RAPPORT D'ENQUÊTE

Accident grave survenu à trois travailleurs de l'entreprise Maçonnerie CPM inc. le 20 janvier 2020 sur un chantier de construction situé au 255 à 265, rue Carmelle-Boutin, à Blainville

Direction régionale des Laurentides

VERSION DÉPERSONNALISÉE

Inspecteurs :

Giancarlo E. Specogna

Jean-Philippe Gaudreault, ing.

Date du rapport : 2 septembre 2020

CNESST	**RAPPORT D'ENQUÊTE**	**Dossier d'intervention**	**Numéro du rapport**
		DPI4301315	RAP1308750

Rapport distribué à :

- Monsieur [A], […], Maçonnerie CPM inc.
- Monsieur [B], […], Mirabel Urbain projet immobilier inc.
- Docteur Éric Goyer, directeur de la santé publique, Centre intégré de santé et de services sociaux des Laurentides (CISSS Laurentides)
- Confédération des Syndicats Démocratiques (C.S.D. Construction)
- Fédération des Travailleurs et Travailleuses du Québec (F.T.Q. Construction)
- Confédération des Syndicats Nationaux (C.S.N. Construction)
- Syndicat Québécois de la Construction (S.Q.C.)
- Conseil Provincial du Québec des Métiers de la Construction (International) (C.P.Q.M.C.I.)

TABLE DES MATIÈRES

1 RÉSUMÉ DU RAPPORT 1

2 ORGANISATION DU TRAVAIL 3

2.1 STRUCTURE GÉNÉRALE DU CHANTIER 3
2.2 ORGANISATION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL 3
2.2.1 ORGANISATION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL POUR *MIRABEL URBAIN PROJET IMMOBILIER INC.* 3
2.2.1.1 Mécanismes de participation 3
2.2.1.2 Gestion de la santé et de la sécurité 3
2.2.2 ORGANISATION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL POUR *MAÇONNERIE CPM INC.* 4
2.2.2.1 Mécanismes de participation 4
2.2.2.2 Gestion de la santé et de la sécurité 4

3 DESCRIPTION DU TRAVAIL 6

3.1 DESCRIPTION DU LIEU DE TRAVAIL 6
3.2 DESCRIPTION DU TRAVAIL À EFFECTUER 8

4 ACCIDENT: FAITS ET ANALYSE 11

4.1 CHRONOLOGIE DE L'ACCIDENT 11
4.2 CONSTATATIONS ET INFORMATIONS RECUEILLIES 12
4.2.1 BLOCS DE MAÇONNERIE UTILISÉS (VOIR PHOTOS 3 & 4) 12
4.2.2 CONSTRUCTION DU BÂTIMENT 13
4.2.3 PLANIFICATION ET MÉTHODE DE TRAVAIL DES MAÇONS 16
4.2.4 PLANS ET CROQUIS 18
4.2.5 EXPÉRIENCE ET FORMATION DES TRAVAILLEURS 20
4.2.5.1 [C] 20
4.2.5.2 [D] 20
4.2.5.3 [E] 20
4.2.6 EXPERTISE 21
4.2.7 LOI, RÈGLEMENTATION ET RÈGLES DE L'ART 23
4.2.7.1 Loi sur la santé et la sécurité du travail (R.R.Q. 1981, c. S-2.1) 23
4.2.7.2 Code de sécurité pour les travaux de construction (R.R.Q. 1981, c. S-2.1, r. 4) 24
4.2.7.3 Règles de l'art 24
4.3 ÉNONCÉS ET ANALYSE DES CAUSES 25
4.3.1 L'ENTREPOSAGE DES BLOCS DE BÉTON SUR LES PLANCHERS DE LA SECTION CENTRALE DU BÂTIMENT EN CONSTRUCTION PROVOQUE LA RUPTURE PAR FLAMBEMENT D'UN MUR DE COLOMBAGES AU REZ-DE-CHAUSSÉE, DÉJÀ EN SURCHARGE, ET L'EFFONDREMENT DE CETTE SECTION DU BÂTIMENT 25

4.3.2 L'ORGANISATION DES TRAVAUX POUR LA CONSTRUCTION DE MURS COUPE-FEU EN PÉRIODE HIVERNALE EST DÉFICIENTE EN CE QU'ELLE AMÈNE LES TRAVAILLEURS À SURCHARGER LA CHARPENTE DE LA SECTION CENTRALE DU BÂTIMENT 28

5 CONCLUSION 31

5.1 CAUSES DE L'ACCIDENT 31
5.2 AUTRES DOCUMENTS ÉMIS LORS DE L'ENQUÊTE 31

ANNEXES

ANNEXE A : Liste des accidentés 33
ANNEXE B : Croquis 35
ANNEXE C : Photos 36
ANNEXE D : Liste des témoins et des autres personnes rencontrées 37
ANNEXE E : Rapport d'expertise 38
ANNEXE F : Références bibliographiques 97

SECTION 1

1 RÉSUMÉ DU RAPPORT

Description de l'accident

Le 20 janvier 2020, vers 12 h 45, trois maçons de l'entreprise Maçonnerie CPM inc. entrent des blocs de béton dans un bâtiment résidentiel de trois étages en vue d'y ériger des murs coupe-feu. Alors qu'ils se trouvent sur le plancher du dernier étage, les trois travailleurs sont emportés par l'effondrement soudain du bâtiment.

Conséquences

Les trois travailleurs sont coincés sous les débris et gravement blessés.

Photo 1: Lieu de l'accident Source: CNESST

Abrégé des causes

1. L'entreposage des blocs de béton sur les planchers de la section centrale du bâtiment en construction provoque la rupture par flambement d'un mur de colombage au rez-de-chaussée, déjà en surcharge, et l'effondrement de cette section du bâtiment.

2. L'organisation des travaux pour la construction de murs coupe-feu en période hivernale est déficiente en ce qu'elle amène les travailleurs à surcharger la charpente de la section centrale du bâtiment.

Mesures correctives

Le 20 janvier 2020, la CNESST ordonne la fermeture complète du chantier de construction et interdit l'accès au bâtiment, sa démolition et sa reconstruction (RAP9123938).

Le 21 janvier 2020, la CNESST interdit à *Maçonnerie CPM inc.* d'effectuer des travaux de maçonnerie qui impliquent le dépilement de blocs de béton et/ou de briques sur le plancher d'un bâtiment jusqu'à ce que l'employeur soumette une procédure de travail sécuritaire pour le chargement des planchers (RAP1291851).

Le 22 janvier 2020, après qu'[…] ait confirmé que l'accès aux garages des unités 255-257 (anciennement 201-203[1]), rue Carmelle-Boutin ne présente pas de danger, la CNESST autorise temporairement l'accès à ces garages afin de permettre les travaux de protection des fondations à l'aide de paille. Par la suite, l'accès au bâtiment demeure interdit (RAP1292691).

Le 20 février 2020, la CNESST permet l'accès aux unités des bâtiments des extrémités pour effectuer les travaux préparatoires à la démolition de la section centrale du bâtiment, à la suite de la réception d'une procédure signée et scellée par [F] (RAP1295721).

Le 2 mars 2020, la CNESST autorise la démolition mécanique de la section centrale du bâtiment, à la suite de la réception d'une procédure signée et scellée par [F] (RAP1297254).

Le présent résumé n'a pas de valeur légale et ne tient lieu ni de rapport d'enquête, ni d'avis de correction ou de toute autre décision de l'inspecteur. Il constitue un aide-mémoire identifiant les éléments d'une situation dangereuse et les mesures correctives à apporter pour éviter la répétition de l'accident. Il peut également servir d'outil de diffusion dans votre milieu de travail.

[1] *Les numéros civiques du chantier ont changé à la demande de la Ville de Blainville en cours d'enquête.*

2 ORGANISATION DU TRAVAIL

2.1 Structure générale du chantier

Il s'agit d'un chantier de construction d'un nouveau bâtiment résidentiel dans le cadre du projet domiciliaire *Station 56* situé à Blainville. Les travaux de construction du bâtiment situé au 255-265, rue Carmelle-Boutin ont débuté au mois d'août 2019.

Le maître d'œuvre doit, avant le début des travaux sur un chantier de construction, transmettre à la CNESST un avis d'ouverture de chantier. L'avis d'ouverture pour ce chantier a été transmis le 15 juillet 2019.

L'entreprise *Mirabel Urbain projet immobilier inc.* est déclarée maître d'œuvre du chantier de construction puisqu'elle a la responsabilité de l'exécution de l'ensemble des travaux de construction sur le chantier et l'octroi des contrats aux employeurs sous-traitants.

Le maître d'œuvre a confié la construction de la charpente de bois du bâtiment à l'entreprise *Les Constructions Groupe Mathieu inc.*

Le maître d'œuvre a octroyé un contrat de travail à l'entreprise *Maçonnerie CPM inc.* pour les travaux de construction des murs coupe-feu du bâtiment.

L'entreprise *Maçonnerie CPM inc.* se spécialise dans les travaux de maçonnerie dans les secteurs résidentiels, commerciaux et industriels. Elle embauche entre dix et quinze travailleurs, selon la saison.

2.2 Organisation de la santé et de la sécurité du travail

2.2.1 Organisation de la santé et de la sécurité du travail pour *Mirabel Urbain projet immobilier inc.*

2.2.1.1 Mécanismes de participation

Pour un chantier de cette envergure, la *Loi sur la santé et la sécurité du travail* (LSST) n'oblige pas la constitution d'un comité de chantier ou la présence d'un agent de sécurité. Il n'y a pas de comité de chantier ni d'agent de sécurité sur le chantier.

2.2.1.2 Gestion de la santé et de la sécurité

Le maître d'œuvre se spécialise dans le domaine de la construction résidentielle et fait partie du secteur d'activité économique « Bâtiment et travaux publics ». Conformément à *l'article 58 de la Loi sur la santé et la sécurité du travail* (*LSST*), l'inclusion dans ce groupe oblige les entreprises à mettre en application un programme de prévention.

Le maître d'œuvre possède un programme de prévention général. Toutefois, celui-ci n'est pas propre au chantier de construction en cours. Il s'agit d'une obligation du maître d'œuvre

puisque les activités sur le chantier de construction occuperont simultanément plus de dix travailleurs de la construction à un moment donné des travaux.

Le maître d'œuvre n'exécute pas les travaux lui-même sur le chantier. L'ensemble des travaux est donné en sous-traitance à des employeurs de la construction. Monsieur [G] est présent sur le chantier et agit à titre de […] pour le maître d'œuvre. Il veille au bon déroulement des différentes étapes des travaux, fait la réception des commandes de matériaux ainsi que des équipements en location et s'assure de leur conformité. Il accueille les sous-traitants et fournisseurs au chantier afin de coordonner leurs opérations.

La supervision de la santé et de la sécurité des travailleurs est également réalisée par [G]. Il fait des rondes d'inspection journalière et s'assure, lors de son inspection, que les travailleurs au chantier appliquent les règles de sécurité mises en place. [G] assume ce rôle pour plusieurs bâtiments du projet *Station 56*.

2.2.2 Organisation de la santé et de la sécurité du travail pour *Maçonnerie CPM inc.*

2.2.2.1 Mécanismes de participation

Il n'y a pas de mécanisme formel de participation des travailleurs. L'entreprise n'a pas de comité de santé et de sécurité, ni de représentant à la prévention.

[…]

2.2.2.2 Gestion de la santé et de la sécurité

Conformément aux dispositions prévues par la LSST, l'entreprise possède un programme de prévention général propre à ses activités en chantier. Il est sous forme de fiches d'actions spécifiques et ne contient aucune référence concernant l'entreposage de matériaux sur les planchers. Ce programme est fourni sur demande au maître d'œuvre.

Le programme de prévention n'est pas disponible en tout temps aux travailleurs de l'entreprise, il ne se retrouve pas dans les camions de l'entreprise ni en possession des chefs d'équipe sur l'ensemble des chantiers. Toutefois, il est signé par l'ensemble des travailleurs selon les besoins du chantier sur lequel l'entreprise œuvre.

L'employeur n'a pas de programme d'accueil formel des nouveaux travailleurs.

