RAPPORT DE RECHERCHE

VARIANTES DE MURS : HABITATIONS DE FAIBLE HAUTEUR

SÉRIE SUR LES TECHNOLOGIES DU BÂTIMENT

SCHL CMHC

AU COEUR DE L'HABITATION

Canada

SCHL—Au coeur de l'habitation

La Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) est l'organisme fédéral responsable de l'habitation. Elle offre aux Canadiens un vaste choix de logements de qualité, à prix abordable.

Le Programme d'assurance prêt hypothécaire de la SCHL a aidé de nombreux Canadiens à réaliser leur rêve de posséder une maison. La SCHL offre une aide financière pour que les Canadiens les plus démunis puissent se procurer un logement convenable, à prix abordable. Par l'entremise de ses activités de recherche, la SCHL stimule l'innovation dans les domaines suivants : conception des habitations, technologie du bâtiment, urbanisme, options de logement et financement. La SCHL s'associe également avec le secteur de l'habitation et les autres membres d'Équipe Canada afin de vendre les produits et le savoir-faire canadiens sur les marchés étrangers et, ainsi, de créer des emplois ici-même, au pays.

La SCHL offre aux consommateurs et aux membres du secteur de l'habitation une vaste gamme de produits d'information susceptibles de les aider à prendre des décisions éclairées concernant leurs achats ou leurs affaires. Avec la plus vaste gamme d'information sur l'habitation et les logements au Canada, la SCHL est le plus important diffuseur d'information sur l'habitation au pays.

Par ses activités, la SCHL contribue à l'amélioration de la qualité de vie des Canadiens, dans toutes les collectivités du pays. Elle les aide à vivre dans des maisons sûres à tout point de vue. Elle est vraiment « au cœur de l'habitation ».

Les Canadiens peuvent se procurer l'information diffusée par la SCHL dans différents points de vente et dans ses bureaux régionaux.

Vous pouvez aussi communiquer avec nous par téléphone :

1 800 668-2642 (à l'extérieur du Canada : (613) 748-2003)

ou par télécopieur : 1 800 245-9274 (à l'extérieur du Canada : (613) 748-4069)

Pour nous joindre en direct, visitez notre page d'accueil à l'adresse suivante :

www.cmhc-schl.gc.ca

La Société canadienne d'hypothèques et de logement souscrit à la politique du gouvernement fédéral sur l'accès des personnes handicapées à l'information. Si vous désirez obtenir la présente publication sur des supports de substitution, composez le 1 800 668-2642.

Variantes de murs : habitations de faible hauteur

Juin 2002

Préparé par :

Sun Ridge Group

Pour :

Société canadienne d'hypothèques et de logement

La SCHL offre de nombreux renseignements relatifs à l'habitation. Pour plus d'information, veuillez composer le 1 800 668-2642 ou visitez notre site Web : www.schl.ca

This publication is also available in English under the title: *Alternative Wall Systems For Low-Rise Housing, 63009*

Cette recherche a été financée (en partie) par la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL). La qualité rédactionnelle de ce rapport, son contenu et les opinions qui y sont émises sont de l'auteur (des auteurs). La SCHL ne saurait en assumer la responsabilité et se dégage de toute obligation relativement aux conséquences résultant de l'utilisation que le lecteur pourrait faire des renseignements, des matériaux ou des techniques qui y sont décrits.

Données de catalogage avant publication de la Bibliothèque nationale du Canada

Vedette principale au titre : Variantes de murs : habitations de faible hauteur

Publ. aussi en anglais sous le titre : Alternative wall systems for low-rise housing

ISBN 0-662-87528-1
No de cat. NH15-391/2002F

1. Murs — Conception et construction.
2. Immeubles d'habitation — Conception et construction.
I. Sun Ridge Group.
II. Société canadienne d'hypothèques et de logement.

TH2235.A44 2002 690'.12 C2002-980199-0

©2002, Société canadienne d'hypothèques et de logement.
Tous droits réservés. La reproduction, le stockage dans un système de recherche documentaire ou la transmission d'un extrait quelconque de cet ouvrage, par quelque procédé que ce soit, tant électronique que mécanique, par photocopie, enregistrement ou autre moyen sont interdits sans l'autorisation préalable écrite de la Société canadienne d'hypothèques et de logement. Sans que ne soit limitée la généralité de ce qui précède, il est de plus interdit de traduire un extrait de cet ouvrage dans toute autre langue sans l'autorisation préalable écrite de la Société canadienne d'hypothèques et de logement.

Imprimé au Canada
Réalisation : SCHL

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient sincèrement les personnes et les organismes suivants pour leur précieuse contribution à la réalisation de ce projet :

Tony Mammone, ing., Plasti-Fab
Richard McGrath, ing., Cement Association of Canada
Eric Jones, Conseil canadien du bois
Peggy Lepper, Conseil canadien du bois
David Stubbs, Ontario Masonry Contractors' Association
Robert Savignac, International Log Builders' Association Intl.
Dr Kris J. Dick, ing., Département d'ingénierie des biosystèmes de l'Université du Manitoba
Jack Shields, Groupe des produits forestiers de Tembec inc.
John Law, TrusJoist a Weyerhauser Business
Ginette Dupuy, B.Arch, M.Sc.A. en aménagement
Bill Semple, Association canadienne des constructeurs d'habitations

TABLE DES MATIÈRES

Résumé 1

Introduction 7

Section 1 - Sortir des sentiers battus 9

Section 2 - Variantes de murs 17

Murs à ossature légère en acier 17
Murs en panneaux structuraux isolés 28
Murs à coffrages isolants 39
Murs à poteaux et à poutres 49
Mur en blocs de béton 58
Maisons en rondins 68
Murs en bois cordé 81
Murs en ballots de paille 91
Murs en bois usinés 103
Murs en terre 110

Section 3 - Bibliographie 121

Annexe A - Associations et personnes-ressources 127

Annexe B - Comité d'examen 128

Résumé

L'objet du présent document est de sensibiliser les constructeurs et les consommateurs canadiens aux variantes de murs en voie de s'implanter dans le domaine de la construction des habitations de faible hauteur et de leur permettre de décider de l'applicabilité de ces nouveaux systèmes à leur projets de construction domiciliaire.

Cette tendance à l'adoption de systèmes de construction différents découle de divers facteurs, comme l'épuisement des ressources forestières et les préoccupations concernant l'efficacité énergétique et les coûts de construction.

Une certaine recherche s'impose pour déterminer s'il est louable d'utiliser des murs « nouveau genre ». Comme première démarche, il faut lire le présent document et les autres publications sur le sujet, afin de bien connaître ces types de murs et les possibilités connexes. Il faut également se rendre sur les chantiers de construction où on érige de tels murs, et discuter du sujet avec le ou les constructeur(s) ou propriétaire(s) concerné(s).

L'analyse des différents types de murs peut être fondée sur plusieurs facteurs, comme le coût, l'impact du type de murs sur les installations techniques, l'efficacité énergétique, la durabilité, la résistance au feu, l'isolement, les aspects environnementaux, la qualité de l'air intérieur, la séquence des travaux de construction, la formation dans les métiers afférents, l'acceptabilité du marché et la valeur de revente, les approbations réglementaires, les approbations des programmes de garantie et les questions d'assurance.

On traite dans le présent document de dix variantes de murs : murs à ossature légère en acier, murs en panneaux structuraux isolés, murs à coffrages isolants, murs à poteaux et à poutres, murs en blocs de béton, murs en bois rond, murs en bois cordé, murs en ballots de paille, murs en bois usinés et murs en terre.

Les données qui vous sont présentées ont été recueillies par Internet, par le biais de recherches dans les bibliothèques et par l'examen de publications appropriées fournies par les associations de l'industrie. Les renseignements obtenus des constructeurs et des propriétaires avec lesquels nous avons communiqués nous ont permis d'analyser les différentes variantes. Les personnes-ressources et les sources de renseignements en question sont précisées plus loin.

Les annexes renferment la liste des associations et des organismes qui pourraient fournir de plus amples renseignements sur chacune des variantes de murs analysées. Elles contiennent également les noms des personnes qui connaissent très bien une ou plusieurs des variantes en question et qui ont bien voulu examiner le présent document avant sa publication.

Par ossature légère en acier, on entend les profilés en « C » en acier galvanisé formés à froid qui servent de solives, de poteaux et de chevrons. Ces profilés sont offerts en profondeurs et épaisseurs différentes, de façon à pouvoir profiter d'une capacité structurale accrue en optant pour une épaisseur différente sans changer la profondeur. On place habituellement le matériau isolant dans la cavité, en prenant soin d'en installer une certaine quantité à l'extérieur des poteaux pour éliminer le plus possible les ponts thermiques. Les constructeurs professionnels constituent le principal marché cible pour les habitations à ossature légère en acier.

Les éléments d'ossature légère en acier sont résistants; ils offrent également une excellente stabilité dimensionnelle et une bonne aptitude au façonnage. Ils résistent au gauchissement ou à la torsion, ce qui permet d'avoir des murs droits et des coins d'équerre. Les matériaux constituants de cette variante de murs résistent au termites. Les poteaux d'acier peuvent être prédécoupés, ce qui réduit les quantités de déchets; de plus, les déchets qui sont quand même produits peuvent être recyclés. Les poteaux d'acier sont d'ailleurs fabriqués dans une forte proportion à partir de matière recyclée.

Les murs en panneaux structuraux isolés se composent de panneaux de mousse isolante pris en sandwich entre une plaque extérieure et une plaque intérieure. On utilise habituellement des panneaux de copeaux orientés (OSB) ou du contreplaqué comme plaques intérieure et extérieure. On utilise habituellement des âmes en mousse de polystyrène expansé, de polystyrène extrudé ou de polyuréthanes. Les plaques et l'âme isolante supportent toutes les charges de l'ouvrage. La mousse isolante assure l'alignement des deux plaques, agit comme âme et joue, bien entendu, le rôle d'isolant. Les constructeurs professionnels constituent le principal marché cible pour les panneaux structuraux isolés.

Les panneaux structuraux isolés offrent une bonne efficacité énergétique et s'installent rapidement; de plus, les murs en panneaux structuraux isolés sont droits et lisses, prêts à recevoir les revêtements intérieurs et le parement extérieur. Il peuvent, par contre, être assujettis à certains limites d'exploitation lorsque les charges sont élevées ou concentrées. Ils exigent parfois une protection accrue contre l'humidité. Leur pose peut également exiger un certain supplément de formation.

Les coffrages isolants sont des blocs ou des panneaux creux de polystyrène expansé ou extrudé qu'on assemble pour donner forme au mur extérieur. Les coffrages extérieur et intérieur sont reliés par des tirants, habituellement en acier ou en plastique. L'acier d'armature est ensuite mis en place entre les coffrages avant de couler le béton dans la cavité. Les coffrages en mousse font partie intégrante du mur et assurent l'isolation de ce dernier. Les constructeurs propriétaires et les constructeurs ont manifesté de l'intérêt pour cette variante.

Les murs à coffrages isolants sont faciles à ériger, offrent une assez bonne efficacité énergétique, ont de bonnes caractéristiques de résistance au feu et d'isolement acoustique et sont très durables. Toutefois, le coût d'une maison avec des murs extérieurs à coffrages isolants est en général plus élevé de quelques points de pourcentage que celui d'une maison à ossature de bois conventionnelle. De plus, il faudra peut-être utiliser des semelles plus grandes pour supporter ces murs extérieurs de poids plus élevé.

Les murs à poteaux et à poutres sont constitués d'une charpente de poteaux ou de colonnes qui supportent des poutres horizontales. Il y a un poteau à chaque coin de l'habitation, ainsi que des poteaux à distances égales entre ces poteaux de coin pour supporter les charges du toit. En général, la charpente est laissée complètement à la vue à l'intérieur. L'installation d'une telle charpente est habituellement confiée à des constructeurs professionnels.

