - 8 colonnes HSS 76x76x3 x 8'-4" long.
- **Plancher 1 :**
 - 13'-8" x 64'
 - Plywood $\frac{3}{4}$ "
 - 600S162-97 @ 305 mm c/c
 - Avec blocages aux extrémités
 - poutres W310x21 x 13'-8" long.
- **Plancher 2 :**
 - 13'-8" x 64'
 - Plywood $\frac{3}{4}$ "
- 600S162-97 @ 305 mm c/c
- Avec blocages aux extrémités
- poutres W310x21 x 13'-8" long.
- **Plancher 3 :**
 - 13'-5" x 64'
 - Plywood $\frac{3}{4}$ "
 - 600S162-97 @ 305 mm c/c
 - Avec blocages aux extrémités
 - 6 poutres W310x21 x 13'-5" long.
- **Fondations :**
 - Trépieds en métal sur des bases en CLT installés sur le remblai compacté
 - Même pour toutes les options, donc exclues

Annexe 4

Rapport Gestimat – Bâtiment réalisé

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



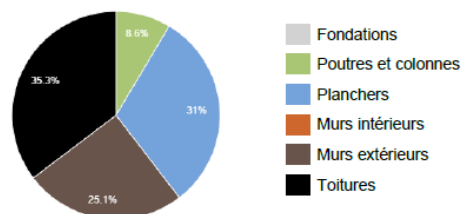
Scénario : Bois massif

Nom du projet : École Riverside No du projet : 1
 Nom du scénario : Bois massif Type de saisie : Saisie détaillée
 Description / Notes :

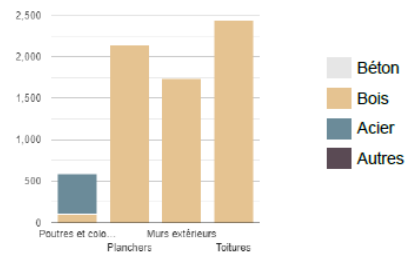
*Les assemblages de ce scénario ont été ajouté dans poutres et colonnes

Bois massif		Matériaux				Total	%
		Béton	Bois	Acier	Autres		
Systèmes constructifs	Fondations	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Poutres et colonnes	0,00	107	484	0,00	590	8,56
	Planchers	0,00	2 140	0,00	0,00	2 140	31,01
	Murs intérieurs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Murs extérieurs	0,00	1 733	0,00	0,00	1 733	25,11
	Toitures	0,00	2 437	0,00	0,00	2 437	35,32
	Total GES (kg éq. CO ₂)	0,00	6 416	484	0,00	6 900	100%
GES par m ²		0,00	25,31	1,91	0,00	27,22	

Répartition des émissions de GES



Émissions de GES (kg éq. CO₂)



Version :

Dernière modification de l'analyse : 2020-08-14
 Génération du rapport : 2020-08-14

Annexe 5

Rapport Gestimat – Scénarios de référence 1 : Ossature légère en bois

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

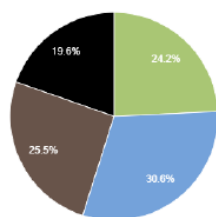


Scénario : Ossature légère bois

Nom du projet : École Riverside No du projet : 1
 Nom du scénario : Ossature légère bois Type de saisie : Saisie détaillée
 Description / Notes :

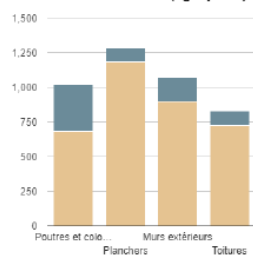
Ossature légère bois		Matériaux				Total	%
Émissions de GES (kg éq. CO ₂)		Béton	Bois	Acier	Autres		
Systèmes constructifs	Fondations	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Poutres et colonnes	0,00	685	336	0,00	1 020	24,24
	Planchers	0,00	1 181	108	0,00	1 289	30,62
	Murs intérieurs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Murs extérieurs	0,00	897	176	0,00	1 073	25,49
	Toitures	0,00	724	103	0,00	827	19,65
Total GES (kg éq. CO ₂)		0,00	3 487	722	0,00	4 209	100%
GES par m ²		0,00	13,75	2,85	0,00	16,60	

Répartition des émissions de GES



Fondations
 Poutres et colonnes
 Planchers
 Murs intérieurs
 Murs extérieurs
 Toitures

Émissions de GES (kg éq. CO₂)



Béton
 Bois
 Acier
 Autres

Version :

Dernière modification de l'analyse : 2020-08-14
 Génération du rapport : 2020-08-14

Annexe 6

Rapport Gestimat – Scénarios de référence 2 : Ossature légère en acier

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

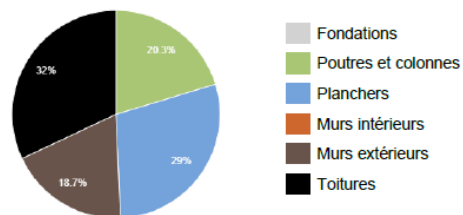


Scénario : Ossature légère acier

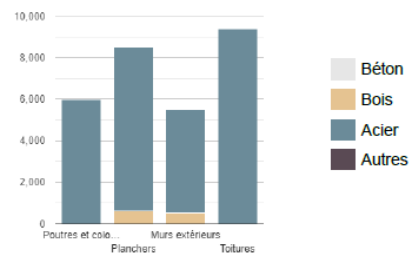
Nom du projet : École Riverside No du projet : 1
 Nom du scénario : Ossature légère acier Type de saisie : Saisie détaillée
 Description / Notes :

Ossature légère acier		Matériaux				Total	%
Émissions de GES (kg éq. CO ₂)		Béton	Bois	Acier	Autres		
Systèmes constructifs	Fondations	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Poutres et colonnes	0,00	0,00	5 966	0,00	5 966	20,32
	Planchers	0,00	601	7 914	0,00	8 515	29,01
	Murs intérieurs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Murs extérieurs	0,00	538	4 941	0,00	5 479	18,67
	Toitures	0,00	0,00	9 392	0,00	9 392	32,00
	Total GES (kg éq. CO₂)	0,00	1 139	28 212	0,00	29 351	100%
GES par m²		0,00	4,49	111	0,00	116	

Répartition des émissions de GES



Émissions de GES (kg éq. CO₂)



Version :

Dernière modification de l'analyse : 2020-08-14
 Génération du rapport : 2020-08-14

Annexe 7

Rapport Gestimat – Comparaison des scénarios

Rapport sommaire de l'analyse comparative des scénarios

INFORMATIONS DU PROJET

Nom du projet	École Riverside	Type de projet	Construction neuve
No du projet	1	Type de bâtiment	Éducation primaire et secondaire
Province	Québec	Nombre d'étages	1
Municipalité	Saguenay	Superficie au sol (m²)	253.5
Région administrative	Saguenay-Lac-Saint-Jean	Superficie totale (m²)	253.5
Année prévue	2019	Version de l'analyse	
Budget prévu			

Description / Notes :

Située à Arvida.

SCÉNARIOS ANALYSÉS

	Nom	Total GES (kg éq. CO ₂)	Description (Structure principale; structure secondaire; mur de remplissage)
Scénario 1	Bois massif	6 900	*Les assemblages de ce scénario ont été ajouté dans poutres et colonnes
Scénario 2	Ossature légère bois	4 209	
Scénario 3	Ossature légère acier	29 351	
Scénario 4		0	
Scénario 5		0	
Scénario 6		0	

SCÉNARIO RETENU

	Type de structure	Émissions de GES estimées
(RÉFÉRENCE) Scénario 2	Ossature légère en bois	4 209
(RETENU) Scénario 1	Panneaux de bois lamellé-croisé (CLT)	6 900
Émissions de GES évitées		-2 690,97

Rapport sommaire de l'analyse comparative des scénarios

COMPARABILITÉ DES SCÉNARIOS

		Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5	Scénario 6
Type de saisie		-	-	-	-	-	-
Nombre d'étages		-	-	-	-	-	-
Nombre d'éléments modélisés		13	14	14	0	0	0
Fondations	m ³ béton armé						
Poutres et colonnes	m ³ béton armé						
	m ³ bois	0,90	4,42				
	tonne acier			2,36			
Planchers	m ² de planchers	242	242	242			
Murs intérieurs	m ² de murs						
Murs extérieurs	m ² de murs		267	267			
Toitures	m ² de toitures	249	249	249			

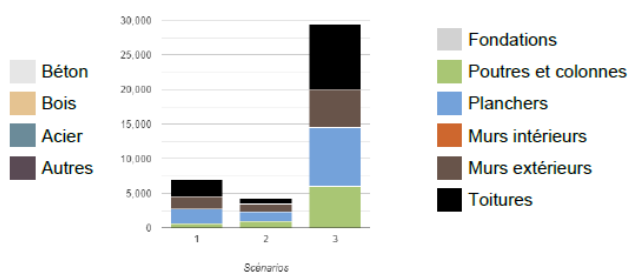
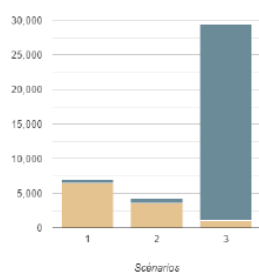
VALIDATION DES SCÉNARIOS

	Scénario complété	Commentaires sur la comparabilité des scénarios
Scénario 1	X	Murs extérieurs en CLT
Scénario 2	X	
Scénario 3	X	
Scénario 4		
Scénario 5		
Scénario 6		

Rapport sommaire de l'analyse comparative des scénarios

COMPARAISON DES SCÉNARIOS

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5	Scénario 6
Type de saisie	-	-	-	-	-	-
Superficie totale de plancher (m²)	-	-	-	-	-	-
GES par matériau	(kg éq. CO ₂)					
 Béton						
 Bois	6 416	3 487	1 139			
 Acier	484	722	28 212			
 Autres						
GES par système constructif	(kg éq. CO ₂)					
 Fondations						
 Poutres et colonnes	590	1 020	5 966			
 Planchers	2 140	1 289	8 515			
 Murs intérieurs						
 Murs extérieurs	1 733	1 073	5 479			
 Toitures	2 437	827	9 392			
Total GES (kg éq. CO ₂)	6 900	4 209	29 351			
GES par m² (kg éq. CO ₂)	27,22	16,60	116			



3.5 Annexe 5 : Rapport du vérificateur – Tetrattech

Les Chantiers de Chibougamau Itée – Nordic
Structures

Rapport de vérification

Vérification du rapport de projet GES de Les Chantiers de Chibougamau Itée – Nordic Structures
Version finale



Projet : 39649TTG

Révision : 01

2021-01-25

Rapport de vérification

Vérification du rapport de projet GES de Les Chantiers de Chibougamau Itée – Nordic Structures
Version finale



Vérification du rapport de projet GES de Les Chantiers de Chibougamau Itée – Nordic Structures

Projet : 39649TTG
Rév. 01
2021-01-25

PRÉSENTÉ À

Les Chantiers de Chibougamau Itée – Nordic Structures

100-1100, avenue des Canadiens-de-Montréal
Montréal (Québec)
H3B 2S2

Préparé par :



2021-01-25

Roger Fournier, CPA, CA
Vérificateur en chef

Date

PRÉSENTER PAR

Tetra Tech QI inc.