Lors des réunions de début de chantier, des rappels concernant le port des équipements de protection individuels et des consignes de sécurité sont donnés verbalement par […]. Ils interviennent auprès des travailleurs lorsqu'ils constatent des non-conformités et communiquent avec l'employeur au besoin. Ces interventions ne sont pas consignées par écrit.

Les méthodes de travail et les descriptions de tâches ne sont pas documentées. La supervision est effectuée de manière ponctuelle par […], monsieur [A], lors des visites de chantier.

Sur chaque chantier, l'employeur désigne […] pour assurer le bon déroulement des activités. Monsieur [C] agit comme […] sur ce chantier.

SECTION 3

3 DESCRIPTION DU TRAVAIL

3.1 Description du lieu de travail

Le chantier de construction se situe au 255 à 265 (anciennement 201 à 211[2]), rue Carmelle-Boutin à Blainville (**voir image 1**).

[…]

Image 1 : Plan du chantier **Source : *Mirabel Urbain projet immobilier inc*. modifié par CNESST**

[2] *Les numéros civiques du chantier ont changé à la demande de la Ville de Blainville en cours d'enquête.*

Le projet consiste en la construction d'un nouveau bâtiment abritant six maisons de ville superposées d'une superficie totale de 1 190 m^2, réparties en trois sections distinctes comprenant deux unités chacune. Chaque section comprend un sous-sol, un rez-de-chaussée, un 2^e et un 3^e étage (**voir image 2**).

[…]

Image 2 : Coupe schématique du bâtiment **Source : DK-A Architectes**

Les fondations sont en béton sur toute la hauteur du sous-sol. La charpente en bois du bâtiment est complètement érigée au-dessus des murs de fondation. Les portes et fenêtres sont en place et la toiture est étanche. À l'intérieur du bâtiment, les murs de division ne sont pas construits et la dalle de béton n'est pas coulée au niveau des garages.

Le 20 janvier 2020, seuls des travaux de maçonnerie sont en cours et l'on ne compte que trois maçons au chantier.

Ce jour-là, la température extérieure est comprise entre -13,2 °C et -14,7 °C entre 12 h et 13 h, la force du vent atteint un maximum de 21 kilomètres par heure. Les travaux sont exécutés en condition hivernale (**voir photo 2**).

Photo 2 : Vue du chantier le jour de l'accident **Source : CNESST**

3.2 Description du travail à effectuer

Le jour de l'accident, l'équipe de maçons arrive au chantier et commence son quart de travail. En l'absence du mélangeur à mortier, la tâche prévue pour la journée consiste à entrer les composantes des échafaudages et les blocs de béton à l'intérieur du bâtiment en vue de l'érection de deux murs coupe-feu. L'accès pour la construction des murs se fait à partir de la section centrale du bâtiment (**voir image 3**).

[…]

Image 3 : Séparation coupe-feu (en rouge) **Source : DK-A Architectes, modifié par CNESST**

Les palettes de blocs de béton sont entreposées depuis une semaine à l'extérieur et les blocs de béton doivent être chauffés. Les maçons chargent des blocs à l'intérieur de la section centrale sur chacun des étages, en commençant par le plancher du rez-de-chaussée, afin de les faire chauffer.

Les blocs sont empilés à environ 91 cm (36 po), le long des murs mitoyens, en rangées de quatre blocs de long par quatre blocs de haut. Les maçons maintiennent un espacement entre les piles de blocs destiné à la table de travail sur laquelle sera déposé le mortier. Des piles de blocs sont également entreposées le long des murs avant et arrière de la section du bâtiment. Une seconde rangée de blocs est empilée à 91 cm (36 po) derrière la première rangée (**voir image 4**).

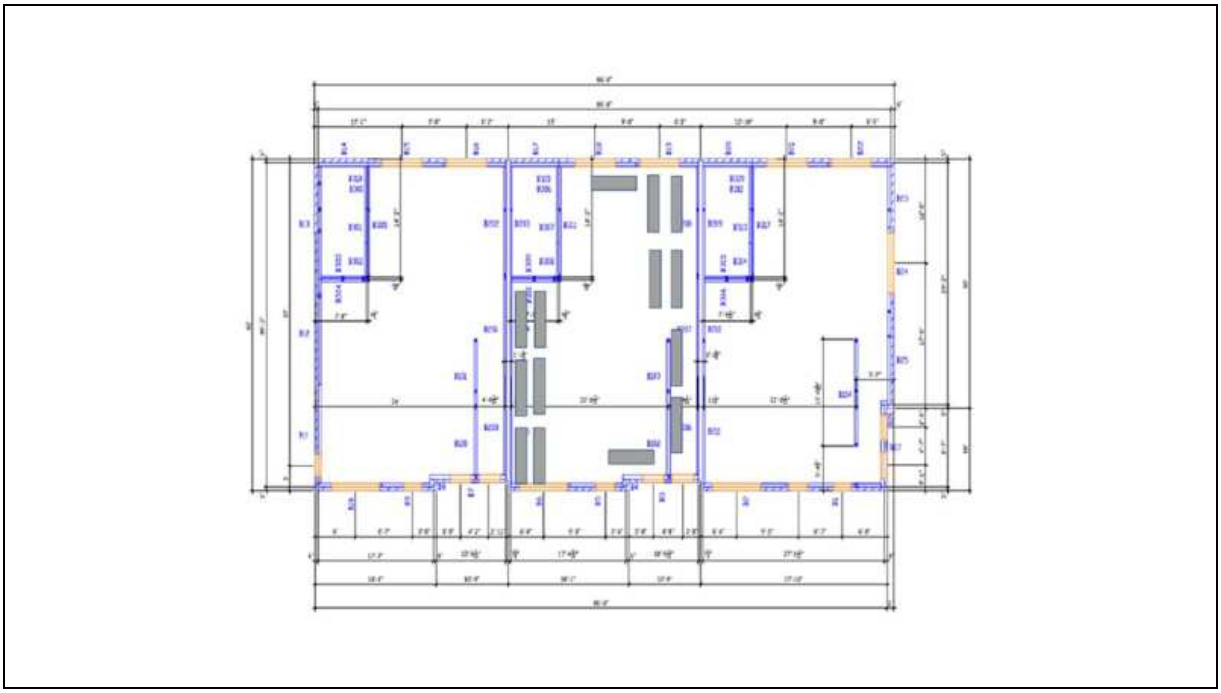


Image 4 : Disposition des blocs sur les étages **Source : CNESST**

Les maçons prévoient empiler les blocs de béton sur l'ensemble des étages et terminer leur journée de travail.

SECTION 4

4 ACCIDENT: FAITS ET ANALYSE

4.1 Chronologie de l'accident

Le 20 janvier 2020, une équipe de trois maçons de l'entreprise *Maçonnerie CPM inc.*, dont un chef d'équipe, arrive au chantier vers 6 h 50.

Le chef d'équipe, accompagné du [G], procède à une reconnaissance du chantier.

Ils prennent connaissance du travail à effectuer. La semaine précédente, 19 palettes de blocs de béton sont livrées au chantier pour la construction de deux murs coupe-feu entre les différentes sections du bâtiment. Les palettes sont entreposées à l'extérieur.

[A] de *Maçonnerie CPM inc.* se présente au chantier pour rencontrer ses travailleurs et quitte par la suite pour un autre chantier. Il doit revenir plus tard pour livrer le mélangeur à mortier.

Vers 7 h, les maçons commencent à entrer le matériel (échafaudages et madriers) sur les planchers de la section centrale. Vers 7 h 45 ils commencent manuellement le transfert des blocs de béton de la palette au plancher. Ils commencent par le rez-de-chaussée de la section centrale et entrent les blocs de béton par la porte d'entrée avant.

À la demande du chef d'équipe, [G] fait retirer la fenêtre du 2^{e} étage vers 9 h 15 et celle du 3^{e} étage vers 11 h. Les maçons terminent l'entreposage au rez-de-chaussée vers 11 h 15 et amorcent l'entreposage des blocs au 2^{e} étage de la même façon. Ils complètent cet étage vers 12 h 15.

À ce moment, quatre palettes et demie sont entreposées sur chacun des deux premiers planchers et les maçons commencent l'entreposage des blocs au 3^{e} étage du bâtiment. Ils décident de ne pas prendre de pause repas afin de terminer leur journée plus tôt.

Alors que quatre palettes sont déchargées et entreposées sur le plancher du 3^{e} étage, vers 12 h 45, deux craquements en l'espace de dix secondes sont entendus et le plancher cède sous les trois travailleurs. Ces derniers sont emportés par l'effondrement du bâtiment.

Un des travailleurs réussit à se sortir des décombres et est pris en charge par des travailleurs du chantier voisin. Il est transporté par ambulance au centre hospitalier de Saint-Eustache un peu plus tard.

L'autre maçon et le chef d'équipe, toujours pris à l'intérieur du bâtiment effondré, sont évacués des décombres respectivement à 13 h 31 et 14 h 25. Ils sont tous deux transportés d'urgence vers l'hôpital du Sacré-Cœur de Montréal.

4.2 Constatations et informations recueillies

4.2.1 Blocs de maçonnerie utilisés (voir photos 3 & 4)

Photos 3 & 4 : Palettes de blocs vidées et restantes au chantier **Source : CNESST**

Tous les blocs sont fabriqués par l'entreprise Blocs de l'Outaouais et selon la norme CSA A165.1-94 *Éléments de maçonnerie en béton*. Les blocs sont commandés par le maître d'œuvre puisqu'il est responsable de les fournir à l'entrepreneur en maçonnerie.

Six palettes de blocs de béton sont livrées au chantier le 10 janvier 2020 et treize autres le 14 janvier 2020. Au total, 19 palettes de blocs de béton sont présentes au chantier le jour de l'accident pour la construction des deux murs coupe-feu.

À la suite de l'effondrement de la section centrale du bâtiment, nous constatons qu'il reste quatre palettes pleines à l'extérieur et une demi-palette sur les fourches du chariot élévateur des maçons.

Chaque palette livrée contient 108 blocs de béton, dont 72 blocs réguliers (panneresses) et 36 blocs de coin. Chaque bloc de béton mesure 20 cm x 20 cm x 40 cm. Un bloc régulier pèse 16,5 kg (35,3 lb) alors qu'un bloc de coin pèse 17,7 kg (37,5 lb). Les blocs d'une palette pèsent au total 1 828,8 kg (4 030 lb).

Les blocs de béton sont uniquement empilés dans la section centrale du bâtiment :

- Les blocs d'environ quatre palettes et demie sont entreposés sur le plancher du rez-de-chaussée, représentant un poids d'environ 8 229 kg (18 142 lb);

- Les blocs d'environ quatre palettes et demie sont entreposés sur le plancher du 2^{e} étage, représentant un poids d'environ 8 229 kg (18 142 lb);

- Les blocs d'environ quatre palettes sont entreposés sur le plancher du 3e étage, représentant un poids d'environ 7 315 kg (16 127 lb).

Le poids des blocs est résumé dans le tableau suivant :

	Kilogrammes	Livres
Poids des Blocs individuels Réguliers : Coins :	 16,5 kg 17,7 kg	 35,3 lb 37,5 lb
Poids des blocs d'une palette	1 828, 8 kg	4 030 lb
Poids réparti au rez-de-chaussée	8 229 kg	18 142 lb
Poids réparti au 2e étage	8 229 kg	18 142 lb
Poids réparti au 3e étage	7 315 kg	16 127 lb
Total du poids des blocs sur les murs porteurs du rez-de-chaussée (2e et 3e étages)	15 544 kg	34 269 lb

4.2.2 Construction du bâtiment

L'érection de la charpente est confiée à l'entreprise *Les Constructions Groupe Mathieu inc.* La charpente en bois est complètement érigée, le toit étanche et les fenêtres en place (**voir photo 5**). Le poids de la charpente du 2e étage, du 3e étage et du toit, pour chaque section, porte sur les murs de colombages du rez-de-chaussée. Les murs de division ne sont pas construits.

La charpente des trois sections du bâtiment est indépendante. Chaque section du bâtiment est composée d'un garage double au sous-sol, d'un rez-de-chaussée et de deux étages.