Non seulement les poteaux et les poutres constituent-ils les éléments de la charpente de la maison, ils permettent aux propriétaires de laisser libre cours à leur imagination en

matière de décoration intérieure, car aucun mur porteur intérieur n'est nécessaire. Le principal inconvénient de ce mode de construction découle du séchage du bois. Le retrait lié à ce séchage peut entraîner la fissuration et le déplacement des pièces en bois. Il faudra peut-être faire appel aux services d'un concepteur professionnel pour faire le calcul des pièces, tout en tenant compte, par exemple, des efforts exercés par le vent.

On n'utilise pratiquement les murs en blocs de béton que dans les bâtiments commerciaux, mais on les a déjà utilisés à l'occasion en construction domiciliaire. On les a principalement utilisés à cet égard comme systèmes de fondations, mais rien n'empêche de les utiliser comme murs en élévation. Les blocs sont posés en rangs, chaque rang reposant dans un lit de mortier. On peut installer des éléments de renforcement à l'horizontale et à la verticale pour résister aux différentes charges. On installe des blocs spéciaux au-dessus des ouvertures, de façon à pouvoir installer les éléments de renforcement supplémentaires exigés par les charges verticales à celles-ci. Il est préférable de confier l'érection de ces murs aux gens de métier qui s'y connaissent en érection d'ouvrages en maçonnerie.

Les principaux avantages des murs de blocs de béton sont leurs excellentes caractéristiques de résistance au feu et d'isolement acoustique, et leur durabilité. Leur principal inconvénient découle du fait qu'ils sont plus coûteux que les murs à ossature de bois classiques. Il y a également le fait qu'il faut habituellement confier leur érection à des gens de métier plus spécialisés et qu'il faudra, de façon générale, installer une fourrure et un isolant, ou un isolant rigide, pour assurer une isolation suffisante.

On est témoin depuis quelques années d'une certaine transition en ce qui concerne les maisons en rondins; en effet, ces maisons, qui n'étaient pratiquement utilisées autrefois que comme résidences de vacances, sont de plus en plus utilisées comme résidences permanentes, et de nos jours, la plupart des maisons en rondins sont construites pour une occupation à longueur d'année. Ce phénomène a mené à l'élaboration de structures plus grandes et plus évoluées, et à une constatation importante, à savoir que la construction d'une résidence en rondins était nettement plus complexe que la construction d'une simple maisonnette de plaisance. La construction artisanale des résidences en rondins convient particulièrement bien aux constructeurs propriétaires qui sont passés maîtres dans l'utilisation des différents outils, dont la condition physique est excellente, qui disposent de beaucoup de temps et dont la patience est à toute épreuve.

La valeur esthétique d'une maison en rondins est vraiment inestimable et rien n'est plus plaisant que d'y vivre. Avec une bonne fondation pour bien protéger le bois et une corniche profonde pour la protéger contre l'humidité, la maison en rondins offre une excellente durabilité et une durée de vie utile qui peut s'étendre sur des générations. Mais sa construction demande beaucoup d'habileté, beaucoup de temps et entraîne d'importants déboursés. De plus, les maisons en rondins demandent beaucoup plus d'entretien que les maisons en briques, à bardage en vinyle ou à parement d'aluminium.

Les murs des maisons stackwall, aussi connues sous le nom de maisons en bois cordé, en coeurs de rondins ou maisons en bois rond,

sont faits de rondins courts empilés les uns à côté des autres, un peu comme du bois de chauffage; le mur est consolidé par le ciment de mortier dont on remplit les espaces entre les rondins. L'épaisseur du mur est déterminée par la longueur des rondins, leurs extrémités étant exposées à la vue à l'intérieur et à l'extérieur. Plus souvent qu'autrement, les maisons en bois cordé sont construites par les constructeurs propriétaires et les personnes qui veulent faire des économies et qui sont sensibilisées à l'environnement.

Les principaux avantages des maisons en bois cordé sont leur coût relativement faible, la facilité avec laquelle on peut les construire, l'excellente efficacité d'utilisation des ressources à laquelle elles donnent lieu et leur harmonie avec la nature. Leur coût de construction peut être de beaucoup inférieur à celui des maisons à ossature de bois conventionnelles, la différence entre les coûts variant selon le volume de travail effectué par le constructeur propriétaire lui-même et les matériaux utilisés. Il y a deux grands inconvénients à ces maisons : leur construction est caractérisée par une forte teneur en main-d'œuvre et demande beaucoup plus de temps que la construction d'une maison conventionnelle.

Les murs en ballots de paille sont constitués de ballots de paille de blé, d'avoine, d'orge, de seigle, de riz et d'autres céréales qu'on recouvre de plâtre. Cette technique a refait depuis peu surface comme moyen peu coûteux et écologique d'érection de murs caractérisés par un coefficient d'isolation très élevé. Il y a deux techniques courantes d'érection des murs en ballots de paille, soit la technique à poteaux et à poutres et la technique pour murs portants. Les habitations à murs en ballots de paille sont adaptées à la plupart des marchés, mais, en règle générale, ce sont les constructeurs propriétaires qui les érigent.

Les maisons à murs en ballots de paille offrent de nombreux avantages, aussi bien sous les aspects de l'économie et de l'environnement, que sous celui de l'efficacité. La paille est un matériau de construction naturel abordable, qui se renouvelle chaque année. Toutefois, il est extrêmement important d'avoir le souci du détail durant et après la construction pour éviter les problèmes d'humidité. La haute teneur en humidité des ballots favorise la croissance des champignons, lesquels peuvent entraîner la décomposition de la paille dans le mur même. Cette technique d'érection des murs étant relativement récente, il n'est pas dit qu'elle sera reconnue d'emblée par les représentants du code du bâtiment ou qu'elle sera adoptée sans difficulté dans le cadre des programmes de garantie et par l'industrie de l'assurance-habitation.

Les murs en bois usiné sont semblables aux murs à ossature de bois classiques, sauf qu'on y a remplacé les poteaux de bois d'œuvre classiques aux dimensions courantes par des poteaux en bois usiné. Comme pièces en bois usiné, on utilise, par exemple, des poutrelles en « I », des poteaux à entures multiples, ainsi que des éléments en bois de longs copeaux lamellés (LSL) et en bois de copeaux parallèles (PSL). Les pièces en LSL et PSL sont habituellement utilisées comme poutres, comme colonnes et comme linteaux. Les poutrelles en « I » sont surtout utilisées comme éléments de plancher, et les propriétés de structure des poteaux à entures multiples sont semblables à celles des poteaux en bois d'œuvre aux dimensions courantes.

Les pièces en LSL et en PSL peuvent être découpées et coupées selon les besoins. Les pièces en bois usiné offrent une résistance

supérieure à celle des pièces en bois de dimensions courantes. On peut remplacer les poteaux usuels par des pièces en LSL, mais les pièces en PSL ne sont pas vraiment faites pour être utilisées comme poteaux. Les poteaux à entures multiples sont faits de courtes longueurs de bois de dimensions courantes assemblées à l'aide de colle.

Ce qui rend vraiment intéressant les murs à poteaux en bois usiné, c'est l'uniformité qui caractérise le matériau, c'est-à-dire l'assurance d'avoir des murs très droits qui ne souffriront ni du gauchissement, ni de la torsion. De plus, le LSL peut être utilisé pour les murs de grande hauteur, sans avoir à modifier les dimensions et l'espacement exigés avec les éléments en bois de dimensions courantes et tout en offrant l'avantage de pouvoir très bien résister aux charges combinées, à savoir la résultante des charges axiales et des charges dues au vent. Le principal inconvénient des murs en bois usiné est leur coût. En effet, le coût des poteaux utilisés pour ce genre de mur peut atteindre le double du coût des poteaux de bois classiques.

Les techniques de construction d'habitations aux murs en terre, qu'il s'agisse de murs en pisé de terre, en blocs de terre comprimée, en adobe, en torchis ou en merlons, sont très anciennes. Les murs en pisé de terre sont faits de terre humectée mélangée à du ciment qu'on presse dans des coffrages, un peu comme du béton qu'on coulerait sur place, pour y durcir. Les blocs de terre comprimée se prêtent à la fabrication sur place à l'aide de toutes sortes de machines à façonner des briques. On utilise ensuite la même terre dans le mortier qui servira à ériger le mur de blocs. Les constructeurs propriétaires dont l'objectif est de se construire une maison en utilisant des matériaux indigènes, recyclables, peu coûteux et moins dommageables pour l'environnement, constituent le principal marché cible pour les habitations à murs en terre.

Les principaux avantages des habitations aux murs de terre sont leurs excellentes masse thermique et hygroscopicité. Grâce à leur forte épaisseur, les murs en pisé de terre isolent très bien l'intérieur de l'habitation des extrêmes de température extérieure. Les murs en terre absorbent l'excès d'humidité de l'air et la libèrent lorsque l'air est trop sec. Comme autres avantages, ces habitations sont très durables, demandent peu d'entretien extérieur, offrent d'excellentes caractéristiques de résistance au feu et d'isolement acoustique, et résistent très bien aux prédateurs du bois, aux champignons et à la pourriture. Toutefois, elles ne conviennent pas à tous les climats et à tous les emplacements. En outre, le coût initial des habitations aux murs en pisé de terre est supérieur à celui des maisons à ossature de bois classiques.

Introduction

L'objet du présent document est de sensibiliser les constructeurs et les consommateurs canadiens aux principales variantes de murs non exclusives qui pourraient s'appliquer à la construction des habitations de faible hauteur. On vise également à permettre à ces personnes de décider, à la suite d'une étude plus approfondie, de l'applicabilité de ces nouvelles variantes à leur projets de construction domiciliaire.

Les consommateurs et les constructeurs canadiens ne sont peut-être pas conscients de tout l'éventail de variantes de murs possibles. Nombreux sont les constructeurs hésitants à expérimenter de nouvelles idées et de nouvelles techniques, en raison des risques potentiels qui s'y rattachent. Ils préfèrent plutôt attendre qu'on leur démontre l'efficacité, la rentabilité et la qualité marchande de ces techniques.

Bon nombre de ces variantes de murs offrent des avantages, comme les faibles coûts de construction et l'exploitation de matériaux disponibles sur place. Mais les variantes peuvent également comporter certains inconvénients, comme de plus longs délais de construction et une plus forte teneur en main-d'œuvre. Les renseignements que contient ce document permettront aux consommateurs et aux constructeurs de comparer les variantes sous leurs différents aspects.

Le présent document aidera les constructeurs à peser le pour et le contre des différentes variantes de murs, en ce qui touche les répercussions que celles-ci pourraient avoir sur leurs entreprises. Il aidera le consommateur canadien à acquérir les connaissances qui lui permettront des décisions éclairées concernant la variante de murs qui lui convient.

À la première section, on traite de certains des facteurs sur lesquels peut être fondée l'analyse des différentes variantes. Ces facteurs varient des aspects environnementaux aux approbations réglementaires, et de la séquence des travaux aux questions d'assurance. Il faut tenir compte de tous ces facteurs avant d'opter pour une variante particulière, certains d'entre eux pouvant avoir une incidence importante sur le coût ou le processus de construction.

Les 10 variantes de murs envisagées, soit les murs à ossature légère en acier, les murs en panneaux structuraux isolés, les murs à coffrages isolants, les murs à poteaux et à poutres, les murs en blocs de béton, les murs en rondins, les murs en bois cordé, les murs en balles de paille, les murs en bois usiné et les murs en terre, sont décrites à la deuxième section. Il convient de remarquer qu'il existe de nombreuses autres variantes de murs dont on n'a pas traité ici; c'est le cas, par exemple, des versions mixtes constituées d'éléments des murs usuels et des variantes analysées dans le présent document.