1205, rue Ampère
Bureau 310
Boucherville (Québec)
J4B 7M6

Tél. : 450 655-8440
Télec. : 450 655-7121
tetratech.com

Et :



2021-01-25

Alexis Dagenais Everell, ing., M. Ing., PA
LEED C+CB
Vérificateur

Date

RÉVISIONS

RÉVISION	DATE	DESCRIPTION	PRÉPARER PAR
00	22 JANVIER 2021	ÉMIS POUR COMMENTAIRES	AD/RF
01	25 JANVIER 2021	VERSION FINALE	AD/RF

TABLE DES MATIÈRES

1.0 INTRODUCTION ET MISE EN CONTEXTE	1
1.1 Rôles et responsabilités	1
1.2 Promoteur et localisation du site	1
1.3 Objectifs de la vérification	1
1.4 Critères de vérification	2
1.5 Niveau d'assurance.....	2
1.6 Importance relative.....	2
1.7 Date de la période de vérification	2
2.0 ORGANISME DE VÉRIFICATION	3
2.1 Accréditation de l'organisme de vérification	3
2.2 Organisme	3
2.3 Sous-traitance	4
2.4 Composition de l'équipe de vérification	4
2.5 Impartialité et conflit d'intérêts	4
3.0 DESCRIPTION DU PROJET ET DU SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE	5
3.1 Description du projet	5
3.2 Choix du scénario de référence	5
4.0 MÉTHODOLOGIE DE VÉRIFICATION.....	7
4.1 Examen des documents	7
4.2 Élaboration de l'approche de vérification	8
4.3 Réunion de démarrage et visite des lieux.....	8
4.4 Revue de la documentation et demandes d'actions	9
4.5 Évaluation du projet par rapport aux exigences	10
4.6 Limitation et usage du rapport	10
5.0 CONCLUSION DE LA VÉRIFICATION	12
6.0 OPPORTUNITÉS D'AMÉLIORATION.....	12
7.0 FAITS DÉCOUVERTS APRÈS LA VÉRIFICATION	12

LISTE DES ANNEXES

Annexe A – Avis de vérification

Annexe B – Attestation d'absence de conflits d'intérêts

Annexe C – Rapport de projet GES

Monsieur Williams Munoz Toro
Les Chantiers de Chibougamau ltée – Nordic Structures
100-1100, avenue des Canadiens-de-Montréal
Montréal (Québec) H3B 2S2

Monsieur Munoz Toro,

Tetra Tech QI inc. (Tetra Tech) a vérifié le rapport de projet GES de « *École modulaire Riverside* » daté du 15 janvier 2021.

Le rapport de projet GES intitulé : « *École modulaire Riverside* » daté du 15 janvier 2021 est joint en annexe C.

1.0 INTRODUCTION ET MISE EN CONTEXTE

Tetra Tech a été mandatée par Les Chantiers de Chibougamau ltée – Nordic Structures pour vérifier son rapport de projet GES intitulé « *École modulaire Riverside* » daté du 15 janvier 2021.

1.1 RÔLES ET RESPONSABILITÉS

Les Chantiers de Chibougamau ltée – Nordic Structures est responsable de la pertinence, de la constance, de la transparence, du conservatisme, de l'intégralité, de l'exactitude et de la présentation du rapport de projet GES joint en annexe. Notre responsabilité consiste à exprimer une opinion basée sur notre vérification.

L'objectif du mandat de Tetra Tech était de vérifier les informations contenues dans le rapport de projet GES joint à l'annexe C afin d'émettre une opinion avec un niveau d'assurance raisonnable suite à notre vérification.

1.2 PROMOTEUR ET LOCALISATION DU SITE

Le projet GES du promoteur qui fait l'objet du présent mandat de vérification est situé à l'adresse suivante :

École régionale Riverside
1770, rue Joule
Jonquière, (Québec) G7S 3B1

1.3 OBJECTIFS DE LA VÉRIFICATION

L'objectif de ce mandat vise à fournir un avis portant sur le Rapport de projet GES de Les Chantiers de Chibougamau ltée – Nordic Structures intitulé « *École modulaire Riverside* » et daté du 15 janvier 2021 conformément aux prescriptions du *Protocole de quantification des émissions de gaz à effet de serre attribuables à la fabrication de matériaux de structure pour divers scénarios de bâtiments ainsi que des critères du Programme de vitrine technologique pour les bâtiments et les solutions innovantes en bois*.

Notre vérification est effectuée en conformité avec la norme ISO 14064-3 intitulée « Spécifications et lignes directrices pour la validation et la vérification des déclarations des gaz à effet de serre (2019) ».

1.4 CRITÈRES DE VÉRIFICATION

La vérification du rapport de projet GES effectué dans le cadre du présent mandat est réalisée afin de confirmer l'adéquation du rapport GES avec les exigences édictées du *Protocole de quantification des émissions de gaz à effet de serre attribuables à la fabrication de matériaux de structure pour divers scénarios de bâtiments ainsi que des critères du Programme de vitrine technologique pour les bâtiments et les solutions innovantes en bois*.

Notre vérification GES dans le cadre du présent mandat sera aussi réalisée en tenant compte des critères suivants :

- Respect des principes de la norme ISO 14064-2;
- La justification du choix du scénario de référence;
- L'exactitude des données utilisées par rapport aux sources d'information, pour le projet GES (notes de calculs, plans et devis ainsi que les volumes calculés sur le modèle 3D CadWork du bâtiment) et pour le scénario de référence (notes calculs, quantités de matériaux estimées et les plans de concept);
- L'exactitude des résultats présentés en fonction des calculs effectués par l'outil d'estimation Gestimat;
- L'exactitude du calcul des réductions GES obtenus grâce au projet GES par rapport au scénario de référence;
- Le degré d'incertitude de la déclaration GES est bas et le seuil d'importance relative n'a pas été atteint ou dépassé.

1.5 NIVEAU D'ASSURANCE

Dans le cadre du présent mandat de vérification de GES, un niveau d'assurance raisonnable est recherché, tel qu'exigé 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*.

1.6 IMPORTANCE RELATIVE

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*, le seuil d'importance relative des écarts constatés est de 5 % des réductions GES déclarées.

De plus, 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* établit les paramètres suivants :

- Pour le scénario de projet, un niveau de précision supérieur à 90 % pour les quantités de matériaux utilisés;
- Pour le scénario de référence, un niveau de précision de 80 % à 95 % sur les quantités de matériaux utilisés à l'exception des attaches où le degré de précision doit se situer entre 60 % et 80 %.

Nous avons déterminé que lors de notre vérification, toute estimation de quantité de matériaux utilisés qui serait à l'extérieur des paramètres décrits ci-haut constituerait une erreur et pourrait affecter le seuil d'importance relative.

1.7 DATE DE LA PÉRIODE DE VÉRIFICATION

La vérification a officiellement débuté en date de la réunion de démarrage tenue 20 octobre 2020 et s'est terminée en date du présent rapport.

2.0 ORGANISME DE VÉRIFICATION

2.1 ACCRÉDITATION DE L'ORGANISME DE VÉRIFICATION

Tetra Tech QI inc. est une entreprise accréditée ISO 14065 par le Conseil canadien des normes (CCN) depuis le 25 juin 2015 (<https://www.scc.ca/fr/accreditation/gaz-a-effet-de-serre/tetra-tech-qi-inc>). Les coordonnées de Tetra Tech enregistrées auprès du CCN sont les suivantes :

Tetra Tech QI inc.
1205, rue Ampère, bureau 310
Boucherville (Québec) J4B 7M6

2.2 ORGANISME

L'organigramme de la structure de Tetra Tech QI inc. est présenté à la **Figure 1** suivante.

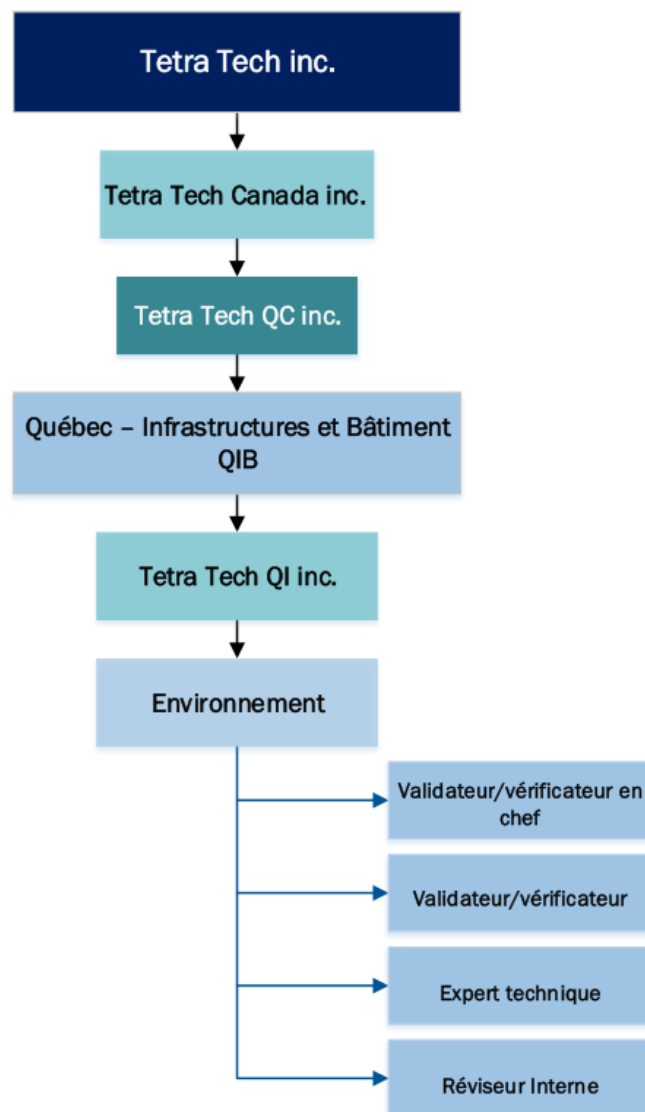


Figure 1 Organigramme de l'organisme de vérification Tetra Tech QI inc.

2.3 SOUS-TRAITANCE

Tetra Tech QI inc. a sous-traité le rôle de Vérificateur en chef à l'entreprise suivante :

SERVICE VÉRIFICATION CARBON QUANTUM INC.

76, rue Morley

Longueuil (Québec) J4V 2Y9

2.4 COMPOSITION DE L'ÉQUIPE DE VÉRIFICATION

L'équipe de vérification sélectionnée pour ce mandat se compose des membres suivants :

- Vérificateur en chef :
Roger Fournier CPA, CA
Sous-traitant – SERVICE VÉRIFICATION CARBON QUANTUM INC.
1205, rue Ampère, bureau 310
Boucherville (Québec) J4B 7M6
Tél. : 514 891-6799
Roger.Fournier@tetrattech.com
- Vérificateur :
Alexis Dagenais Everell, ing, M.Ing, PA LEED C + CB
1205, rue Ampère, bureau 310
Boucherville (Québec) J4B 7M6
Tél. : 450 655-9640 #401
Alexis.DagenaisEverell@tetrattech.com
- La révision interne est effectuée par :
Patrick Fournier, T.P., B.Sc., MBA
1205 rue Ampère, bureau 310
Boucherville (Québec) J4B 7M6
Tél. : 450-655-9640 #368
Patrick.Fournier@tetrattech.com

Tetra Tech a mis en place des procédures de plaintes et appels en cas de litige concernant la vérification. Les Chantiers de Chibougamau Ltée – Nordic Structures peut avoir recours à ces procédures sur demande.

2.5 IMPARTIALITÉ ET CONFLIT D'INTÉRÊTS

Tetra Tech QI inc. a mis en place des procédures afin de démontrer l'indépendance de la firme par rapport au projet de vérification. Ces procédures peuvent être consultées sur demande.

Tetra Tech a complété le mécanisme interne de surveillance de l'impartialité. Ces menaces à l'impartialité sont jugées faibles et donc, la vérification par Tetra Tech de la déclaration GES de Les Chantiers de Chibougamau Ltée – Nordic Structures est permise.

De plus, des procédures internes concernant les sources potentielles de conflit d'intérêts ont été élaborées (Tetra Tech, vérificateur en chef, vérificateur, réviseur). Les vérifications internes réalisées par Tetra Tech dans le cadre de ce mandat et selon ses procédures ont conclu qu'il n'existe aucun conflit d'intérêts entre les parties participantes qui pourrait influencer ou affecter le mandat de vérification.

3.0 DESCRIPTION DU PROJET ET DU SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE

3.1 DESCRIPTION DU PROJET

Le projet consiste en la construction d'une école qui se compose de deux salles de classe et d'un vestiaire, faits à partir d'un système de construction modulaire en bois massif. La construction possède 1 étage sur une superficie de 254 m². La bâtisse, de type non résidentiel, est destinée aux activités éducationnelles.

La conception des salles de classe modulaires se fait en bois massif, principalement avec du bois lamellé-collé et du bois lamellé-croisé. Le type de construction préfabriquée s'effectue en minimisant les pertes de matériaux et en optimisant les espaces et l'éclairage naturel. Du point de vue structural, les modules ont une grande rigidité et peuvent être démontés et relocalisés au besoin. Les assemblages de mur et de plancher permettent d'atteindre un confort thermique et acoustique notable, ce qui facilite le déroulement des activités à l'intérieur des salles. De plus, les matériaux structuraux utilisés pour la construction des modules en bois massif possèdent une résistance au feu intrinsèque qui offre un comportement prévisible et sécuritaire.

3.2 CHOIX DU SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE

Le scénario de référence choisi est un bâtiment ayant une structure légère en acier.