La construction d'un mur coupe-feu est prévue entre les sections latérales du bâtiment et la section centrale. La capacité portante du sol à l'emplacement du bâtiment ne permet pas le bétonnage des murs coupe-feu. Le maître d'œuvre choisit de les construire en blocs de béton.

Avant le début des travaux, il est prévu que les montants des murs de colombages de la section centrale soient espacés aux 60 cm (24 po) afin de permettre de passer les blocs de béton pour leur installation.

Les murs du bâtiment sont préfabriqués par l'entreprise *Matério* alors que les planchers et la toiture sont construits sur place. Les plans d'atelier et de construction de la charpente sont fournis au maître d'œuvre par l'entreprise *Matério*. Il n'y a pas de plan d'ingénieur pour la construction de la structure de bois, uniquement pour la construction des fondations ainsi que pour les fermes de toit.

Les murs du bâtiment ont été conçus, fabriqués et livrés en fonction de murs coupe-feu coulés et non en blocs de béton. Le maître d'œuvre a choisi de conserver les murs des sections latérales tels quels et de commander des murs ouverts, sans panneaux à lamelles orientées (panneaux OSB), pour la section centrale afin de permettre l'installation des blocs.

Les montants des murs de colombages du côté gauche pour tous les étages sont assemblés et livrés au chantier avec un espacement de 30 cm (12 po) avec des entremises à mi-hauteur. À la demande du maître d'œuvre, […] de l'entreprise *Les Constructions Groupe Mathieu inc.* retirent un montant sur deux et les entremises de ces murs en chantier pendant l'érection de la charpente afin de permettre le passage des blocs de béton pour la construction des murs coupe-feu à partir de la section centrale.

Les montants des murs de colombages du côté droit des trois étages sont fabriqués avec un espacement de 60 cm (24 po). Une note manuscrite indique sur les plans d'atelier que des montants et des entremises doivent être ajoutés en chantier (**voir image 6, page 18**). À cet effet, les matériaux nécessaires sont livrés avec les murs préfabriqués.

[…] montent la charpente en commençant par le plancher du rez-de-chaussée. Ensuite, ils installent les murs du rez-de-chaussée et passent à l'étage suivant jusqu'à la toiture. Les murs mitoyens du rez-de-chaussée sont fabriqués avec des colombages en bois de 40 mm x 90 mm (2 x 4) et font 2,74 m (9 pieds) de haut.

La charpente des trois sections est érigée en même temps. Par la suite, la construction des murs coupe-feu est prévue. Des panneaux OSB percés sont installés sur les murs des sections latérales pour tous les étages alors que les plans d'atelier en prévoient seulement pour le rez-de-chaussée. Il n'est pas prévu de mettre de panneaux OSB sur les murs de la section centrale du bâtiment une fois les murs coupe-feu complétés, uniquement des lattes (fourrage) et du gypse sont prévus.

Photo 5 : Bâtiment érigé, décembre 2019 **Source : CNESST**

4.2.3 Planification et méthode de travail des maçons

Deux murs coupe-feu doivent être construits entre les sections du bâtiment. Le maître d'œuvre prévoit la construction de ces murs après l'érection complète de la charpente en bois.

Une demande de soumission pour la construction des murs coupe-feu en blocs de béton est faite à l'entrepreneur en maçonnerie le 5 novembre 2019.

Une discussion a lieu entre ce dernier et le maître d'œuvre au courant de la semaine du 6 novembre 2019 concernant la méthode de travail qui sera utilisée pour la construction des murs. L'entrepreneur en maçonnerie et le maître d'œuvre conviennent de laisser les montants des murs de colombages de la section centrale du bâtiment espacés à 60 cm (24 po) et de retirer les entremises afin de permettre le passage des blocs de béton ayant 40 cm de longueur. Ces modifications seront réalisées sur l'ensemble des étages, soit du rez-de-chaussée jusqu'au 3^{e} étage.

Selon le témoignage de monsieur [A], […]*de Maçonnerie CPM inc.*, il s'agit de la première fois qu'il doit procéder à la construction de deux murs coupe-feu à partir d'une même section d'un bâtiment.

Monsieur [H], […] pour *Mirabel Urbain projet immobilier inc.*, témoigne que la méthode de travail convenue en novembre 2019 prévoit qu'à la suite de la construction des murs coupe-feu pour un étage, l'entrepreneur en maçonnerie doit informer le maître d'œuvre afin qu'il puisse faire installer les colombages et les entremises manquants avant que les travaux ne se poursuivent à l'étage suivant. De plus, les blocs de béton doivent être entrés manuellement, une palette à la fois dans la section centrale du bâtiment et doivent être posés avant d'entrer les blocs d'une autre palette.

Toutefois, aucune demande n'est faite au maître d'œuvre pour que soient installés les colombages et les entremises manquants des étages inférieurs alors que des demandes ont été faites pour que soient retirées les fenêtres du 2^{e} et du 3^{e} étage, puisque la pose de la maçonnerie n'est pas prévue avant le lendemain. La méthode de travail convenue en novembre 2019 n'est pas rediscutée entre les parties au moment de l'exécution des travaux en janvier 2020.

Lors de son témoignage, [A] de *Maçonnerie CPM inc.* affirme ne pas se souvenir si une méthode de travail a été convenue lors de la discussion de la semaine du 6 novembre 2019.

Environ cinq palettes de blocs de béton par étage sont nécessaires pour la construction des deux murs coupe-feu et une semaine est prévue afin de compléter les travaux.

Afin de réaliser les travaux, le maître d'œuvre doit procéder à la construction d'un plancher temporaire au-dessus de l'ouverture de la cage d'escalier du rez-de-chaussée, avec des étais au sous-sol, pour le montage éventuel des échafaudages par les maçons.

Aucun échéancier n'est établi entre les parties lors de leur conversation téléphonique au mois de novembre 2019. Selon le maître d'œuvre, la construction des murs coupe-feu ne presse pas et peut donc être réalisée en fonction de la disponibilité de *Maçonnerie CPM inc.*

En prévision des travaux, le maître d'œuvre fait livrer les blocs de béton dans la semaine précédente. Ils sont alors entreposés à l'extérieur. Avant d'entreprendre leur installation, les maçons doivent s'assurer de les chauffer et de les sécher. [A] de *Maçonnerie CPM inc.* effectue une reconnaissance du chantier, la semaine précédant le début des travaux, en compagnie du [G]. Une demande est faite au maître d'œuvre pour que du chauffage soit installé sur les étages de la section centrale du bâtiment.

Les garages du bâtiment sont libres, la dalle n'est pas coulée et ils ne sont pas chauffés. Seulement les étages de la section centrale sont chauffés. Aucune discussion n'a eu lieu entre le maître d'œuvre et l'entrepreneur en maçonnerie pour que les garages soient chauffés et utilisés pour y entreposer les blocs de béton en attendant leur pose.

Le jour de l'accident, [A] *de Maçonnerie CPM inc.* effectue une visite sur le chantier en début de journée. Le mélangeur à mortier est livré au chantier en après-midi par [A]. En l'absence de celui-ci, l'entreposage des blocs de béton dans la section centrale a lieu, en prévision de la pose à partir du lendemain. Trois maçons travaillent sur le chantier.

Aucune directive n'est donnée par [A] de *Maçonnerie CPM inc.* ou [G], aux maçons, quant aux travaux de construction des murs coupe-feu. La méthode de travail convenue entre monsieur [A] et monsieur [H] ne leur est pas expliquée. Le jour de l'accident, le chef d'équipe effectue une reconnaissance en compagnie du [G]. Une discussion a lieu afin que des étais supplémentaires soient installés sous le plancher temporaire construit au-dessus de l'ouverture de la cage d'escalier du plancher du rez-de-chaussée. La méthode de travail pour la construction des murs coupe-feu n'est pas discutée.

La méthode de travail choisie par le chef d'équipe est d'empiler manuellement les blocs sur les planchers de la section centrale du bâtiment pour les chauffer et prendre de l'avance sur les travaux. Il a fait environ une trentaine de murs coupe-feu dans sa carrière et il a toujours procédé de cette façon. Il s'agit donc de sa méthode habituelle de travail. En période estivale, la pose de blocs aurait commencé immédiatement, ce qui aurait permis de limiter la quantité de blocs sur les planchers.

Le chef d'équipe et les maçons ne tiennent pas compte de la capacité portante des planchers et des murs du bâtiment. Le chef d'équipe estime à 2 272,7 kg (5 000 lb) le poids des blocs empilés sur chaque plancher de la section centrale du bâtiment. Le jour de l'accident, [A] de l'entreprise *Maçonnerie CPM inc.* est incertain quant au poids d'un bloc de béton lorsqu'il est questionné à ce sujet.

[G] n'effectue pas de visite du chantier pendant les travaux et ne questionne pas les travailleurs sur leur avancement. Il ne questionne pas non plus les travailleurs concernant l'installation des colombages et des entremises manquants avant d'autoriser le retrait des fenêtres des étages supérieurs.

4.2.4 Plans et croquis

Les trois sections du bâtiment sont érigées à partir de plans présentant l'architecture de l'ouvrage. Les éléments structuraux (fondations, poutrelles de planchers, fermes de toit, murs de colombages, etc.) sont conçus par l'entreprise spécialisée dans le domaine *DK-A Architectes*.

Aucun plan d'ingénieur n'encadre la construction de la charpente de bois. Les composantes structurales du bâtiment sont dessinées par [I] de l'entreprise *Matério* qui utilise un logiciel technique. Les calculs du logiciel sont basés sur les paramètres de charges prévus dans le Code national du bâtiment (CNB) pour une construction à usage résidentiel.

Les composantes sont par la suite fabriquées par l'entreprise *Matério* et livrées au chantier afin d'être assemblées selon les plans d'atelier.

Aucun plan d'ingénieur n'encadre la construction des murs coupe-feu en blocs de maçonnerie, contrairement à ce qui est prévu au plan d'architecte (**voir image 4**).

[…]

Image 4 : Description du plan d'architecte **Source : DK-A Architectes**

La mise en place d'entremises est prévue sur les murs de colombages mitoyens, autant en fonction des plans architecturaux que des plans d'atelier fournis par *Matério* (**voir images 5 et 6**).

[…]

Image 5 : Description du plan d'architecte **Source : *DK-A Architectes***

[…]

Image 6 : Description du plan d'atelier **Source *: Matério***

4.2.5 Expérience et formation des travailleurs

4.2.5.1 [C]

[…]. […].

[…].

Depuis […], il occupe le poste de chef d'équipe au sein de l'entreprise *Maçonnerie CPM inc*. Toutefois, dans son témoignage, il nous déclare agir comme contremaître au sein de l'entreprise. C'est également la déclaration de monsieur [A] le jour de l'accident.

Toujours selon son témoignage, il a participé à la construction d'environ une trentaine de murs coupe-feu en blocs de béton en procédant selon la même méthode, c'est-à-dire d'entreposer les blocs de béton requis pour la construction des murs coupe-feu sur chacun des étages.

4.2.5.2 [D]

[…]. […].

[…]. […].

Selon son témoignage, il a réalisé plusieurs murs coupe-feu en carrière, autant pour un employeur qu'à son propre compte.

4.2.5.3 [E]

[…].

[…].

Selon son témoignage, il a réalisé deux ou trois murs coupe-feu en blocs de béton durant sa carrière.

4.2.6 Expertise

Une expertise a été confiée à un ingénieur en structure afin de vérifier la conformité des éléments de structure permanents et temporaires en cours de construction, d'étudier les plans et de calculer la capacité des différents éléments qui composent l'ossature du bâtiment et les charges présentent lors de l'effondrement. L'expertise, présentée à l'**ANNEXE D**, rapporte les éléments suivants :

Lors des visites sur place, il a été possible de constater que l'effondrement semblait avoir commencé au coin avant-gauche de la partie centrale du bâtiment;

La position dans laquelle se sont retrouvés le toit et les planchers permet d'affirmer que l'effondrement n'a pas été initié par le bris de solives, mais bien par la rupture de colombages;

D'après les constations faites sur place et à la lecture des dessins obtenus, les murs porteurs qui étaient prévus avec des colombages 2 x 4 aux 12 pouces et des panneaux OSB cloués sur une face ont été érigés sans panneaux OSB et avec des colombages aux 24 pouces seulement, pour faciliter l'érection des blocs de béton des murs coupe-feu;

D'après les témoignages recueillis, l'intention du maître d'œuvre était d'ajouter les colombages manquants de ces murs une fois les murs coupe-feu complétés, mais de ne pas mettre en place les panneaux OSB.