On traite de chaque variante sous les aspects suivants : principal marché cible; principaux avantages; principaux inconvénients; aspects structuraux; matériaux; ordonnancement des travaux; besoins en main-d'œuvre et en matériel; incidence sur les installations techniques; souplesse de calcul; points clés en matière de construction; coûts de construction; efficacité énergétique; durabilité; résistance au feu et isolement acoustique; incidence sur la qualité de l'air intérieur; les aspects environnementaux; obstacles réglementaires; incidence sur la garantie et les assurances; acceptabilité du marché et valeur de revente; potentiel d'exportation et contraintes géographiques.

De façon à pouvoir comparer les variantes de façon cohérente, les sections et les analyses des différents modes de construction ne traitent que des murs mêmes. Bien que les modes de construction en question puissent s'appliquer, par exemple, aux fondations, aux planchers et aux toits, notre analyse ne porte que sur les murs en élévation extérieurs.

La bibliographie afférente à l'ouvrage est présentée à la troisième section. Les données sur chacune des variantes ont été recueillies par le biais de recherches dans les bibliothèques et par Internet. Notre analyse des différentes variantes est fondée sur les renseignements qu'ont bien voulu nous fournir les constructeurs et les propriétaires. Les personnes-ressources et les sources de renseignements en question sont précisées.

Les annexes renferment la liste des associations et des organismes qui pourraient fournir de plus amples renseignements sur chacune des variantes de murs analysées. Elles contiennent également les noms des personnes qui connaissent très bien une ou plusieurs des variantes en question et qui ont bien voulu examiner le présent document avant sa publication.

Sortir des sentiers battus

Le besoin de disposer de maisons sûres à coût abordable a pris naissance avant le tournant du siècle dernier. Malgré le fait que les codes de construction des habitations et des bâtiments où travaillaient les gens étaient pratiquement inexistants à l'époque, les ouvrages étaient en général sûrs et pratiques. On construisait habituellement les bâtiments en se servant des matériaux rapidement et facilement utilisables.

Le bois brut de sciage toutes longueurs non classifié a été peu à peu remplacé par des pièces aux dimensions plus petites, corroyées, classifiées et produites en série. Les règles de classement des industries locales se sont transformées graduellement en règles nationales, qu'on a fait accorder avec les normes industrielles américaines pour les adapter à un marché nord-américain. L'efficience d'échelle et l'adoption des panneaux de bois, aspects qui ont eu une incidence sur la hauteur des plafonds, ont mené à la spécialisation des longueurs de bois d'œuvre pour réduire le plus possible le coupage sur place.

Au cours des dernières années, il y a eu un regain d'intérêt dans les matériaux d'antan, ainsi que dans le développement de nouveaux matériaux de construction. Le moment est venu de reconnaître, du moins dans une certaine mesure, la valeur intrinsèque de ces anciens modes de construction.

Quiconque ose proposer un matériau de construction qui sort quelque peu de l'ordinaire risque d'être tourné en dérision, de se couvrir de ridicule. Même si on possède une certaine expérience, on n'a parfois que des notions anecdotiques des variantes de charpente possibles. Bien sûr, cela permet de comprendre jusqu'à un certain point la nature même de ces variantes, mais ne suffit pas pour prendre une décision éclairée.

Une certaine recherche s'impose pour déterminer s'il est louable d'utiliser des murs « nouveau genre ». Comme première démarche, il faut lire le présent document et les autres publications sur le sujet, afin de bien connaître ces types de murs et les possibilités connexes. Il faut également se rendre sur les chantiers de construction où on érige de tels murs, et discuter du sujet avec le ou les constructeurs concernés. Il est également important d'obtenir l'avis des propriétaires d'habitations qui comportent de telles variantes de murs. Internet permet d'avoir accès à d'excellentes sources de renseignements. Il est important, bien sûr, de consulter les sites Web des différents groupes de l'industrie, mais on a également accès à certains sites aux observations des consommateurs concernant les aspects positifs et négatifs de l'utilisation de ces murs.

L'analyse des différentes variantes de murs doit être fondée sur plusieurs facteurs. Voici un aperçu de ces différents facteurs.

Coût

Il faut déterminer, bien sûr, les coûts des matériaux, de la main-d'œuvre et du matériel avant d'entreprendre tout projet de construction. Le coût des matériaux peut varier sensiblement d'une variante de murs à l'autre et pour une même variante. Par exemple, le prix des ballots de paille sera sûrement très bas après les récoltes dans une région à céréales. Il sera assurément beaucoup plus élevé dans une

région où on produit peu de paille, et il faudra peut-être opter dans une telle région pour d'autres variantes de murs moins coûteuses. Les coûts de la main-d'œuvre peuvent être difficiles à établir, car, pour certaines variantes, tout le travail ou une bonne partie de celui-ci peut être effectué par le constructeur propriétaire. Mais cela s'applique également à l'érection des murs à ossature de bois classiques. On tire, bien sûr, satisfaction à construire soi-même sa maison et, dans un tel cas, on ne tiendra peut-être pas compte de l'épargne réalisée en main-d'œuvre dans le coût de construction. Certaines variantes sont caractérisées par une forte teneur en main-d'œuvre et le coût afférent peut être très élevé si on fait appel à la sous-traitance.

La courbe d'apprentissage caractéristique de certaines des variantes de murs peut également avoir une incidence non négligeable sur le coûts de la main-d'œuvre. Certains corps de métier seront peut-être appelés à effectuer des travaux pour lesquels ils n'ont aucune expérience. En règle générale, lorsque les corps de métier ont à travailler avec de nouveaux matériaux ou à ériger des ouvrages avec lesquels ils ne sont pas familiers, ils surestiment les coûts pour tenir compte des impondérables.

Un monteur de charpente sera peut-être appelé à assembler l'ossature d'une maison en acier, même s'il n'a jamais travaillé avec le genre de matériau utilisé ou n'a jamais utilisé les outils ou les fixations nécessaires. Dans un tel cas, la construction de la première ou de la deuxième maison entraînera vraisemblablement des coûts de main-d'œuvre nettement plus élevées que pour les maisons subséquentes.

Incidence sur les installations techniques

Les variantes de murs peuvent donner lieu à des problèmes de mise en place des installations techniques, comme la plomberie et les installations électriques. Les cavités nécessaires à ces installations pouvant faire défaut, il faudra peut-être mettre celles-ci en place à des endroits différents ou modifier la variante de murs envisagée.

Les variantes de murs peuvent également avoir une incidence au niveau des interfaces avec les autres éléments intérieurs de la maison. Par exemple, dans une maison classique à ossature de bois, on fixe les armoires de cuisine aux murs, mais dans une maison aux murs en ballots de paille, on ne dispose pas d'une face rigide ou d'un matériau plein pour les fixer. Il faut prévoir ces détails et en tenir compte aux premiers stades de la construction, afin d'éviter les complications ultérieures. Des considérations semblables s'appliquent aussi aux revêtements intérieurs et extérieurs et à l'augmentation de coût que peut entraîner leur pose; on peut même se poser la question, à savoir si certains revêtements peuvent vraiment être utilisés avec certains types de murs.

Efficacité énergétique

En règle générale, les variantes de murs permettent d'obtenir une efficacité énergétique comparable à celle des murs à ossature de bois classiques, mais il se peut que certaines variantes exigent certaines particularités ou certains matériaux supplémentaires pour obtenir cette même efficacité. D'autre part,

l'efficacité énergétique constitue un des points forts d'autres variantes. Il faut examiner les questions de ponts thermiques, d'étanchéité à l'air et d'indice global d'isolation pour chaque variante. Il est important ici de se fonder sur des données d'essais valides et sur des renseignements provenant de sources indépendantes. Les valeurs d'efficacité énergétique gonflées, en ce qui concerne l'isolation ou l'étanchéité à l'air, peuvent être réalistes en milieu conditionné, mais ne sont peut-être faciles à atteindre sur le terrain.

Non seulement l'efficacité énergétique est-elle importante pour réduire les dépenses de l'occupant, elle joue également sur l'incidence que peut avoir l'habitation sur l'environnement. Moins on consomme de l'énergie pour chauffer ou climatiser la maison, moins on libère du bioxyde de carbone dans l'atmosphère et moins on contribue au réchauffement de la planète.

Durabilité

Par durabilité, on entend la capacité d'une structure qui n'est assujettie qu'à un entretien périodique de conserver un comportement convenable dans le temps. Les maisons devraient durer plusieurs décennies sans réparations ou améliorations importantes. Pourvu qu'elles soient érigées selon les règles, les nouvelles variantes de maison devraient en général être au moins aussi durables que les maisons de type conventionnel. La sélection de matériaux, leur installation et leur entreposage et manutention sur place peuvent avoir une incidence sur leur comportement à court terme et à long terme. Par exemple, certains ouvrages peuvent être plus affectés par les hauts degrés d'humidité ou d'autres facteurs environnementaux.

Résistance au feu

Les variantes de murs n'ayant fait l'objet d'aucun essai de résistance au feu, il faut donc se fonder dans certains cas à cet égard sur des données non scientifiques. Les maisons unifamiliales n'ont pas à être cotées pour leur résistance au feu, mais l'inflammabilité des matériaux et leur résistance au feu et à la déformation comme éléments de charpente durant un incendie peuvent jouer un rôle dans la décision d'opter pour une variante de murs plutôt qu'une autre. Cet aspect est particulièrement important dans les régions éloignées ou aux endroits où le service d'incendie est situé à une certaine distance.

Isolement acoustique

La transmission du son dépend des vibrations du mur, des fuites d'air à travers les murs et du bruit transmis latéralement. On connaît bel et bien le comportement acoustique de certains types de murs, comme les murs à ossature de bois, les murs à charpente d'acier et les murs en blocs de béton, mais aucun essai n'a encore été effectué sur bon nombre d'autres types de murs. Il faudra donc se fonder sur les observations des propriétaires ou des constructeurs, si l'isolement acoustique constitue un facteur important au moment de choisir une variante de murs particulière.

Aspects environnementaux

C'est en raison, entre autres, de leur préoccupations environnementales que certains constructeurs d'habitations envisagent d'utiliser des méthodes de construction de rechange, pour lesquelles

tous les matériaux sont issus dans une certaine mesure des ressources naturelles. En ce qui concerne certains matériaux et certains systèmes, le principal impact environnemental découle de la consommation d'énergie nécessaire pour chauffer ou climatiser la surface habitable. L'impact environnemental de certains autres matériaux et certains autres systèmes est aussi lié à ces besoins énergétiques, mais découle également de l'énergie nécessaire pour fabriquer ces matériaux et ériger ces systèmes.

L'efficacité d'exploitation des ressources peut jouer un rôle dans le choix d'un système de construction. Par efficacité d'exploitation des ressources, on fait référence à l'énergie et aux ressources utilisées pour extraire, élaborer et transporter les matériaux de construction au chantier, ainsi que la totalité des ressources utilisées durant la construction. Il faut tenir compte de tous les aspects, depuis l'utilisation des ressources renouvelables aux quantités de déchets sur place, sans oublier le procédé de fabrication. Il faut retracer plusieurs étapes du procédé, car les quantités de déchets peuvent être faibles au chantier, mais relativement fortes à l'usine.

L'impact sur l'environnement propre aux variantes de murs varie énormément d'une variante à l'autre. Il faut tenir compte à cet égard de l'épuisement des ressources, de leur renouvellement, de la quantité de déchets produits sur place, de l'efficacité énergétique du système, de la quantité de combustible nécessaire pour chauffer et climatiser la maison et de la longévité de celle-ci.
Il faut également tenir compte des modalités d'élimination de l'ouvrage à la fin de sa vie utile, sans oublier les aspects de recyclabilité et de réutilisation des matériaux en un produit qui sera tout aussi utile qu'avant.

