

4. Pourquoi construire en bois ?

Utiliser davantage de bois dans les écoles primaires signifie :

- **Des écoles axées sur le bien-être et le confort des élèves**, ce qui a une incidence directe sur leur niveau de stress et leur concentration ;
- **Des écoles plus écologiques**, qui enseignent aux futures générations l'importance de prendre soin de l'environnement ;
- **Des écoles polyvalentes**, puisque le bois est un matériau qui offre une grande flexibilité de conception ;
- **Des écoles plus économiques**, grâce à une structure à ossature légère ou à l'optimisation des constructions massives en bois ;
- **Des écoles durables** qui résistent au passage du temps et à l'usure ;
- **Des écoles sécuritaires** qui offrent une bonne résistance au feu.



4.1. Le bois pour favoriser le bien-être et le confort des élèves

L'environnement dans lequel évoluent les élèves a une incidence directe sur leur comportement et **leur capacité d'apprentissage**. Une étude citée dans le Guide de planification immobilière du ministère de l'Éducation du Québec et réalisée par l'Université de Salford à Manchester en 2015 **évalue à 16 % l'influence des locaux pédagogiques sur le progrès d'un élève** au cours d'une année scolaire, notamment en lecture, en écriture et en mathématiques [3]. Cette étude montre l'importance d'aménager les salles de classe, qui sont le principal lieu d'apprentissage de l'élève, de sorte à y retrouver :

- **Des éléments évoquant des conditions naturelles** (apport généreux en lumière naturelle, température contrôlée, bonne qualité de l'air, bonne insonorisation, lien avec la nature) ;
- **Des éléments favorisant un sentiment d'individualisation** (flexibilité et appropriation de l'espace) ;
- **Des éléments stimulants** (complexité visuelle, couleurs).

Le bois comprend plusieurs caractéristiques qui permettent de répondre à ces préoccupations dans la construction ou l'agrandissement d'écoles primaires :

- Son caractère naturel **qui favorise la biophilie** ;
- Son aspect grandement **esthétique** ;
- Ses propriétés **acoustiques** ;
- La capacité des systèmes structuraux en bois de permettre un apport généreux en **lumière naturelle** par de grandes ouvertures sur l'extérieur.

4.1.1. Un matériau biophilique reconnu

La nature et les éléments naturels ont de nombreux effets bénéfiques sur les enfants. La nature est en effet perçue par ceux-ci comme un environnement protecteur. Une étude réalisée en 2003 auprès de 337 enfants âgés d'environ 9 ans a démontré que la nature diminuait non seulement leur niveau de stress, mais les aidait également à sociabiliser. **La présence d'éléments naturels comme le bois dans l'aménage-**

ment des écoles, plus particulièrement des salles de classe, permettrait donc de recréer dans les écoles les effets bénéfiques de la nature [41]. Ceci est d'autant plus important de nos jours, dans un contexte où la technologie est très présente dans la vie des élèves et qu'ils passent de moins en moins de temps à l'extérieur.

Le phénomène selon lequel le bois génère un sentiment de bien-être porte d'ailleurs un nom : la biophilie. Formée à partir de la racine grecque « bio » (vie) et du suffixe « phile » (qui aime), la biophilie est donc le fait d'aimer le vivant [38]. En architecture, elle désigne une conception qui se rapproche ou qui imite les conditions d'un environnement naturel. La lumière naturelle, les plantes, l'eau, les paysages naturels, les sons de la nature de même que des matériaux naturels tels que le bois sont tous des éléments qui permettent de répondre au besoin biophilique de l'être humain.

Qu'est-ce que la biophilie?

Formée à partir de la racine grecque « bio » (vie) et du suffixe « phile » (qui aime), la biophilie désigne la **tendance innée à chercher des liens avec la nature et avec le vivant**.

En architecture, elle désigne une conception qui se rapproche ou qui imite les conditions d'un environnement naturel.

Les bienfaits de la biophilie sont démontrés par de nombreuses études. On constate notamment chez l'humain une **réduction du stress**, une **diminution de la pression artérielle** [4][5][6], une **diminution du rythme cardiaque** [7], une **accélération de la convalescence** [8], une **diminution de la perception de la douleur** [9], une **augmentation de la créativité** [10], de la **concentration et de l'attention** [11][12], une **meilleure humeur ou encore une diminution de l'agressivité** [13].

