

Analyse comparative d'enveloppe et utilisation de matériaux biosourcés dans une construction institutionnelle et scolaire

École des Cerisiers – Lab-École de Maskinongé

Préparé par :

Paquet + Taillefer | Leclerc architectes inc.

Ce rapport a été réalisé dans le cadre du Programme
de vitrine technologique pour les bâtiments et les
solutions innovantes en bois

26 février 2025



Elaine Tat, arch.

Auteur

Thomas Gauvin-Brodeur, arch.

Réviseur et approbateur

Avis de non responsabilité

Le contenu et les résultats de ce rapport sont produits et présentés par le promoteur du projet. Le Ministère des Ressources naturelles et des Forêts ainsi que le Fonds vert ne sont donc pas responsables du contenu de ce document.

Table des matières

1.	Sommaire exécutif et synthèse de l'étude.....	1
2.	Introduction	2
2.1	Titre et lieu de réalisation du projet de construction.....	2
2.2	Description du projet de construction.....	2
2.2.1	Description du bâtiment innovant ou de la solution innovante.....	3
2.2.2	Échéancier global et durée	5
2.2.3	Budget global	5
2.2.4	Partenaires	5
2.2.5	Défis et risques généraux.....	5
3.	Détails de l'étude.....	6
3.1	Introduction et hypothèses de départ.....	6
3.2	Objectifs.....	8
3.3	Méthodologie	8
3.3.1	Performances techniques des composants de l'enveloppe.....	8
3.3.2	Analyses comparatives.....	10
3.3.3	Détails d'enveloppe	11
3.3.4	Démonstration de l'installation du système	13
3.3.5	Essais in-situ	14
3.4	Résultats et analyse	15
3.4.1	Analyse thermographique.....	15
3.4.2	Test de fumée	15
3.4.3	Monitoring.....	15
3.5	Conclusions	15
3.6	Retombées et rayonnement des solutions développées et potentiel de reproductibilité pour l'industrie	16
3.7	Recommandations.....	16
	Bibliographie	17
4.	Annexes	17

1. Sommaire exécutif et synthèse de l'étude

Le projet d'agrandissement de l'école des Cerisiers à Maskinongé, réalisé dans le cadre du programme de vitrine technologique pour les bâtiments et les solutions innovantes en bois, visait à démontrer le potentiel des isolants en fibre de bois dans l'enveloppe d'un bâtiment institutionnel québécois. Plus précisément, l'étude a permis d'évaluer la performance des isolants en fibre de bois dans un climat québécois et d'identifier les défis liés à leur intégration dans les pratiques de construction locales.

Les objectifs de l'étude incluaient l'analyse comparative des performances thermiques et environnementales des isolants en fibre de bois par rapport aux solutions conventionnelles, la mise au point de détails constructifs adaptés, ainsi que l'évaluation de la mise en œuvre des composants de l'enveloppe en chantier à travers des démonstrations et des suivis accrus par les professionnels. De plus, la validation de l'étanchéité et du comportement hygrothermique de l'enveloppe a été amorcée par une thermographie (février 2024), tandis que des essais complémentaires, incluant un test de fumée et un monitoring de l'enveloppe, sont prévus prochainement (mars 2025).

Les résultats préliminaires démontrent que les isolants en fibre de bois offrent des performances thermiques comparables aux solutions de référence tout en réduisant l'empreinte carbone du bâtiment. Toutefois, l'absence de fabrication locale d'isolants en fibre de bois au Québec a nécessité l'importation de ces matériaux d'Europe, soulignant ainsi la nécessité de développer une filière québécoise pour ce type de produits.

En conclusion, cette étude constitue une avancée significative vers une transition écologique du secteur de la construction institutionnelle au Québec. Les leçons tirées de ce projet permettront de mieux orienter les futures initiatives en matière de bâtiments durables et de renforcer le développement l'industrie québécoise des isolants biosourcés.



Figure 1 : Vue d'ensemble du projet complété (septembre 2023)

2. Introduction

2.1 Titre et lieu de réalisation du projet de construction

- Nom du projet : Lab-École Maskinongé – Agrandissement de l'école primaire des Cerisiers
- Lieu de réalisation du projet de construction : 40 rue Saint-Aimé, Maskinongé, QC.

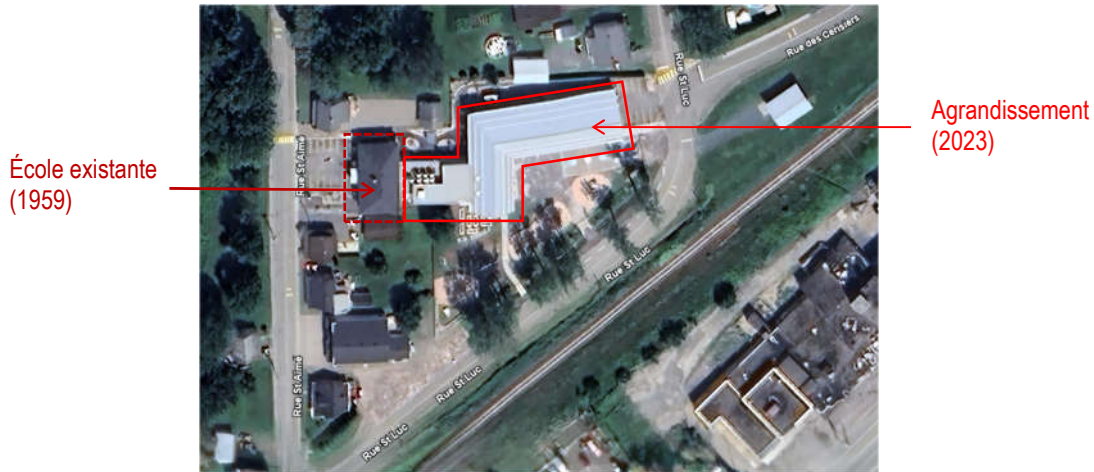


Figure 2 : Vue aérienne de l'école des Cerisiers

2.2 Description du projet de construction

La construction de bâtiment scolaire au Québec doit répondre à des critères rigoureux. Un guide de planification immobilière a notamment été publié par le ministère de l'Éducation du Québec à l'automne 2019 pour orienter la conception par les professionnels. De façon spécifique et ciblée à notre projet, les enjeux suivants sont notamment à considérer pour tous les choix de conception.

Les bâtiments scolaires doivent durer au moins 75ans.

Notamment par souci de développement durable.

Les bâtiments scolaires sont soumis à un usage intensif.

Les usagers (élèves, personnel enseignant et non enseignant, membre de la communauté) utilisent de façon intensive cet équipement institutionnel. Les matériaux et finitions intérieurs et extérieurs doivent pouvoir résister à cet usage.

Les maigres budgets d'entretien des bâtiments scolaires exigent des systèmes très résistants.