Ces facteurs étant influencés par les autres éléments de la maison, il sera vraisemblablement difficile de leur attribuer un poids absolu. Par exemple, selon leur nature et leur efficacité, les installations de chauffage et de climatisation ont un effet tout au moins aussi important que la résistance thermique des murs sur les quantités de gaz à effet de serre qui sont produits. De plus, même si les matériaux qui entrent dans la fabrication des murs ne soient pas biodégradables ou recyclables pour le moment, rien ne dit qu'on ne découvrira pas plus tard de nouvelles méthodes pour les recycler.

Qualité de l'air intérieur

Les propriétaires-occupants se soucient plus que jamais de la qualité de l'air à l'intérieur de leur maison. En raison des risques accrus d'exposition aux produits chimiques et aux toxines liés à l'utilisation de matériaux de construction manufacturés, on cherche à utiliser de plus en plus des matériaux naturels ou inertes. Néanmoins, il existe certains matériaux naturels qui peuvent affecter la qualité de l'air ou provoquer des allergies.

Les objectifs d'amélioration de l'efficacité énergétique et de réduction des fuites d'air ont donné lieu à l'installation de pare-air de qualité supérieure dans la plupart des nouvelles maisons. En isolant mieux ainsi l'intérieur de la maison des matériaux constituants des murs et en utilisant un système de ventilation approprié, on peut profiter plus facilement d'une meilleure qualité de l'air intérieur. L'analyse des différentes variantes de

murs doit porter, entre autres, sur leur étanchéité à l'air, sur leur capacité de régulation de l'environnement intérieur, ainsi que sur l'incidence qu'elles pourraient avoir sur cet environnement, en raison, par exemple, des émanations gazeuses des matériaux constituants des murs, de la stimulation par ces matériaux de la croissance de moisissures ou des autres effets nocifs que ceux-ci pourraient avoir sur la santé des occupants.

La qualité de l'air à l'intérieur d'une habitation ne dépend pas que des éléments de charpente utilisés. En effet, les autres éléments constituants des murs extérieurs, comme le matériau isolant, le calfeutrage, le revêtement, la peinture, les produits de préservation du bois, etc., peuvent affecter la qualité de l'air à l'intérieur. Les contaminants peuvent également s'introduire à l'intérieur par les ouvertures des fenêtres et des portes, par les prises d'air de ventilation ou par les pénétrations.

L'humidité qui s'infiltre dans le mur peut contribuer à la dégradation des matériaux et à la croissance de moisissures. Les murs qui attirent les parasites peuvent exiger des mesures d'atténuation, comme l'utilisation de pesticides, ce qui contribue à réduire la qualité de l'air intérieur.

En installant un pare-air continu bien étanche sur la face intérieure du mur, on arrive à vraiment réduire l'infiltration de contaminants à l'intérieur de la maison.

En règle générale, les murs qui ne permettent pas de lutter efficacement contre l'humidité sous forme de liquide ou de vapeur, quelle qu'en soit la source, peuvent avoir un mauvais effet sur la santé des occupants. Il faut également éviter de choisir et d'utiliser des matériaux qui peuvent donner lieu à des émanations gazeuses à l'intérieur de la maison. Il incombe au constructeur de choisir ces matériaux en conjugaison avec le système de construction utilisé. Il n'y a pas que les pare-air étanches placés à proximité de la face intérieure du mur qui permettent de bien isoler l'environnement intérieur de l'environnement extérieur, il y a également les installations hybrides. En ce qui concerne les personnes hypersensibles aux polluants, il faut être vigilant dans le choix de tous les matériaux, selon leur emplacement dans le mur.

Ordonnancement des travaux

Bon nombre de constructeurs sont passés maîtres dans l'art d'ordonnancer l'arrivée au chantier et le départ de celui-ci des différents corps de métier et les différentes personnes de métier connaissent également l'ordre dans lequel elles devront se présenter sur place pour faire leur travail. Les poseurs de plaques de plâtre savent fort bien qu'il leur faut attendre qu'on pose le matériau d'isolation pour pouvoir commencer leur travail, les poseurs de matériau d'isolation savent que les installations électriques doivent être en place avant de commencer, etc.

Selon la variante de murs, certains corps de métier devront peut-être se rendre plus d'une fois au chantier et il faudra peut-être modifier l'ordre selon lequel ils doivent s'y présenter. Par exemple, il se pourrait fort bien que le plombier ait à choisir l'emplacement de certains tuyaux ou à les installer avant qu'on ne termine l'érection d'un mur à coffrages isolants, ou encore que les spécialistes en revêtement intérieur aient à installer certains éléments d'appui aux premiers stades de la construction.

Formation dans les métiers afférents

En règle générale, les constructeurs ne seront aucunement familiers avec bon nombre des variantes de murs envisagées et il faudra faire appel aux services d'un autre « expert » pour leur donner, ainsi qu'aux corps de métier, la formation nécessaire. Les fonctions d'expert pourraient être remplies par le représentant d'un fournisseur ou d'un fabricant, ou par un professionnel de la conception technique, comme un ingénieur ou un architecte.

En assurant la formation des personnes concernées avant le début des travaux, on réalise habituellement d'importantes économies de main-d'œuvre et on réduit sensiblement les erreurs qui peuvent être commises sur place. Il faut bien sûr composer avec une courbe d'apprentissage, qui fait que la composante main-d'œuvre de la première ou de la deuxième maison sera nettement plus intense que pour les maisons subséquentes. Cette formation doit non seulement s'adresser aux personnes qui prendront part directement à l'érection de la variante, mais bien aux autres corps de métier concernés et aux agents du bâtiment.

Acceptabilité du marché et valeur de revente

Les variantes de murs qui sont mieux connues des gens seront plus rapidement et plus facilement acceptées que les autres. Prenons, par exemple, ces maisons qui font partie de notre histoire, à savoir les maisons en rondins. On est témoin depuis quelques années d'un certain changement en ce qui concerne ces maisons; en effet, elles n'étaient pratiquement utilisées autrefois que comme résidences de vacances, mais sont de plus en plus utilisées maintenant comme résidences permanentes, ce qui a donné lieu à la construction de maisons en rondins plus grandes et de meilleure qualité. Cette consécration a donné lieu à l'acceptation de ce type de maison par le marché canadien.

D'autre part, les maisons en bois cordé et les maisons à murs en terre et en ballots de paille sont rares et on peut affirmer que la majeure partie de la population est dans le noir au sujet de ces maisons. On a peut-être l'impression que les matériaux auxquels on réfère ne sont pas assez solides pour être utilisés comme matériaux de construction ou ne sont pas très efficaces sur le plan énergétique. Certains autres types de murs, comme les murs en blocs de béton, n'ont pratiquement toujours été utilisés que pour les bâtiments commerciaux et sont peut-être vus comme étant suraménagés et trop coûteux pour pouvoir être utilisés en construction résidentielle.

Le plus souvent, c'est le constructeur propriétaire qui n'a aucunement l'intention de vendre sa maison, du moins à brève échéance, qui adoptera le nouveau mode de construction. Toutefois, tôt ou tard, la maison sera transmise à la génération suivante ou sera vendue.

L'ignorance du public peut entraîner un manque d'intérêt de la part des acheteurs ou une diminution sensible de la valeur marchande d'une telle maison. De l'avis de bon nombre de personnes, le fait de posséder sa propre maison constitue un petit coussin pour la retraite; il est donc important de bien se pencher sur la valeur marchande future d'une maison « nouveau genre » avant de la construire ou de la faire construire. Comme

autre aspect important, il y a l'acceptation future par le marché des variantes de murs, car la valeur marchande d'une maison « nouveau genre » pourrait augmenter énormément si jamais la variante de murs utilisée vient à être acceptée au fil du temps.

L'inspection d'une maison « nouveau genre » par un professionnel avant l'achat de celle-ci peut également contribuer à dissiper les inquiétudes de l'acheteur éventuel concernant la variante de murs utilisée. Il convient de remarquer que les inspecteurs professionnels ne connaîtront peut-être pas certaines des variantes et hésiteront alors à en faire l'évaluation.

Approbations réglementaires

Il existe des codes de construction à la grandeur du pays et, règle générale, c'est aux municipalités locales qu'il incombe de les faire respecter. On délivre les permis en se fondant sur les plans et sur le respect des codes afférents. C'est le Centre canadien de matériaux de construction (CCMC) qui évalue les nombreux produits et systèmes novateurs utilisés dans les maisons. Les évaluations faites par le CCMC peuvent être très utiles lorsque vient le moment d'obtenir les permis des autorités de la construction. Certaines variantes de murs se situent à l'extérieur du champ d'application de la Partie 9 du Code national du bâtiment. Bon nombre de municipalités exigeront peut-être qu'on fasse appel aux services d'un professionnel de la conception technique (architecte ou ingénieur) avant d'approdonnéeser un ouvrage, et ce même si les données d'expertise du CCMC sont disponibles. On peut s'attendre à ce que l'on ait à faire appel aux services de professionnels de la conception technique pour tous les systèmes de construction novateurs.

L'inspection du bâtiment même pourra être à l'origine de difficultés. En effet, les inspections sont menées en se fondant sur le code du bâtiment en vigueur et les variantes de murs peuvent s'écarter de la norme sous plusieurs aspects. On sera alors porté à conclure à une lacune, même si la variante en question est intrinsèquement acceptable. Comme exemple de difficulté, il y a la question à savoir si les variantes de murs devraient comprendre un pare-air ou un pare-vapeur semblable à celui qu'on utilise pour les murs conventionnels. Il faut analyser toute variante par rapport aux modes de construction établis et obtenir les approbations nécessaires avant d'entreprendre la construction.

Le nouvel ordonnancement des travaux au chantier peut également créer des difficultés en ce qui concerne les inspections. Il faudra peut-être prévoir des inspections supplémentaires ou en modifier la séquence selon la variante de murs érigée.

Approbation des programmes de garantie

Au Canada, les programmes de garantie varient selon la province. Dans certaines provinces, la garantie offerte par un tiers indépendant est obligatoire pour les constructeurs, tandis qu'elle est facultative dans les autres provinces. En règle générale, les programmes de garantie conventionnels ne s'appliquent pas aux constructeurs propriétaires.

Toute personne qui désire profiter d'une garantie quelconque pour une maison aux

murs « inédits » devrait obtenir une attestation préalable à cet effet du prestataire de la garantie. En général, cette attestation n'est consentie que si la maison est conforme au code du bâtiment, ce qui ne devrait pas causer de problème, car le constructeur est le principal garant du produit; le prestataire de la garantie ne fait que se rendre caution du constructeur et du propriétaire, au cas où le premier omettrait et serait dans l'impossibilité de remédier à un vice majeur.

Assurance

On associe habituellement l'assurance des biens à l'assurance contre l'incendie, mais il y a de nombreux autres aspects à considérer, comme la protection contre les tremblements de terre, les inondations et les autres types d'intempéries. De plus, l'assurance responsabilité fait souvent partie du régime d'assurance. S'il y a un prêt hypothécaire, on doit habituellement disposer d'une certaine forme d'assurance pour protéger l'investissement. S'il n'y a aucune forme de financement, il n'est pas vraiment nécessaire mais fortement recommandé d'assurer son bien.

Avant de s'assurer, il faut bien sûr s'enquérir du montant des primes, voire de l'assurabilité de la maison. Les sociétés d'assurances n'ont certainement pas beaucoup d'expérience en matière de sinistres liés à certaines des variantes de murs, ce qui pourrait donner lieu à une augmentation des primes ou, dans certains cas, à un rejet de la demande d'assurance.

Selon toute vraisemblance, les primes ne devraient pas s'écarter des primes exigées pour les habitations à ossature régulière, à l'exception des maisons en bois cordé, des maisons aux murs en ballots de paille et des maisons aux murs en terre, qui pourraient être déclarées non assurables dans certains cas. Si un constructeur de bonne foi construit des maisons en bois cordé, des maisons aux murs en terre, voire des maisons aux murs en ballots de paille, il n'est pas dit que celles-ci ne pourront être assurées sans supplément par rapport aux primes demandées pour une maison à ossature de bois.