Les vérifications effectuées permettent d'affirmer ce qui suit :

Les solives de plancher, quoique non conçues pour cet usage, avaient la capacité suffisante pour supporter les blocs de béton qui ont été empilés sur les planchers;

Les colombages sans retenue latérale dans le sens étroit sur 9 pieds dépassent les limites d'élancement maximales imposées par la norme de conception des charpentes de bois, CSA 086-2014, et leur capacité devrait être considérée comme nulle;

[…] une capacité existe tout de même malgré cette restriction de la norme, et nous avons effectué des calculs pour déterminer approximativement cette capacité;

La capacité ''sécuritaire'' approximative d'un colombage serait donc d'environ 300 livres, et la capacité ultime serait probablement le double de cette valeur, soit 600 livres (ces valeurs sont pour les fins de la présente expertise seulement et ne doivent en aucun cas servir à d'autres fins).

Suivant nos calculs, la charge sur chaque colombage du mur du coin avant-gauche du rez-de-chaussée avant le début de l'entreposage des blocs de béton se situait autour de 445 livres. Les blocs de béton qui ont été ajoutés sur les planchers causaient une charge additionnelle d'environ 1 910 livres pour un total de 2 355 livres par colombage ce qui dépasse de loin la capacité estimée des colombages.

Au niveau supérieur, les colombages du mur entre le deuxième et le troisième étage supportaient une charge d'environ 1 570 livres, ce qui était également largement supérieur à leur capacité.

À la lumière de ce qui précède, nous pouvons conclure que l'effondrement a été causé par la rupture des colombages du mur porteur avant-gauche. Les colombages espacés à 24 pouces centre à centre sans retenue latérale subissaient une charge largement supérieure à leur capacité en raison de l'entreposage de blocs de béton aux deux étages supérieurs, ce qui a provoqué le flambement latéral et la rupture de ces éléments. S'en est suivi la chute des planchers et du toit qui étaient supportés par ce mur.

[…]

Enfin, la présente expertise permet aussi de conclure que les documents de construction pour ce bâtiment sont incomplets du point de vue de la structure, et que la méthode de construction qui consiste à ériger les deux étages et le toit supportés par des murs porteurs incomplets sans entremises et panneaux OSB est insatisfaisante structuralement, et dangereuse. Lorsqu'une charpente est érigée de façon partielle durant la construction, des moyens spécifiques de support et de stabilisation temporaires doivent être mis en place. Ces moyens doivent normalement être conçus par un ingénieur et doivent être décrits en détail sur des plans scellés par cet ingénieur.

De plus, nous croyons utile d'ajouter que dans le cas où l'effondrement ne se serait pas produit et que la partie centrale aurait été complétée sans l'ajout des panneaux OSB, à notre avis la capacité des murs ne rencontrerait pas les exigences du Code.

Photo 6 : Photos extraites du rapport d'expertise **Source : MESAR ingénieurs-conseils**

Nous pouvons donc résumer les capacités par colombage des murs du rez-de-chaussée et les charges qui leur sont imposées sous forme de tableau comme suit :

	Capacité en livres	Capacité en kilogrammes
Capacité en compression sur une hauteur de 9 pieds (selon la norme *CSA 086-2014*)	Nulle	Nulle
Capacité «Sécuritaire» approximative	300 lb	136 kg
Capacité «Ultime» approximative (point de rupture)	600 lb	272 kg

Charge exercée sur les colombages du rez-de-chaussée :

	Charge en livres	Charge en kilogrammes
Charge de la charpente sur les colombages	445 lb	201,8 kg
Charge des blocs du 2e et 3e étage sur les colombages	1 910 lb	866,2 kg
Charge totale par colombage	2 355 lb	1 068 kg

4.2.7 Loi, règlementation et règles de l'art

4.2.7.1 Loi sur la santé et la sécurité du travail (R.R.Q. 1981, c. S-2.1)

Article 51. *L'employeur doit prendre les mesures nécessaires pour protéger la santé et assurer la sécurité et l'intégrité physique du travailleur. Il doit notamment :*

- ***3°*** *s'assurer que l'organisation du travail et les méthodes et techniques utilisées pour l'accomplir sont sécuritaires et ne portent pas atteinte à la santé du travailleur;*

- *5° utiliser les méthodes et techniques visant à identifier, contrôler et éliminer les risques pouvant affecter la santé et la sécurité du travailleur;*

- *9° informer adéquatement le travailleur sur les risques reliés à son travail et lui assurer la formation, l'entraînement et la supervision appropriés afin de faire en sorte que le travailleur ait l'habileté et les connaissances requises pour accomplir de façon sécuritaire le travail qui lui est confié.*

4.2.7.2 Code de sécurité pour les travaux de construction (R.R.Q. 1981, c. S-2.1, r. 4)

Le Code encadre les exigences réglementaires propres aux chantiers de construction.

2.12.1. *Toute charpente doit être calculée, construite, placée, appuyée, contreventée et haubanée afin de résister à toute charge qui pourrait y être imposée pendant la construction ou la démolition.*

3.2.1. *Tout chantier de construction, y compris les voies et les moyens d'accès ou de sortie, doit être tenu en ordre et aucun danger ne doit résulter de l'entreposage des matériaux ou de l'équipement, de l'accumulation des rebuts ou de l'état d'un matériau ou d'une pièce d'équipement.*

Bien qu'il ne s'agisse pas d'un ouvrage temporaire servant à supporter une construction permanente, les articles suivants donnent une orientation sur les mesures qui doivent être prises lorsque la capacité finale de l'ouvrage n'est pas rencontrée :

3.3.2. *Tout ouvrage temporaire doit être suffisamment contreventé afin de résister à toutes les charges susceptibles d'y être appliquées pendant la construction, la réfection ou la démolition.*

3.3.3. *Tout ouvrage temporaire réalisé aux fins d'appuyer une partie d'une construction permanente jusqu'à ce que cette dernière suffise à s'appuyer d'elle-même, doit être conçu, construit, appuyé et contreventé afin de résister à toutes les charges qui pourraient y être appliquées.*

3.16 Manutention et entreposage des matériaux

3.16.1 Généralités :

[…]

2° La charge imposée à un ouvrage permanent ou provisoire lors de l'entreposage de matériaux ne doit pas excéder la charge permise.

4.2.7.3 Règles de l'art

Voici les informations obtenues d'un document produit par l'Association des employeurs en maçonnerie du Québec, citant notamment les points du CNB et les normes qui règlementent les travaux de maçonnerie en conditions hivernales :

Code de construction du Québec, Chapitre I – Bâtiment, et Code national du bâtiment – Canada 2010 (modifié)

9.20.14.1 Température du mortier et de la maçonnerie

A. Le mortier et la maçonnerie doivent être maintenus à une température d'au moins 5 °C degré au moment de la mise en place et pendant au moins 48 h par la suite.

B. L'utilisation de matériaux gelés dans le mélange de mortier est interdite.

CSA A371-94 Maçonnerie des bâtiments

5.16.2 Mise en œuvre par temps froid

Sous réserve des articles 5.12.1.1 e), 5.16.2.2 et 5.16.2.3, la mise en œuvre de la maçonnerie par temps froid doit être conforme à ce qui suit :

- *[…]*
- *Température de l'air inférieure à -7 °C : Le sable et l'eau de gâchage doivent être chauffés à une température comprise entre 20 et 70 °C. Des enceintes et du chauffage d'appoint doivent être prévus pour maintenir la température de l'air au-dessus de 0 °C. La température de l'élément de maçonnerie au moment de la pose ne doit pas être inférieure à 7 °C.*

5.16.3.1 Protection requise par temps froid

Sous réserve des articles 5.12.1.1 e) et 5.16.3.2 les mesures de protection à prendre pour la maçonnerie achevée ou la maçonnerie sur laquelle on ne travaille pas sont les suivantes ;

Température de l'air quotidienne moyenne et Protection

- *[…]*
- *-7 °C et moins : La température de la maçonnerie doit être maintenue au-dessus de 0 °C pendant 24 h au moyen d'une enceinte et d'un chauffage d'appoint.*

4.3 Énoncés et analyse des causes

4.3.1 L'entreposage des blocs de béton sur les planchers de la section centrale du bâtiment en construction provoque la rupture par flambement d'un mur de colombages au rez-de-chaussée, déjà en surcharge, et l'effondrement de cette section du bâtiment

Le maître d'œuvre entreprend au mois d'août 2019 la construction d'un nouveau bâtiment résidentiel abritant six maisons de ville superposées, réparties sur trois sections côte à côte dont la charpente de bois est indépendante. Chaque section du bâtiment est composée d'un garage double au sous-sol, d'un rez-de-chaussée et de deux étages. Le poids de la charpente du 2^{e} étage et du 3^{e} étage, ainsi que le poids de la toiture, pour chaque section du bâtiment, porte sur les murs de colombages du rez-de-chaussée du bâtiment.

La conception du bâtiment est effectuée par la firme d'architecture *DK-A Architectes*. Le plan prévoit des colombages espacés de 30 cm avec des entremises à mi-hauteur pour les murs mitoyens de la section centrale du bâtiment. La structure de bois est préfabriquée et un contrat est octroyé par le maître d'œuvre à l'entreprise *Matério* pour concevoir et construire les murs.

La charpente du bâtiment ne fait pas l'objet d'un plan d'ingénieur alors que l'ingénieur mandaté par la CNESST pour effectuer une expertise sur le bâtiment indique dans son rapport :

- *[…] notre opinion est à l'effet que la conception du volet structure d'un bâtiment tel que celui qui fait l'objet de la présente étude doit être faite par un ingénieur en structure, et qu'il devrait être couvert par un ensemble de plans de structure scellés par cet ingénieur.*

La capacité portante du sol étant insuffisante à l'emplacement du bâtiment, il n'est pas possible de bétonner les murs coupe-feu en place. Le maître d'œuvre choisit de construire les deux murs en blocs de béton.

Tous les murs livrés initialement comportent des panneaux OSB destinés à des murs coupe-feu bétonnés en place. Les colombages ainsi que les entremises sont tous en place. Le maître d'œuvre conserve les murs pour les sections latérales du bâtiment, mais retourne les murs de la section centrale et demande à l'entreprise *Matério* de les refaire étant donné que les murs coupe-feu sont en blocs de béton.

Matério fabrique et livre les sections de murs de colombages du côté droit pour tous les étages avec des montants espacés aux 60 cm, sans entremises et sans panneaux OSB afin de permettre le passage des blocs de béton qui ont une longueur de 40 cm. Les plans d'atelier de *Matério* font toutefois mention d'installer en chantier les montants supplémentaires de même que les entremises à mi-hauteur aux murs.

Les sections de murs du côté gauche pour l'ensemble des étages sont fabriquées et livrées avec des montants espacés aux 30 cm avec des entremises. Au moment de l'érection de la charpente, le maître d'œuvre fait retirer, par l'équipe de […] de l'entreprise *Les Constructions Groupe Mathieu inc.*, un montant sur deux ainsi que les entremises pour ces murs de colombages afin de respecter l'entente prise avec *Maçonnerie CPM inc.*

Afin de permettre la construction des murs coupe-feu, aucun panneau OSB n'est installé sur les murs mitoyens de la section centrale du bâtiment, contrairement à ceux des sections latérales.