Le déficit d'entretien des bâtiments scolaires a fait la manchette de plusieurs médias dans les dernières années. Les budgets des Centres de services scolaires et d'autres enjeux similaires participent à ce déficit d'entretien. Le choix des composantes doit prendre en compte un entretien peu fréquent.

La qualité de l'air dans les écoles est primordiale.

Les problématiques de qualité de l'air dans les écoles ont également fait la manchette dans les dernières années. Ces enjeux peuvent avoir été causés par des raisons de système mécanique défaillant, des moisissures ou humidités résiduelles dans les composantes du bâtiment.

Le projet s'inscrit dans une démarche initiée par le Lab-École, un organisme à but non lucratif ayant pour mission de rassembler une expertise multidisciplinaire pour concevoir les écoles de demain, en collaboration avec les Centres de services scolaire et les intervenants des écoles sélectionnées. Le projet a fait l'objet d'un concours d'architecture à l'automne 2019.

L'école primaire des Cerisiers a été construite en deux phases, la partie existante date de 1959, tandis que l'agrandissement de l'école a été ajouté en 2023. L'agrandissement comprend deux étages hors-sol avec une structure en bois massif ayant une superficie de 1364 m² au rez-de-chaussée et une superficie totale de plancher d'environ 2384 m². L'agrandissement est de construction combustible et est entièrement giclé. Au rez-de-chaussée de l'agrandissement se trouvent deux classes spécialisées, un espace polyvalent, une cuisinette, trois bureaux, un bloc sanitaire avec deux vestiaires, un gymnase et des espaces casiers. L'étage comprend six classes, dont quatre avec mezzanine, ainsi qu'un bureau d'orthopédagogie.

En plus des principes structuraux visant à combiner les points forts de l'ossature légère et du bois d'ingénierie, des colombages de bois sont utilisés pour les murs et cloisons, de même que des isolants en fibre de bois. Plusieurs matériaux de finition intérieurs et extérieurs ainsi que des solutions acoustiques composées de matériaux biosourcés ont été prévus pour assurer la fonctionnalité des espaces d'apprentissage. Cette approche vise à réduire l'empreinte environnementale du bâtiment, à mettre en valeur les ressources et le savoir-faire local, et à favoriser la création d'espaces d'apprentissage inspirants.

C'est sur cet agrandissement que sont appliquées les solutions innovantes en bois, les tests et analyses et autres éléments couverts par la présente étude.

Caractéristiques principales de l'agrandissement :

Caractéristiques	Description
Fonction	École primaire
Usage principal	A2 – établissement de réunion
Superficie du bâtiment (agrandissement seulement)	2384 m ²
Superficie au RDC (agrandissement seulement)	1364 m ²
Hauteur (nb d'étage)	2
Type de construction	Combustible
Nombre de façade donnant sur rue	1
Système de gicleur	Oui

2.2.1 Description du bâtiment innovant ou de la solution innovante

L'école des Cerisiers se distingue par une utilisation accrue du matériau bois et ce, pour une grande proportion des composantes principales du bâtiment. Cette approche vise à démontrer, à l'intérieur d'un même bâtiment, les multiples potentiels d'intégration des matériaux en bois dans un bâtiment public à vocation scolaire, ainsi que les avantages qui en sont retirés (réduction des GES, biophilie, mise en valeur de la main-d'œuvre locale, qualités des espaces d'apprentissage, etc.). Les projets de lab-école bénéficieront d'un rayonnement exemplaire dans la province et ailleurs. Il s'agit d'une opportunité unique de repenser les modèles de construction des écoles d'aujourd'hui pour assurer

la réalisation de bâtiments à faible empreinte environnementale, tout en mettant en valeur cette ressource et savoir-faire local.

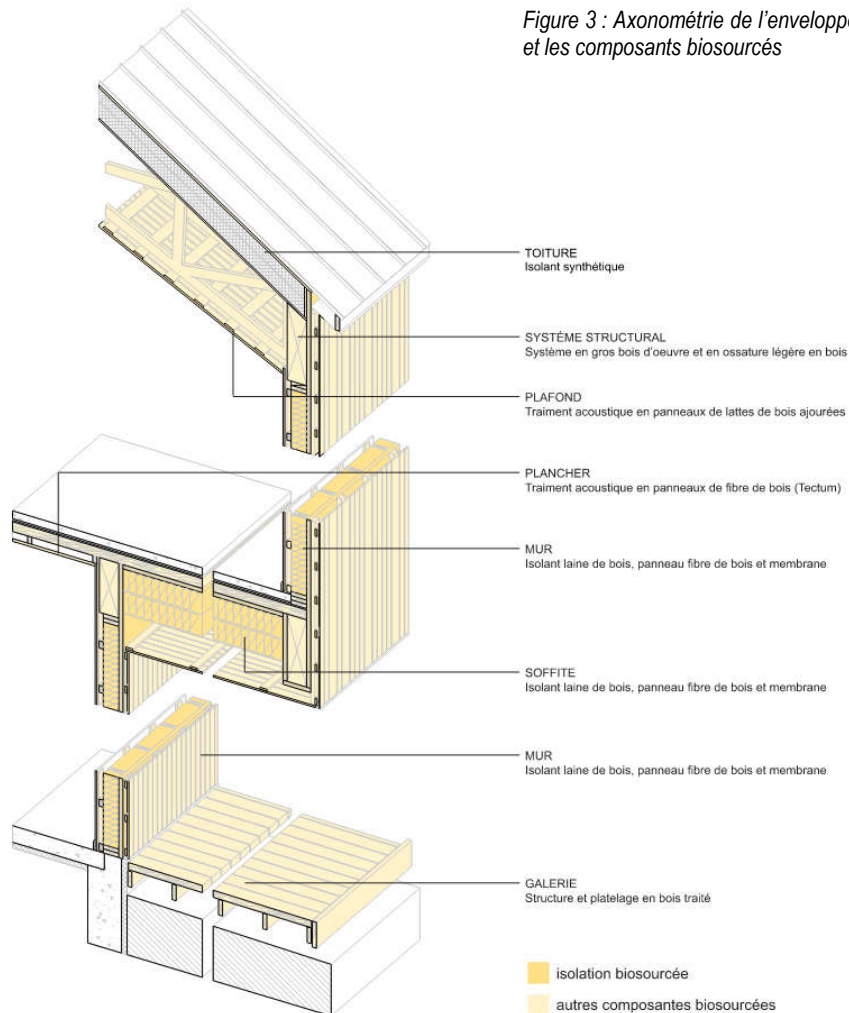
Intégration du bois selon 5 grandes orientations :

1. Bâtiment combustible au sens du chapitre 3.1.4. du Code de construction du Québec.
2. Charpente structurale principale (poutre, colonne, pontage) et secondaire (mur et cloisons intérieures et extérieurs) optimisé.
3. Composantes biosourcées pour l'enveloppe
4. Solutions acoustiques performantes et adaptées à base de fibre de bois
5. Le bois en parement extérieur et finitions intérieures

En date de notre demande de subvention, peu ou pas de projets institutionnels québécois ont utilisé des isolants biosourcés à base de fibre de bois dans l'enveloppe du bâtiment.