Section 2 - Variantes de murs

Murs à ossature légère en acier

Introduction

Par ossature légère en acier, on entend les profilés en « C » en acier galvanisé et galvalume[MD] formés à froid qui servent de solives, de poteaux et de chevrons. Bien entendu, on ne traite dans le présent document que des murs à ossature légère en acier. Ces profilés d'acier sont offerts en profondeurs et épaisseurs différentes, de façon à pouvoir profiter d'une capacité structurale accrue en optant pour une épaisseur différente sans changer la profondeur.

Il y a également comme autres éléments de charpente dont il faut tenir compte les pièces d'entretoisement et de contreventement, et les linteaux. On utilise des solives placées dos à dos comme linteaux. Le contreventement est assuré par des brides plates à l'extérieur des murs et des connecteurs à la fondation.

On place habituellement un matériau isolant dans la cavité du mur, en prenant soin d'en installer une certaine quantité, selon le climat, à l'extérieur des poteaux pour éliminer le plus possible les ponts thermiques.

Principal marché cible

En raison de la courbe d'apprentissage nécessaire et du niveau d'efficacité atteint après avoir construit un certain nombre d'habitations à ossature légère en acier, les constructeurs constituent le principal marché cible pour ces maisons. Ceux-ci peuvent investir dans les programmes de formation qui sont mis à leur disposition par l'entremise de leurs fournisseurs et de l'Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment (ICTAB). Le constructeur propriétaire ne peut vraiment réaliser des économies en investissant dans l'apprentissage de la technologie, mais peut tout de même profiter de ces connaissances.

Photo gracieuseté de Ken Sexton

La part de marché pour cette variante de murs est plutôt relativement faible, mais on construit de plus en plus de maisons aux murs à ossature légère en acier chaque année. D'après l'Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment, il s'est construit en 1999 au Canada près de 850 maisons aux murs à ossature légère en acier dont environ 750 d'entre elles dans la région du Grand Toronto.

Principaux avantages

Les profilés en acier d'ossature de mur de longueur équivalente sont plus légers que les éléments d'ossature en mois massif. Il est donc plus facile de manipuler les ossatures en acier assemblées que les ossatures de bois assemblées.

Les éléments d'ossature en acier sont droits à leur sortie de l'usine et, si le mur a été bien érigé, il résistera au retrait, à la fissuration ou au gauchissement, d'où un nombre inférieur de fissures et de clous qui se soulèvent. Il en résultera donc moins de rappels. En outre, l'ossature en acier n'est pas touchée par les termites ou les autres organismes nuisibles.

Le Centre canadien de matériaux de construction (CCMC) vient tout juste de terminer son évaluation technique des ossatures légères en acier pour la construction résidentielle. En se fondant sur les tableaux des portées et des hauteurs élaborés par l'industrie et sur un guide de montage, le constructeur ou le constructeur propriétaire peut choisir les éléments d'ossature aux dimensions qui conviennent à l'ouvrage à ériger sans l'aide d'un professionnel de la conception technique.

Les lignes directrices récemment élaborées par le Centre canadien de matériaux de construction (CCMC) permettent au constructeur de construire une maison selon les paramètres établis sans la participation d'un ingénieur.

Principaux inconvénients

Une certaine formation dans les métiers sera nécessaire si des charpentiers participent à l'érection des maisons aux murs à ossature légère en acier. En plus d'avoir à utiliser des outils avec lesquels ils ne sont pas familiers, ceux-ci devront se familiariser avec les techniques d'érection des ossatures en acier. Les programmes de formation élaborés par l'Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment sont maintenant disponibles.

Les murs devront être conçus et érigés de façon à éliminer le plus possible les ponts thermiques et la condensation. Cela signifie qu'il faudra utiliser un revêtement isolant extérieur. Il faudra également prendre les mesures nécessaires pour contenir les infiltrations d'air et de vapeur de l'intérieur et de l'extérieur, de façon à pouvoir contrôler la condensation durant les périodes de chauffage et de climatisation. Tout comme pour les maisons à ossature de bois classiques, l'adoption de pratiques de construction appropriées est nécessaire pour vaincre les problèmes d'humidité.

Aspects structuraux

La stabilité latérale de la structure et le transfert des charges dépendent de la qualité de la jonction entre les murs et les planchers et entre les murs et le toit. La nature et la grosseur des

connecteurs utilisés doivent être précisées en détail sur les plans.

Les pratiques relatives aux grandes ouvertures dans les murs extérieurs et les murs porteurs sont les mêmes que celles qui s'appliquent aux constructions à ossature de bois, sauf qu'ici, on utilise des éléments en acier. On utilise habituellement deux éléments pour constituer les linteaux et on utilise des poteaux nains dans le périmètre de l'ouverture. Il faut utiliser des éléments de profondeur et d'épaisseur qui conviennent à la résistance recherchée. Là encore, les connecteurs sont très importants.

Afin d'assurer une bonne résistance aux charges latérales, lesquelles sont en général dues au vent, on installe d'ordinaire des brides transversales sur la face extérieure des poteaux des murs extérieurs. Ces brides assurent la résistance à la déformation qu'assure le revêtement pour les ossatures de bois classiques. Il faut toujours recouvrir les brides d'un isolant rigide.

Les ossatures de plancher et de toit peuvent être en bois ou en acier. Si l'ossature d'acier est retenue, bien souvent on combinera un revêtement intermédiaire en bois aux éléments d'ossature en acier. Avec le revêtement intermédiaire de bois, on peut utiliser les matériaux de couverture classiques, comme les bardeaux d'asphalte ou de bois.

Matériaux

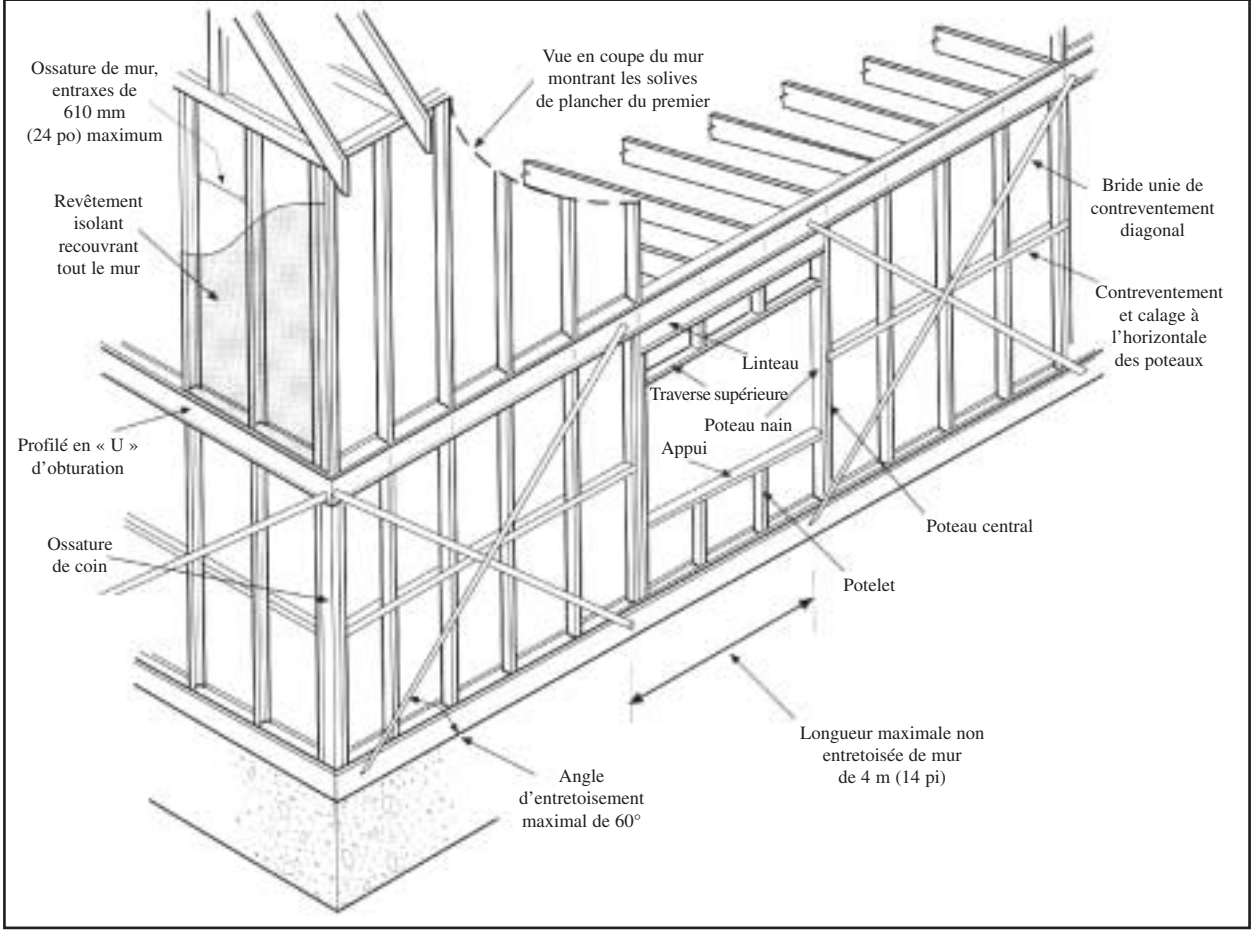
En règle générale, on peut se procurer facilement et rapidement les éléments d'ossature légère en acier, et même si la maison est construite dans une région rurale ou à un endroit éloigné des grands centres, les coûts de transport ne devraient poser aucun problème. En raison du bon nombre de fournisseurs dans les centres urbains, les prix sont concurrentiels.

On a connu ces dernières années d'importantes fluctuations du prix du bois d'œuvre, mais le prix des éléments légers en acier n'a pratiquement pas bougé. Il est donc difficile de comparer les coûts directs des ossatures de bois et des ossatures en acier. Il est généralement admis que les prix des deux types d'installations sont comparables, lorsque l'on tient compte de tous les éléments, y compris le parement. Il faut tenir compte du prix des murs finis, incluant celui des longues attaches nécessaires pour fixer le parement lorsqu'on utilise un matériau isolant absorbant approprié.

On utilise les méthodes reconnues pour couper les éléments d'ossature en acier selon les longueurs nécessaires à l'assemblage de type classique. On évite ainsi de réduire l'efficacité du revêtement métallique qui protège les éléments en acier de l'ossature. On sait fort bien que la présence d'humidité peut faire pourrir les éléments en bois des ossatures classiques, mais il existe un phénomène semblable pour les ossatures en acier. En effet, l'humidité qui s'accumule en raison d'un vice de construction dans la cavité d'un mur à ossature en acier peut mener à la disparition prématurée du revêtement qui protège les éléments d'ossature et à la corrosion de ceux-ci. Il faut éliminer l'humidité qui aurait pu s'accumuler durant les travaux de construction, plus particulièrement dans les profilés en « U » à la base du mur, avant de fermer celui-ci.

On n'a pas à se soucier de la dilatation thermique des poteaux d'acier. En effet, les poteaux étant isolés à l'extérieur pour éliminer le plus possible les ponts thermiques et le mur se composant entièrement de

Figure 1 : Ossature en acier



matériaux semblables, il ne devrait y avoir aucun mouvement différentiel.

La mise en place des matériaux et des éléments de finition en bois dans l'ossature en acier peut se faire à l'aide de cales en bois dans le périmètre des ouvertures. Bien sûr, cela entraîne une augmentation du temps et des coûts d'installation. On visse de plus en plus les montants et les fenêtres dans leurs ouvertures respectives et on peut fixer la boiserie à l'aide d'un pistolet agrafeur.