À la section 3.4 du rapport préparé par CECOBOIS que l'on retrouve à l'annexe 4 de ce rapport de projet, il y a deux scénarios de référence soulevés soit une structure légère en bois (section 3.4.1) et une structure avec ossature légère en acier (section 3.4.2).

Les deux scénarios sont utilisés comme pratique courante pour les constructions semblables à l'École Riverside.

Le fait de choisir une structure légère en acier comme scénario de référence constitue, à notre avis, une déviation 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* ».

À l'annexe 3 de ce protocole pour le choix du scénario de référence, il est indiqué à l'item 6 de la section « Méthodologie » qu'il faut déterminer les scénarios de référence qui sont représentatifs de la pratique courante.

Étant donné qu'il y a plus d'un scénario de référence qui pourrait représenter la pratique courante, il est suggéré dans les bonnes pratiques de choisir le scénario de référence ayant le moins d'émissions GES.

L'objectif étant de ne pas choisir un scénario de référence qui surévaluerait les réductions d'émissions du projet.

Étant donné cette possible déviation du protocole, nous avons obtenu une copie d'un courriel de M. Julien Brosseau de la Direction du développement de l'industrie des produits du bois du Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs.

Ce courriel envoyé à M. Williams Munoz Toro, responsable du projet GES chez Nordic confirmait l'acceptation par le Ministère du scénario de référence choisi soit l'ossature légère en acier.

Aussi, dans son analyse du choix de scénario de référence le protocole propose, sans être obligatoire, un test de barrières.

Dans les bonnes pratiques, un test de barrières doit être composé de quelques options possibles soit l'option qui consiste au projet et normalement deux autres options à analyser pour le choix de scénario de référence.

Dans le test de barrières proposé par le promoteur de projet, il n'y a qu'une option comme choix de scénario de référence soit celle de l'ossature légère en acier.

Bien que le test de barrière n'ait pas influencé quoi que ce soit dans notre vérification, il aurait été préférable d'y ajouter comme option celle d'ossature légère en bois.

4.0 MÉTHODOLOGIE DE VÉRIFICATION

Le processus de vérification réalisé dans le cadre de ce mandat est effectué selon la méthodologie de la norme ISO 14064-3 tout en tenant compte du *Protocole de quantification des émissions de gaz à effet de serre attribuables à la fabrication de matériaux de structure pour divers scénarios de bâtiments ainsi que des critères du Programme de vitrine technologique pour les bâtiments et les solutions innovantes en bois*.

Le mandat réalisé par Tetra Tech couvre la revue des documents et la réalisation des étapes mentionnées ci-dessous :

- Prendre connaissance du rapport de projet GES et des renseignements et documents fournis par École modulaire Riverside;
- Élaborer l'approche de vérification;
- Déterminer les risques de la vérification;
- Élaborer un plan de collecte de preuves;
- Élaborer un plan de vérification;
- Effectuer une visite des lieux;
- Effectuer une revue de la documentation ainsi que des demandes d'informations, corrections et/ou clarifications;
- Évaluer le plan de gestion des données et renseignements sur les GES;
- Évaluer le rapport de projet GES par rapport aux critères du *Protocole de quantification des émissions de gaz à effet de serre attribuables à la fabrication de matériaux de structure pour divers scénarios de bâtiments ainsi que des critères du Programme de vitrine technologique pour les bâtiments et les solutions innovantes en bois*;
- Émettre l'avis et le rapport de vérification.

4.1 EXAMEN DES DOCUMENTS

Au cours de notre vérification, les documents suivants ont été consultés :

- Rapport de projet GES intitulé : « *École modulaire Riverside* » daté du 15 Janvier 2021;
- Norme ISO 14064-3 intitulée « Spécifications et lignes directrices pour la validation et la vérification des déclarations des gaz à effet de serre (2019) »;
- *Protocole de quantification des émissions de gaz à effet de serre attribuables à la fabrication de matériaux de structure pour divers scénarios de bâtiments*;
- *Programme de vitrine technologique pour les bâtiments et les solutions innovantes en bois*;
- Les tableaux des quantités des matériaux (Annexes 1 et 2 du rapport GES);
- Lettre de M. Nicolas Dionne, ing. chez Nordic Structures confirmant, entre autres, que les renseignements fournis et tous les documents transmis dans le cadre de ce projet sont complets et exacts (Annexe 3 du rapport de projet);
- Copie des plans et devis et des notes de calculs fournis par M. Nicolas Dionne, ing.;
- Rapports complets du Gestimat (Annexe 4 du rapport de projet);
- Divers documents de support.

4.2 ÉLABORATION DE L'APPROCHE DE VÉRIFICATION

Au début de notre processus de vérification, nous avons reçu le rapport de projet GES et ses différentes annexes. À la réception de ce rapport et ces annexes, nous avons été en mesure de procéder à une première évaluation de notre risque de vérification, des scénarios utilisés et des sources d'émissions en cause.

Un plan de collecte de preuves a été préparé.

Un plan de vérification a été remis au client.

Ce plan de vérification établit, entre autres, le niveau d'assurance recherché, l'importance relative, la planification de la visite des lieux ainsi que différentes étapes du processus de vérification.

Notre plan de vérification original n'a pas été modifié au cours de ce mandat de vérification.

Notre vérification a été exécutée conformément à la norme ISO 14064-3 intitulée « Spécifications et lignes directrices pour la validation et la vérification des déclarations des gaz à effet de serre (2019) ». Cette norme exige que la vérification soit planifiée et exécutée de façon à obtenir soit une assurance raisonnable, soit une assurance limitée, à l'effet que le rapport de projet GES joint en annexe donne, à tous les égards importants, une image fidèle des réductions d'émissions de GES, qu'il soit libre de toute inexactitude importante, qu'il reflète de façon appropriée les données et les informations relatives aux réductions d'émissions de GES de « École modulaire Riverside » et, finalement, que le seuil d'importance relative n'ait pas été atteint ou dépassé.

Une opinion avec un niveau d'assurance raisonnable doit être émise en vertu du *Protocole de quantification des émissions de gaz à effet de serre attribuables à la fabrication de matériaux de structure pour divers scénarios de bâtiments* et nous avons planifié et exécuté notre vérification en conséquence. Ainsi, notre vérification a couvert les procédés que nous avons jugés nécessaires dans les circonstances pour fournir un fondement raisonnable à notre opinion.

L'obtention d'une assurance raisonnable à l'égard des assertions relatives aux GES exige l'exécution de procédés pour obtenir de l'information probante appuyant la quantification des réductions d'émissions et les autres déclarations contenues dans les assertions. Nos procédés ont été choisis sur la base de notre jugement professionnel et de notre appréciation du risque d'inexactitudes importantes dans les assertions de GES.

4.3 RÉUNION DE DÉMARRAGE ET VISITE DES LIEUX

Pour la réunion de démarrage du projet, une discussion téléphonique a eu lieu le 20 octobre 2020. Lors de cette rencontre téléphonique, nous avons abordé, entre autres, les points suivants :

- Description du projet;
- Approche de la vérification;
- Discussion sommaire sur le projet de rapport présenté;
- Plan de vérification;
- Différentes étapes dans le processus de vérification du rapport de projet.

Pour la visite des lieux, celle-ci s'est faite de façon virtuelle (TEAMS).

Une observation visuelle des lieux a été effectuée le 9 novembre 2020.

Les objectifs de cette visite étaient, entre autres, de confirmer l'existence du projet, de confirmer par une visualisation intérieure différents paramètres et de les corroborer avec la description faite dans le rapport de projet.

Les personnes inscrites au tableau suivant étaient présentes lors de la visite du 9 novembre 2020 :

Tableau 1 Intervenants présents lors de la visite virtuelle

Nom	Titre/Organisme	Coordonnées
Mme Michelle Babin	Directrice - École modulaire Riverside	1770, rue Joule Jonquière (Québec) G7S 3B1 michelle.babin@cqsbc.qc.ca
M. Alexis Dagenais Everell	Vérificateur, Tetra Tech	1205 rue Ampère, bureau 310 Boucherville (Québec) J4B 7M6 AlexisDagenaisEverell@tetrattech.com

4.4 REVUE DE LA DOCUMENTATION ET DEMANDES D' ACTIONS

La revue de la documentation concernant le rapport de projet GES intitulé « École modulaire Riverside » et daté du 15 janvier 2021 a été complétée suite aux demandes d'informations complémentaires, clarifications et corrections qui ont été émises à Nordic Structures par le vérificateur.

Des échanges par courrier électronique et par téléphone ont permis de compléter et de clarifier certaines informations nécessaires pour la complétion du mandat.

Tetra Tech a pu obtenir des réponses satisfaisantes à l'ensemble de ses demandes d'informations complémentaires adressées à Nordic.

Sur l'ensemble des informations obtenues, nous avons analysé, entre autres, les quantités de matériaux imputées au projet ainsi qu'au scénario de référence.

Pour le scénario de projet, nous avons analysé les quantités imputées en prenant connaissance des notes de calculs, des plans et devis ainsi que les volumes calculés sur le modèle 3D CadWork du bâtiment.

Les valeurs de la quantification étaient dans la majorité des cas conformes à l'exception de certaines valeurs associées à la quincaillerie et les plaques d'acier épaisses. L'impact des erreurs trouvées était inférieur à 5 % des émissions de GES évitées. Nous avons informé le client des erreurs trouvées lors de notre vérification. Le rapport de projet GES a été modifié pour tenir compte de ces erreurs.

Pour le scénario de référence, nous avons analysé les calculs, les quantités de matériaux estimées et les plans de concept pour l'option acier de l'école Riverside. Ainsi, pour les valeurs présentées pour le bâtiment de référence, des calculs de descente de charges applicable sur le toit du bâtiment ont été effectués par Nordic. Ces calculs ont été vérifiés en parallèle avec les hypothèses de calcul pour chacun des éléments structurels du bâtiment. Le dimensionnement du tablier métallique, ainsi que des poutrelles, colonnes et poutres dépendent des charges de conception. Par la suite, une vérification est faite sur le choix du pontage et poutrelle côté conception.

Les calculs du bâtiment de référence étaient, dans la majorité des cas, conformes. Des questions ont été posées sur le choix des plaques épaisses pour les murs et la toiture. Les réponses fournies par Nordic étaient satisfaisantes.

Nous nous sommes, par la suite, assurés que les quantités prévues pour les deux scénarios avaient bien été imputées dans le logiciel Gestimat.

Le logiciel Gestimat calcule les émissions de GES en tenant compte des quantités de matériaux utilisés et des facteurs d'émissions préétablis dans Gestimat pour chaque type de matériaux. Tel que mentionné dans le protocole, Tetra Tech n'a pas vérifié les calculs dans Gestimat incluant l'utilisation des facteurs d'émissions appropriés. Aucune erreur d'entrée de donnée n'a été repérée.

Dans les deux scénarios, le promoteur a utilisé les mêmes quantités de matériaux pour les fondations et éléments de plancher. Nous sommes d'accord avec ce choix.

Les réductions d'émissions de GES ont été calculées en comparant les émissions de GES du scénario de projet avec les émissions de GES du scénario de référence.

Sur la base de ces vérifications, il est possible d'affirmer que les quantités compilées par le Promoteur de projet pour le scénario de projet et le scénario de référence sont exemptes d'écarts importants.

4.5 ÉVALUATION DU PROJET PAR RAPPORT AUX EXIGENCES

Le protocole de quantification intitulé : « *Protocole de quantification des émissions de gaz à effet de serre attribuables à la fabrication de matériaux de structure pour divers scénarios de bâtiments* » détermine différents points à considérer dans la quantification des réductions d'émissions notamment les points suivants :

- Procédures d'entrées de données des sources, puits et réservoirs;
- Choix du scénario de référence et la justification de celui-ci;
- Collecte de données incluant les méthodes utilisées pour déterminer la sélection et la quantité de matériaux utilisés dans les deux scénarios ainsi que d'avoir un plan de gestion des données;
- Quantification des émissions de GES, utilisation de facteurs d'émission GES et quantification des réductions d'émissions de GES.

Concernant le contrôle et la gestion des données, la section 6.3 du Protocole de quantification établit les critères suivants :

- Suite à la cueillette d'information à partir du modèle numérique, des plans et devis ainsi que du devis préliminaire du scénario de référence, toutes les données seront consignées dans des fichiers numériques. Ces documents seront archivés dans les répertoires appropriés.
- Des copies de sauvegarde du réseau, sur lequel ces fichiers électroniques sont conservés, seront effectuées régulièrement.
- Tous les calculs seront vérifiés par une seconde personne afin de garantir leur précision.
- Tous les documents seront correctement identifiés, indiquant l'auteur et la raison de ce document.