Nous proposons l'utilisation d'isolant en fibre de bois comme l'isolant principal (isolant en matelas entre les colombages) et l'isolant secondaire (panneau de support isolant) dans l'enveloppe verticale des murs et l'enveloppe horizontale des soffites. L'isolant pour les toitures plates et en pentes reste cependant en polyisocyanurate.

Figure 3 : Axonométrie de l'enveloppe du bâtiment et les composants biosourcés



Suivant l'étude sur la quantification des émissions GES, l'agrandissement de l'école des Cerisiers contient un volume de 792 m³ de bois (excluant les finitions).

2.2.2 Échéancier global et durée

Les étapes principales du projet sont les suivantes :

Étapes	Date	Commentaire
Démarrage de projet	1 avril 2020	Complété
Plans et devis	Avril 2020 à mars 2021	Complété
Appel d'offres public	Mars 2021 à avril 2021	Complété
Construction	Août 2021 à août 2023	Complété
Ouverture de l'école	28 août 2023	Complété
Thermographie	2 février 2024	Complété
Test de fumée	3 mars 2025	À venir
Monitoring de l'enveloppe	4 mars 2025	À venir
Collecte de donnée	Printemps 2027	À venir

2.2.3 Budget global

Le budget de construction est d'environ 15 M\$ (incluant les travaux de réaménagement du bâtiment existant).

2.2.4 Partenaires

Propriétaire : Centre de services scolaire du Chemin-du-Roy

Architectes : Lucie Paquette, Paulette Taillefer et Leclerc architectes

Ingénieurs : Stantec

Architectes de paysage : Mousse Architecture de Paysage

Consultant spécialisé en enveloppe : Envelop3

Consultant spécialisé en code du bâtiment : GLT+ inc.

Fournisseur de la charpente en bois massif : Ambiance Bois inc.

Fournisseur des isolants biosourcés : 475 High Performance

Entrepreneur général : Therrien Entrepreneur Général

Ministère des Ressources naturelles et des Forêts

Ministère de l'Éducation

Municipalité de Maskinongé

2.2.5 Défis et risques généraux

Ce projet a présenté des défis majoritairement en conception lors de l'élaboration des détails et le devis technique. Puisque l'installation des panneaux d'isolant en fibre de bois dans l'enveloppe du bâtiment s'agit d'une pratique émergente en cours d'apprentissage par les charpentiers-menuisiers

au chantier, il nous a fallu une bonne coordination entre les architectes, les consultants et l'entrepreneur général.

Nous avons réussi à assurer la qualité des détails de construction en chantier grâce à des sessions de formation pour les charpentiers-menuisiers de l'entrepreneur général avec le consultant spécialisé et le fournisseur des isolants.

Fibre de bois dans l'enveloppe du bâtiment

Malgré l'utilisation répandue en Europe, l'emploi de l'isolant en fibre de bois dans des projets institutionnels est une pratique émergente au Canada, mais la performance des systèmes avec ces isolants est peu connue et peu documentée avec les conditions climatiques de notre région.

Respect du cadre réglementaire

Afin d'assurer une utilisation accrue du bois, la conception intégrée du projet a tenu compte des exigences réglementaires pour assurer la faisabilité d'un bâtiment de type combustible, entre autres:

- Limiter le nombre d'étages à deux niveaux;
- Assurer le respect de la superficie de plancher maximale permise (2400 m² selon CCQ 2015 3.2.2.26);
- Intégration de séparation coupe-feu pour isoler le bâtiment existant de l'agrandissement;
- Installation de gicleurs dans la partie agrandissement.

Finalement, la performance thermique de l'enveloppe doit respecter les cibles du CNEB 2015 (modifié Québec).

L'approvisionnement pour un appel d'offres public

Les règles d'approvisionnement du Secrétariat du Conseil du Trésor obligent les projets publics à permettre une saine concurrence entre les soumissionnaires. À ce titre, les devis descriptifs ne peuvent limiter les produits. Lorsque des choix de matériaux et systèmes sont faits, il faut idéalement une variété d'au moins trois (3) possibilités de produits. Lors de nos recherches initiales, nous avons recensé plus d'une dizaine de fournisseur et fabricant d'isolant biosourcé, dont 7 entreprises au Québec.

Les aspects administratifs relatifs aux approvisionnements et à l'appel d'offres public nous ont amenés à réviser nos sections de devis de l'enveloppe. Les produits acceptables doivent fonctionner comme un système global plutôt que comme des produits individuels. Nous avons fait appel à des fournisseurs pour obtenir des systèmes d'enveloppe intégrant les isolants biosourcés et les autres composants compatibles. Nous avons évalué les risques d'approvisionnement et budgétaires et les contraintes techniques.

3. Détails de l'étude

3.1 Introduction et hypothèses de départ

L'utilisation des isolants en fibre de bois n'est pas une pratique innovante en soi, car les isolants sont produits à partir des retailles de l'industrie du bois d'œuvre. Dans certains pays européens où le marché du gros bois d'œuvre est très développé, notamment en Allemagne et en Autriche, les isolants en fibre de bois sont couramment utilisés autant pour leur performance technique que la

durabilité du produit. Cependant, l'utilisation de ces isolants en fibre de bois à cette ampleur de projet au Canada en constitue le caractère innovant.

La vision du projet était de documenter la performance de l'isolant en fibre de bois dans l'enveloppe d'un bâtiment scolaire et de faire de ce projet un modèle exemplaire visant à promouvoir l'utilisation d'un produit biosourcé et renouvelable au Québec. L'école des Cerisiers est le premier projet institutionnel à installer un aussi grand volume d'isolant en fibre de bois et à l'utiliser comme isolant principal dans son enveloppe verticale.

Nos hypothèses de base sur les avantages et désavantages de la performance technique des isolants biosourcés nous ont servi de barème pour développer nos détails de construction.

Avantages :

- Biosourcé et renouvelable
- Produit à bas carbone intrinsèque
- Perméable à la vapeur d'eau
- Performance thermique d'échelle similaire aux produits de référence, ne nécessitant pas de refonte majeure des épaisseurs des compositions typiques (selon les fiches techniques)

Inconvénients :

- Les produits avec beaucoup de documentation sur la performance technique sont produits en Europe, doivent être importés
- Les produits européens ne sont pas testés avec les normes canadiennes ou nord-américaines
- Pas de tests de résistances à la croissance de moisissure
- Pas de test CCMC (centre canadien des matériaux de construction)
- Les produits européens sont en format métrique alors que la construction est en format impérial au Québec, ce qui implique une possible perte dans la découpe.