Les modifications apportées à la charpente du bâtiment ont pour effet de diminuer la résistance des murs porteurs du bâtiment alors qu'elles n'ont pas fait l'objet d'un plan par un ingénieur et qu'aucun moyen de support et de contreventement temporaire n'est mis en place. Cette situation est contraire à l'article 2.12.1 du CSTC. En effet, l'ingénieur mandaté par la CNESST écrit dans son rapport :

> *« […]*
>
> *Les colombages sans retenue latérale dans le sens étroit sur 9 pieds dépassent les limites d'élancement maximales imposées par la norme de conception des charpentes de bois, CSA 086-2014, et leur capacité devrait être considérée comme nulle;*
>
> *[…] une capacité existe tout de même malgré cette restriction de la norme, et nous avons effectué des calculs pour déterminer approximativement cette capacité.*
>
> *La capacité ''sécuritaire'' approximative d'un colombage serait donc d'environ 300 livres, et la capacité ultime serait probablement le double de cette valeur, soit 600 livres*
>
> *Avant que débute l'entreposage des blocs de béton, les colombages du mur porteur avant-gauche supportaient déjà environ 445 livres chacun;*
>
> *Enfin, la présente expertise permet aussi de conclure que les documents de construction pour ce bâtiment sont incomplets du point de vue de la structure, et que la méthode de construction qui consiste à ériger les deux étages et le toit supportés par des murs porteurs incomplets sans entremises et panneaux OSB est insatisfaisante structuralement, et dangereuse. Lorsqu'une charpente est érigée de façon partielle durant la construction, des moyens spécifiques de support et de stabilisation temporaires doivent être mis en place. Ces moyens doivent normalement être conçus par un ingénieur et doivent être décrits en détail sur des plans scellés par cet ingénieur »* (sic).

Ces informations permettent de conclure qu'avant l'entreposage des blocs de béton dans le bâtiment, les colombages du mur porteur avant-gauche sont déjà surchargés compte tenu du poids de la charpente des étages supérieurs et de la toiture du bâtiment.

Au moment de l'accident, les travaux sont rendus à l'étape de la construction des murs coupe-feu. En prévision des travaux, les maçons entreposent des blocs de béton dans la section centrale du bâtiment sur l'ensemble des planchers. Les travaux ont commencé le jour même.

Selon les témoignages recueillis, il y a environ 8 229 kg (18 142 lb) de blocs de béton entreposés sur le plancher du 2e étage et environ 7 315 kg (16 127 lb) en blocs entreposés sur le plancher du 3e étage.

Le poids des blocs de béton sur le plancher du 2e et du 3e étage impose une charge supplémentaire de 866,2 kg (1 910 lb) par colombage sur le mur avant-gauche du rez-de-chaussée, déjà en surcharge. Juste avant l'effondrement, les colombages subissaient chacun une charge en compression d'environ 1 068 kg (2 355 lb), ce qui représente presque quatre fois la capacité « ultime » calculée par l'ingénieur, soit 272 kg (600 lb).

Alors que les maçons se retrouvent sur le plancher du 3e étage, les colombages du mur du coin avant-gauche de la section centrale du bâtiment au niveau du rez-de-chaussée flambent, se rompent et entraînent l'effondrement de cette section du bâtiment.

Cette cause est retenue.

4.3.2 L'organisation des travaux pour la construction de murs coupe-feu en période hivernale est déficiente en ce qu'elle amène les travailleurs à surcharger la charpente de la section centrale du bâtiment

Une demande de soumission pour la construction des murs coupe-feu en blocs de béton est faite à l'entrepreneur en maçonnerie le 5 novembre 2019. Une discussion a lieu entre ce dernier et le maître d'œuvre au courant de la semaine du 6 au 12 novembre 2019 concernant la méthode de travail qui sera utilisée pour la construction des murs. Ils conviennent qu'un colombage sur deux en plus des entremises soient retirés des murs mitoyens du bâtiment, du rez-de-chaussée jusqu'au 3e étage, afin de permettre le passage des blocs de béton.

[H] témoigne que la méthode de travail convenue prévoit qu'à la suite de la construction des murs coupe-feu pour un étage, l'entrepreneur en maçonnerie doit informer le maître d'œuvre afin qu'il puisse faire installer les colombages et les entremises manquants avant que les travaux ne se poursuivent à l'étage suivant. De plus, les blocs de béton doivent être entrés une palette à la fois dans la section centrale du bâtiment et doivent être posés avant d'entrer les blocs d'une autre palette.

Aucun moyen de contreventement temporaire n'est prévu afin de s'assurer que la charpente peut résister aux charges qui pourraient lui être imposées pendant les étapes de construction, ce qui est contraire à l'article 2.12.1 du CSTC.

En fonction de la méthode de travail établie prévoyant le retrait de colombages et des entremises, aucun plan d'ingénieur n'est disponible pour ces modifications apportées à la structure du bâtiment.

Selon le rapport d'expertise commandé par la CNESST, cette façon de faire a pour effet de diminuer la capacité des murs porteurs de la section centrale du bâtiment. On peut y lire entre autres que :

> *« Les colombages sans retenue latérale dans le sens étroit sur 9 pieds dépassent les limites d'élancement maximales imposées par la norme de conception des charpentes de bois, CSA 086-2014, et leur capacité devrait être considérée comme nulle […]*
>
> *[…] la méthode de construction qui consiste à ériger les deux étages et le toit supportés par des murs porteurs incomplets sans entremises et panneaux OSB est insatisfaisante structuralement, et dangereuse »* (sic).

Au total, 19 palettes de blocs de béton sont livrées au chantier et sont nécessaires à la construction des murs coupe-feu. Celles-ci sont livrées au chantier les 10 et 14 janvier 2020

et elles sont entreposées à l'extérieur. Conséquemment, les blocs sont gelés. Le CNB et la norme CSA *A371-94 Maçonnerie des bâtiments* prévoient que les éléments de maçonnerie doivent être chauffés avant leur installation et pendant la cure du mortier.

Une demande est faite au maître d'œuvre pour que du chauffage soit installé sur les étages du bâtiment central en prévision des travaux de maçonnerie. Cette situation amène les travailleurs à entreposer une grande quantité de blocs de béton sur les planchers du bâtiment afin de les dégeler et permettre leur installation.

Aucun autre moyen n'est prévu pour permettre le chauffage des matériaux de maçonnerie alors que les travaux se déroulent en période hivernale. Par exemple, les garages du bâtiment sont libres et disponibles pour l'entreposage des matériaux. Aucune demande n'est faite au maître d'œuvre afin de faire chauffer les garages pour y entreposer les blocs temporairement. Une telle mesure aurait permis de chauffer et sécher les blocs de béton sans les entreposer sur les planchers des étages et aurait permis de les entrer à l'intérieur du bâtiment une palette à la fois tel qu'il avait été convenu avec le maître d'œuvre, tout en respectant les règles du CNB relativement au chauffage des matériaux de maçonnerie.

[A] de *Maçonnerie CPM inc.* effectue une reconnaissance du chantier, la semaine précédant le début des travaux, en compagnie du [G]. La méthode de travail convenue en novembre 2019 à l'égard des travaux de construction des murs coupe-feu n'est pas rediscutée.

Le jour de l'accident, [A] *de Maçonnerie CPM inc.* effectue une visite sur le chantier en début de journée. Il quitte et doit revenir plus tard dans la journée livrer le mélangeur à mortier. La méthode de travail telle que convenue avec le maître d'œuvre n'est pas expliquée aux travailleurs et aucune directive spécifique concernant les travaux n'est donnée.

Le chef d'équipe procède à son tour à une reconnaissance du chantier avec [G] et une discussion a lieu concernant l'installation de supports supplémentaires pour le plancher temporaire au-dessus de la cage d'escalier au rez-de-chaussée. Aucune discussion n'a lieu concernant la méthode de travail pour la construction des murs coupe-feu.

Le chef d'équipe, ayant fait environ une trentaine de murs coupe-feu dans sa carrière, prend donc la décision de charger les planchers de la section centrale du bâtiment afin de chauffer les blocs et prendre de l'avance sur les travaux. Il s'agit de sa méthode de travail habituelle pour la construction des murs coupe-feu. Il ne tient pas compte de la capacité portante des murs et des planchers du bâtiment. En période estivale, la pose de bloc aurait débuté après qu'une seule palette de blocs soit entrée dans le bâtiment, ce qui aurait permis de limiter la quantité de bloc sur les planchers.

Les travailleurs commencent le chargement des planchers par celui du rez-de-chaussée. Une demande est faite au maître d'œuvre pour retirer la fenêtre du 2^{e} étage, puis celle du 3^{e} étage un peu plus tard. Comme la pose de la maçonnerie n'est pas prévue avant le lendemain, aucune demande n'est faite au maître d'œuvre pour que soient installés les colombages et les entremises manquants des étages inférieurs.

[G] n'effectue pas de visite du chantier pendant les travaux et ne questionne pas les travailleurs sur leur avancement. Il ne questionne pas non plus les travailleurs concernant l'installation des colombages et des entremises manquants avant d'autoriser le retrait des fenêtres des étages supérieurs.

Au moment de l'accident, des blocs provenant de quatre palettes et demie sont entreposés le long des murs de colombages sur le plancher du rez-de-chaussée et du 2e étage respectivement. Quatre autres palettes sont entreposées sur le plancher du 3e étage et une demi-palette reste à décharger.

Cette situation fait en sorte qu'environ 15 544 kg (34 269 lb) de blocs de béton repose sur les planchers du 2e et 3e étages du bâtiment, ce qui représente une charge de 866,2 kg (1 910 lb) par colombage pour les murs mitoyens du rez-de-chaussée. Cette charge s'ajoute au poids de la charpente qui est de 201,8 kg (445 lb) par colombage pour un total de 1 068 kg (2 355 lb) par colombage.

Il ressort de l'expertise que les colombages des murs du rez-de-chaussée ont une capacité « ultime » de 272 kg (600 lb) chacun et que juste avant l'effondrement, ils subissaient une charge nettement supérieure à la capacité ultime calculée.

Étant donné que la méthode de travail prévue a pour effet de diminuer la résistance de la section centrale du bâtiment, que la méthode convenue n'est pas expliquée aux travailleurs, que [G] n'assure pas le respect de la méthode convenue avec l'entrepreneur en maçonnerie, que les blocs sont entreposés sur les planchers du rez-de-chaussée, du 2e et du 3e étage afin d'être chauffés avant d'être installés;

L'organisation des travaux de maçonnerie en période hivernale amène les maçons à surcharger la charpente de la section centrale du bâtiment et à excéder la capacité ultime de charge des murs de colombages du rez-de-chaussée.

Cette cause est retenue.

SECTION 5

5 CONCLUSION

5.1 Causes de l'accident

1. L'entreposage des blocs de béton sur les planchers de la section centrale du bâtiment en construction provoque la rupture par flambement d'un mur de colombages au rez-de-chaussée, déjà en surcharge, et l'effondrement de cette section du bâtiment.

2. L'organisation des travaux pour la construction de murs coupe-feu en période hivernale est déficiente en ce qu'elle amène les travailleurs à surcharger la charpente de la section centrale du bâtiment.

5.2 Autres documents émis lors de l'enquête

Le 20 janvier 2020, la CNESST ordonne la fermeture complète du chantier de construction et interdit l'accès au bâtiment, sa démolition et sa reconstruction (RAP9123938).

Le 21 janvier 2020, la CNESST interdit à *Maçonnerie CPM inc.* d'effectuer des travaux de maçonnerie qui impliquent le dépilement de blocs de béton et/ou de briques sur le plancher d'un bâtiment jusqu'à ce que l'employeur soumette une procédure de travail sécuritaire pour le chargement des planchers (RAP1291851).

Le 22 janvier 2020, après qu'[…] ait confirmé que l'accès aux garages des unités 255-257 (anciennement 201-2032), rue Carmelle-Boutin ne présente pas de danger, la CNESST autorise temporairement l'accès à ces garages afin de permettre les travaux de protection des fondations à l'aide de paille. Par la suite, l'accès au bâtiment demeure interdit (RAP1292691).

Le 20 février 2020, la CNESST permet l'accès aux unités des bâtiments des extrémités pour effectuer les travaux préparatoires à la démolition de la section centrale du bâtiment, à la suite de la réception d'une procédure signée et scellée par [F] (RAP1295721).

Le 2 mars 2020, la CNESST autorise la démolition mécanique de la section centrale du bâtiment, à la suite de la réception d'une procédure signée et scellée par [F] (RAP1297254).