Dans un échange de courriels avec M. Williams Munoz Toro, Responsable du projet GES, celui-ci nous a confirmé que Les Chantiers de Chibougamau Ltée – Nordic Structures respectait les spécifications du protocole en lien avec la conservation, la vérification, la sauvegarde et l'identification des documents reliés au projet.

À l'exception de la déviation au protocole mentionné à la section 3.2 ci-haut concernant le choix du scénario de référence, Tetra Tech conclut que le protocole intitulé : « *Protocole de quantification des émissions de gaz à effet de serre attribuables à la fabrication de matériaux de structure pour divers scénarios de bâtiments* » a été bien suivi par le promoteur de projet.

4.6 LIMITATION ET USAGE DU RAPPORT

Le présent document (rapport) est destiné à l'usage exclusif de la personne ou de l'entité (client) ayant mandaté Tetra Tech QI inc. (Tetra Tech) pour le produire. Son contenu reflète l'appréciation du projet tel que décrit dans le rapport de projet GES attaché. Le contenu de ce document ne peut donc être appliqué à la situation antérieure ou future de la date de cette déclaration attachée. Tout énoncé du présent rapport est effectué en fonction de la date de l'émission du présent rapport, de la période visée et de la réglementation pour laquelle la vérification a été effectuée.

Les conclusions et recommandations relatives au présent dossier ont été élaborées par des professionnels qualifiés à partir des meilleures informations disponibles en suivant les procédures reconnues. Tetra Tech se réserve le droit de changer ses conclusions et recommandations si des informations additionnelles venaient à être divulguées.

La reproduction, la distribution ou l'utilisation du présent document, en tout ou en partie, sous quelque forme que ce soit, par toute personne ou entité autre que celle à qui il a été soumis, n'est pas autorisée sans permission écrite de Tetra Tech. Il en est de même de l'usage de la marque de commerce Tetra Tech.

Le contenu du présent document ne constitue pas une opinion juridique.

5.0 CONCLUSION DE LA VÉRIFICATION

Le rapport de projet GES de Les Chantiers de Chibougamau Ltée – Nordic Structures intitulé : « *École modulaire Riverside* » et daté du 15 janvier 2021 a été revu et a fait l'objet de demandes d'informations complémentaires. Tetra Tech a obtenu des réponses satisfaisantes à ses demandes.

Les Chantiers de Chibougamau Ltée – Nordic Structures a déclaré des réductions d'émissions de 22 451 kg de CO₂eq pour son projet intitulé : « *École modulaire Riverside* ». Tetra Tech conclut avec un niveau d'assurance raisonnable que le rapport de projet GES est exempt d'écarts importants et, à l'exception de la déviation au protocole mentionné à la section 3.2, est conforme aux exigences du protocole intitulé : « *Protocole de quantification des émissions de gaz à effet de serre attribuables à la fabrication de matériaux de structure pour divers scénarios de bâtiments* ».

6.0 OPPORTUNITÉS D'AMÉLIORATION

Tel que mentionné à la section 3.2 Choix du scénario de référence, le promoteur de projet devrait inclure dans son test de barrières, à part l'option 1 (projet GES) plus qu'une option dans pour les choix de scénarios de référence et ce lorsque c'est possible.

7.0 FAITS DÉCOUVERTS APRÈS LA VÉRIFICATION

Le contenu du présent rapport reflète l'appréciation des informations disponibles au moment de sa rédaction. Le contenu de ce document ne peut donc être appliqué à la situation antérieure ou future du lieu étudié. Tout énoncé du présent rapport est effectué en fonction de la date d'émission du présent rapport, de la période visée et du programme (ou réglementation) pour lequel la vérification a été effectuée.

Si un ou plusieurs faits sont découverts après la vérification, tous les intervenants concernés doivent être informés. L'avis et le rapport de vérification devront ainsi être révisés en fonction de ces faits découverts.

ANNEXE A – AVIS DE VÉRIFICATION

Monsieur Williams Munoz Toro
Les Chantiers de Chibougamau Ltée – Nordic Structures
100-1100, avenue des Canadiens-de-Montréal
Montréal (Québec)
H3B 2S2

Objectifs de la vérification

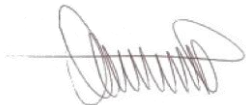
L'objectif de ce mandat vise à fournir un avis portant sur le Rapport de projet GES de Les Chantiers de Chibougamau Ltée – Nordic Structures intitulée : « *École modulaire Riverside* » et daté du 15 janvier 2021 conformément aux prescriptions du *Protocole de quantification des émissions de gaz à effet de serre attribuables à la fabrication de matériaux de structure pour divers scénarios de bâtiments ainsi que des critères du Programme de vitrine technologique pour les bâtiments et les solutions innovantes en bois*.

Notre vérification est effectuée en conformité avec la norme ISO 14064-3 intitulée « Spécifications et lignes directrices pour la validation et la vérification des déclarations des gaz à effet de serre (2019) ».

Opinion avec assurance raisonnable

À notre avis,

1. À l'exception de la déviation au protocole mentionné à la section 3.2, le rapport est préparé en conformité avec 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* ».
2. Le rapport respecte les principes de la norme ISO 14064-2 et les critères du *Programme de vitrine technologique pour les bâtiments et les solutions innovantes en bois*.
3. L'approche de quantification et les méthodologies utilisées sont appropriées.
4. Les calculs utilisés sont suffisamment justes et précis pour éviter les possibilités d'erreurs matérielles.
5. Les résultats sont en conformité avec les calculs effectués par Gestimat.
6. Les réductions d'émissions de GES de 22 451 kg de CO₂eq faisant l'objet de la présente vérification et présentées dans le rapport de projet GES intitulé : « *École modulaire Riverside* » et daté du 15 janvier 2021 sont présentées fidèlement et exemptes d'erreurs matérielles.
7. La quantification des émissions de GES a un degré d'incertitude bas et le degré d'importance relative de 5 % n'a pas été atteint ou dépassé.



Roger Fournier, CPA, CA
Vérificateur en chef



Alexis Dagenais Everell, ing., M. Ing., PA LEED C+CB
Vérificateur

ANNEXE B – ATTESTATION D'ABSENCE DE CONFLITS D'INTÉRÊTS

Boucherville, le 25 janvier 2021

Objet : Vérification du rapport de projet GES de Les Chantiers de Chibougamau Itée – Nordic Structures
Attestation sur l'absence de conflits d'intérêts
N/Réf. : 39649TTG

Madame, Monsieur,

Tetra Tech QI inc. (Tetra Tech) a été mandaté pour vérifier le rapport de projet GES de **Les Chantiers de Chibougamau Itée – Nordic Structures** intitulé *École modulaire Riverside* daté du 15 janvier 2021.

Tetra Tech atteste que les exigences de l'article 6.10 du RDOCÉCA sont satisfaites. Aucune situation de conflit d'intérêts n'a été identifiée entre **Les Chantiers de Chibougamau Itée – Nordic Structures**, Tetra Tech, ni aucun membre de l'équipe de vérification. Le risque de conflit d'intérêts est acceptable.



Patrick Fournier, T.P., B.Sc., MBA
Directeur de projets – Environnement
PF/lg

ANNEXE C – RAPPORT DE PROJET GES

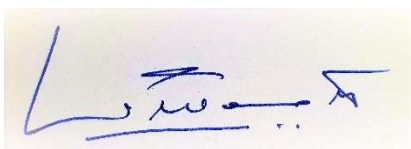
Rapport de projet GES

« École modulaire Riverside »

Réalisé par « Les Chantiers de Chibougamau Itée –
Nordic Structures »

Dans le cadre du Programme de vitrine technologique pour les
bâtiments et les solutions innovantes en bois

« 2021-01-15 »



Williams Munoz Toro

Nordic

Responsable du projet GES

Julie Frappier

Julie Frappier

Nordic

Responsable administrative
de l'aide financière

Julie Frappier

Julie Frappier

Nordic

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 de vitrine technologique pour les bâtiments et les solutions innovantes en bois (Programme). Le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) ainsi que le Fonds vert 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).

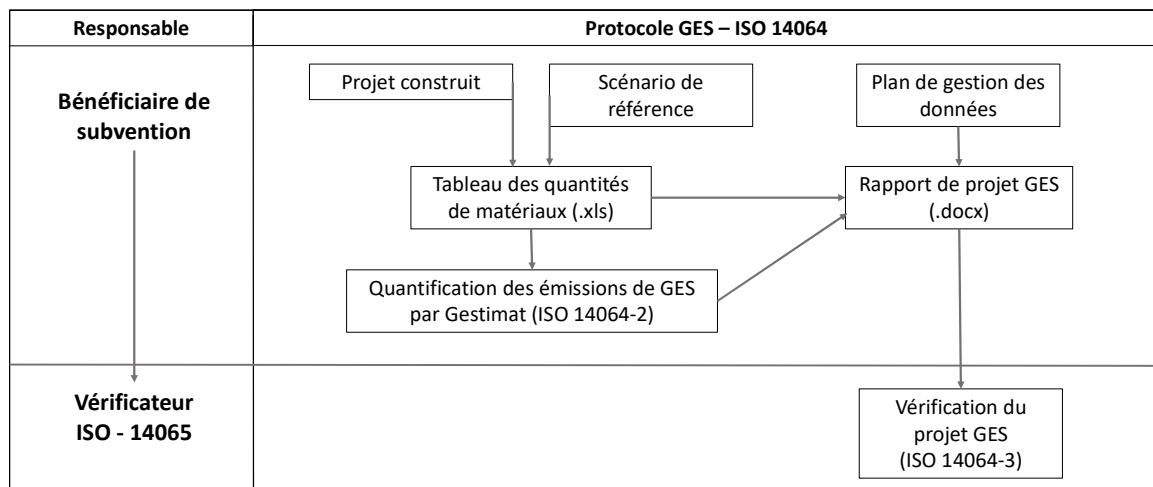
Table des matières

1. Projet GES	4
1.1 Parties prenantes du Projet GES.....	4
1.2 Titre et lieu de réalisation du projet de construction.....	4
1.3 Description du projet de construction.....	5
1.4 Description et justification du scénario de référence.....	5
1.5 Données du projet GES.....	8
2. Quantification des émissions de GES	8
3. Annexes	9
3.1 Annexe 1 : Quantités de matériaux – Projet GES.....	9
3.2 Annexe 2 : Quantités de matériaux – Scénario de référence.....	10
3.3 Annexe 3 : Lettre de l’estimateur des quantités de matériaux	11
3.4 Annexe 4 : Rapport Cecobois - Gestimat.....	12
3.5 Annexe 5 : Rapport du vérificateur – Tetrattech	13

1. Projet GES

1.1 Parties prenantes du Projet GES

- Bénéficiaire de subvention : « [Les Chantiers de Chibougamau Itée](#) »;
- Responsable administratif de l'aide financière : « [Julie Frappier](#) », « [Nordic](#) »;
- Responsable – Rapport du projet GES : « [Williams Munoz Toro](#) », « [Nordic](#) »;
- Responsable des estimations de quantités de matériaux (ingénieur ou architecte seulement) :
 - Projet construit : « [Nicolas Dionne](#) », « [ingénieur](#) », « [Nordic](#) »;
 - Scénario de référence : « [Nicolas Dionne](#) », « [ingénieur](#) », « [Nordic](#) ».
- Responsable de la quantification des émissions de GES : « [Yannick Lessard](#) », « [Cecobois](#) ».



1.2 Titre et lieu de réalisation du projet de construction

- Titre du projet : [École modulaire Riverside](#).
- Lieu de réalisation du projet de construction : [RIVERSIDE REGIONAL SCHOOL, 1770 Rue Joule, Jonquière, QC, G7S 3B1](#)

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);

Le bâtiment se compose de deux salles de classe et d'un vestiaire, faits à partir d'un système de construction modulaire en bois massif. La construction possède 1 étage sur une superficie de 254 m². La bâtisse, de type non résidentiel, est destinée aux activités éducationnelles.

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

La conception des salles de classe modulaires se fait en bois massif, principalement avec du bois lamellé-collé et du bois lamellé-croisé. Le type de construction préfabriquée s'effectue en minimisant les pertes de matériaux et en optimisant les espaces et l'éclairage naturel. Du point de vue structural, les modules ont une grande rigidité et peuvent être démontés et relocalisés au besoin. Les assemblages de mur et de plancher permettent d'atteindre un confort thermique et acoustique notable, ce qui facilite le déroulement des activités à l'intérieur des salles.