Il existe deux méthodes de fabrication d'isolant en fibre de bois : le procédé humide et le procédé à sec. Le procédé humide commence par mélanger les fibres de bois avec de l'eau (option d'ajouter des agents de liaison pour améliorer certaines caractéristiques techniques). Le mélange est compressé et puis séché mécaniquement pour former des panneaux. Le procédé à sec pulvérise les fibres de bois avec de la paraffine, puis les fibres sont séchées à l'air chaud. Ensuite, les fibres sont traitées avec une résine à base de polyuréthane comme liant. Certains procédés à sec vont aussi nécessiter le durcissement de l'agent de liaison par exposition à un mélange d'air et de vapeur d'eau.

Procédé humide	Procédé à sec
Agent de liaison (optionnel)	Ajout d'agent de liaison (paraffine et autres)
-	Paraffine augmente la résistance à l'eau
Plus dense, plus lourd	Moins dense, moins lourd
-	Production consomme moins d'énergie
Épaisseur maximale de 25mm	Épaisseur jusqu'à 200mm

À la suite de nos recherches, il nous semblait que les panneaux d'isolant fabriqués par un procédé à sec seraient plus adaptés pour l'application dans un système pare-pluie tel que celui dans notre projet. De plus, les épaisseurs disponibles des panneaux fabriqués à sec nous permettraient d'atteindre nos cibles de performance thermique sans laminé plusieurs épaisseurs de panneaux.



Figure 4 : localisation des manufacturiers et distributeurs d'isolant biosourcé près de la région de Montréal (2024)

Malgré les nombreux manufacturiers de produit d'isolation biosourcé au Québec, aucun d'entre eux n'utilisait une fabrication sèche des isolants.

3.2 Objectifs

L'objectif de l'étude est de concevoir une enveloppe verticale (murs et soffites) du bâtiment à haute performance en utilisant des isolants en fibre de bois et par la suite évaluer l'efficacité du système d'enveloppe avec des tests in situ.

3.3 Méthodologie

La conception des compositions d'enveloppe intégrant des isolants en fibre de bois s'est réalisée en cinq étapes : (1) l'évaluation théorique des performances techniques des composants de l'enveloppe du bâtiment, (2) l'analyse comparative des compositions avec des scénarios de référence, (3) l'élaboration de détails critiques, (4) la vérification de contrôle qualité de l'installation au chantier et (5) les essais in situ de l'enveloppe du bâtiment.

3.3.1 Performances techniques des composants de l'enveloppe

Résistance thermique des isolants

Le Ministère de l'Éducation du Québec (MEQ) exige depuis quelques années une bonification de 25% des valeurs RSI demandées par le Code national de l'énergie pour les bâtiments – Canada 2015 (CNEB 2015).

Les exigences pour l'ensemble de construction opaque hors sol selon le tableau 3.2.2.2. du CNEB-2015 modifié Québec pour la zone 6 :

	U	RSI	RSI + 25%	R
Murs	0.247	4.049	5.061	22.99
Toiture	0.156	6.410	8.013	36.40
Plancher (soffites)	0.183	5.464	6.830	31.03

Problématique du point de rosée

L'utilisation d'un isolant biosourcé à base de bois dans l'enveloppe du bâtiment implique une grande prudence en ce qui traite la gestion de la vapeur d'eau et de la condensation : les différentiels de température au Québec peuvent déplacer la localisation du point de rosée selon la saison. La localisation du pare-vapeur peut donc être bonne pour une partie de l'année seulement, mais favoriser la condensation au cœur de l'isolant pour une autre partie de l'année. Une migration, une rétention, ou un point de rosée dans une composante biosourcée pourrait conduire à une croissance fongique ou à une perte de performance des composantes.

Afin d'assurer une bonne étanchéité à l'air et réduire les risques de condensation dans l'assemblage de l'enveloppe, il a fallu développer un assemblage impliquant deux membranes, pare-intempérie pour protéger les composants en bois contre le vent et les sources d'eau de l'extérieur, et pare-vapeur pour protéger contre de l'humidité provenant de l'intérieur du bâtiment.

La diffusion de vapeur est également un mécanisme important de séchage, et il est donc nécessaire de prendre en compte le séchage par diffusion des matériaux humides de l'enveloppe. La membrane pare-intempérie doit permettre à la vapeur ou autre source d'humidité de s'échapper.

Diffusion de vapeur d'eau des composants

Certains isolants, tels que la laine minérale, la fibre de verre et la fibre de bois, permettent le passage de la vapeur, tandis que d'autres, comme le polystyrène extrudé, le polystyrène expansé, le polyisocyanurate et la mousse plastique, sont relativement résistants à la diffusion de la vapeur.

Avec une ossature de bois et une charpente en bois massif, l'assemblage de l'enveloppe doit avoir des couches de contrôle de l'air, de la vapeur et de la chaleur perméable à la diffusion de la vapeur pour empêcher la putréfaction. Ceci est d'autant plus important quand les cavités des murs sont remplies d'isolant en matelas.

Le panneau Multitherm et l'isolant en matelas Thermoflex de Gutex ont une perméabilité similaire aux produits en laine de roche. Cependant, il est difficile de comparer les données, car les produits Gutex ne sont pas encore testés selon la norme ASTM E96 « Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials ».

La membrane pare-vapeur INTELLO X de Pro Clima réagit intelligemment aux variations de l'humidité ambiante. Sa résistance à la diffusion s'ajuste en fonction des saisons, offrant ainsi une protection contre les dommages causés par la condensation sur la structure et les composants de l'enveloppe tout au long de l'année (perméance : variable de 0,13 à plus de 13 perms). En hiver, la membrane intelligente devient plus imperméable à la diffusion, assurant ainsi une protection idéale de l'isolation contre la pénétration de l'humidité présente à l'intérieur du bâtiment. En été, la direction

de la diffusion s'inverse. La résistance à la diffusion de la membrane peut être considérablement réduite, garantissant ainsi des conditions de séchage optimales pour permettre à l'humidité de s'évacuer vers l'intérieur du bâtiment.

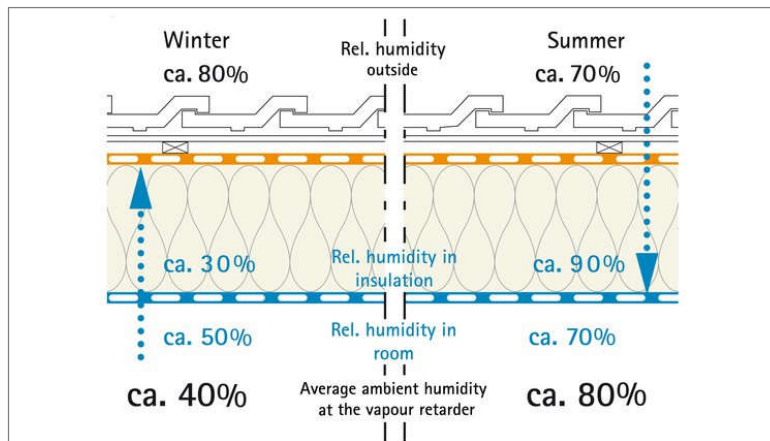


Figure 5 : Principe d'une membrane à humidité variable (source : Pro Clima)

La membrane pare-intempérie SOLITEX MENTO 1000 de Pro Clima a une haute perméabilité à la vapeur permettant l'humidité dans l'assemblage de s'évacuer vers l'extérieur (perméance: 38 perms). Avec les panneaux en fibre de bois qui sont très perméables, nous avons pris la décision d'inclure une membrane pare-intempérie pour augmenter la durabilité des panneaux et la performance thermique de l'enveloppe en réduisant le passage d'air froid à travers les couches d'isolation.