5.3 Suivi de l'enquête

Pour éviter la répétition d'un accident similaire, la CNESST informera des conclusions de l'enquête l'Association de la construction du Québec, l'Association des professionnels de la construction et de l'habitation du Québec, l'Association patronale des entreprises en construction du Québec, l'Association des entrepreneurs en construction du Québec, l'Association des entrepreneurs en maçonnerie du Québec, l'Institut de la maçonnerie du Québec afin qu'ils diffusent, auprès de leurs membres, les conclusions de cette enquête.

De plus, le rapport d'enquête sera distribué aux associations sectorielles paritaires de même qu'aux […].

Finalement, dans le cadre de son partenariat avec la CNESST visant l'intégration de la santé et de la sécurité dans la formation professionnelle et technique, le Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur diffusera, à titre informatif et à des fins pédagogiques, le rapport d'enquête dans les établissements de formation qui offrent les programmes d'études en briquetage - maçonnerie et en charpenterie - menuiserie.

ANNEXE A

Liste des accidentés

ACCIDENTÉ 1

Nom, prénom	**:**	[C]
Sexe	:	Masculin
Âge	:	[…]
Fonction habituelle	:	[…]
Fonction lors de l'accident	:	Chef d'équipe
Expérience dans cette fonction	:	[…]
Ancienneté chez l'employeur	:	[…]
Syndicat	:	[…]

ACCIDENTÉ 2

Nom, prénom	**:**	[D]
Sexe	:	Masculin
Âge	:	[…]
Fonction habituelle	:	[…]
Fonction lors de l'accident	:	Maçon
Expérience dans cette fonction	:	[…]
Ancienneté chez l'employeur	:	[…]
Syndicat	:	[…]

ACCIDENTÉ 3

Nom, prénom	**:**	[E]
Sexe	:	Masculin
Âge	:	[…]
Fonction habituelle	:	[…]
Fonction lors de l'accident	:	Maçon
Expérience dans cette fonction	:	[…]
Ancienneté chez l'employeur	:	[…]
Syndicat	:	[…]

ANNEXE B

Plans

Arrière du bâtiment

[…]

Plan 1: Plan des murs du rez-de-chaussée **Source: Mirabel Urbain projet immobilier inc. modifié par CNESST**

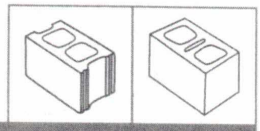
ANNEXE C

Photos

BLOCS DE L'OUTAOUAIS
BLOC, BRIQUE ET PAVÉ

MANUFACTURIER DE BLOC DE BÉTON

BLOC DE BÉTON LOURD
20 - 20 - 40 CM



Propriétés physiques Caractéristiques	Unité de mesure	Paramètres	Paramètres
Disponibilité*		Panneresse	Coin
Description symbolique**		H/15/A/M	H/15/A/M
Dimensions exactes	mm		
- profondeur		190	190
- hauteur		190	190
- longueur		390	390
Épaisseur	mm		
- des parois		32+32	32+32
- des âmes		26+26+26	32+26+26+32
- équivalente		98,99	108,55
Volume	mm^3		
- brut		1,4079E+07	1,4079E+07
- net		7,3352E+06	8,0433E+06
Pourcentage plein	%	52,10	57,13
Surface (ou aire)	mm^2		
- brute		74,100	74,100
- nette		38,606	42,333
Poids	kg	16,5	17,7
Poids du mur	kg/m^2	223	238
Résistance en compression	MPa		
- surface brute		10,2	10,2
- surface nette		18,4	18,4
Masse volumique du béton	kg/m^3	2210	2210
Absorption maximum d'eau	kg/m^3	103,6	103,6
	%	4,7	4,7
Humidité telle que reçue	%	0,9	0,9
Humidité relative à l'absorption	%	19,9	19,9
Protection au feu	heures	1,8	1.8
Propriétés acoustiques (CTS)	dB	49	49
Propriétés thermiques (RSI)	$m^2.°C/W$	0,36	0,35

* Le bloc creux est fourni dans une proportion de 2 blocs panneresse (bouts ouverts) pour 1 bloc de coin (bouts plats).
** Selon la norme CSA A165.1-94.

ANNEXE D

Liste des personnes et témoins rencontrés

Monsieur [B], […], Mirabel Urbain projet immobilier inc.
Monsieur [J], […], Mirabel Urbain projet immobilier inc.
Monsieur [H], […], Mirabel Urbain projet immobilier inc.
Monsieur [G], […], Mirabel Urbain projet immobilier inc.
Madame [K], […], Les Constructions Groupe Mathieu inc.
Monsieur [L], […], Les Constructions Groupe Mathieu inc.
Monsieur [L], […], Les Constructions Groupe Mathieu inc.
Monsieur [M], […], Matério

Monsieur [A], […], Maçonnerie CPM inc.
Monsieur [C], […], Maçonnerie CPM inc.
Monsieur [E], […], Maçonnerie CPM inc.
Monsieur [D], […], Maçonnerie CPM inc.

Monsieur [N], […], CPQMCI
Monsieur [O], […], SQC
Madame [P], […]CCQ
Monsieur [Q], […], ACQ

Monsieur Jean-François Bernier, sergent-détective, Service de police Ville de Blainville
Monsieur Jean-François Allard, sergent, Service de police Ville de Blainville
Agent Aubertin, policier, Service de police Ville de Blainville
Agent Alarie, policier, Service de police Ville de Blainville

Monsieur François Brière, chef des opérations, Service incendie, Ville de Blainville

ANNEXE E

Rapport d'expertise externe

MESAR
INGÉNIEURS CONSEILS

CNESST

EFFONDREMENT
255 AU 265, RUE CARMELLE BOUTIN, BLAINVILLE

RAPPORT D'EXPERTISE

Date : 8 juin 2020
N/Nº Projet : CM18450
V/Nº Projet : S/O

MEMBRE DU GROUPE MESAR

MESAR INGÉNIEURS-CONSEILS
CONSULTANTS MESAR
4500, rue Charles-Malhiot, Trois-Rivières (Québec) G9B 0V4
Téléphone : 819 376-7771
www.mesar.qc.ca

CNESST

EFFONDREMENT
255 AU 265, RUE CARMELLE BOUTIN, BLAINVILLE

RAPPORT D'EXPERTISE

DATE : 31 mars 2020
RÉV. 1 : 20 avril 2020
RÉV. 2 : 8 juin 2020

RÉDIGÉ PAR : _____

Jean-Lacoursière, ing. Nº OIQ : 36320
Directeur - Structure

N/N° PROJET : CM18450
V/N° PROJET : S/O

TABLE DES MATIÈRES

1.0 INTRODUCTION 1
2.0 MANDAT 2
3.0 CONSTATATIONS 3
4.0 RÉSUMÉ DES TÉMOIGNAGES RECUEILLIS PAR LA CNESST 5
5.0 DESCRIPTION DE LA CHARPENTE DU BÂTIMENT 6
6.0 CONFORMITÉ STRUCTURALE DU BÂTIMENT 7
7.0 CHARGES PRÉSENTES 11
8.0 CAPACITÉS DES ÉLÉMENTS DE CHARPENTE ET SOLLICITATION LORS DE L'EFFONDREMENT 12
9.0 ANALYSE DES CAUSES PROBABLES DE L'EFFONDREMENT ET CONCLUSIONS 15

ANNEXES

ANNEXE 1 : PLAN D'IMPLANTATION
ANNEXE 2 : PHOTOS
ANNEXE 3 : CROQUIS MONTRANT LA DISPOSITION APPROXIMATIVE DES BLOCS DE BÉTON SUR LES PLANCHERS
ANNEXE 4 : PLANS DE POSE ET EXEMPLES DE PLANS DE DÉTAILS DES MURS

1.0 INTRODUCTION

Le 20 janvier 2020, alors que des travaux de maçonnerie débutaient dans l'immeuble sis au 255 – 265 rue Carmelle-Boutin à Blainville, les deux planchers supérieurs et le toit de la partie centrale se sont effondrés. À ce moment les maçons étaient en train d'entreposer des blocs de béton sur les planchers de la partie centrale de l'immeuble. Ces blocs de béton étaient destinés à ériger des murs coupe-feu entre les parties latérales et centrale de cet immeuble. À l'extérieur les blocs étaient amenés au niveau des fenêtres à l'aide d'une chargeuse, puis ils étaient entrés manuellement et disposés en piles sur les planchers par les maçons. Au moment de l'effondrement, des blocs avaient déjà été empilés au rez-de-chaussée et au deuxième étage, et l'entreposage était en cours au troisième étage.

2.0 MANDAT

Le mandat de Consultants MESAR Inc. consiste en ce qui suit :

- Visite sur place pour faire les constatations initiales;
- Présence lors de la démolition pour compléter les constatations à mesure que les débris sont enlevés;
- Prise de connaissance des témoignages recueillis par le personnel de la CNESST;
- Étude des plans disponibles et analyse des capacités des différents éléments qui composent l'ossature du bâtiment;
- Vérification sommaire de la conformité structurale de la partie centrale du bâtiment;
- Calcul des charges présentes lors de l'effondrement;
- Analyse des causes possibles de l'effondrement;
- Rédaction d'un rapport d'expertise.

3.0 CONSTATATIONS

Des photos à l'annexe 2 illustrent les constatations expliquées ci-dessous. Pour situer le lecteur, ci-après ce qui est appelé l'avant du bâtiment, est la façade sud-est comme montré au dessin d'implantation inclus à l'annexe 1.

Une première visite sur place a été faite le 22 janvier par l'ingénieur Jean Lacoursière. Lors de cette visite, les constatations suivantes ont été faites :

- À l'avant (à l'extérieur) :
  - Le toit de la partie centrale était effondré par-dessus les planchers inférieurs;
  - Le mur extérieur avant qui couvre les deux étages supérieurs de la partie centrale était tombé à l'avant du bâtiment;
  - Le mur extérieur avant du premier étage de la partie centrale était poussé vers l'extérieur.

- À l'avant (à l'intérieur, vu par une ouverture faite dans un mur par les secouristes) :
  - Le toit était effondré par-dessus les planchers également effondrés;
  - Sur le toit, de la neige et/ou de la glace étaient présentes, épaisseur de 2 à 4 pouces environ, qui a glissé vers le creux de la partie effondrée;
  - Des colombages de murs étaient tombés pêle-mêle, plusieurs cassés;
  - Un grand nombre de blocs de béton étaient entassés parmi les débris;

- À l'arrière (à l'extérieur) :
  - Le mur extérieur du dernier étage de la partie centrale était tombé vers l'extérieur sur le toit de l'appentis de l'étage inférieur.

- À l'arrière (à l'intérieur vu de la porte-patio du rez-de-chaussée) :
  - Le toit et les deux planchers supérieurs étaient effondrés les uns par-dessus les autres;
  - Au travers des débris, on voyait des amoncellements de blocs de béton;
  - Du côté gauche de la porte-patio du rez-de-chaussée, un mur de colombages était encore debout. Le mur était composé de 2 x 4 espacés à 2'- 0" centre à centre, sans entremises;
  - Des supports temporaires en bois, installés par les secouristes, étaient encore en place;

- Des blocs de béton étaient empilés sur le plancher du rez-de-chaussée.

Il a aussi été constaté que les parties latérales semblaient n'avoir subi aucun dommage dû à l'effondrement de la partie centrale.