Le bois est unique en tant que matériau de conception biophilique, car en plus de pouvoir être utilisé comme revêtement de mur, de plancher ou de plafond, il peut être utilisé en tant que matériau structural apparent, remplissant ainsi plusieurs rôles. L'utilisation du bois à l'intérieur des bâtiments s'avère une option particulièrement intéressante pour étendre les bienfaits biophiliques aux pièces dans lesquelles la lumière naturelle et les vues sur l'extérieur sont limitées.



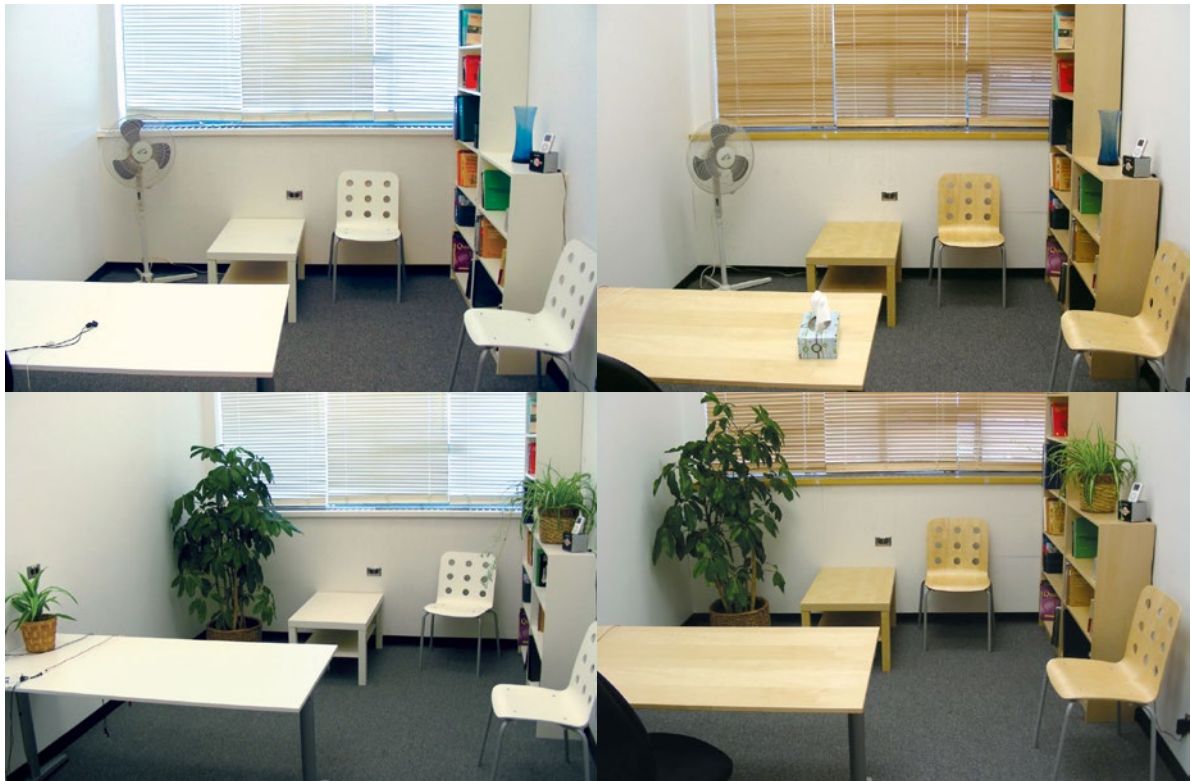
École Sans-Frontières, Saint-Jérôme (Photo : Stéphane Brugger)

4.1.1.1. Réduction du stress

Plusieurs études ont démontré que le niveau de stress des élèves diminue lorsque des éléments en bois sont intégrés dans une pièce.

Une étude de l'Université de Colombie-Britannique et de FPIinnovations a établi que la présence de surfaces visuelles en bois dans une pièce permet de **réduire l'activation du système nerveux sympathique (SNS)**, responsable de réactions physiologiques dues au stress autant avant qu'après une activité intellectuelle intense ^[14].

Dans cette étude, les étudiants ont chacun été assignés à l'un des quatre environnements suivants : un intégrant des éléments en bois et des plantes, un avec des éléments de bois, mais sans plante, un dénudé de bois et de plante ainsi qu'un sans bois apparent, mais décoré de plantes. Les participants ont dû effectuer une tâche de performance de bureau, sans être informés que les effets des matériaux étaient à l'étude. À toutes les étapes de l'étude, les candidats ayant été soumis à un environnement comportant des éléments en bois avaient un **niveau de stress plus faible** que les autres.