Résistance au feu des isolants en fibre de bois

À ce jour, aucun isolant en fibre de bois sur le marché ne semble pour l'instant réussir avec succès les tests d'incombustibilité CAN/ULC S114. Cependant, le panneau Multithem de Gutex a été testé pour l'indice de propagation de la flamme et de la fumée selon ASTM E84 et CAN/ULC-S-102. Pour la norme ASTM E84, le panneau est classifié de classe B avec un indice de propagation de la flamme (FSI) de 65 et un indice de dégagement des fumées (SDI).

Aucun test d'incombustibilité ou sur l'indice de propagation de la flamme et de la fumée conforme aux normes nord-américaines ne semble avoir été réalisé pour l'isolant en matelas Thermoflex de Gutex. Cela implique que son utilisation dans des murs incombustibles ou dans des murs ayant une résistance au feu pourrait être compromise étant donné que la composition des façades doit être conforme au tableau 3.2.3.7 « Exigences minimales de construction pour les façades de rayonnement ».

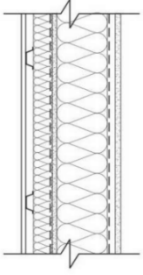
3.3.2 Analyses comparatives

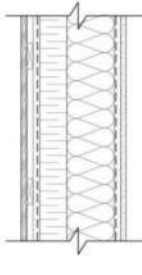
Les panneaux en fibre de bois sont une alternative intéressante aux isolants de mousse plastique ou même à l'isolant en laine minérale.

Ces panneaux rigides offrent des propriétés similaires aux produits de références. La rigidité de ces panneaux permet également le retrait d'un panneau de support (gypse ou contreplaqué), puisqu'une membrane pare-air peut être installée directement dessus.

Dans nos analyses préliminaires, nous avons choisi des paramètres comparables pour le système de référence (sans isolant biosourcé) et le système proposé (avec isolant biosourcé). La perméabilité à la vapeur d'eau, la performance thermique ainsi que les méthodes de fixation et d'installation des isolants ont été évaluées dans chacun des systèmes pour garantir une comparaison équitable. Un troisième scénario a été étudié pour l'utilisation des isolants biosourcés pour la toiture. Cependant, nous n'avons pas retenu ce scénario pour des raisons budgétaires et techniques.

Puisque la cible RSI+25% pour les murs était atteinte, il y avait une possibilité de réduire l'épaisseur de l'isolant en panneau de 80mm à 60mm. Cependant, afin d'assurer que le point de rosée se trouve le plus loin que possible de l'isolant en matelas, Thermoflex, nous avons décidé de conserver l'épaisseur du Multitherm à 80mm.

Mur extérieur avec laine de roche – construction incombustible		ép.(mm)	RSI/mm	RSI
	Film d'air extérieur	1	0.0300	0.030
	Revêtement en déclin d'aluminium extrudé	11.4	0.0074	0.140
	Sous-entremise oméga @ 400mm c/c	22	-	
	Ossature métallique et ancrages thermique	50	-	
	Isolant en matelas de laine de roche (Rockwool CavityRock)	50	0.0299	1.495
	Membrane pare-intempérie	1	-	
	Panneau de support extérieure	16	0.0063	0.100
	Ossature métallique @ 400mm c/c	152	-	
	Isolant en matelas de laine de roche installée entre les colombages (Rockwool Confortbatt)	1X152	0.0278	4.230
	Membrane pare-vapeur	1	-	
	Fournure de bois @ 300mm c/c	19	-	
	Panneaux de gypse type X	16	0.0063	0.100
	Film d'air intérieur (mur)	1	0.1200	0.120
TOTAL		290	0.0214	6.215

Mur extérieur avec fibre de bois – construction combustible		ép.(mm)	RSI/mm	RSI
	Film d'air extérieur	1	0.0300	0.030
	Revêtement en lattes de bois de cèdre blanc	19	0.0107	0.205
	Fournure de bois horizontale @ 300mm c/c	19	-	-
	Fournure de bois verticale @ 400mm c/c	19	-	-
	Membrane pare-intempérie	1	-	-
	Isolant en panneau rigide de fibre de bois (Gutex Multitherm)	1x80	0.0238	1.900
	Colombages en bois 38mm x 140mm @ 400mm c/c	140	-	-
	Isolant en matelas de fibre de bois installée entre les colombages (Gutex Thermoflex)	1X140	0.0275	3.850
	Membrane pare-vapeur	1	-	-
	Fournure de bois @ 300mm c/c	19	-	-
	Panneaux de gypse type X	16	0.0063	0.100
	Film d'air intérieur (mur)	1	0.1200	0.120
TOTAL		316	0.0196	6.205

3.3.3 Détails d'enveloppe

Avec les fiches techniques des produits choisis et des exemples de détails typiques, nous avons évalué les détails critiques de l'enveloppe en collaboration avec le consultant spécialisé en enveloppe du bâtiment.

Les détails typiques ciblés dans l'étude sont :

1. Jonction du mur extérieur avec la fondation (en coupe)
2. Jonction du mur extérieur au pourtour d'une fenêtre (en coupe et en plan)
3. Jonction du mur extérieur avec un mur-rideau (en coupe et en plan)
4. Jonction du mur extérieur avec les différentes compositions de la toiture
5. Jonction du mur extérieur avec le soffite et la marquise
6. Détail de la toiture ventilée (en pente) pour réduire les ponts thermiques