Lors de la seconde visite qui a eu lieu le 2 mars, une pelle mécanique munie d'une pince était sur les lieux pour dégager la partie centrale des débris. L'opération s'est faite lentement, par couches afin de préserver les indices. Les constatations faites durant ces opérations sont comme suit :

- Les planchers et le toit du bâtiment étaient complètement effondrés du côté avant-gauche du bâtiment, alors qu'ils étaient encore supportés vers l'arrière et le côté avant-droit du bâtiment. Ceci démontre que c'est à cet endroit que l'effondrement a été initié;
- Dans les débris du côté avant-gauche, directement sur le plancher du rez-de-chaussée, des colombages ont été retrouvés, plusieurs cassés en deux;
- En mettant des morceaux cassés bout à bout, il a été possible de reconstituer douze colombages complets. Considérant la longueur du mur porteur à cet endroit, les colombages auraient été espacés à 24 pouces centre à centre;
- La lisse du bas du mur avait des clous aux 24 pouces centre à centre, ce qui confirme que les colombages étaient placés à cet espacement;

4.0 RÉSUMÉ DES TÉMOIGNAGES RECUEILLIS PAR LA CNESST

L'essentiel des témoignages portés à notre attention est comme suit :

- Trois maçons étaient à l'œuvre à l'intérieur;
- leur apportait des blocs aux fenêtres avec une chargeuse;
- Environ 13 à 14 palettes de 108 blocs avaient été déchargées et les blocs disposés sur les trois planchers;
- L'entreposage se faisait sur le troisième étage lorsque l'effondrement s'est produit.
- Un croquis joint à l'annexe 3 montre la disposition approximative des piles de blocs sur les planchers. Ce croquis a été préparé par le personnel de la CNESST sur la base des témoignages recueillis. En résumé, les blocs étaient disposés en piles de 4 blocs de hauteur, une pile à 3 pieds du mur et une seconde pile 3 pieds plus loin, avec des espaces pour les tables de travail.
- À la demande du maître d'œuvre, les murs latéraux de la partie centrale ont été modifiés, en partie en usine et en partie sur place, de façon à avoir des colombages espacés aux 24 pouces au lieu de 12 pouces centre à centre, pour éliminer les entremises ainsi que les panneaux OSB cloués sur une des faces. Ceci a été fait pour permettre que les murs coupe-feu soient constitués de blocs de béton au lieu de béton coulé.

5.0 DESCRIPTION DE LA CHARPENTE DU BÂTIMENT

Le bâtiment est érigé sur des fondations en béton et est composé d'une ossature de bois, i.e. murs porteurs préfabriqués en colombages de bois et panneaux OSB (panneaux à copeaux orientés), planchers composés de solives de "bois d'ingénierie" et de panneaux OSB, et toiture composée de fermes de bois ajourées et de panneaux de contreplaqué.

Le bâtiment comporte trois sections, avec deux murs coupe-feu qui séparent les sections latérales de la section centrale. Chaque section est indépendante des autres, les charges gravitaires sont supportées par les murs porteurs qui les transmettent aux fondations, et les charges latérales sont reprises également par les murs porteurs dont les panneaux OSB agissent comme contreventement.

6.0 CONFORMITÉ STRUCTURALE DU BÂTIMENT

Tel que demandé, nous avons effectué une vérification sommaire de la conformité structurale du bâtiment, plus particulièrement de sa partie centrale. Cette vérification vise uniquement à déterminer si dans l'ensemble cette partie du bâtiment semble avoir été conçue correctement. Plus précisément, cette vérification n'inclut pas un calcul détaillé de tous les éléments ni une vérification de tous les détails, qui ne sont pas le but de la présente expertise.

.1 Code de référence et conception du bâtiment

Le code de référence est le Code de construction du Québec, Chapitre I - Bâtiment, et Code national du bâtiment – Canada 2010 (modifié). Le type de bâtiment qui fait l'objet de la présente étude est couvert par la partie 9 du code, maisons et petits bâtiments. L'article 9.4.1.1.1) b) stipule que les éléments structuraux et leurs liaisons doivent être calculés en conformité avec les règles de l'art, notamment celles qui sont présentées dans le document du Conseil Canadien du Bois (CCB) intitulé "Engineering Guide for Wood Frame Construction" ou suivant la partie 4 du code qui requiert de façon générale que les calculs soient faits par un ingénieur. La partie 9 du code et le document du CCB incluent des lignes directrices et des détails de construction qui peuvent être appliqués sans l'intervention d'un ingénieur en structure, notamment les solives de planchers, les poutres, les colombages de murs et les linteaux, pourvu que les conditions stipulées dans ces documents soient appliquées à la lettre. Lorsque les conditions diffèrent, il faut faire intervenir un ingénieur en structure. De plus, au Québec, la loi sur les ingénieurs stipule que les travaux de fondations et de charpente de bâtiments de plus de 100 000 $ relèvent du champ de pratique de l'ingénieur. En définitive, notre opinion est à l'effet que la conception du volet structure d'un bâtiment tel que celui qui fait l'objet de la présente étude doit être faite par un ingénieur en structure, et qu'il devrait être couvert par un ensemble de plans de structure scellés par cet ingénieur.

.2 Documents pour construction

Pour les fins de la présente étude nous avons eu accès aux documents suivants :

- Plan de fondations scellés par un ingénieur;

- Plans de montage des murs préparés par un technicien;
- Dessins de fabrication des murs au-dessus du rez-de-chaussée préparés par un technicien;
- Plans de montage des solives de planchers préparés par un technicien;
- Plan de montage des fermes de toit préparés par un technicien;
- Dessins de conception et de fabrication des fermes de toit scellés par un ingénieur;
- Plans d'architecture, scellés par un architecte.

Suivant les informations obtenues de la CNESST, il n'existe pas de plans d'ingénieur couvrant la structure de bois de l'ensemble du bâtiment, i.e. les plans scellés qui montreraient la conception des murs porteurs, des planchers et du toit, ainsi que le système de résistance latérale, les ancrages etc.

.3 Critères de conception

Sur les dessins obtenus on retrouve les critères de conception suivants :

- Dessins de conception des fermes de toit :
  - Surcharge de neige : 58 lb/pi^2
  - Charge permanente totale : 30 lb/pi^2
- Plan de montage des solives de planchers :
  - Surcharge d'occupation : 40 lb/pi^2
  - Charge permanente totale : 15 lb/pi^2

Ces critères sont conformes au code du bâtiment.

.4 Fermes de toits

Les dessins des fermes de toits sont scellés par un ingénieur, et aucune vérification additionnelle n'est requise.

.5 Solives de planchers

Les solives sont des "IB-400" de 16 pouces de hauteur qui sont des poutrelles composées d'une semelle supérieure et inférieure en bois de sciage et d'une âme en panneau OSB. Les solives ont une portée de 23' – 0" et sont espacées à 16" centre à centre.

Le catalogue de la compagnie INTERNATIONAL BEAMS qui fabrique ces solives donne une capacité de 15 lb/pi^2 pour charge permanente et 40 lb/pi^2 pour charge d'occupation avec une portée de 22'-11". Pour que cette capacité soit valide avec une portée de 22'-11" il faut un sous-plancher en OSB 5/8 de pouce d'épaisseur, un plafond de gypse de 1/2 pouce d'épaisseur fixé directement sous les solives, et de panneaux de blocage transversal à mi-portée des solives. Sur les plans de montage, il est mentionné que le plafond de gypse doit être fixé sur des fourrures 1 x 4 à 16 pouces centre à centre. Ceci n'est pas conforme en tout point aux exigences du fabricant, et constitue un exemple de situation où l'intervention d'un ingénieur en structure serait requise afin de déterminer si la capacité demeure suffisante. Les plans de montage des solives de planchers auxquels nous avons eu accès ne portent pas le sceau d'un ingénieur.

.6 Murs porteurs

Les murs ont une hauteur approximative de 9 pieds, et le Code inclut des configurations de murs porteurs de cette hauteur pour supporter deux étages et un toit. La configuration choisie par l'entrepreneur diffère de ce qui est inclus au code. Les dessins n'étant pas scellés par un ingénieur, nous avons donc vérifié par calculs la capacité du mur porteur entre le rez-de-chaussée et l'étage supérieur, en considérant la présence d'entremises à mi-hauteur et de panneaux OSB cloués directement sur une des faces des colombages. La conclusion de ce calcul est à l'effet que la capacité est approximativement 99 % de la capacité requise, et jugée acceptable, à condition que tous les éléments soient en place, i.e. colombages, entremises et panneaux OSB. Le cas des murs de la partie centrale est analysé à la section 8.0.

.7 Résistance aux charges latérales et stabilité

La résistance aux charges latérales causées par le vent et les séismes et la stabilité du bâtiment sont assurées par les murs mitoyens et par les murs de façade avant et arrière. Dans des bâtiments de ce type, le fait d'avoir des panneaux OSB directement sur une des faces de tous les murs est normalement suffisant pour offrir la résistance requise contre les charges latérales.

MESAR
INGÉNIEURS CONSEILS

RAPPORT D'EXPERTISE

7.0 – CHARGES PRÉSENTES

Suivant les informations obtenues de la CNESST, à l'origine tous les murs devaient avoir des panneaux OSB sur une des faces, cependant comme mentionné à la section 4.0, le maître d'œuvre a décidé de ne pas mettre en place les panneaux sur les murs mitoyens de la partie centrale pour permettre la construction des murs coupe-feu en blocs de bétons. Suite à la construction de ces murs, l'entrepreneur avait l'intention de ne pas mettre en place les panneaux OSB et de fermer les murs uniquement avec des panneaux de gypes fixé sur des fourrures, comme montré sur le détail de mur M5 des plans d'architecture. Cet arrangement est insuffisant pour donner la résistance au charges latérales requise pour un bâtiment de 3 étages comme celui-ci.

Par ailleurs, lors des visites sur place, nous avons aussi remarqué l'absence d'ancrages entre les étages pour résister au soulèvement. Ces détails sont normalement montrés sur les plans de conception du bâtiment, plans qui n'existent pas. Généralement un système de fixation entre les étages est requis pour ce type de bâtiment.

7.0 CHARGES PRÉSENTES

Nous avons fait une estimation des charges présentes lors de l'effondrement. Ces charges sont comme suit :

- Toiture, poids propre, 6 lb /pi², plus 2 pouces de neige, 1 à 2 lb /pi², total maximum 8 lb /pi²;
- Planchers du deuxième et du troisième étage, poids propre, 5 lb /pi² chacun, plus blocs de béton entreposés, charge équivalente à environ 42.5 lb /pi²sur chaque étage, total maximum 47.5 lb /pi² sur chaque étage. Cette valeur est une approximation faite sur la base des témoignages recueillis par la CNESST, en assumant que la disposition est symétrique sur les planchers;
- Murs porteurs, poids propre, environ 11 lb / pied linéaire par étage.

En plus des charges gravitaires énoncées ci-dessus, il faut considérer le vent présent cette journée-là. Suivant les informations obtenues, la vitesse du vent était de 21 km/h, en direction 230 degrés, soit sud - ouest. Cette direction est approximativement dans l'axe longitudinal du bâtiment, ce qui signifie que la partie centrale du bâtiment ne subissait pratiquement pas la pression du vent.

8.0 CAPACITÉS DES ÉLÉMENTS DE CHARPENTE ET SOLLICITATION LORS DE L'EFFONDREMENT

La capacité des solives de planchers et celle des colombages des murs porteurs ont été investiguées parce que ces éléments sont directement impliqués dans l'effondrement. Les éléments de toiture n'ayant été soumis à aucune charge autre que la petite quantité de neige qui y était présente, une vérification de capacité a été jugée inutile pour les fins de la présente expertise.

.1 Solives de planchers

Suivant les dessins de construction, les solives de plancher sont des "IB-400" de 16 pouces de hauteur qui sont des poutrelles composées d'une semelle supérieure et inférieure en bois de sciage et d'une âme en panneau OSB. Les solives ont une portée de 23' – 0" et sont espacées à 16" centre à centre. Le catalogue de la compagnie INTERNATIONAL BEAMS qui fabrique ces solives donne une capacité de 15 lb/pi^2 pour charge permanente et 40 lb /pi^2 pour charge d'occupation avec une portée de 22' - 11". Cette capacité est conditionnelle à la présence d'un faux plancher composé de panneaux OSB de 5/8 pouce d'épaisseur, de blocages à mi-portée entre les solives, et d'un plafond de gypse fixé directement sous les solives. Lors de l'effondrement, le plafond n'était pas encore fixé sous les solives, ce qui fait en sorte que la capacité était inférieure à celle prévue une fois les travaux complétés. Par contre, suivant nos calculs, les charges présentes lors de l'effondrement, soit l'équivalent de 47,5 lb/pi^2, demeurent en deçà de la capacité ultime des solives.