De plus, les matériaux structuraux utilisés pour la construction des modules en bois massif possèdent une résistance au feu intrinsèque qui offre un comportement prévisible et sécuritaire. Finalement, les salles de classe mettent en valeur la beauté du bois, créant un environnement chaleureux et propice à l'apprentissage.

1.4 Description et justification du scénario de référence

Le choix du scénario de référence se base sur les résultats du test de barrières, présenté à la page suivante. Le résultat du test a permis d'identifier les constructions en ossature légère en acier (OLA) comme le scénario de référence. L'impact important et significatif sur les GES de l'utilisation de l'acier, ainsi que la croissance constante de la part de marché qui gagne la construction en OLA, nous a fait choisir ce type de construction comme scénario de référence¹.

Bien que les deux types de construction puissent offrir des performances structurales semblables, certaines fonctionnalités offertes par les deux systèmes constructifs sont différentes. Surtout pour les murs en ossature par rapport à ceux en CLT. Le mur en ossature offre la possibilité d'installer l'isolant, le système mécanique/électrique, etc. directement dans le mur, qui est par la suite recouvert par une couche de gypse. En revanche, le CLT est un mur plein qui doit être isolé par

¹ Lors d'une analyse préliminaire, la construction modulaire en ossature légère en bois avait été également étudiée et nous avons demandé à Cecobois de l'incorporer dans son rapport à titre informatif seulement.

l'extérieur et qui offre un fini intérieur en bois. Les installations des systèmes MEP (mécanique-électricité-plomberie) suivent des chemins différents avec une configuration qui est propre aux panneaux en bois massif.

Les fondations sont constituées de trépieds en métal installés sur un remblai compacté. Ce type de fondation temporaire est préconisé étant donné sa simplicité et sa rapidité de mise en œuvre, son coût économique, son potentiel de réutilisation et son faible impact sur le milieu d'implantation. Le bâtiment modulaire peut donc pleinement atteindre sa vocation de salles de classe temporaire, pouvant être mobilisé à plusieurs endroits au cours de son cycle de vie et laissant une possibilité de récupération immédiate du terrain après démobilisation.

De plus, le bâtiment réalisé et le bâtiment de référence ont une géométrie similaire. Dans les deux scénarios, les différentes charges sont transmises aux poutres principales de plancher, qui sont utilisées comme base d'appui pour le transport et qui doivent ensuite être appuyées sur les fondations. Considérant que la structure d'ossature légère en acier a un poids propre moindre que celle en bois massif, nous jugeons que le type de fondations utilisé pour cette dernière est également approprié pour le scénario de référence. Ainsi, les fondations ont été exclues aux fins de l'analyse comparative, puisque leur composition a été jugée similaire pour tous les scénarios.

Les dimensions et la géométrie du bâtiment utilisé comme scénario de référence sont identiques à celles du projet GES (superficie et hauteur libre). Pour le projet GES et le scénario de référence, la fondation, les murs intérieurs et le corridor du bâtiment ont été exclus de l'analyse comparative.

Une description plus complète du scénario de référence est disponible dans le rapport de quantification de GES préparé par Cecobois (Annexe 4).

Obstacles	Option 1 Projet de construction (projet GES)	Option 2 Scénario de référence OLA
Règlementaire	Nouveau produit en processus de certification.	Produits certifiés disponibles.
Pratique courante	Non	Oui
Financier	Légèrement plus dispendieuse.	Coûts standards.
Technologique	Très haut potentiel de réutilisation.	Technologie très connue et utilisée.
Ressources humaines	Non	Non
Infrastructure	Non	Non
Culturel, géographique, climatique	Type de construction utilisée pour d'autres projets résidentiels et non résidentiels. Le bois massif est reconnu de plus en plus en Amérique du Nord.	Construction conventionnelle qui augmente sa part de marché rapidement.
Marché	La construction modulaire en bois massif est une innovation en incorporation dans le marché.	Construction conventionnelle qui augmente sa part de marché rapidement.
Institution, perception du public	Premier bâtiment de ce type dans le marché. Le bois massif des modules a une fonction d'apparence. Les constructions en bois massif aident à réduire les émissions de GES.	Type de construction très répandu avec un impact majeur sur les émissions de GES. Absence de bois structural apparent.

1.5 Données du projet GES

Le volume de bois utilisé dans le projet dépasse légèrement (2.3%) celui qui a été utilisé pour l'estimation de GES. La différence réside dans les hypothèses mises de l'avant par Cecobois et qui éliminaient du calcul la section du corridor et les éléments utilisés pour les trépieds. Les volumes totaux (m³) de bois utilisés dans le projet et pour l'analyse de GES sont indiqués dans le tableau suivant :

VOLUME TOTAL DE BOIS DANS LE PROJET (m ³)	VOLUME TOTAL DE BOIS UTILISÉ POUR LE CALCUL DE GES (m ³)
87,2	85,0

2. Quantification des émissions de GES

L'analyse des émissions des GES indique que les émissions de GES du projet en bois massif représentent près de 24% des émissions GES générées par la construction en OLA. Ceci permet de constater l'opportunité que représente l'utilisation de la construction modulaire en bois massif pour la fourniture de salles de classe pour les écoles. Les détails du résultat de l'analyse sont présentés dans l'Annexe 4.

ÉMISSIONS GES DU SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE OLA (kg éq. CO ₂)	ÉMISSIONS GES DU PROJET CONSTRUIT (kg éq. CO ₂)	RÉDUCTION DES ÉMISSIONS GES (kg éq. CO ₂)
29 351	6 900	22 451

3. Annexes

3.1 Annexe 1 : Quantités de matériaux – Projet GES

QUANTITÉ DE MATÉRIAUX			INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES	
Matériau	Quantité	Unité	Méthode d'estimation	Commentaires (ex. informations sur le matériau, justification de la
Fondations				
AJOUTER				
Poutres et colonnes				
BLC	1	m³	Modèle 3D	Colonnes
BLC	5	m³	Modèle 3D	Poutres du toit
CLT	2	m³	Modèle 3D	Poutres de plancher
BLC	2	m³	Modèle 3D	Poutres de plancher
Vis, écrous et boulons	156	kg	Fournisseurs	Tous les assemblages
AJOUTER				
Planchers				
CLT	25	m³	Modèle 3D	
AJOUTER				
Toiture				
CLT	26	m³	Modèle 3D	
AJOUTER				
Murs extérieurs				
CLT	24	m³	Modèle 3D	
AJOUTER				
Murs intérieurs				
AJOUTER				

3.2 Annexe 2 : Quantités de matériaux – Scénario de référence

QUANTITÉ DE MATÉRIAUX			INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES	
Matériau	Quantité	Unité	Méthode d'estimation	Commentaires (ex. informations sur le matériau, justification de la
Fondations				
AJOUTER				
Poutres et colonnes				
Profilé extrudé moyen (W,S,C,L)	2	t	Note de calculs	Poutres de toit
HSS	0	t	Note de calculs	Colonnes
Profilé extrudé moyen (W,S,C,L)	2	t	Note de calculs	Poutres de plancher
Plaques d'acier épaisses	260	kg		Hypothèse : 8% de la masse des profilés
Vis, écrous et boulons	65	kg		Hypothèse : 2% de la masse des profilés
AJOUTER				
Planchers				
Contreplaqué	5	m ³	Note de calculs	
Profilé extrudé moyen (W,S,C,L)	4	t	Note de calculs	
Plaques d'acier épaisses	343	kg		Hypothèse : 8% de la masse des profilés
Vis, écrous et boulons	86	kg		Hypothèse : 2% de la masse des profilés
AJOUTER				
Toiture				
Pontage en acier	2	t	Note de calculs	
Profilé extrudé moyen (W,S,C,L)	2	t	Note de calculs	
Plaques d'acier épaisses	172	kg		Hypothèse : 8% de la masse des profilés
Vis, écrous et boulons	84	kg		Hypothèse : 2% de la masse des profilés + pontage
AJOUTER				
Murs extérieurs				
Contreplaqué	4	m ³	Note de calculs	
Montant métallique	2	t	Note de calculs	
Profilé extrudé moyen (W,S,C,L)	0	t	Note de calculs	Linteaux
Vis, écrous et boulons	36	kg		Hypothèse : vissage dense
AJOUTER				
Murs intérieurs				
AJOUTER				

3.3 Annexe 3 : Lettre de l'estimateur des quantités de matériaux

NORDIC
STRUCTURES

M. Roger Fournier
Tetra Tech QI Inc.
1205 Ampère, bureau 310
Boucherville, Québec
Canada
J4B 7M6

Montréal, le 3 décembre 2020

Je, Nicolas Dionne, ing., confirme que les quantités de matériaux pour le bâtiment modulaire de l'école Riverside et le scénario de référence ossature légère acier 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 MFFP, soit de minimum 90% 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 M. Fournier, mes plus cordiales salutations.



Nicolas Dionne, ing.
Nordic Structures
514-871-8526 #8079

NORDIC STRUCTURES
100-1100, avenue des Canadiens-de-Montréal
Montréal (Québec) H3B 2S2
T 514-871-8526 1 866 817-3416
nordic.ca

3.4 Annexe 4 : Rapport Cecobois - Gestimat



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



Crédit photo : Nordic Structures

Bâtiment étudié : École Riverside

Rapport produit dans le cadre du programme de
Vitrine technologique pour les bâtiments et
les solutions innovantes en bois

Client : Les Chantiers de Chibougamau Itée – Nordic Structures
521, chemin Merrill, C.P. 216
Chibougamau, QC, G8P 2K7

Étude réalisée par : Camille Roy

Approuvée par : Yannick Lessard

Date : 9 octobre 2020

Forêts, Faune
et Parcs

Québec



Fondsvert



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



Crédit photo : **Nordic Structures**

Bâtiment étudié : École Riverside

Rapport produit dans le cadre du programme de
Vitrine technologique pour les bâtiments et
les solutions innovantes en bois

Client : Les Chantiers de Chibougamau Ltée – Nordic Structures
521, chemin Merrill, C.P. 216
Chibougamau, QC, G8P 2K7

Étude réalisée par : Camille Roy

Approuvée par : Yannick Lessard

Date : 9 octobre 2020

1 Contexte

Le programme de vitrine technologique pour les bâtiments et les solutions innovantes en bois du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) découle des mesures de la Charte du bois pour favoriser la construction non résidentielle et multifamiliale en bois. Il répond également à la priorité 19.4.2 du PACC 2020 de favoriser la construction de bâtiments à faible empreinte carbone par la réalisation de projets mobilisateurs en lien avec l'utilisation du bois dans la construction. Ce programme bénéficie d'un budget du Fonds vert, ce qui requière une réduction des émissions de GES dans les projets supportés financièrement.

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.
- Diffuser dans le milieu de la construction des solutions techniques avantageuses quant aux matériaux en bois et aux systèmes développés à partir de modèles de référence, et ce, afin de favoriser une utilisation à plus grande échelle. Développer le savoir-faire technique et professionnel amenant l'évolution des pratiques et permettant ensuite l'émergence d'autres projets en bois.

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

- Vitrine technologique de solutions innovantes : projets de construction qui proposent l'introduction d'une solution innovante en bois pour en faciliter sa commercialisation à grande échelle et même son exportation dans le secteur de la construction. Une solution innovante peut être, par exemple, un nouveau produit, un système de construction, un assemblage ou une nouvelle application d'un produit.
- Vitrine technologique de bâtiments innovants : projets mobilisateurs de construction de bâtiments innovants en bois. Les bâtiments admissibles peuvent être dans les secteurs de la construction non résidentielle ou encore multifamiliale. Le caractère innovant peut provenir, par exemple, de l'usage du bâtiment, de son ampleur par son nombre d'étages ou sa superficie, de la combinaison des matériaux employés ou de l'utilisation de nouveaux systèmes ou de nouvelles techniques de construction.

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.

Les Chantiers de Chibougamau Itée – Nordic Structures ont mandaté Cecobois pour réaliser l'étude de quantification de la réduction des émissions de GES attribuables à la fabrication de matériaux de structure de l'école Riverside, pour son admission à la catégorie « Vitrine technologique de solutions innovantes ». L'étude réalisée est basée sur l'ensemble des informations fournies par **Nordic Structures**.

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 **Nordic Structures**.

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 bâtiment réalisé, soit l'école Riverside, en le comparant avec 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 avec deux scénarios 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 programme de vitrine technologique pour les bâtiments et les solutions innovantes en bois, en date du 27 septembre 2018.