Les quatre environnements de l'étude réalisée par David Fell, FPInnovations

Ces résultats ont été corroborés par une étude autrichienne (Kelz et coll., 2011) réalisée dans une école secondaire ^[15]. Pour les fins de cette étude, l'état de santé des élèves de deux classes avec des murs en bois massif apparents et des planchers en chêne a été comparé à celui d'élèves de deux autres classes avec seulement quelques meubles en bois, soit les pupitres et une bibliothèque située au fond de la classe. Les chercheurs ont mesuré le stress relié aux activités scolaires en surveillant le rythme cardiaque des élèves tout au long de l'été 2008 et de l'année scolaire 2008/2009. Ces données ont également été comparées à celles prélevées pendant les congés scolaires.

L'étude a démontré que le rythme cardiaque des élèves qui ont étudié dans les classes en bois **a diminué tout au long de l'année scolaire**, alors qu'il avait augmenté pour les élèves des autres classes.



Les deux classes utilisées dans l'étude autrichienne
(Photos: Kreiner)

4.1.1.2. Un plus grand confort

En plus d'offrir une ambiance chaleureuse, les surfaces en bois dans une pièce la rendraient davantage appréciée et plus confortable que celle n'en offrant aucune, selon une étude menée à l'Université Laval [17]. En comparant deux salles de réunion sur le campus, l'une avec bois apparent et l'autre sans, les chercheurs ont remarqué que même si les mesures de température, de bruit, d'humidité et de concentration en dioxyde de carbone étaient sensiblement les mêmes dans les deux pièces, le niveau de satisfaction des usagers était plus élevé dans la salle en bois. Les participants ont perçu la salle en bois comme étant plus lumineuse, agréable, moderne, chaleureuse, saine, invitante, reposante, confortable et stimulante que celle n'ayant aucun produit d'apparence en bois.

4.1.2. Un matériau esthétique

Les différents revêtements ou éléments structuraux en bois exposés permettent de rehausser l'apparence d'une pièce en créant une **ambiance riche et chaleureuse**. Le bois est grandement apprécié autant par les professionnels de la construction que par les usagers pour ses qualités esthétiques. Les architectes le recommandent fréquemment pour rehausser l'apparence visuelle et créer une ambiance chaleureuse. Les différentes essences de bois et les finis offerts s'adaptent aisément à tous les styles de décors, du plus classique au plus contemporain.



École Sans-Frontières, Saint-Jérôme
(Photo : Stéphane Brugger)

4.1.3. De bonnes propriétés acoustiques

L'acoustique est un élément primordial dans une école primaire: une mauvaise performance acoustique dans les locaux, en particulier les salles de classe, a des conséquences néfastes sur l'écoute et la concentration des élèves. C'est pourquoi il est important de prendre en compte cet aspect au moment de faire le choix de conception et de matériaux.

Le matériau bois est souvent associé à l'acoustique en musique, servant depuis longtemps à fabriquer des instruments. Comme pour tout instrument, un bon réglage est nécessaire afin que l'utilisation du bois dans les bâtiments permette d'atteindre la performance acoustique souhaitée. La **section 8.3. Assurer une bonne performance acoustique** présente les particularités acoustiques du bois ainsi que plusieurs solutions performantes.



Plafonds acoustiques en bois perforé, école de l'Everest, Québec
(Photo : Joël Gingras)

4.1.4. Des solutions pour plus de luminosité

Près d'une vingtaine d'études réalisées entre 1934 et 1999 ont permis de démontrer que la présence abondante de lumière naturelle dans les classes avait un impact important sur les résultats scolaires, la présence en classe, le bon comportement et la rapidité d'apprentissage des élèves ^[17]. Une étude américaine de 1999 a notamment démontré que l'apport de lumière naturelle pouvait améliorer les notes d'élèves d'écoles primaires de plus de 20 % ^[18].

Certains systèmes de construction en bois, comme le système poteaux-poutres (**voir section 5.2.1**), permettent de grandes surfaces d'ouverture qui offrent un large apport de lumière naturelle.

De plus, certains produits tels que les murs-rideaux en bois permettent un important apport de lumière tout en laissant le bois apparent grâce à l'utilisation du bois comme support des ouvertures. Certains sont même fabriqués par des entreprises québécoises.



Mur-rideau en bois, Base de plein air de Sainte-Foy, Québec
(Photo: Manophotographe)

Il est également possible d'installer des murs-rideaux en aluminium standards sur des structures en bois lamellé-collé conventionnelles.