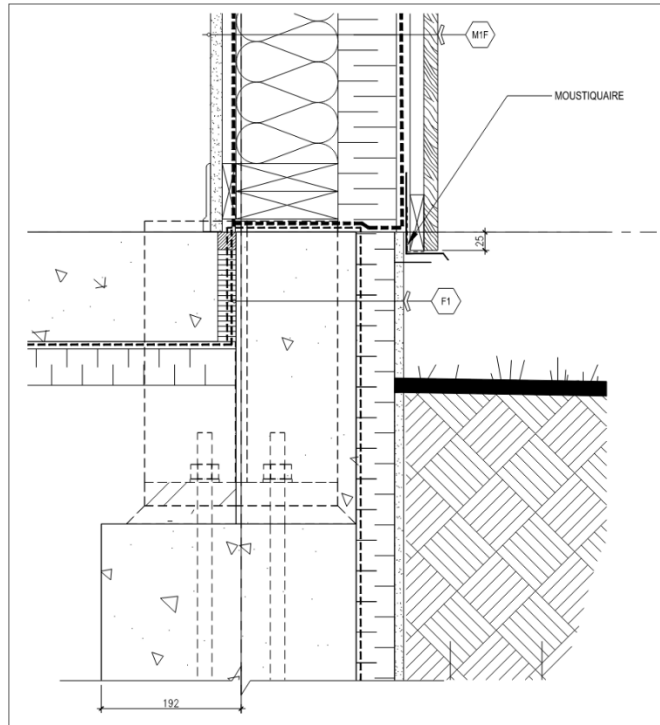


Figure 7 : Détail de conception - jonction mur extérieur avec la fondation

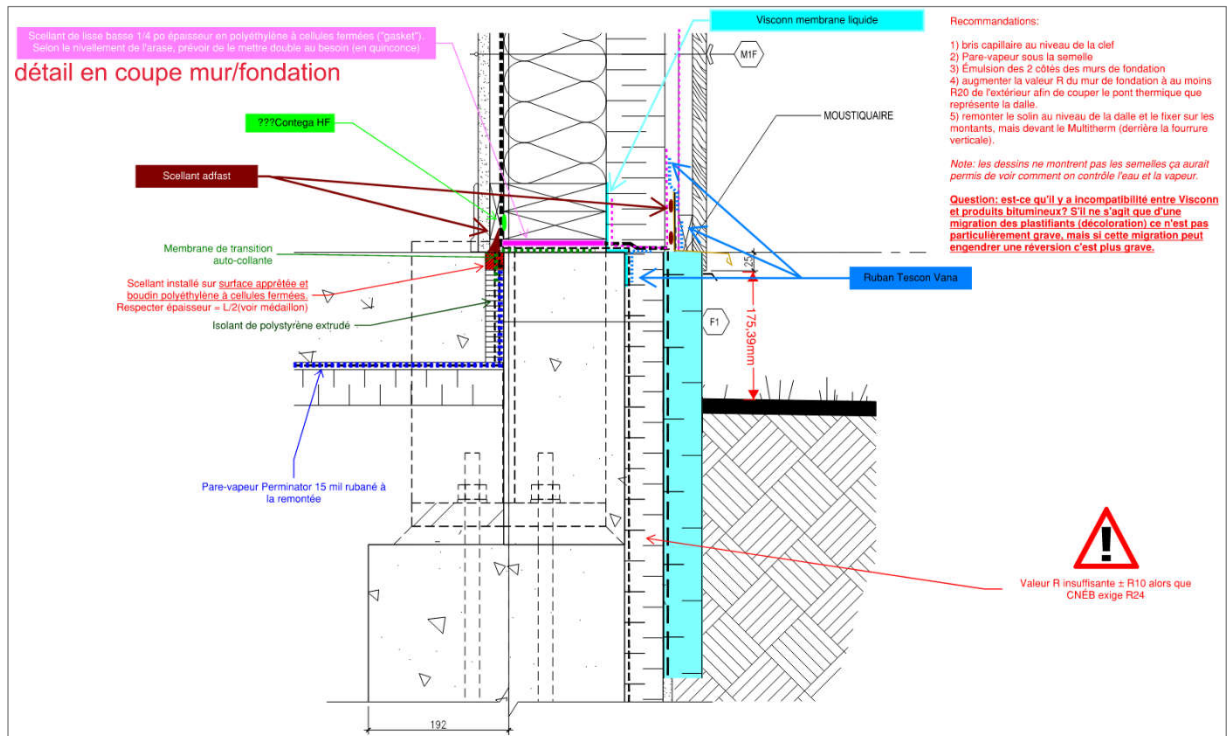


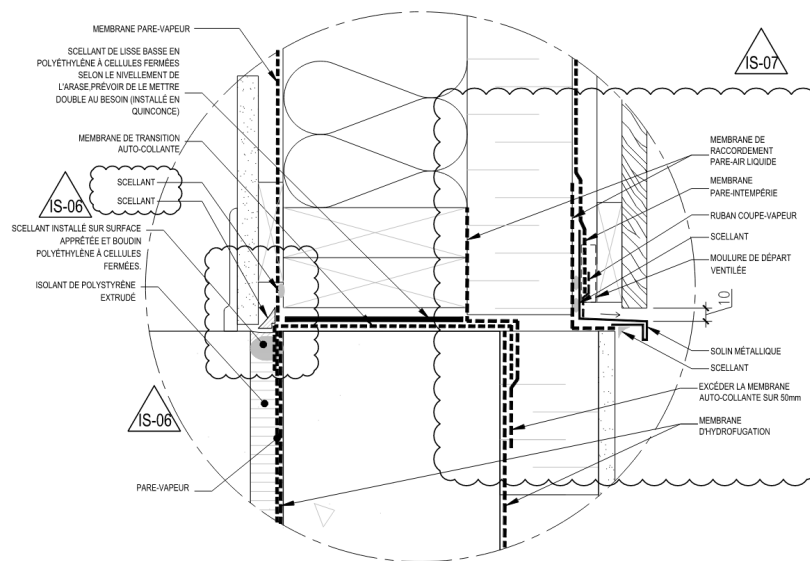
Figure 6 : Détail de travail avec le consultant spécialisé en enveloppe du bâtiment.

3.3.4 Démonstration de l'installation du système

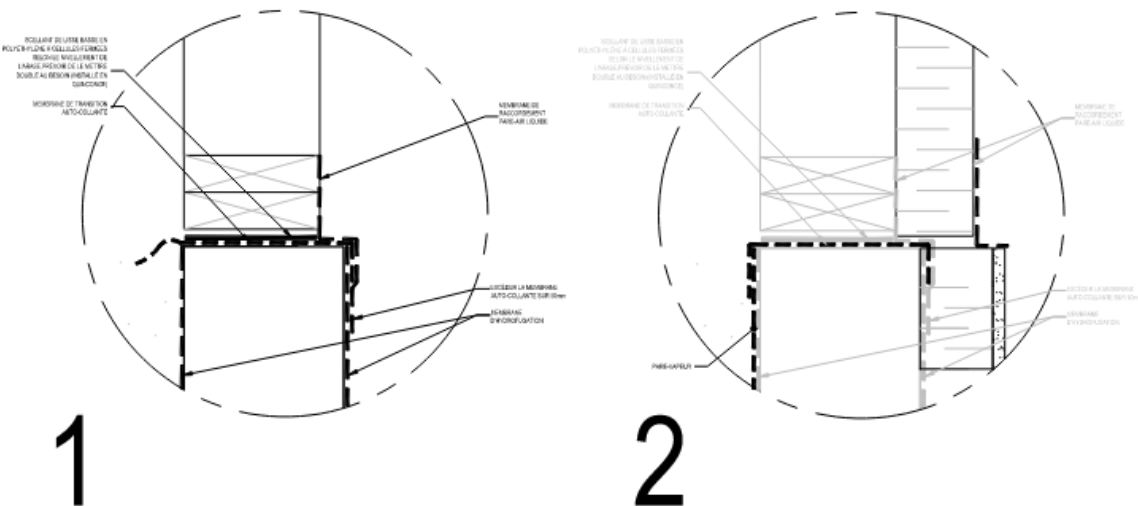
Lors de la réalisation au chantier, un contrôle de la construction a été effectué par les professionnels et le consultant spécialisé en enveloppe du bâtiment. De façon similaire aux contrôles sur place par les professionnels, des visites in situ des manufacturiers ou des agents manufacturiers ont été exigées dans les sections de devis des matériaux à l'étude.