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 lié à la fabrication des matériaux de structure 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 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.

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 programme de vitrine technologique pour les bâtiments et les solutions innovantes en bois, les quantités de matériaux du bâtiment 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 **Nordic Structures**.

3.2 Limitations 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 CIRAD, sont tirés de ses bases de données d'inventaire de cycle de vie. Les émissions de GES liées aux étapes du cycle de vie du bâtiment autre 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 Bâtiment réalisé

L'école Riverside est constituée de deux modules d'un étage qui comprennent deux salles de classe et un vestiaire. La superficie au sol du bâtiment est de 254 mètres carrés.

La structure de la toiture, des planchers et des murs extérieurs est composée principalement de panneaux de bois lamellé-croisé (CLT), en combinaison avec un système de poutres et colonnes en bois lamellé-collé (BLC) pour la toiture et avec un système de poutres en BLC pour le plancher.

Les quantités de matériaux de structure pour le bâtiment réalisé ont été entrées dans Gestimat selon les données fournies par **Nordic Structures** (Annexe 1).

Une hypothèse a été posée lors de l'entrée des données dans Gestimat :

- Les fondations constituées de trépieds en métal installés sur un remblai compacté ont été exclues aux fins de l'analyse comparative entre le bâtiment réalisé et les scénarios de référence, puisque leurs compositions ont été jugées similaires pour tous les scénarios.
- Les murs intérieurs du bâtiment et le corridor extérieur d'environ quatre pieds faisant le pont entre deux modules ont été exclus aux fins de l'analyse comparative entre le bâtiment réalisé et les scénarios de référence, puisqu'ils ne font pas partie intégrante de la structure du bâtiment et, par conséquent, ne font pas partie de la portée de l'analyse.
- Les quantités d'assemblage fournies par Nordic Structures pour le bâtiment réalisé ont été agrégées dans un élément distinct dans la section des poutres et colonnes puisque la méthode utilisée pour quantifier ces matériaux ne permettait pas de faire la distinction par éléments modélisés.

3.4 Scénarios de référence

Il a été jugé pertinent de comparer le bâtiment réalisé à deux scénarios de référence, contrairement à ce qu'il est fait normalement dans le cadre du PVT.

3.4.1 Ossature légère de bois

Le premier scénario de référence consiste en une structure en ossature légère en bois. Ce type de structure est habituellement utilisé pour la fabrication modulaire de salles de classe temporaires.

La structure de la toiture et du plancher est composée principalement de poutres en BLC et de solives en bois d'œuvre recouvert d'un contreplaqué. Les poutres faîtières sont soutenues par des poteaux composés en bois d'œuvre. La structure des murs extérieurs est composée d'un système de montants en bois d'œuvre auquel des panneaux en contreplaqué sont fixés. Des linteaux composés en bois d'œuvre sont utilisés au-dessus des ouvertures des murs.

Les quantités de matériaux de structure pour les scénarios de référence ont été entrées dans Gestimat selon les données fournies par **Nordic Structures** (Annexe 2).

Une hypothèse a été posée lors de l'entrée des données dans Gestimat :

- Comme mentionné à la section précédente, les fondations, les murs intérieurs et le corridor du bâtiment ont été exclus aux fins de l'analyse comparative entre le bâtiment réalisé et les scénarios de référence.
- Les ouvertures pour les fenêtres et les portes n'ont pas été prises en compte dans le calcul de quantités de matériaux pour l'ossature des murs extérieurs, outre la quantité pour les linteaux.

3.4.2 Ossature légère d'acier

Le second scénario de référence consiste en une structure en acier. Selon les informations obtenues de Nordic Structures, ce type de structure semble être de plus en plus utilisé pour la fabrication modulaire de salles de classe temporaires. C'est pour cette raison qu'il a été jugé pertinent d'inclure ce scénario à l'analyse.

La structure de la toiture et du plancher est composée de poutres en profilé W et de pannes en C en acier recouvert d'un tablier métallique. Les poutres faîtières sont soutenues par des poteaux en HSS en acier. La structure des murs extérieurs est composée d'un système de montants en C en acier auquel des panneaux en contreplaqué sont fixés. Des linteaux en acier sont utilisés au-dessus des ouvertures des murs.

Les quantités de matériaux de structure pour les scénarios de référence ont été entrées dans Gestimat selon les données fournies par **Nordic Structures** (Annexe 3).

Une hypothèse a été posée lors de l'entrée des données dans Gestimat :

- Comme mentionné à la section précédente, les fondations, les murs intérieurs et le corridor du bâtiment ont été exclus aux fins de l'analyse comparative entre le bâtiment réalisé et les scénarios de référence.

- Le pourcentage d'acier supplémentaire pour les assemblages dans le scénario de référence en acier a été estimé à 10%.
- Les ouvertures pour les fenêtres et les portes n'ont pas été prises en compte dans le calcul de quantités de matériaux pour l'ossature des murs extérieurs, outre la quantité pour les linteaux.

3.5 Rôles et responsabilités

Dans le cadre du programme de vitrine technologique de bâtiment et solutions innovantes en bois, Cecoboïs a été mandaté par **Nordic Structures** pour quantifier la réduction des émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure du bâtiment réalisé, l'**école Riverside**, en le comparant avec deux scénarios 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 27 septembre 2018.

Les quantités de matériaux de structure pour le bâtiment réalisé ainsi que pour les scénarios de référence ont été fournies par **Nordic Structures**. 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.

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 la **Nordic Structures**.

4 Résultats et analyse

4.1 Bâtiment réalisé

Les émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure du bâtiment réalisé sont estimées à 6 900 kg éq. CO₂, soit 27,2 kg éq. CO₂/m² de plancher. La modélisation de ce bâtiment comprend 85 m³ de bois d'ingénierie (CLT et BLC) et 0,16 tonne de vis. Les résultats détaillés des émissions de GES sont présentés à l'annexe 4.

Les toitures, les planchers et les murs extérieurs, composées de bois lamellé-croisé (CLT), représentent respectivement 35 %, 31 % et 25 % des émissions de GES associées à la fabrication des matériaux de structure du bâtiment, soit 2 437 kg éq. CO₂, 2 140 kg éq. CO₂ et 1 733 kg éq. CO₂. Les poutres et colonnes en bois lamellé-collé représentent 1,6 % des émissions de GES, soit 107 kg éq. CO₂. Les assemblages en acier pour l'ensemble des systèmes constructifs quant à elles représentent 7 % des émissions de GES, soit 484 kg éq. CO₂.

En comparant les matériaux, le bois représente 93 % des émissions de GES du scénario, comparativement aux assemblages en acier qui représentent le dernier 7 % de ces émissions (figure 1).

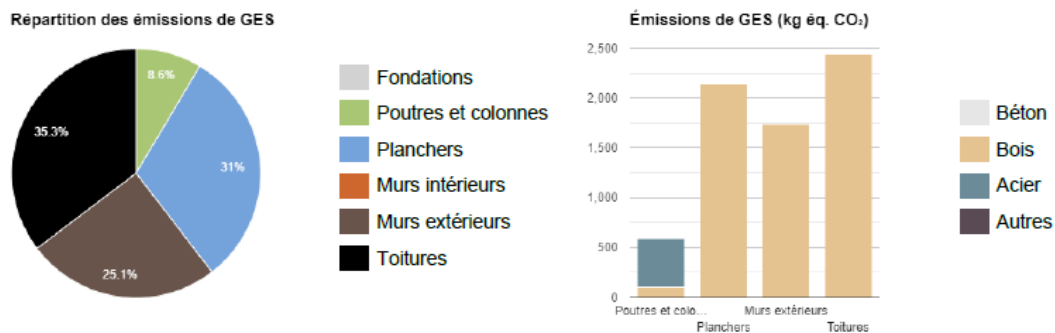


Figure 1 - Émissions de GES attribuables à la structure du bâtiment réalisé

4.2 Scénarios de référence

4.2.1 Ossature légère de bois

Les émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure du premier scénario de référence, en ossature légère de bois, sont estimées à 4 209 kg éq. CO₂, soit 16,6 kg éq. CO₂/m² de plancher. La modélisation de ce scénario de référence comprend 42 m³ de bois (BLC, bois d'œuvre et contreplaqué) et 0,30 tonne d'acier pour les assemblages (clous, vis, écrous, boulons et plaques). Les résultats détaillés des émissions de GES sont présentés à l'annexe 5.

Les toitures, les planchers et les murs extérieurs, composés principalement de bois d'œuvre et de contreplaqué, représentent respectivement 20 %, 31 % et 25 % des émissions de GES associées à la fabrication des matériaux de structure du bâtiment, soit 827 kg éq. CO₂, 1 289 kg éq. CO₂ et 1 073 kg éq. CO₂. Les poutres en bois lamellé-collé et les colonnes en

bois d'œuvre composé représentent 24 % des émissions de GES, soit 1 020 kg éq. CO₂. Les assemblages en acier ont été inclus dans chacun des systèmes constructifs.

En comparant les matériaux, le bois représente 83 % des émissions de GES du scénario, alors que les assemblages d'acier représentent le dernier 17 % de ces émissions (figure 2).

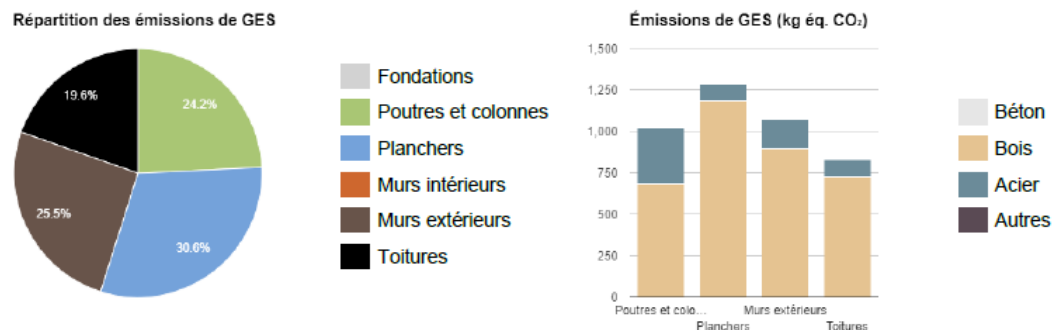


Figure 2 - Émissions de GES attribuables à la structure du scénario de référence en ossature légère de bois

4.2.2 Ossature légère d'acier

Les émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure du second scénario de référence, en ossature légère d'acier, sont estimées à 29 351 kg éq. CO₂, soit 116 kg éq. CO₂/m² de plancher. La modélisation de ce scénario de référence comprend 14 tonnes d'acier (HSS, profilés extrudés, pontage et montants métalliques), 9 m³ de contreplaqué et 1,1 tonne d'acier pour les assemblages (vis, écrous, boulons et plaques). Les résultats détaillés des émissions de GES sont présentés à l'annexe 6.

Les toitures, les planchers et les murs extérieurs, composés principalement d'éléments d'ossature légère en acier, dont les planchers et les murs extérieurs incluent un revêtement de contreplaqué en bois, représentent respectivement 32 %, 29 % et 19 % des émissions de GES associées à la fabrication des matériaux de structure du bâtiment, soit 9 392 kg éq. CO₂, 8 515 kg éq. CO₂ et 5 479 kg éq. CO₂. Les poutres en profilés « W » et les colonnes en HSS représentent 20 % des émissions de GES, soit 5 966 kg éq. CO₂. Les assemblages en acier ont été inclus dans chacun des systèmes constructifs.

En comparant les matériaux, l'acier représente 96 % des émissions de GES du scénario, alors que le bois représente le dernier 4 % de ces émissions (figure 3).