4.1.5. Un produit aux bonnes propriétés hygiéniques

Depuis les années 1960, les **propriétés hygiéniques** du bois font débat, et le bois est souvent exclu de plusieurs secteurs. Pourtant, des études démontrent que le bois peut avoir de bonnes propriétés hygiéniques.

Des chercheurs allemands ont ainsi étudié la survie des bactéries *E. coli* et *E. faecium* sur différentes essences de bois (pin, épinette, mélèze, hêtre, érable, peuplier et chêne) et sur le plastique. Les résultats ont montré que la survie des bactéries était différente selon l'essence de bois utilisée. Le pin et le chêne ont ainsi présenté des performances hygiéniques nettement supérieures au plastique et auraient un effet antibactérien grâce à la combinaison de leurs propriétés hygroscopiques et à l'effet de leurs **extractibles**, ces matières présentes en quantités plus ou moins importantes (résines, tanins, etc.) dans le bois ^[19].



Usine Horisol, Saint-Jean-Port-Joli
(Photo: Dave Tremblay)

4.2. Le bois pour réduire l'empreinte environnementale des bâtiments

Les nombreuses caractéristiques environnementales du bois en font un allié de taille dans la lutte contre les changements climatiques. Le bois est un matériau issu d'une ressource renouvelable et exploitée de manière durable au Québec. Son utilisation dans la construction de bâtiments, un domaine qui génère énormément de gaz à effet de serre, s'avère ainsi une solution pertinente.

4.2.1. Un matériau issu d'une ressource renouvelable

Contrairement à d'autres matériaux issus de ressources non renouvelables, le bois provient des arbres qui poussent dans nos forêts. Les forêts québécoises sont d'ailleurs **aménagées de façon durable**.

Ainsi, au Québec, le volume de bois récolté chaque année est bien inférieur aux possibilités forestières, qui correspondent au « volume maximum des récoltes annuelles que l'on peut prélever à perpétuité, sans diminuer la capacité productive du milieu forestier ». En 2019, la possibilité forestière dans les forêts publiques était de plus de 32 millions de m³ alors que le volume récolté était de moins de 23 millions de m³ [20].

Le Québec dispose d'un régime forestier visant à assurer un aménagement durable des forêts et, par conséquent, la pérennité du patrimoine forestier. **La certification forestière** est donc un complément au régime forestier québécois et constitue une reconnaissance supplémentaire de la qualité de l'aménagement durable des forêts. La certification forestière est un processus volontaire par lequel un organisme d'enregistrement, accrédité et indépendant, reconnaît que les pratiques de gestion forestière respectent des normes préétablies en matière d'aménagement durable des forêts.

À ce jour, plus de 90 % des forêts de tenure publique sous aménagement sont certifiées selon un des systèmes de certification forestière en vigueur, près du quart de cette superficie possédant deux certifications (SFI et FSC). Le taux de certification des forêts publiques québécoises est parmi les plus élevés au monde [39].

4.2.2. Un matériau produit et récolté localement

Les forêts sont omniprésentes au Québec. En utilisant les produits du bois dans la construction, on encourage ainsi l'**économie locale**. En effet, en plus d'être issu de nos forêts, le bois est également transformé localement. Au Québec, l'industrie des produits du bois compte environ 60 000 travailleurs en aménagement forestier ainsi qu'en transformation du bois. Le secteur forestier est présent dans plus de 900 municipalités, soit 83 % des municipalités du Québec.

4.2.3. Un matériau peu émetteur de GES

La fabrication des produits du bois émet peu de GES. La transformation des produits du bois se positionne en effet comme étant la moins émettrice par rapport aux autres matériaux de construction les plus utilisés, soit l'acier et le béton.

Pour donner une base comparative valable entre les trois matériaux, on peut comparer une poutre sur appui simple avec un cas de chargement standard (14,4 kN/m) et une portée standard (7,3 m) à l'aide du logiciel Gestimat, reconnu pour évaluer les émissions de gaz à effet de serre (GES) liées à la fabrication des matériaux de structure. Les résultats sont présentés dans le graphique suivant :