Ordonnancement des travaux

L'ordonnancement des travaux effectués par les différents corps de métier est le même que pour la construction à ossature de bois. Il ne sera peut-être pas nécessaire de faire appel aux services d'un professionnel de la conception technique, pourvu, bien entendu, que l'évaluation faite par le CCMC s'applique au modèle de mur en question. Une étape de planification préliminaire devient nécessaire, s'il faut faire appel aux services d'un tel professionnel. Une fois la liste des matériaux coupés établie, le fabricant n'a qu'à couper tous les profilés aux longueurs nécessaires et les regrouper en paquets qui seront livrés au chantier le moment venu.

Les étapes de construction d'une maison aux murs à ossature légère en acier sont les mêmes que pour une maison à ossature de

bois. Une fois la structure érigée, les mêmes corps de métier se présentent sur place.

Besoins en main-d'œuvre et en matériel

Les coûts de main-d'œuvre de la première maison aux murs à ossature légère en acier qui est construite sont d'ordinaire nettement plus élevés que ceux d'une maison à ossature de bois. Cet écart découle de l'apprentissage que doivent faire les différents corps de métier concernés. En règle générale, la composante main-d'œuvre des maisons qui sont construites par la suite est beaucoup plus faible.

Plus souvent qu'autrement, l'érection des murs à ossature légère en acier d'une maison est effectué par une équipe de monteurs de charpente, qui utilisent des pistolets à vis plutôt que des marteaux. Comme autre matériel nécessaire, il y a, par exemple, les cisailles du type aviation et un couperet. Certains constructeurs utilisent des ensembles de charpente métallique préfabriqués, ce qui leur permet de réduire le temps de montage de l'ossature sur les lieux.

La formation compte pour une bonne partie des coûts de main-d'œuvre de la première maison. L'Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment a élaboré un programme de formation en montage des charpentes d'acier. Cette formation, qui repose sur les connaissances que possèdent déjà les monteurs de charpente, est offerte sousforme de manuel et de CD. Elle devrait permettre d'aplanir sensiblement la courbe d'apprentissage avec laquelle doivent composer en général les constructeurs et les monteurs de charpente qui font leurs premières armes en matière d'érection de murs à ossature légère en acier.

Incidence sur les installations techniques

Les installations techniques regroupent les installations de plomberie, les installations de chauffage et les installations électriques. Les exigences en matière d'installations électriques peuvent varier légèrement d'une région à l'autre, mais il est toujours possible d'utiliser des matériaux facilement disponibles. On fixe des serre-fils dans les trous estampés où passent les fils dans les poteaux. On fixe les coffrets de sortie électrique de la façon habituelle aux poteaux d'acier.

Il faut soit isoler les tuyaux en cuivre des poteaux d'acier, soit utiliser des tuyaux en plastique. Les autres exigences en matière de plomberie sont minimales. Si on décide de suspendre ou de fixer des appareils d'éclairage à un mur à ossature légère en acier, il faudra revoir la jonction. Les exigences, s'il en est, sont minimales pour les conduits de chauffage.

Souplesse de calcul

La charpente de toute maison dont on possède le plan peut être érigée en acier léger. On choisit les dimensions des éléments de la charpente et on assemble ceux-ci en se fondant sur les indications que renferment les manuels de calcul de l'industrie. On peut d'ailleurs utiliser les éléments de charpente pour fabriquer des linteaux, des colonnes, des contreventements et des cales. Les éléments de charpente en acier peuvent être fabriqués selon les longueurs précises voulues. Les travaux de transformation ou de rénovation éventuels sont simples et peuvent être effectués rapidement.

Points clés en matière de construction

En règle générale, les équipes de montage de charpentes métalliques commerciales ne s'y connaissent pas assez en matière de montage de charpentes résidentielles pour vraiment réduire les coûts de la main-d'œuvre ou les heures de travail, tandis que les charpentiers habitués à travailler le bois ont besoin d'une certaine formation et doivent apprendre à manipuler certains nouveaux outils pour faire le travail. Une courbe d'apprentissage est donc rattachée à la construction des quelques premières maisons.

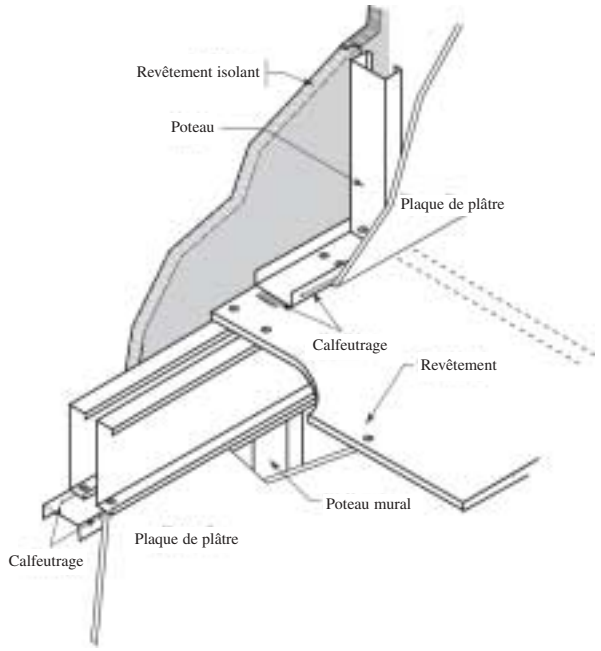
La planification est importante pour bien prévoir les dates de livraison des matériaux. On ne pourra minimiser les modifications à apporter sur place que si l'ouvrage est bien conçu et que si on dispose de bons plans.

Le Centre canadien de matériaux de construction (CCMC) évalue les matériaux de construction en ce qui touche leur conformité aux codes et aux normes pertinents, et leur appropriation à l'usage auquel ils sont destinés. À la discrétion de la municipalité responsable des codes de construction, il est possible d'utiliser les matériaux évalués par le CCMC sans être tenu de faire appel aux services d'un professionnel de la conception technique.

Coûts de construction

Le coût de l'érection des ossatures légères en acier est étroitement lié aux coûts de la main-d'œuvre, lesquels seront assez élevés durant la période d'apprentissage qui s'applique, par exemple, aux quelques premières maisons. L'écart entre le coût de l'érection des ossatures

Figure 2 : Jonction mur / plancher

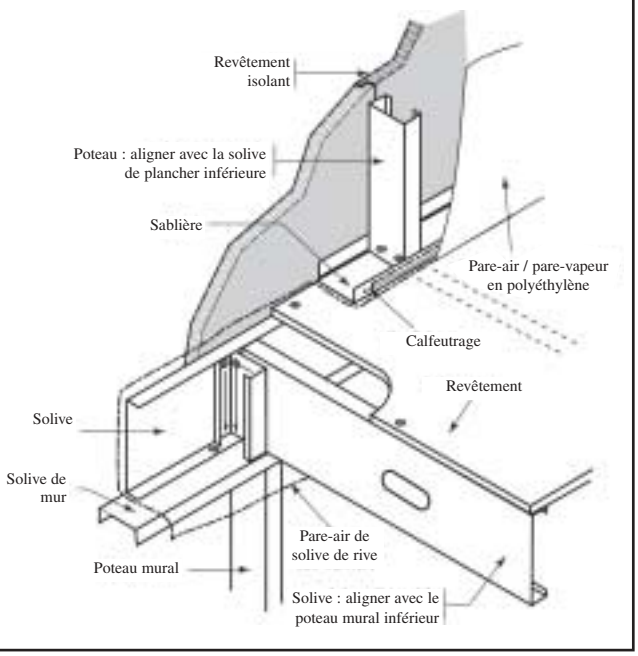


en acier et celui de l'érection des ossatures de bois varie beaucoup en raison des fluctuations du prix du bois et des coûts variables de la main-d'œuvre. Plusieurs facteurs influent sur la comparaison des coûts et certaines des variables en jeu sont de nature plutôt subjective. De l'avis de la majorité des auteurs indépendants qui ont comparé les coûts d'érection des deux types d'ossatures, ceux-ci sont semblables lorsqu'on tient compte de tous les aspects.

Efficacité énergétique

Les murs à ossature légère en acier peuvent être vraiment efficaces sur le plan énergétique. Il faut s'attaquer plus particulièrement à l'élimination des ponts thermiques, car la conductivité thermique d'un poteau d'acier régulier est, bien entendu, nettement plus élevée que celle d'un poteau de bois. La perte de chaleur moyenne pour un mur à ossature

Figure 3 : Enveloppe de pourtour / pellicule en polyéthylène



en acier peut être plus élevée que pour un mur à ossature de bois si on ne prend pas les mesures d'isolation thermique appropriées. Une des façons les plus courantes de lutter contre les pertes de chaleur consiste à mettre en place un isolant rigide à l'extérieur des poteaux d'acier. On peut également utiliser un isolant thermique à l'intérieur de ceux-ci.

Il faut également isoler les cavités des murs à ossature en acier pour obtenir la résistance thermique nécessaire. Les poteaux d'acier étant moins épais que les poteaux de bois, il est pratiquement impossible d'installer entre les poteaux d'acier les panneaux isolants semi-rigides qu'on utilise couramment entre les poteaux de bois. Il existe des panneaux isolants semi-rigides plus larges pour les murs à ossature en acier; on les utilise d'ailleurs couramment dans les bâtiments commerciaux. Une autre technique, qui permet vraiment de remplir tous les espaces libres, indépendamment de l'épaisseur des poteaux, consiste à souffler un isolant dans les espaces entre ces derniers. Un mur à poteaux d'acier de 89 mm (3,5 po) avec un isolant rigide de 25 à 75 mm (1 à 3 pouces) d'épaisseur à l'extérieur des poteaux ou un isolant soufflé dans la cavité ou une natte d'isolant offre un indice d'isolation égal ou supérieur à celui d'un mur classique à ossature de bois de 38 x 140 mm (2 x 6). Le coût de l'isolant rigide est souvent plus élevé que celui de l'isolant soufflé ou en matelas et peut contribuer à accroître le coût global de l'isolation. Même si le revêtement extérieur n'influe pas, en règle générale, sur l'indice d'isolation, le coût de la pose d'un tel revêtement sur l'isolant rigide contribue, bien entendu, à l'augmentation du coût global de tout mur, quelle qu'en soit la nature.

Durabilité

On peut entreposer sur place sans problème les poteaux d'acier avant l'érection des murs. Les murs à ossature légère en acier qui sont érigés selon les règles de l'art offrent une durabilité qui se compare à celle des murs à ossature de bois. Les essais effectués à ce jour indiquent que le revêtement métallique qui recouvre l'acier des éléments d'ossature permet d'assurer à ces éléments une protection de longue durée, pourvu que le mur soit bien conçu et bien érigé.

Comme pour la plupart des variantes de murs, il faut protéger les matériaux de revêtement, plus particulièrement les isolants rigides extérieurs, car ils ne sont pas à l'abri des dommages d'origine mécanique et peuvent se détériorer sous l'effet d'une exposition prolongée aux rayons ultraviolets.

Tableau 1. Indices de résistance au feu et d'isolement acoustique[1]

Description du mur	Mur non-porteur Indice de résistance au feu	Indice de transmission du son représentatif
• **Poteaux de bois** de 38 mm x 89 mm (2 po x 4 po) entraxes de 400 mm (16 po) ou de 600 mm (24 po) maximum • Matériau absorbant de 89 mm (3,5 po) d'épaisseur • Plaque de plâtre de type « X » de 15,9 mm (5/8 po) de chaque côté	60 minutes	36
• **Poteaux d'acier** de 31 mm x 92 mm (1,25 po x 3 5/8 po) avec entraxes de 600 mm (24 po) • Matériau absorbant de 89 mm (3,5 po) d'épaisseur • Plaque de plâtre de type « X » de 15,9 mm (5/8 po) de chaque côté	45 minutes	48

Nota : Les indices de résistance au feu et d'isolement acoustique peuvent être plus élevés ou plus faibles selon l'agencement de matériaux utilisé.

Nota : On compare ici deux murs semblables, mais il n'est pas dit qu'ils répondent aux normes d'incendie ou ITS.