Une fois que l'ossature des murs extérieurs était montée au chantier, nous avons organisé une visite de chantier pour démontrer l'installation des composants selon les recommandations du manufacturier accompagné du consultant spécialisé et le représentant du fournisseur des isolants (voir Annexe A1, figure 9, 11 et 12).

À la suite de la formation, les professionnels ont transmis des informations complémentaires pour préciser l'installation des membranes.



La séquence de la pose des membranes :



avec une pressurisation de 75 Pa (ou selon les exigences du devis) et suivant la norme ASTM E1186 *Standard Practices for Air Leakage Site Detection in Building Envelopes and Air Barrier Systems*. »

L'objectif du test de fumé est de confirmer la présence de défauts, malfaçons ou faiblesses dans l'enveloppe et confirmer la performance de l'étanchéité à l'air d'une enveloppe avec composantes biosourcées.

Monitoring de l'enveloppe (à venir en mars 2025)

Des enregistreurs de données (humidité et température) seront installés par le consultant spécialisé afin de suivre en continu la température et l'humidité relative dans l'enveloppe. L'emplacement de ces instruments sera déterminé à la suite de la thermographie et le test de fumé.

3.4 Résultats et analyse

3.4.1 Analyse thermographique

À la suite de la thermographie infrarouge, des faiblesses ont été découvertes dans l'enveloppe et présentées à l'entrepreneur. Le rapport souligne que les faiblesses d'étanchéité dans le système pare-air se situent principalement au périmètre des portes, des murs-rideaux et des fenêtres. Ces observations indiquent que les infiltrations ne résultent pas d'une mauvaise installation des membranes ou des isolants, mais plutôt de l'installation des ouvertures.

Des travaux additionnels ont été réalisés (scellement, jonctions, réparation des seuils de portes, etc.) pour adresser la majorité des éléments relevés et améliorer la performance globale de l'enveloppe. Certains éléments relevés lors de cette thermographie sont cependant restés tels quels en raison de l'avancement du chantier : les faiblesses rencontrées n'étaient pas d'une gravité suffisante pour justifier des travaux correctifs intrusifs dans l'enveloppe, risquant de nuire à sa performance globale.

3.4.2 Test de fumée

À venir (mars 2025)

3.4.3 Monitoring

À venir (mars 2027)

3.5 Conclusions

Actuellement, l'offre d'isolants en fibre de bois fabriqués par le procédé à sec au Québec est limitée, ce qui engendre plusieurs enjeux : les appels d'offres publics sont plus complexes en raison des règles de concurrence, les détails techniques sont encore à raffiner et les corps de métier restent peu connaissant de ce type de méthode. Cependant, nous avons remarqué que la méthode utilisée, soit une conception plus approfondie, un suivi accru lors du chantier et une batterie de tests à posteriori ont donné des résultats concluants, soit un projet public d'envergure bien réalisé avec une bonne performance énergétique.

3.6 Retombées et rayonnement des solutions développées et potentiel de reproductibilité pour l'industrie

Depuis la réalisation du projet, les professionnels ont eu l'opportunité de présenter l'étude lors de plusieurs conférences au Québec, dont les conférences Cecobois 2023. À cette occasion, Thomas Gauvin-Brodeur, architecte responsable du projet, Jean-Loup Yale, fondateur d'Enveloppe au cube, ainsi que Geneviève Auger, architecte au CSSCDR, ont présenté l'utilisation des isolants en fibre de bois dans ce projet scolaire.

Grâce au projet d'agrandissement de l'école des Cerisiers, les résultats des essais in situ nous permettront d'enrichir et de contribuer à la base de données sur la performance des isolants en fibre de bois dans l'enveloppe du bâtiment, spécifiquement adaptée à notre climat au Québec.

En complément du rapport sur la quantification des émissions GES des matériaux de construction, cette étude met en avant les options d'isolants bas carbone, qui permettent de réduire significativement l'empreinte environnementale des bâtiments tout en améliorant leur efficacité énergétique. Ces alternatives aux matériaux synthétiques offrent un potentiel considérable pour la transition vers une construction plus durable et résiliente.

Ce projet s'inscrit dans une démarche plus large visant à faire émerger et développer l'industrie des isolants biosourcés au Québec. Actuellement, les isolants en fibre de bois utilisés dans le projet ont dû être importés d'Europe, faute d'équivalence sur le marché canadien ou québécois. Cette situation souligne l'importance de diversifier et structurer une filière locale, notamment en valorisant les résidus de l'industrie de la transformation du bois. En encourageant le développement et la production d'isolants biosourcés sur le territoire québécois, il devient possible de stimuler un marché en pleine évolution, de réduire la dépendance aux matériaux importés et de favoriser une économie circulaire et locale.

Finalement, cette étude illustre un projet où l'innovation et la durabilité sont au cœur des valeurs fondamentales. Il est essentiel de souligner que, même dans les projets institutionnels publics, la durabilité n'exclut en rien l'innovation. De plus, les produits biosourcés ne sont ni plus complexes à intégrer ni moins performants que les systèmes synthétiques couramment utilisés dans l'industrie.

3.7 Recommandations

Pour optimiser les retombées d'un projet similaire, plusieurs pistes d'amélioration et méthodes alternatives peuvent être envisagées. Premièrement, la création de maquettes d'assemblage pendant la phase de conception permettrait de valider certains détails techniques avant la mise en œuvre sur site. Ces maquettes serviraient non seulement à tester les solutions choisies, mais aussi à fournir des instructions claires et précises aux installateurs, réduisant ainsi les risques d'erreurs et améliorant la qualité du travail sur le terrain. Ensuite, impliquer le consultant d'enveloppe dès la phase de recherche de matériaux offrirait un avantage crucial. Cela permettrait de s'assurer que les matériaux sélectionnés sont non seulement performants, mais aussi compatibles avec les exigences spécifiques du projet, tout en optimisant leur intégration dans l'enveloppe du bâtiment. Finalement, impliquer l'entrepreneur dans l'étude dès le début du chantier pour identifier les essais in situ prévus et recueillir son avis sur l'échéancier et la séquence des travaux. Cela permettrait de mieux anticiper les contraintes logistiques et d'ajuster les plans d'exécution en fonction des réalités du terrain.