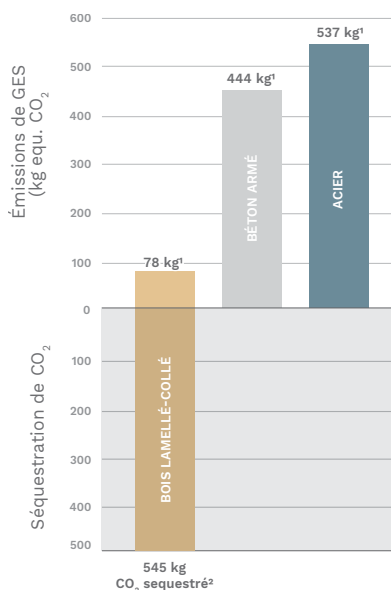
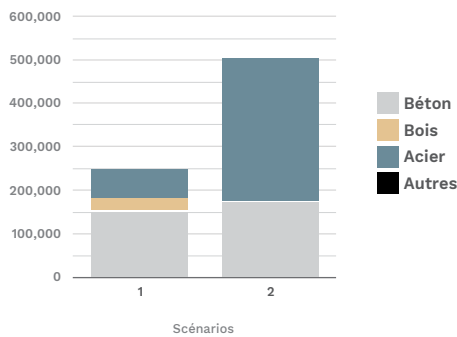


Figure 1 • Émissions de GES liées à la fabrication calculées avec Gestimat (estimées en fonction de la composition du bois pour une masse volumique de 420 kg/m³)

Il est à noter qu'on ne peut soustraire le carbone séquestré des émissions de carbone associées au bois, puisque la séquestration est relative à la durée de vie de l'ouvrage et aux moyens de disposition ou de recyclage en fin de vie. Ces deux indices sont donc indépendants. Sans même considérer la séquestration du carbone, il est tout de même possible de constater le net avantage de l'utilisation du bois par rapport aux autres matériaux de construction.

Afin de présenter les avantages environnementaux d'une structure en bois par rapport à une structure utilisant des matériaux plus émetteurs de GES, une analyse des émissions de GES a été réalisée sur un projet réel d'école primaire, à Montréal. Cette analyse a démontré que l'agrandissement en bois permettait d'éviter près de la moitié des émissions de GES liées à la fabrication des matériaux de structure, soit une réduction de **254 t éq. CO₂** ou de 104 kg éq. CO₂/m² de plancher. Cette quantité de GES évitée est l'équivalent de **200 voitures en moins sur la route pendant un an** [36].

Émissions de GES par matériau (kg éq. CO₂)



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

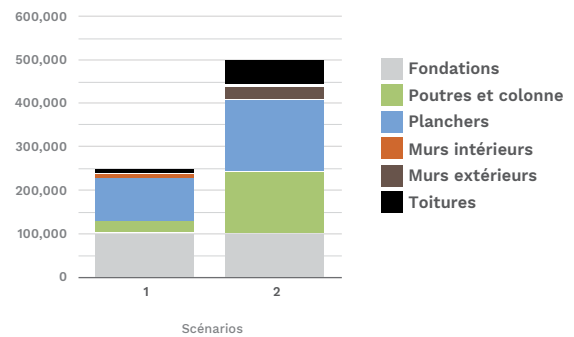


Figure 2 • Comparaison des émissions de GES attribuables à la fabrication des matériaux de structure du projet d'agrandissement en bois du pavillon Hubert-Reeves de l'école Fernand-Seguin et de son comparable en acier



Aggrandissement du pavillon Hubert-Reeves de l'école Fernand-Seguin
(Dessin : Smith Vigeant + BGLA)

La section 10. ANNEXE Analyse Gestimat du projet d'agrandissement du pavillon Hubert-Reeves de l'école Fernand-Seguin présente en détail le projet et la méthodologie de l'étude.

4.2.4. Un matériau qui séquestre le carbone

Le bois est l'un des seuls matériaux de construction à emmagasiner du carbone pendant sa croissance et à le conserver durant toute la durée de vie du bâtiment. On estime que 1 m³ de bois utilisé permet de séquestrer près d'une tonne de CO₂.

Cette caractéristique du bois s'explique par le processus de photosynthèse des arbres, desquels il est issu. Au cours de sa vie utile, l'arbre absorbe le dioxyde de carbone (CO₂) de l'atmosphère et le transforme en oxygène (O₂). L'arbre utilise ensuite le carbone (C) du CO₂ pour constituer sa matière (le bois) et croître.

Ainsi, en utilisant le bois comme matériau de construction, il est possible de prolonger la séquestration du carbone au-delà de la vie de l'arbre et de retarder les émissions de carbone dans l'atmosphère, qui se produiraient naturellement pour les arbres en fin de vie, lors d'incendie de forêt ou lorsqu'il se décompose.