Résistance au feu et isolement acoustique

Les indices de résistance au feu des murs à ossature légère en acier se comparent à ceux des murs à ossature de bois pour des revêtements identiques, pourvu qu'on utilise une fibre minérale de roche ou de scories (voir le tableau ci-dessus). Ces indices s'appliquent surtout aux murs mitoyens des immeubles collectifs. On n'a effectué, selon toute vraisemblance, aucun essai de détermination de la résistance au feu des murs extérieurs d'habitations.

Tel qu'il est indiqué dans le tableau ci-dessus, les murs à ossature en acier offrent un bien meilleur isolement acoustique que les murs à ossature de bois. Comme pour les indices de résistance au feu, les indices d'isolement acoustique s'appliquent principalement aux murs mitoyens.

Incidence sur la qualité de l'air intérieur

L'acier, bien sûr, ne favorise aucunement la formation de moisissure, mais les matériaux isolants qui font partie du mur à poteaux d'acier peuvent favoriser une telle formation. Il arrive que les profilés utilisés comme éléments d'ossature portent des traces du lubrifiant utilisé durant leur laminage à froid et que cette huile donne lieu à des émanations gazeures. Mais, en règle générale, cette huile disparaîtra durant l'érection du mur; elle ne devrait donc pas avoir une incidence perceptible sur la qualité de l'air, encore moins si on utilise un pare-air intérieur efficace.

Aspects environnementaux

Il est difficile de comparer l'incidence sur l'environnement des murs à ossature en acier et des murs à ossature de bois et, bien qu'une

telle comparaison ait été amorcée, elle ne permet pas pour le moment de tirer des conclusions définitives. Bien que la production des poteaux d'acier puisse être caractérisée par une consommation d'énergie nettement plus forte que celle des poteaux de bois, les poteaux d'acier sont en grande partie faits d'acier recyclé[2]. De plus, avec les poteaux d'acier, on produit moins de déchets sur place et ceux-ci se prêtent au recyclage. Il en résulte une énergie de cycle de vie intrinsèque plus faible pour le mur à ossature en acier qu'à ossature de bois. Il ne faut pas non plus perdre de vue que les forêts, en tant que ressource renouvelable qui absorbe le CO_2 (un gaz à effet de serre), ont une incidence bénéfique sur le changement climatique. On peut invoquer d'autres facteurs compensateurs semblables en ce qui concerne le traitement ou la coupe et le transport des deux types de matériaux.

Le débat sur les avantages respectifs pour l'environnement du bois et de l'acier se poursuit.

Obstacles réglementaires

À l'heure actuelle, la Partie 9 du Code national du bâtiment ne renferme aucune disposition normative concernant les ossatures en acier. Le CCMC a publié les résultats d'évaluations faites sur les matériaux d'ossature en acier produits par l'Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment et les manuels de calcul de l'industrie ont été assujettis à une certaine surveillance de la part du CCMC. Ces ressources font que les inspecteurs des bâtiments ont de plus en plus confiance au procédé de construction de maison à ossature en acier. De ce fait, la participation des professionnels de la conception technique ne sera peut-être pas nécessaire pour la construction de maisons dont les paramètres se situent à l'intérieur des limites des paramètres de calcul analysés.

Approbation des programmes de garantie

Seuls les constructeurs accrédités sont autorisés à inscrire des maisons aux programmes de garantie provinciaux. Il faut répondre à deux grands critères pour inscrire une maison, à savoir que le constructeur doit être accrédité ou autorisé à participer au programme de garantie et que la maison doit être construite en conformité avec le code du bâtiment afférent. Les murs à ossature en acier étant monnaie courante dans le domaine de la construction des bâtiments commerciaux et étant déjà bien connus dans l'industrie, les organismes de réglementation devraient les homologuer sans difficulté. L'inscription d'une maison aux murs à ossature en acier dans un programme de garantie ne devrait poser aucun problème.

Assurance

Les sociétés d'assurance-habitation avec lesquelles nous avons communiqué nous ont indiqué que les maisons à ossature en acier sont assurables au même titre que les autres maisons. Comme c'est le cas pour tous les autres types de maisons, les maisons à ossature en acier doivent être construites conformément au code du bâtiment afférent. On nous a également indiqué que la prime ne s'écarterait pas de beaucoup de la prime exigée pour les unités d'habitation à ossature de bois. Ces politiques peuvent, bien sûr, varier d'un assureur à l'autre. Avant de faire quoique ce soit, il faut bien s'enquérir du montant des primes et de l'assurabilité de la maison, car les sociétés d'assurances n'ont certainement pas beaucoup d'expérience en matière de sinistres liés à cette variante de murs. Les primes d'assurance-habitation englobant habituellement différents risques d'assurance

(incendie, inondation, responsabilité civile, etc), la nature de l'ossature de la maison ne devrait certes pas avoir une forte incidence sur le total de la prime.

Acceptabilité du marché et valeur de revente

Bien que cette variante de murs ne soit pas encore connue dans de nombreuses collectivités, on la connaît et on l'accepte de plus en plus dans plusieurs régions du pays. Tout comme pour les maisons à ossature de bois, la valeur de revente des maisons à ossature en acier épousera l'évolution du marché et variera donc de collectivité en collectivité.

Potentiel d'exportation

Il existe un marché d'exportation des maisons à ossature légère en acier. On peut vendre les murs à ossature d'acier en tant que parties intégrantes d'une maison préfabriquée ou comme éléments d'une charpente d'acier. L'acceptation par le marché de la construction d'acier varie de pays en pays, mais les démarches sont en cours à l'échelle internationale pour commercialiser cette variante de murs.

Contraintes géographiques

Sous l'aspect structure, il ne devrait y avoir aucune contrainte d'utilisation des murs à ossature en acier de nature géographique, pourvu que l'on fasse appel aux services de professionnels de la conception technique une fois les limites d'applicabilité des manuels de calcul de l'Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment dépassées. Il faut d'ailleurs répondre à des exigences semblables pour toute construction non visée par le code du bâtiment. Tout comme pour les maisons à ossature de bois, la durabilité des maisons à ossature en acier dépend de la conception du revêtement, des pare-air et des pare-vapeur, et des modalités de pose de ces éléments à la surface du mur, ainsi qu'aux pénétrations et aux fenêtres. Pourvu que l'on observe les règles de l'art, il ne devrait y avoir aucune contrainte d'utilisation des murs à ossature en acier de nature géographique.

Renvois en bas de page

1 Code national du bâtiment du Canada, 1995, Tableau A-9.10.3.1.A, Isolement acoustique et résistance au feu des murs.

2 Environmental Building News, Steel or Wood Framing: Which Way Should We Go? BuildingGreen, Inc., EBN, volume 3, nº 4, juillet/août 1994.

Ouvrages de référence supplémentaires

Adair, Jim. 1995. Frame alternatives. Today's Builder Magazine, janvier/février.

Adair, Jim. 1995. Steel frame insulation. Today's Builder Magazine, janvier/février.

Andrews, Steve. 1996. Cold facts about steel framing. Builder Magazine, février.

Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment. Residential Steel Framing: Installation Manual. Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment, août 1999. 652 Bishop Street N., Unit 2A, Cambridge (Ontario), N3H 4V6. www.cssbi.ca

Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment. Residential Steel Framing: Member Selection Tables: Wall Studs and Floor Joists.

Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment, août 1999. 652 Bishop Street N., Unit 2A, Cambridge (Ontario), N3H 4V6. www.cssbi.ca

Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment. Lightweight Steel Framing. Technical Bulletin. Report on: Life cycle assessment of steel framed homes, vol. 3, numéro 2, juillet 1999. 652 Bishop Street N., Unit 2A, Cambridge (Ontario), N3H 4V6. www.cssbi.ca

Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment. Lightweight Steel Framing. Technical Bulletin. Report on: Thermal performance of lightweight steel framed homes, vol. 5, numéro 1, juillet 1999. 652 Bishop Street N., Unit 2A, Cambridge (Ontario), N3H 4V6. www.cssbi.ca

Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment. Lightweight Steel Framing. Technical Bulletin. Report on: Life cycle assessment of steel framed homes, vol. 3, numéro 1, mars 1999. 652 Bishop Street N., Unit 2A, Cambridge (Ontario), N3H 4V6. www.cssbi.ca

Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment. Lightweight Steel Framing. Technical Bulletin. Report on: Durability, vol. 2, numéro 1, mars 1999. 652 Bishop Street N., Unit 2A, Cambridge (Ontario), N3H 4V6. www.cssbi.ca

Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment. Member selection tables, wall studs and floor joists, mars 1997. 652 Bishop Street N., Unit 2A, Cambridge (Ontario), N3H 4V6. www.cssbi.ca

Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment. An introduction to residential steel framing, décembre 1994. 652 Bishop Street N., Unit 2A, Cambridge (Ontario), N3H 4V6. www.cssbi.ca

Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment. Steel framed houses across the country and around the world. 652 Bishop Street N., Unit 2A, Cambridge (Ontario), N3H 4V6. www.cssbi.ca

Chini, Abdol and Kavita Gupta. A comparison between steel and wood residential framing systems. Journal of Construction Education. (disponible à http://ascweb.org/jce/ sous Archive, 1997, vol. 2, été, p. 79-147, p. 133-145).

Environmental Building News. 1994. Steel or wood framing: which way should we go? Juillet/août.

Mills, Chris. 1999. Wood vs. Steel: The battle for the hearts (and wallets) of Ontario's builders. Ontario Home Builder. Été.

O'Brien, Frank. 1995. Steel vs. wood: the showdown. Home Builder Magazine. Janvier/février.

Schwolsky, Rick. 1994. Steel crazy after all these years. Builder Magazine. Décembre.

Solplan Review. 1996.Wood and steel framing: the environmental cost. Janvier.

Murs en panneaux structuraux isolés

Introduction

Les panneaux structuraux isolés se composent d'une mousse isolante rigide prise en sandwich entre une plaque extérieure et une plaque intérieure. On utilise habituellement des panneaux de copeaux orientés (OSB) ou du contreplaqué comme plaques intérieure et extérieure. On utilise habituellement des âmes en mousse de polystyrène expansé, de polystyrène extrudé ou de polyuréthanes. Les plaques et l'âme isolante supportent toutes les charges de l'ouvrage. La mousse isolante assure l'alignement des deux plaques, agit comme âme et joue, bien entendu, le rôle d'isolant. Certains murs en panneaux comprennent également des nervures, c'est-à-dire des éléments d'ossature destinés à supporter une partie ou la totalité de la charge. Bien que ces murs ne soient pas d'authentiques murs en panneaux structuraux isolés, on les place souvent dans la même catégorie que ceux-ci pour en traiter.

On offre des panneaux aux dimensions et aux épaisseurs différentes, adaptés à l'emplacement géographique et à l'application. Le fabricant peut fournir des panneaux dans lesquels les ouvertures des portes et des fenêtres auront été découpées selon les directives du constructeur ou des panneaux complets aux dimensions régulières dans lesquels les ouvertures devront être pratiquées sur place. Les modalités de jonction des panneaux sont nombreuses et varient selon le fabricant. Les panneaux structuraux isolés s'utilisent également comme éléments de plancher et de toit, mais on se limite ici à leur utilisation comme éléments de mur.

Photo gracieuseté de Plasti-Fab

Principal marché cible

Certains constructeurs accordent leur préférence à cette variante de murs, car, en plus de leur offrir des avantages durant la construction de la maison, elle offre des avantages à leurs clients. Il ne faut se surprendre si certains constructeurs sont séduits par l'efficacité énergétique, les courts délais de construction et la faible teneur en main-d'œuvre nécessaire sur place qui caractérisent les murs en panneaux structuraux isolés. Par conséquent, les constructeurs professionnels continuent de constituer le principal marché cible pour les habitations aux murs en panneaux structuraux isolés.