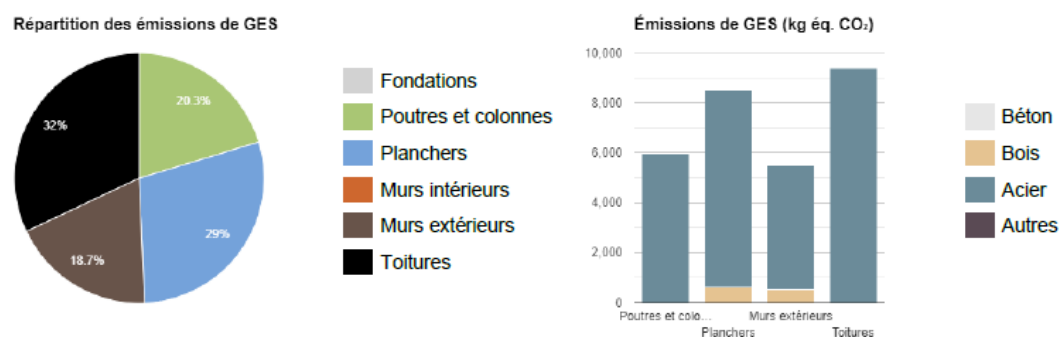


Figure 3 - Émissions de GES attribuables à la structure du scénario de référence en ossature légère d'acier

4.3 Réduction des émissions de GES

Lorsqu'il est comparé au scénario de référence en ossature légère en bois, le bâtiment réalisé amène une augmentation d'émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure de 2 691 kg éq. CO₂, soit une augmentation de 64 %. Toutefois, le bâtiment réalisé amène une réduction d'émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure de 22 451 kg éq. CO₂, soit une réduction de 76 %, lorsqu'il est comparé au scénario de référence en ossature légère d'acier. Les résultats détaillés sont présentés à l'annexe 7.

La composition des murs intérieurs et des fondations a été jugée similaire pour les trois scénarios. La différence entre les scénarios est attribuable au type de structure utilisé, soit une structure de bois massif en lamellé-collé et en lamellé-croisé pour le bâtiment réalisé comparativement à une structure en ossature légère en bois pour le premier scénario de référence et une structure en ossature légère en acier pour le second scénario de référence.

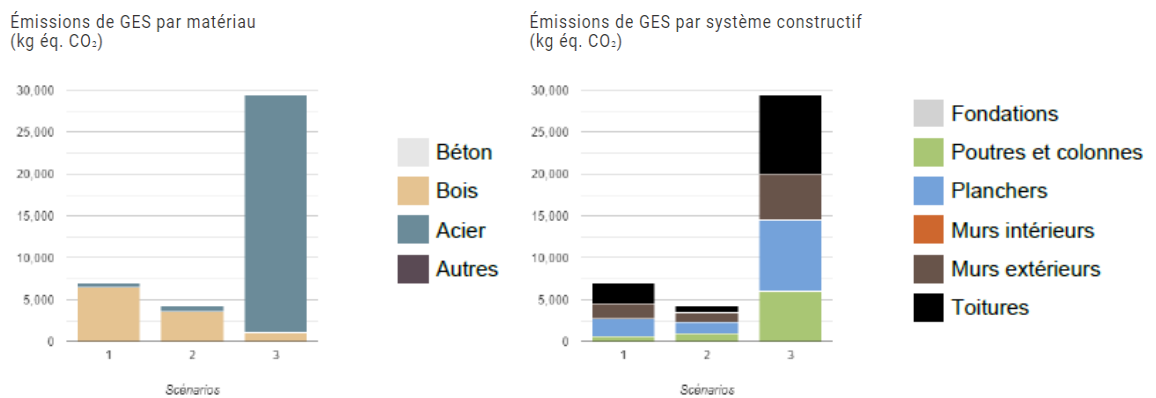


Figure 4 - Comparaison des émissions de GES attribuables à la structure du bâtiment réalisé (1), du scénario de référence en ossature légère en bois (2) et du scénario de référence en ossature légère en acier (3)

5 Conclusions

Dans le cadre du programme de vitrine technologique du MFFP, Cecobois a été mandaté par **Nordic Structures** pour quantifier la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) attribuables à la fabrication des matériaux de structure du bâtiment réalisé, l'**école Riverside**, en le comparant à deux scénarios de référence.

Les quantités de matériaux de structure pour le bâtiment réalisé, ainsi que pour les scénarios de référence, ont été fournies par **Nordic Structures**. 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, en date du 14 août 2020, à partir des informations et des quantités de matériaux fournies.

Les émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure du bâtiment réalisé sont estimées à 6 900 kg éq. CO₂, soit 27,2 kg éq. CO₂/m² de plancher, celles du scénario de référence en ossature légère en bois sont estimées à 4 209 kg éq. CO₂, soit 16,6 kg éq. CO₂/m² de plancher, alors que celles du scénario de référence en ossature légère d'acier sont estimées à 29 351 kg éq. CO₂, soit 116 kg éq. CO₂/m² de plancher.

Selon ces données, le bâtiment réalisé entraîne **une réduction d'émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure de 22 451 kg éq. CO₂ par rapport au scénario de référence en ossature légère en acier et une augmentation de 2 691 kg éq. CO₂ par rapport au scénario de référence en ossature légère 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, demeure la responsabilité de **Nordic Structures**.

Annexe 1

Quantités de matériaux de structure – Bâtiment réalisé

- **Assemblages :**
 - Ensemble des systèmes
 - Vis auto-taraudeuses : 155.6 kg
- **Toit 1 :**
 - 13'-9" x 64', pente de 2 %
 - CLT 105 mm
 - 2 poutres secondaires : 184x339 x 13' long.
 - Poutre faîtière : glulam 184x417 x 64' long.
- **Toit 2 :**
 - 13'-9" x 64', pente de 2 %
 - CLT 105 mm
 - 2 poutres secondaires : 184x339 x 13' long.
 - Poutre faîtière : glulam 184x417 x 64' long.
- **Toit 3 :**
 - 13'-6" x 64', pente de 2 %
 - CLT 105 mm
 - 4 poutres secondaires : 184x339 x 13' long.
- **Mur 1 :**
 - 9'-8" x 64'
 - CLT 105 mm
 - Ouverture 3'-4" x 7'-2"
- **Mur 2 :**
 - 8' x 64'
 - CLT 105 mm
 - 4 ouvertures 9'-1" x 4'-5"
 - 1 ouverture 6'-1" x 7'-2"
- **Mur 3 :**
 - 8' x 64'
 - CLT 105 mm
 - 1 ouverture 6'-1" x 7'-2"
- **Mur 4 :**
 - 8' x 64'
 - CLT 105 mm
 - 1 ouverture 6'-1" x 7'-2"
- **Murs 5-6-7-8 :**
 - 13'-8" x 8'-10" (4 murs identiques)
 - CLT 105 mm
- **Murs 9 :**
 - 13'-5" x 8'-10"
 - CLT 105 mm
 - 1 ouverture 9'-1" x 4'-5"
- **Murs 10 :**
 - 13'-5" x 8'-10"
 - CLT 105 mm
- **Colonnes :**
 - 12 colonnes : 137x184 x 7' long.
 - 4 colonnes 137x184 x 8'-2" long.
- **Plancher 1 :**
 - 13'-8" x 64'
 - CLT 105 mm
 - poutres glulam : 140 x 279 x 13'-8" long.
- **Plancher 2 :**
 - 13'-8" x 64'
 - CLT 105 mm
 - poutres glulam : 140 x 279 x 13'-8" long.
- **Plancher 3 :**
 - 13'-5" x 64'
 - CLT 105 mm
 - 6 poutres glulam : 140 x 279 x 13'-5" long.
- **Fondations :**
 - Trépieds en métal sur des bases en CLT installés sur le remblai compacté
 - Même pour toutes les options, donc exclues

Annexe 2

Quantités de matériaux de structure – Scénarios de référence 1 : Ossature légère en bois

- **Toit 1 :**
 - 13'-9" x 64', pente de 2 %
 - Plywood ½"
 - SPF No1/No2 64x184 @ 406 mm c/c
 - Poutre faîtière glulam : 184x362 x 64' long.
 - 4 connecteurs Simpson CCQ86SDS2.5 + 8 x 14 vis ¼" x 2-1/2"
- **Toit 2 :**
 - 13'-9" x 64', pente de 2 %
 - Plywood ½"
 - SPF No1/No2 64x184 @ 406 mm c/c
 - Poutre faîtière glulam : 184x362 x 64' long.
 - 4 connecteurs Simpson CCQ86SDS2.5 + 8 x 14 vis ¼" x 2-1/2"
- **Toit 3 :**
 - 13'-6" x 64', pente de 2 %
 - Plywood ½"
 - SPF No1/No2 64x184 @ 406 mm c/c
- **Mur 1 :**
 - 9'-8" x 64'
 - Plywood 5/8"
 - SPF No1/No2 38x140 @ 406 mm c/c
 - Avec entremise
 - Sans ancrages de retenue
 - 2 montants additionnels pour ouverture de porte
 - 1 linteau 3-2x6 x 3'-10" long. assemblé avec 2 clous 4-1/2" @ 400 c/c
- **Mur 2 :**
 - 8' x 64'
 - Plywood 5/8"
 - SPF No1/No2 38x140 @ 406 mm c/c
 - Avec entremise
- **Mur 3 :**
 - 8' x 64'
 - Plywood 5/8"
 - SPF No1/No2 38x140 @ 406 mm c/c
 - Avec entremise
 - Sans ancrages de retenue
 - 2 montants additionnels pour ouverture
 - 1 linteau 3-2x6 x 6'-6" long. assemblé avec 2 clous 4-1/2" @ 400 c/c
- **Mur 4 :**
 - 8' x 64'
 - Plywood 5/8"
 - SPF No1/No2 38x140 @ 406 mm c/c
 - Avec entremise
 - Sans ancrages de retenue
 - 2 montants additionnels pour ouverture
 - 1 linteau 3-2x6 x 6'-6" long. assemblé avec 2 clous 4-1/2" @ 400 c/c
- **Murs 5-6-7-8 (4 murs identiques) :**
 - 13'-8" x 8'-10"
 - Plywood 5/8"
 - SPF No1/No2 38x140 @ 406 mm c/c
 - Avec entremise
- Sans ancrages de retenue
- 10 montants additionnels pour ouvertures
- 1 linteau 3-2x6 x 6'-6" long. assemblé avec 2 clous 4-1/2" @ 400 c/c
- 4 linteaux 3-2x10 x 9'-7" long. assemblés avec 2 clous 4-1/2" @ 400 c/c

- Sans ancrages de retenue
- **Murs 9 :**
 - 13'-5" x 8'-10"
 - Plywood 5/8"
 - SPF No1/No2 38x140 @ 406 mm c/c
 - Avec entremise
 - Sans ancrages de retenue
- **Murs 10 :**
 - 13'-5" x 8'-10"
 - Plywood 5/8"
 - SPF No1/No2 38x140 @ 406 mm c/c
 - Avec entremise
 - Sans ancrages de retenue
 - 2 montants additionnels pour ouverture
 - 1 linteau 3-2x6 x 9'-6" long. assemblé avec 2 clous 4-1/2" @ 400 c/c
- **Colonnes :**
 - 8 colonnes 5-2x6 x 8'-4" long. assemblées avec 2 boulons 1/2" @ 220 mm c/c
 - 32 connecteurs Simpson A23 + 32 x 8 clous 0.148" x 1-1/2"
- **Plancher 1 :**
 - 13'-8" x 64'
 - Plywood 3/4"
 - SPF No1/No2 64x184 @ 305 mm c/c
- Sans étriers métalliques
- Avec blocages aux extrémités
- Poutres glulam : 140 x 279 x 13'-8" long.
- Poutres appuyées sur fondations
- **Plancher 2 :**
 - 13'-8" x 64'
 - Plywood 3/4"
 - SPF No1/No2 64x184 @ 305 mm c/c
 - Sans étriers métalliques
 - Avec blocages aux extrémités
 - Poutres glulam : 140 x 279 x 13'-8" long.
 - Poutres appuyées sur fondations
- **Plancher 3 :**
 - 13'-5" x 64'
 - Plywood 3/4"
 - SPF No1/No2 64x184 @ 305 mm c/c
 - Sans étriers métalliques
 - Avec blocages aux extrémités
 - 6 poutres glulam : 140 x 279 x 13'-5" long.
 - Poutres appuyées sur fondations
- **Fondations :**
 - Trépieds en métal sur des bases en CLT installés sur le remblai compacté
 - Même pour toutes les options, donc exclues

Annexe 3

Quantités de matériaux de structure – Scénarios de référence 2 : Ossature légère en acier