4.3. Le bois, une solution flexible et polyvalente

Le Code du bâtiment permet d'utiliser largement le matériau bois dans tous les espaces des écoles primaires (salles de classe, gymnase, lieux de convergence, etc.), que ce soit en structure ou en revêtement.

La section 7. Les possibilités du Code présente en détail les possibilités d'utilisation du matériau bois dans les écoles primaires du Québec selon le Code du bâtiment.

4.4. Le bois, une solution économique et rentable

Le bois peut parfois s'avérer plus cher que d'autres matériaux de construction. Cependant, les avantages connexes d'une structure en bois, comme l'isolation thermique supérieure et la réduction des éléments de finition, peuvent rendre l'option en bois particulièrement intéressante économiquement d'un point de vue global dans un projet. De plus, la construction à ossature légère en bois est l'une des plus économiques qui soient.

4.4.1. L'ossature légère en bois, hautement économique

Le système de construction à ossature légère en bois est le plus économique qui soit, tous matériaux confondus. Ceci s'explique notamment par le fait qu'il utilise du bois de sciage (2 x 4 ou 2 x 6) et du bois d'ingénierie, des matériaux de construction abondants et économiques. La grande disponibilité des produits sur le marché ainsi que le grand nombre de fabricants assurent également une fluidité d'approvisionnement [12].

À titre d'exemple, les stations-service Ultramar ont décidé de passer de l'ossature métallique à l'ossature légère en bois en 2009. Ce faisant, elles ont constaté une réduction des coûts de construction de 28 % ainsi qu'un gain en temps de construction de 70 % [13].

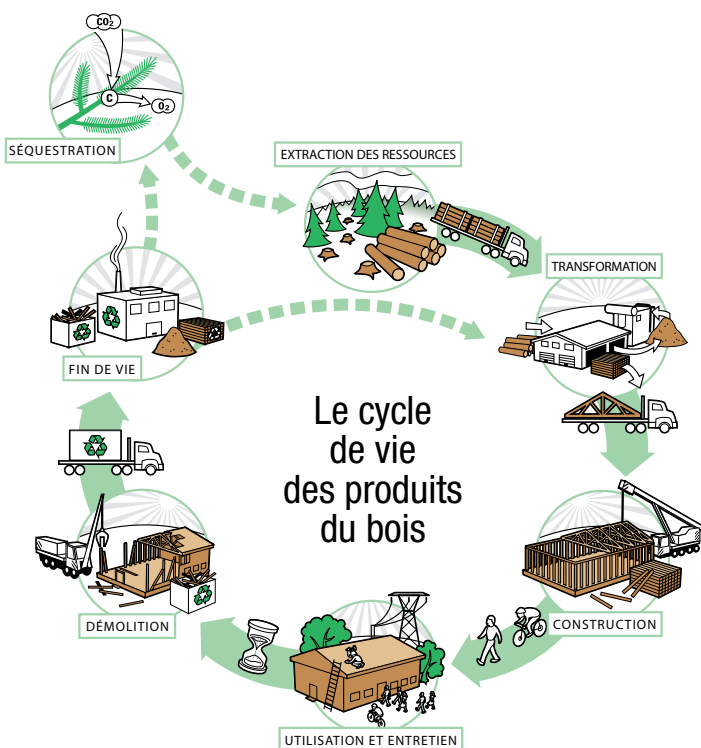


Figure 3 • Cycle de vie des produits du bois.



Ultramar, Mascouche (Photo : Maison Laprise)

4.4.2. Une installation simplifiée et rapide au chantier

En raison du haut degré de préfabrication des éléments structuraux en bois, le montage de la structure au chantier est accéléré et simplifié. Les composants sont préusinés et peuvent être assemblés facilement au chantier.



© Photo : Stéphane Groleau

4.4.3. Une isolation thermique supérieure

L'isolation thermique est souvent supérieure dans un bâtiment en bois comparativement à un bâtiment en acier ou en béton, en raison notamment de la grande capacité isolante du bois. En effet, le bois est 500 fois plus isolant que l'acier et 7 fois plus isolant que le béton. L'utilisation d'une charpente en bois réduit donc les pertes de chaleur dues aux ponts thermiques. Cette diminution du transfert de chaleur à travers les parois des bâtiments réduit la consommation d'énergie pour le chauffage et la ventilation, tout en augmentant le confort des usagers. Des murs isolés en bois permettent ainsi d'atteindre plus facilement les valeurs de résistance thermique des normes les plus strictes en matière d'efficacité énergétique.