Bibliographie

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA. *Code de construction du Québec, Chapitre I – Bâtiment : Modifications au Code national du bâtiment – Canada 2015*, Régie du bâtiment du Québec, 2015, 1466p.

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA. *Code de construction du Québec, Chapitre I.1 – Efficacité énergétique du bâtiment, et Code national de l'énergie pour les bâtiments – Canada 2015 (modifié)*, Régie du bâtiment du Québec, 2015, 320p.

ENVELOPPE AU CUBE. *École Saint-Joseph - Thermographie de l'enveloppe verticale de l'agrandissement*, 2 février 2024, 81p.

QUÉBEC. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION ET DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR. *Guide de planification immobilière pour les établissements scolaires primaires*, Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, 2019, 40 p.

4. Annexes

- A1 Photos de chantier
- A2 Extraits du rapport de thermographie
- A3 Extraits du rapport test de fumée (à venir)
- A4 Extraits des résultats du monitoring de l'enveloppe (à venir)

A1 – Photos de chantier



Figure 9 : Vue aérienne de la charpente en bois massif



Figure 10 : Réunion de chantier avec Enveloppe au cube en vue de la démonstration de l'installation des composants d'enveloppe



Figure 13 : Démonstration – installation de la membrane de raccordement avec le pare-vapeur

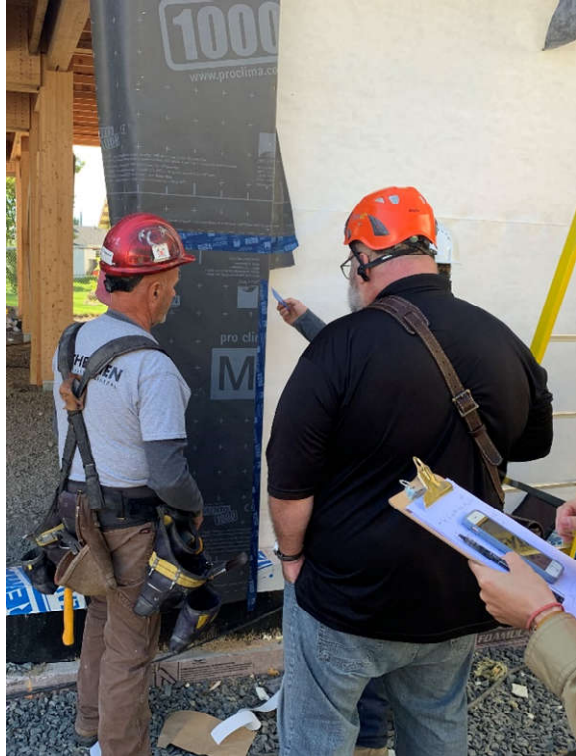


Figure 12 : Démonstration – installation de la membrane pare-intempérie



Figure 11 : Vue de l'intérieur du gymnase – installation des panneaux Multitherm en cours



Figure 15 : Installation des panneaux Multitherm dans le soffite

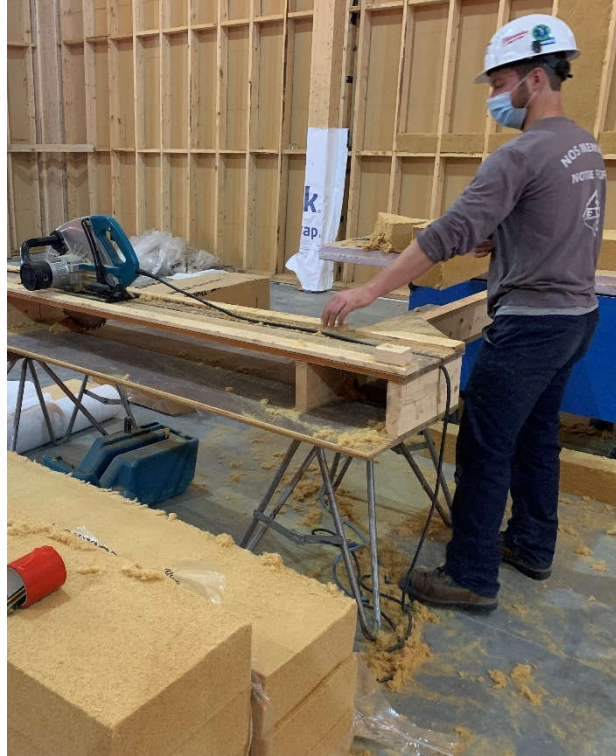


Figure 14 : Installation des matelas Thermoflex entre les colombages dans le gymnase



Figure 16 : Détail de scellement de la membrane pare-vapeur Intello X avec le ruban Tescon Vana et la membrane liquide

A2 – Extraits des résultats thermographiques

Nous avons pu constater un pont thermique au seuil de la porte du corridor B111. On remarque la forme régulière typique d'un pont thermique sur le thermogramme de gauche (T1). Lors de la dépressurisation, la déperdition thermique est amplifiée par une infiltration d'air qui est visible sur le thermogramme de droite (T2).

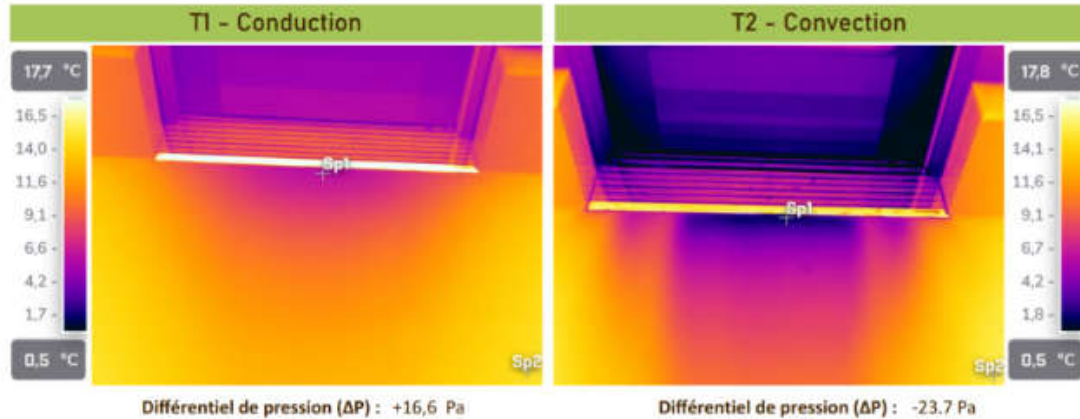


Figure 17 : Résultat de la thermographie – installation du seuil de porte corrigée par l'entrepreneur à la suite de cette analyse