.2 Colombages des murs porteurs de la partie centrale

Étant donné que durant les phases de construction les murs de la partie centrale étaient érigés de façon incomplète, i.e. colombages à 24 pouces centre à centre et absence d'entremises et de panneaux, une vérification de capacité a été faite en tenant compte de ces conditions. Le point majeur à retenir est que dans un système de mur porteur de ce genre, les panneaux qui sont cloués sur l'une des faces des colombages fournissent une retenue latérale contre le flambement en compression. Les colombages agissent alors comme une grande "plaque", qui peut flamber uniquement hors de son plan, c'est-à-dire dans le sens de la face large des colombages.

Si les panneaux sont absents, les colombages agissent comme une série de petites colonnes indépendantes, et le flambement se produira dans leur sens le plus faible qui est leur face étroite.

Les colombages sont des pièces de bois de sciage de dimensions nominales 2 pouces par 4 pouces, dimensions réelles 1-1/2 pouce par 3 - 1/2 pouces. La norme CSA 086-2014, pour le calcul des charpentes de bois, spécifie que la longueur non retenue pour une pièce en compression ne doit pas dépasser 50 fois la dimension de la pièce dans chaque direction. Pour un colombage de dimensions nominales 2" x 4", la longueur maximale non retenue devrait donc être 75 pouces pour la face étroite et 175 pouces pour la face large. La hauteur des murs étant 9 pieds environ, soit 108 pouces, si la face étroite est sans retenue pour toute la hauteur, la capacité en compression devrait être nulle en raison du trop grand élancement. Néanmoins, une capacité existe tout de même malgré cette restriction de la norme, et nous avons effectué des calculs pour déterminer approximativement cette capacité.

La capacité "sécuritaire" approximative d'un colombage serait donc d'environ 300 livres, et la capacité ultime serait probablement le double de cette valeur, soit 600 livres (ces valeurs sont pour les fins de la présente expertise seulement et ne doivent en aucun cas servir à d'autres fins). Suivant nos calculs, la charge sur chaque colombage du mur du coin avant-gauche du rez-de-chaussée avant le début de l'entreposage des blocs de béton se situait autour de 445 livres. Les blocs de béton qui ont été ajoutés sur les planchers causaient une charge additionnelle d'environ 1 910 livres pour un total de 2 355 livres par colombage ce qui dépasse de loin la capacité estimée des colombages.

.3 Stabilité latérale

En l'absence des panneaux OSB, la stabilité latérale est offerte uniquement par la rigidité intrinsèque des éléments et par les limons d'escaliers qui constituent un certain contreventement. Nous n'avons pas tenté d'évaluer la résistance latérale de cet ensemble étant donné que l'effondrement n'est pas le résultat d'un manque de stabilité.

En effet, si l'effondrement avait résulté d'une instabilité, le toit et les planchers se seraient déplacés latéralement et seraient tombés en dehors du bâtiment, ce qui n'a pas été le cas. Il n'en demeure pas moins qu'à notre avis la stabilité latérale de la partie centrale du bâtiment n'était pas correctement assurée.

9.0 ANALYSE DES CAUSES PROBABLES DE L'EFFONDREMENT ET CONCLUSIONS

Les visites sur place et l'étude des informations recueillies ont permis de dégager ce qui suit :

- Lors des visites sur place, il a été possible de constater que l'effondrement semblait avoir commencé au coin avant-gauche de la partie centrale du bâtiment;
- La position dans laquelle se sont retrouvés le toit et les planchers permet d'affirmer que l'effondrement n'a pas été initié par le bris de solives, mais bien par la rupture de colombages;
- Les témoignages recueillis ont permis d'apprendre que juste avant l'effondrement une grande quantité de blocs de béton avait déjà été transportée à l'intérieur et entreposée en piles sur les trois planchers;
- D'après les constations faites sur place et à la lecture des dessins obtenus, les murs porteurs qui étaient prévus avec des colombages 2 x 4 aux 12 pouces et des panneaux OSB cloués sur une face ont été érigés sans panneaux OSB et avec des colombages aux 24 pouces seulement, pour faciliter l'érection des blocs de béton des murs coupe-feu;
- D'après les témoignages recueillis, l'intention du maître d'œuvre était d'ajouter les colombages manquants de ces murs une fois les murs coupe-feu complétés, mais de ne pas mettre en place les panneaux OSB.

Les vérifications effectuées permettent d'affirmer ce qui suit :

- Les solives de plancher, quoique non conçues pour cet usage, avaient la capacité suffisante pour supporter les blocs de béton qui ont été empilés sur les planchers;
- Les colombages sans retenue latérale dans le sens étroit sur 9 pieds dépassent les limites d'élancement maximales imposées par la norme de conception des charpentes de bois, CSA 086-2014, et leur capacité devrait être considérée comme nulle;
- Malgré le dépassement des limites d'élancement, nos calculs ont permis de déterminer une capacité ultime approximative de 600 livres par colombage;
- Avant que débute l'entreposage des blocs de béton, les colombages du mur porteur avant-gauche du rez-de-chaussée supportaient déjà environ 445 livres chacun;

- Juste avant l'effondrement, ces colombages subissaient chacun une charge en compression d'environ 2 355 livres.
- Au niveau supérieur, les colombages du mur entre le deuxième et le troisième étage supportaient une charge d'environ 1 570 livres, ce qui était également largement supérieur à leur capacité.

À la lumière de ce qui précède, nous pouvons conclure que l'effondrement a été causé par la rupture des colombages du mur porteur avant-gauche. Les colombages espacés à 24 pouces centre à centre sans retenue latérale subissaient une charge largement supérieure à leur capacité en raison de l'entreposage de blocs de béton aux deux étages supérieurs, ce qui a provoqué le flambement latéral et la rupture de ces éléments. S'en est suivi la chute des planchers et du toit qui étaient supportés par ce mur.

Il peut paraître étonnant que les colombages aient résisté à des charges aussi élevées comparativement à la capacité estimée. En fait, le bois étant un matériau dont les propriétés sont très variables contrairement à l'acier par exemple, la capacité à la rupture est extrêmement difficile à évaluer avec précision, et la valeur obtenue par calcul est probablement sous-estimée. Néanmoins le fait est que la limite ultime a effectivement été atteinte ce qui a causé l'effondrement.

Enfin, la présente expertise permet aussi de conclure que les documents de construction pour ce bâtiment sont incomplets du point de vue de la structure, i.e. absence de plans d'ingénieur, et que la méthode de construction qui consiste à ériger les deux étages et le toit supportés par des murs porteurs incomplets sans entremises et panneaux OSB est insatisfaisante structuralement, et dangereuse. Lorsqu'une charpente est érigée de façon partielle durant la construction, des moyens spécifiques de support et de stabilisation temporaires doivent être mis en place. Ces moyens doivent normalement être conçus par un ingénieur et doivent être décrits en détails sur des plans scellés par cet ingénieur.

De plus, nous croyons utile d'ajouter que dans le cas où l'effondrement ne se serait pas produit et que la partie centrale aurait été complétée sans l'ajout des panneaux OSB, à notre avis la capacité des murs ne rencontrerait pas les exigences du Code.

ANNEXE 1

PLAN D'IMPLANTATION

[...]

ANNEXE 2

PHOTOS

Photo 1 - Intérieur de la partie centrale, vue vers côté avant-droit

Photo 2 - Partie centrale, vue vers l'arrière-gauche

Photo 3 - Partie centrale, côté avant-gauche

Photo 4 - Intérieur de la partie centrale, débris côté avant-gauche

Photo 5 - Partie centrale, débris côté avant-gauche

Photo 6 - Partie centrale, débris côté avant-gauche

Photo 7 - Partie centrale, débris côté avant-gauche

Photo 8 - Partie centrale, débris intérieur droit

Photo 9 - Partie centrale, débris intérieur droit

Photo 10 - Mur arrière tombé

Photo 11 - Mur arrière tombé

Photo 12 - Partie latérale droite intacte après l'effondrement

Photo 13 - Partie latérale droite intacte après l'effondrement

Photo 14 - Partie centrale en cours de démolition, vue centrale

Photo 15 - Partie centrale en cours de démolition, vue côté avant-droit

Photo 16 - Partie centrale en cours de démolition, vue centrale

Photo 17 - Colombages sur le point de flamber.
Noter les colombages à 24 pouces centre à centre

Photo 18 - Colombages sur le point de flamber.
Noter les colombages à 24 pouces centre à centre

Photo 19 - Partie centrale, côté arrière-droit Colombages à 24 pouces centre à centre

Photo 20 - Partie centrale, côté arrière-droit Colombages à 24 pouces centre à centre

Photo 21 - Partie centrale, côté arrière-droit Colombages à 24 pouces centre à centre

Photo 22 - Partie centrale, côté arrière-gauche, Colombages à 24 pouces centre à centre

Photo 23 - Partie centrale, côté avant-droit,
lisse de mur avec clouage de colombages à 24 pouces centre à centre

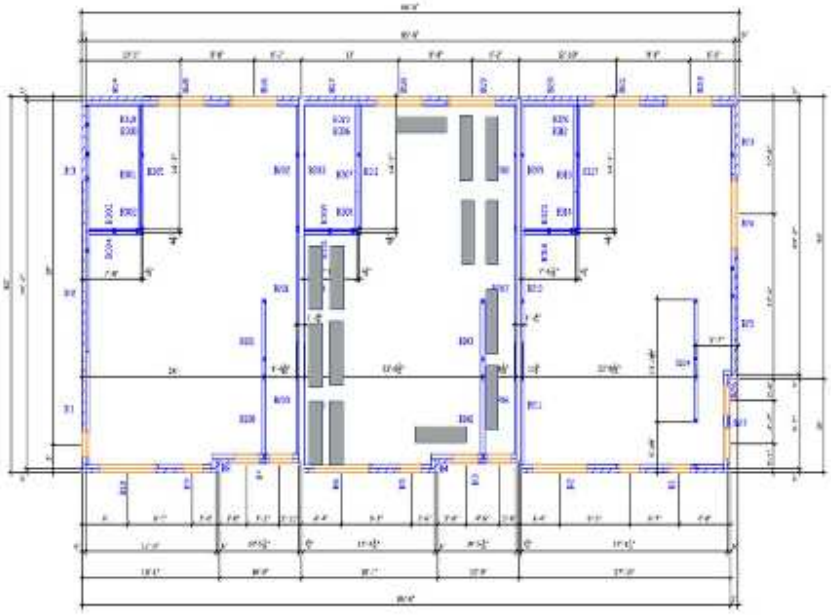
Photo 24 - Partie centrale, côté avant-droit,
lisse de mur avec clouage de colombages à 24 pouces centre à centre

Photo 25 - Partie centrale, côté avant-droit,
lisse de mur avec clouage de colombages à 24 pouces centre à centre

Photo 26 - Colombages reconstitués

ANNEXE 3

CROQUIS MONTRANT LA DISPOSITION APPROXIMATIVE
DES BLOCS DE BÉTON SUR LES PLANCHERS



Croquis de la disposition des blocs sur les étages
Source : CNESST

ANNEXE 4

PLANS DE POSE ET EXEMPLES DE PLANS DE DÉTAILS DES MURS

PLAN DE MONTAGE DES MURS

[...]

[...]

[...]

[...]

DÉTAILS DES MURS DU REZ-DE-CHAUSSÉE

[...]

[...]

[...]

[...]

[...]

[...]

[...]

[...]

[...]

[...]

DÉTAILS DES MURS DU 1ER ÉTAGE

[...]

[...]

[...]

ANNEXE F

Références bibliographiques

QUÉBEC. *Loi sur la santé et la sécurité du travail, RLRQ, chapitre S-2.1, à jour au 1er mars 2020*, [En ligne], [Québec], Éditeur officiel du Québec, 2020, 75 p. [http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cs/S-2.1/] (Consulté le 22 juin 2020).

QUÉBEC. *Code de sécurité pour les travaux de construction, chapitre S-2.1, r.4, à jour au 1er mars 2020*, [En ligne], [Québec], Éditeur officiel du Québec, 2020, xvi, 252 p. [http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/showdoc/cr/S-2.1,%20r.%204] (Consulté le 22 juin 2020).

ASSOCIATION DES ENTREPRENEURS EN MAÇONNERIE DU QUÉBEC. Association des entrepreneurs en maçonnerie du Québec (AEMQ), [En ligne], [2020]. [https://www.aemq.com/] (Consulté le 22 juin 2020).