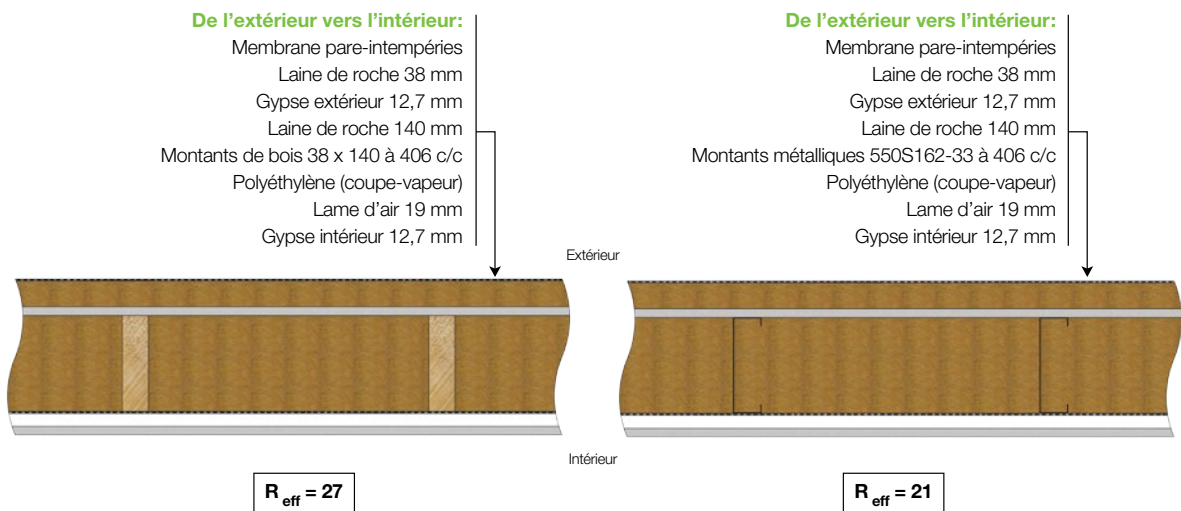


Figure 4 • Comparaison de la résistance thermique entre une ossature de bois et une ossature métallique
Source: Calcuette U-Wert (www.u-wert.net)

4.4.4. Une réduction des éléments de finition

Vu leur résistance naturelle au feu, les structures en bois lamellé-collé ou en bois lamellé-croisé peuvent être laissées apparentes, si bien qu'elles nécessitent moins d'éléments de finition que les autres systèmes structuraux. De plus, le bois laissé apparent apporte chaleur et esthétisme au bâtiment, lui procurant une valeur ajoutée.

La possibilité de laisser la structure (et la mécanique du bâtiment) apparente permet également de réduire les épaisseurs de plancher en supprimant les faux plafonds. Ceci a pour effet de donner des espaces intérieurs tout aussi hauts, mais d'économiser sur les matériaux de finition et d'enveloppe.

4.5. Le bois, un matériau durable qui traverse le temps

Le ministère de l'Éducation exige désormais une durée de vie minimale de 75 ans pour les écoles primaires. Il est tout à fait possible de préserver les éléments en bois pendant cette période, et même davantage. Lorsque les principes de protection de base sont appliqués, les bâtiments en bois peuvent devenir millénaires.

En effet, nombreux sont les bâtiments en bois qui ont su perdurer plusieurs centaines d'années. Voici quelques exemples :



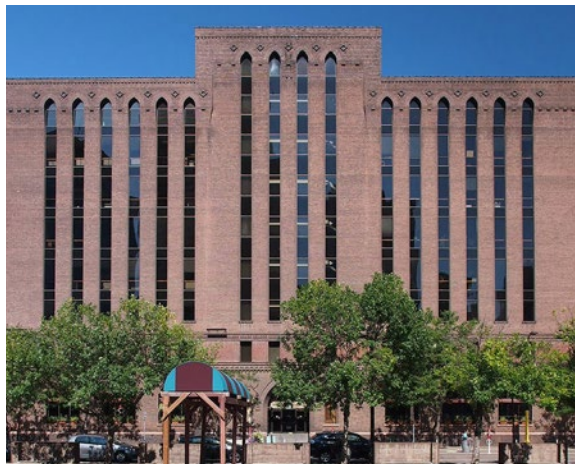
Temple Todai-ji (vers 752) (Photo: cecobois)



Temple Horyu-ji (vers 710) (Photo: 663highland)



Église Stavkirke de Heddal (vers 1250) (Photo: Micha L. Rieser)



Butler Square (1906) (Photo: McGhievr)

La section 8.1. Assurer la durabilité des structures en bois présente les principes de protection de base à appliquer pour assurer la durabilité des bâtiments en bois.