- **Toit 1 :**
 - 13'-9" x 64', pente de 2 %
 - Tablier métallique P-3606 calibre 22
 - 600S275-71 @ 610 mm c/c
 - 2 poutres faitières : W360x39 X 32' long.
- **Toit 2 :**
 - 13'-9" x 64', pente de 2 %
 - Tablier métallique P-3606 calibre 22
 - 600S275-71 @ 610 mm c/c
 - 2 poutres faitières : W360x39 X 32' long.
- **Toit 3 :**
 - 13'-6" x 64', pente de 2 %
 - Tablier métallique P-3606 calibre 22
 - 600S275-71 @ 610 mm c/c
- **Mur 1 :**
 - 9'-8" x 64'
 - Plywood 5/8"
 - 600S162-33@ 406 mm c/c
 - Avec entremise
 - Sans ancrages de retenue
 - 2 montants additionnels pour ouverture de porte
 - 1 linteau 2-600S200-68 x 3'-10" long.
- **Mur 2 :**
 - 8' x 64'
 - Plywood 5/8"
 - 600S162-33@ 406 mm c/c
 - Avec entremise
 - Sans ancrages de retenue
 - 10 montants additionnels pour ouvertures
 - 1 linteau 2-600S200-68 x 6'-6" long.
 - 4 linteaux 2-600S200-68 x 9'-7" long.
- **Mur 3 :**
 - 8' x 64'
 - Plywood 5/8"
 - 600S162-33@ 406 mm c/c
 - Avec entremise
 - Sans ancrages de retenue
 - 2 montants additionnels pour ouvertures
 - 1 linteau 2-600S200-68 x 6'-6" long.
- **Mur 4 :**
 - 8' x 64'
 - Plywood 5/8"
 - 600S162-33@ 406 mm c/c
 - Avec entremise
 - Sans ancrages de retenue
 - 2 montants additionnels pour ouvertures
 - 1 linteau 2-600S200-68 x 6'-6" long.
- **Murs 5-6-7-8 (4 murs identiques) :**
 - 13'-8" x 8'-10"
 - Plywood 5/8"
 - 600S162-33@ 406 mm c/c
 - Avec entremise
 - Sans ancrages de retenue
- **Murs 9 :**
 - 13'-5" x 8'-10"
 - Plywood 5/8"
 - 600S162-33@ 406 mm c/c
 - Avec entremise
 - Sans ancrages de retenue
- **Murs 10 :**
 - 13'-5" x 8'-10"
 - Plywood 5/8"
 - 600S162-33@ 406 mm c/c
 - Avec entremise
 - Sans ancrages de retenue

- 2 montants additionnels pour ouvertures
- 1 linteau 2-600S200-68 x 9'-6" long.
- **Colonnes :**
 - 8 colonnes HSS 76x76x3 x 8'-4" long.
- **Plancher 1 :**
 - 13'-8" x 64'
 - Plywood ¾"
 - 600S162-97 @ 305 mm c/c
 - Avec blocages aux extrémités
 - poutres W310x21 x 13'-8" long.
- **Plancher 2 :**
 - 13'-8" x 64'
 - Plywood ¾"
- 600S162-97 @ 305 mm c/c
- Avec blocages aux extrémités
- poutres W310x21 x 13'-8" long.
- **Plancher 3 :**
 - 13'-5" x 64'
 - Plywood ¾"
 - 600S162-97 @ 305 mm c/c
 - Avec blocages aux extrémités
 - 6 poutres W310x21 x 13'-5" long.
- **Fondations :**
 - Trépieds en métal sur des bases en CLT installés sur le remblai compacté
 - Même pour toutes les options, donc exclues

Annexe 4

Rapport Gestimat – Bâtiment réalisé

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



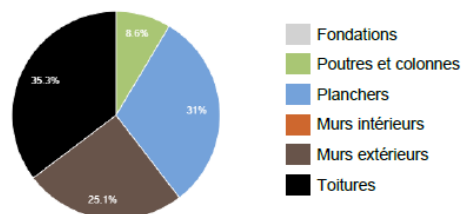
Scénario : Bois massif

Nom du projet : École Riverside No du projet : 1
 Nom du scénario : Bois massif Type de saisie : Saisie détaillée
 Description / Notes :

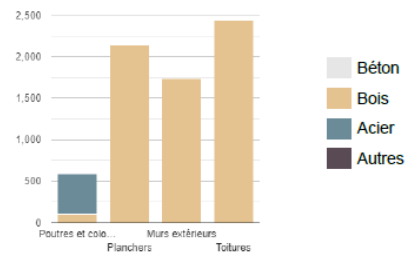
*Les assemblages de ce scénario ont été ajouté dans poutres et colonnes

Bois massif		Matériaux				Total	%
		Béton	Bois	Acier	Autres		
Systèmes constructifs	Fondations	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Poutres et colonnes	0,00	107	484	0,00	590	8,56
	Planchers	0,00	2 140	0,00	0,00	2 140	31,01
	Murs intérieurs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Murs extérieurs	0,00	1 733	0,00	0,00	1 733	25,11
	Toitures	0,00	2 437	0,00	0,00	2 437	35,32
	Total GES (kg éq. CO ₂)	0,00	6 416	484	0,00	6 900	100%
GES par m ²		0,00	25,31	1,91	0,00	27,22	

Répartition des émissions de GES



Émissions de GES (kg éq. CO₂)



Version :

Dernière modification de l'analyse : 2020-08-14
 Génération du rapport : 2020-08-14

Annexe 5

Rapport Gestimat – Scénarios de référence 1 : Ossature légère en bois

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

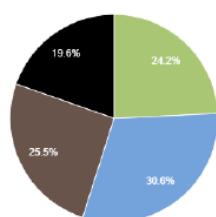


Scénario : Ossature légère bois

Nom du projet : École Riverside No du projet : 1
 Nom du scénario : Ossature légère bois Type de saisie : Saisie détaillée
 Description / Notes :

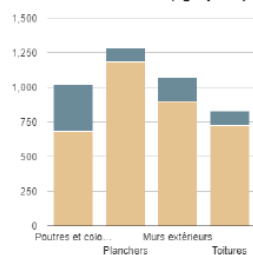
Ossature légère bois		Matériaux				Total	%
Émissions de GES (kg éq. CO ₂)		Béton	Bois	Acier	Autres		
Systèmes constructifs	Fondations	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Poutres et colonnes	0,00	685	336	0,00	1 020	24,24
	Planchers	0,00	1 181	108	0,00	1 289	30,62
	Murs intérieurs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Murs extérieurs	0,00	897	176	0,00	1 073	25,49
	Toitures	0,00	724	103	0,00	827	19,65
Total GES (kg éq. CO ₂)		0,00	3 487	722	0,00	4 209	100%
GES par m ²		0,00	13,75	2,85	0,00	16,60	

Répartition des émissions de GES



Fondations
 Poutres et colonnes
 Planchers
 Murs intérieurs
 Murs extérieurs
 Toitures

Émissions de GES (kg éq. CO₂)



Béton
 Bois
 Acier
 Autres

Version :

Dernière modification de l'analyse : 2020-08-14
 Génération du rapport : 2020-08-14

Annexe 6

Rapport Gestimat – Scénarios de référence 2 : Ossature légère en acier

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

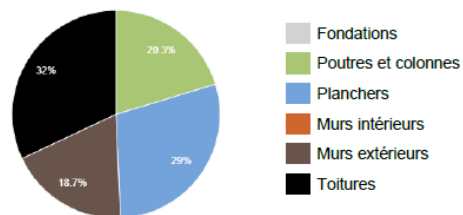


Scénario : Ossature légère acier

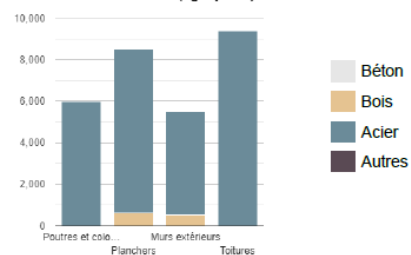
Nom du projet : École Riverside No du projet : 1
 Nom du scénario : Ossature légère acier Type de saisie : Saisie détaillée
 Description / Notes :

Ossature légère acier		Matériaux				Total	%
Émissions de GES (kg éq. CO ₂)		Béton	Bois	Acier	Autres		
Systèmes constructifs	Fondations	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Poutres et colonnes	0,00	0,00	5 966	0,00	5 966	20,32
	Planchers	0,00	601	7 914	0,00	8 515	29,01
	Murs intérieurs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Murs extérieurs	0,00	538	4 941	0,00	5 479	18,67
	Toitures	0,00	0,00	9 392	0,00	9 392	32,00
	Total GES (kg éq. CO₂)	0,00	1 139	28 212	0,00	29 351	100%
GES par m²		0,00	4,49	111	0,00	116	

Répartition des émissions de GES



Émissions de GES (kg éq. CO₂)



Version :

Dernière modification de l'analyse : 2020-08-14
 Génération du rapport : 2020-08-14

Annexe 7

Rapport Gestimat – Comparaison des scénarios

Rapport sommaire de l'analyse comparative des scénarios

INFORMATIONS DU PROJET

Nom du projet	École Riverside	Type de projet	Construction neuve
No du projet	1	Type de bâtiment	Éducation primaire et secondaire
Province	Québec	Nombre d'étages	1
Municipalité	Saguenay	Superficie au sol (m²)	253.5
Région administrative	Saguenay-Lac-Saint-Jean	Superficie totale (m²)	253.5
Année prévue	2019	Version de l'analyse	
Budget prévu			

Description / Notes :

Située à Arvida.

SCÉNARIOS ANALYSÉS

	Nom	Total GES (kg éq. CO ₂)	Description (Structure principale; structure secondaire; mur de remplissage)
Scénario 1	Bois massif	6 900	*Les assemblages de ce scénario ont été ajouté dans poutres et colonnes
Scénario 2	Ossature légère bois	4 209	
Scénario 3	Ossature légère acier	29 351	
Scénario 4		0	
Scénario 5		0	
Scénario 6		0	

SCÉNARIO RETENU

	Type de structure	Émissions de GES estimées
(RÉFÉRENCE) Scénario 2	Ossature légère en bois	4 209
(RETENU) Scénario 1	Panneaux de bois lamellé-croisé (CLT)	6 900
Émissions de GES évitées		-2 690,97

Rapport sommaire de l'analyse comparative des scénarios

COMPARABILITÉ DES SCÉNARIOS

		Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5	Scénario 6
Type de saisie		-	-	-	-	-	-
Nombre d'étages		-	-	-	-	-	-
Nombre d'éléments modélisés		13	14	14	0	0	0
Fondations	m ³ béton armé						
Poutres et colonnes	m ³ béton armé						
	m ³ bois	0,90	4,42				
	tonne acier			2,36			
Planchers	m ² de planchers	242	242	242			
Murs intérieurs	m ² de murs						
Murs extérieurs	m ² de murs		267	267			
Toitures	m ² de toitures	249	249	249			

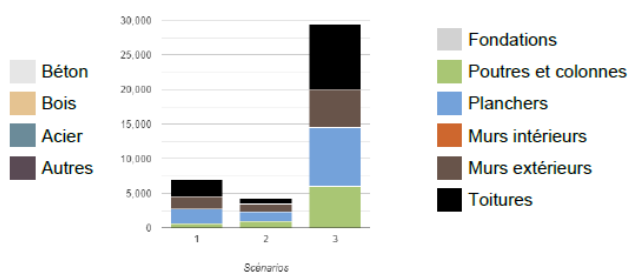
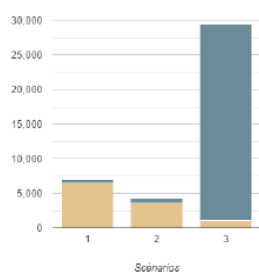
VALIDATION DES SCÉNARIOS

	Scénario complété	Commentaires sur la comparabilité des scénarios
Scénario 1	X	Murs extérieurs en CLT
Scénario 2	X	
Scénario 3	X	
Scénario 4		
Scénario 5		
Scénario 6		

Rapport sommaire de l'analyse comparative des scénarios

COMPARAISON DES SCÉNARIOS

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5	Scénario 6
Type de saisie	-	-	-	-	-	-
Superficie totale de plancher (m²)	-	-	-	-	-	-
GES par matériau	(kg éq. CO ₂)					
 Béton						
 Bois	6 416	3 487	1 139			
 Acier	484	722	28 212			
 Autres						
GES par système constructif	(kg éq. CO ₂)					
 Fondations						
 Poutres et colonnes	590	1 020	5 966			
 Planchers	2 140	1 289	8 515			
 Murs intérieurs						
 Murs extérieurs	1 733	1 073	5 479			
 Toitures	2 437	827	9 392			
Total GES (kg éq. CO ₂)	6 900	4 209	29 351			
GES par m² (kg éq. CO ₂)	27,22	16,60	116			



3.5 Annexe 5 : Rapport du vérificateur – Tetrattech

À incorporer une fois que la vérification sera finalisée.