Certains produits en bois peuvent également être indiqués dans des endroits de grande circulation, comme les corridors. Par exemple, dans le cas du centre de rééducation One Kid's Place de North Bay, en Ontario, réalisé par Mitchell Jensen Architects, des rails en érable ont été installés dans le bas des murs afin d'éviter que ceux-ci ne soient endommagés par les fauteuils roulants des patients, un détail à la fois élégant et durable.

4.6. Le bois, un matériau sécuritaire

Peu importe le matériau utilisé, les constructions doivent être conformes à un certain degré de résistance au feu (60, 90 ou 120 minutes par exemple) afin de contenir l'incendie dans la pièce d'où il provient, d'en empêcher la propagation et d'ainsi permettre l'évacuation des occupants et l'intervention des pompiers. Les structures en bois ne font pas exception et doivent donc être conformes à ces exigences. D'une part, les éléments en bois de grandes dimensions résistent bien à la chaleur et peuvent parfois être laissés apparents et d'autre part, les murs à ossature légère en bois peuvent facilement atteindre le degré de résistance au feu requis grâce à un recouvrement en gypse. Une récente étude révèle d'ailleurs que le choix d'un matériau de construction n'a pas d'incidence sur le niveau de sécurité en cas d'incendie, à condition que des gicleurs et des détecteurs de fumée permettent d'offrir une protection efficace^[40].

La **résistance au feu** est un concept très important dans les bâtiments. Il est essentiel de ne pas confondre le concept de « résistance au feu » et celui d'« **incombustibilité** » des matériaux. Le **degré de résistance au feu** est défini dans le Code de construction du Québec comme « le **temps** en minutes ou en heures pendant lequel un matériau ou une construction **empêche le passage des flammes** et la **transmission de la chaleur** dans des conditions déterminées d'essais et de comportement, ou tel qu'il est déterminé par interprétation ou extrapolation des résultats d'essais comme l'exige le CNB » (Code national du bâtiment). De manière générale, l'**incombustibilité** d'un matériau est associée à la limitation de la propagation du feu. Un matériau qui ne s'enflamme pas ne peut pas contribuer à la propagation du feu^[28].

Le bois est certes un matériau combustible, mais il permet d'obtenir une bonne résistance au feu. En effet, lors d'un incendie, le bois carbonise en surface, créant une couche de carbonisation qui isole la partie résiduelle de la chaleur, comme présenté sur la **Figure 5**. Sous la couche de carbonisation, les résistances sont peu touchées. La fonction structurale des éléments en bois est donc toujours assurée, à condition que la section de bois résiduelle soit suffisante.

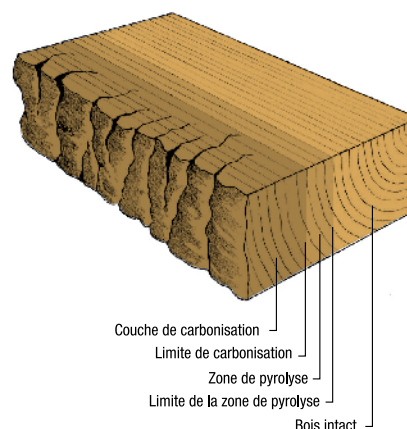


Figure 5 • Couche de carbonisation (adapté de CSA O177)

La vitesse de combustion unidirectionnelle du bois est prévisible : **0,65 mm/min**, soit environ 39 mm par heure. L'annexe B de la norme CSA O86^[29] permet ainsi aux ingénieurs de déterminer la section résiduelle des éléments en bois en condition d'incendie et de déterminer leur résistance.

D'autres stratégies peuvent être utilisées pour fournir la résistance au feu requise. L'encapsulation des éléments en bois dans des couches protectrices permet ainsi d'en retarder la combustion. Les panneaux de gypse représentent la solution la plus courante. Cette stratégie est utilisée dans la construction en ossature légère à cause des petites dimensions des éléments de bois. La législation l'exige également dans les bâtiments de grande hauteur en bois.

La section 7. Les possibilités du Code présente en détail le comportement du bois en cas d'incendie et les exigences du Code pour la construction des écoles primaires au Québec.