Le constructeur propriétaire peut également tirer avantage de cette variante. En effet, la faible teneur en main-d'œuvre nécessaire sur place permet d'accélérer la constuction durant le montage de la charpente et, selon les dimensions des panneaux, il suffit de quelques heures à deux personnes pour ériger les murs extérieurs d'une maison peu complexe.

Principaux avantages

Les panneaux assurent une bonne isolation, car les différents types de mousse isolante utilisée dans la cavité se caractérisent par une isolation uniforme et efficace. En raison du très petit nombre de ponts thermiques et d'une réduction importante des fuites d'air, les murs en panneaux structuraux isolés permettent d'accéder à une bonne efficacité énergétique.

Les panneaux sont relativement légers (selon leurs dimensions) et les panneaux de dimensions raisonnables se prêtent à la manutention et à la pose manuelles. On peut donc ériger les murs, même si on ne dispose pas ou ne peut disposer de matériel lourd, et cette érection peut être confiée à des monteurs de charpente ou tout simplement à des personnes qui possèdent certaines notions de charpenterie. La pose des panneaux structuraux isolés demandant peu de temps, elle se prête bien aux calendriers serrés ou aux périodes de météo défavorable.

Les murs sont droits et lisses, prêts à recevoir les revêtements intérieurs et le parement extérieur. La pose des revêtements intérieurs et du parement extérieur est facile, car il est possible d'utiliser des clous à la grandeur du mur.

Principaux inconvénients

Il faut prendre certaines précautions pour remiser les panneaux sur place avant leur pose. Il faut garder les panneaux au sec, car leurs rives, en gonflant au contact de l'eau, pourraient être à l'origine de problèmes de mise en place. Il est donc nécessaire de protéger les panneaux contre les intempéries durant leur entreposage.

Les panneaux structuraux isolés peuvent être assujettis à certaines limites d'exploitation lorsque les charges sont élevées ou concentrées. Les panneaux intérieurs et extérieurs étant assujettis à des charges, il faut prévoir un appui intégral sur toute la longueur de leur base.

Il faut porter une attention particulière au revêtement extérieur, car la pénétration d'humidité pourrait mener à détérioration des enveloppes. Il faut donc se demander si une mesure de protection supplémentaire, comme

Installation de panneaux structuraux isolés

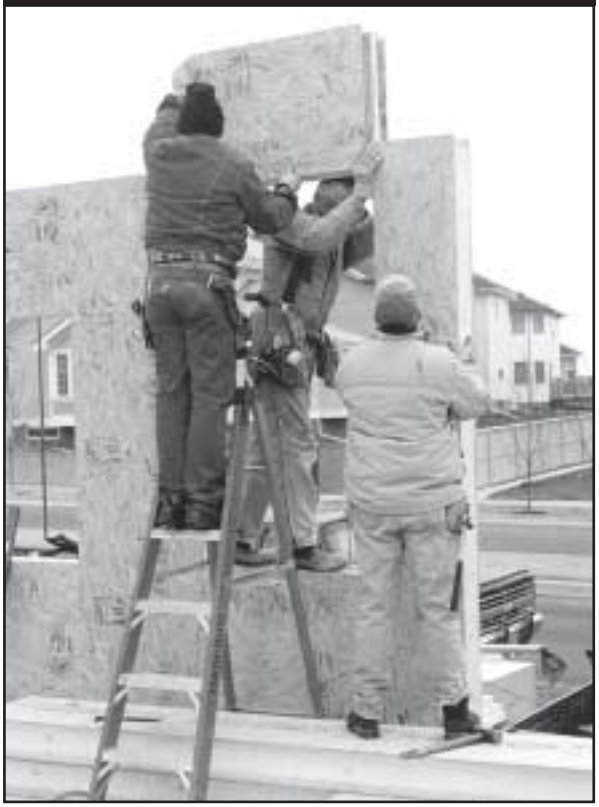


Photo gracieuseté de Plasti-Fab

un écran pare-pluie, ne serait pas nécessaire. En règle générale, les fabricants de panneaux exigent qu'on protège leur produit contre les intempéries à l'aide d'un écran pare-pluie, par exemple.

Certains constructeurs prennent pour acquis que les modalités d'érection de murs en panneaux structuraux isolés sont les mêmes que celles de l'érection de murs à ossature de bois, mais l'érection des murs en panneaux demande tout de même une certaine formation. Il faut porter attention pour cette érection à certains détails critiques; en règle générale, le fabricant de panneaux a pris soin de faire ressortir bon nombre de ces détails.

Il se pourrait que les inspecteurs et les autorités de réglementation exigent une participation des professionnels de la conception technique et des inspections de qualité effectuées par des tiers pour les ouvrages plus complexes. L'objet ici est de s'assurer de la fabrication et de l'installation des produits conformément aux tables de résistance aux charges afférentes. En règle générale, les fabricants doivent respecter certaines règles de calcul de base, mais il se peut fort bien que les grandes ouvertures, les murs obliques et les charges ponctuelles élevées exigent des mesures particulières. Le client devrait se prévaloir à cet égard des services de conception internes ou des services de personnes qui s'y connaissent en la matière. Le Centre canadien de matériaux de construction a évalué un seul type de panneau de construction isolé nervuré jusqu'ici, mais certains autres panneaux du même type font présentement l'objet d'un examen.

Aspects structuraux

Les panneaux structuraux isolés sont considérés comme des éléments intrinsèques d'un ouvrage érigé selon la méthode de la conception-construction lorsque les capacités de support des charges sont établies avant le début de la construction de façon à satisfaire aux dispositions du Code du bâtiment. En règle générale, pour la construction résidentielle, on peut poser comme charges types celles qu'on utilise pour les maisons à ossature de bois, mais il faut tenir compte séparément des charges concentrées, car il sera peut-être nécessaire d'ajouter d'autres éléments porteurs. Tout comme pour les maisons à ossature de bois, il est parfois nécessaire d'utiliser des colonnes d'un type particulier adaptées aux charges en question. Il faudra certes modifier les panneaux pour installer la ou

les colonne(s) à l'endroit ou aux endroits où s'exerce la charge concentrée. Il est important de s'assurer des services d'un ingénieur averti et chevronné pour examiner les plans d'assemblage.

On combine les panneaux structuraux isolés au bois de construction de dimensions courantes pour répondre aux exigences particulières en matière de hauteur, de portée et de charge. C'est au professionnel de la conception technique qu'il incombe de préciser les modalités d'utilisation du bois de construction de dimensions courantes dans les bâtiments pour les éléments comme les colonnes nécessaires pour supporter les charges concentrées et les linteaux posés au-dessus des fenêtres.

Il faut tenir compte du fluage, un phénomène qui peut avoir un effet à long terme. Le fluage est caractérisé par une déformation lente et continue, en règle générale permanente, observée sur des éléments de charpente soumis à des charges. Le fluage peut constituer un problème majeur pour les planchers et les toits, et, dans une certaine mesure, pour les murs soumis à des charges excentrées. Le CCMC a tenu compte du fluage dans son évaluation des produits. Les tableaux des portées et des charges afférents aux panneaux structuraux isolés évalués par le CCMC tiennent compte du phénomène de fluage. Les essais de fluage sont exigés dans le cadre du programme d'évaluation du CCMC.

Matériaux

Les options à envisager dépendent du fabricant et de la disponibilité des produits concurrents. La nature des plaques qui forment les deux faces du panneau structural dépend, en général, du fabricant. Les panneaux sont offerts selon différentes dimensions et peuvent être fabriqués sur mesure pour chaque projet. Il est également possible de se faire livrer des panneaux dans lesquels on aura découpé les ouvertures nécessaires.

En règle générale, l'épaisseur des panneaux disponibles varie de 50 mm (2 pouces) à 250 mm (10 pouces) environ. Cette épaisseur dépend de l'indice d'isolation recherchée et des charges de calcul de la structure. Plus les panneaux sont épais, plus leur capacité portante est élevée. En raison de la présence de l'âme, cette capacité n'augmente pas au carré de l'épaisseur du panneau. La relation entre la capacité portante du panneau et son épaisseur est non linéaire.

Il existe différentes techniques d'assemblage des panneaux, qui varient selon le fabricant. La jonction entre les panneaux est souvent réalisée à l'aide de bois de construction de dimensions courantes. Il faut bien soigner le calcul des poutres placées au-dessus des ouvertures et on utilise habituellement des linteaux ordinaires à ces endroits. Ces linteaux doivent être solidaires, à chacune de leurs extrémités, des panneaux muraux ou fixés à ceux-ci avec les supports.

Ordonnancement des travaux

Bien que cette variante de murs entraîne une modification de certaines tâches, elle ne devrait pas vraiment perturber l'ordonnancement usuel des travaux structuraux. Il sera possible dans bien des cas d'utiliser les planchers et les toits classiques, et de se contenter de remplacer les murs extérieurs usuels par des murs en panneaux structuraux isolés. Il ne sera pas nécessaire alors de modifier la séquence d'intervention des différents corps de métier. L'étape d'isolation des murs extérieurs disparaîtra, mais il se pourrait que la pose des canalisation électriques donne lieu à une nouvelle étape.

Tout comme pour les autres éléments, comme les fermes et les fenêtres, il faut commander les panneaux structuraux isolés bien à l'avance, de façon à pouvoir en disposer sur place le moment venu de les installer. Il faut également disposer le moment venu des autres accessoires, comme les linteaux et les languettes.

Besoins en main-d'œuvre et en matériel

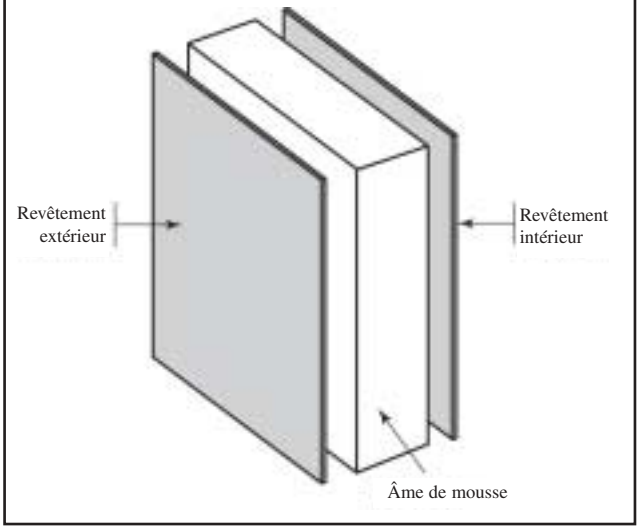
Il faut posséder certaines connaissances particulières pour installer les panneaux structuraux isolés. Il convient de s'enquérir auprès des fournisseurs des cours et des documents de formation spécialisée qui sont offerts, car il faut maîtriser certains aspects critiques pour bien poser les panneaux. Il suffira d'ordinaire aux charpentiers d'utiliser les outils habituels et quelques outils supplémentaires pour ériger les murs. En utilisant un produit manufacturé, on réduit la teneur en main-d'œuvre nécessaire à l'érection. Il suffit à toute fin pratique de quelques heures pour ériger les murs extérieurs d'une maison.

Il est possible de choisir des dimensions de panneaux qui se prêtent bien à la manutention et à la pose par les ouvriers qui sont sur place. En optant pour de trop grands panneaux, on risque d'avoir à utiliser du matériel de levage, comme une grue ou un chariot élévateur à fourche. Les jonctions entre les panneaux doivent être calfeutrées sur les deux faces du mur pour réduire le plus possible les fuites d'air.

Incidence sur les installations techniques

De toutes les installations techniques, les installations électriques seront les plus touchées. Certains fabricants ont prévu des canalisations (verticales ou horizontales) pour le câblage. À défaut de telles canalisations, il faudra envisager d'autres solutions, comme modifier les modalités de pose des câbles, voire utiliser des lattes intérieures pour retenir le câblage. Il faut éviter de pratiquer des entailles dans la face des panneaux pour ne pas les fragiliser; avant d'entailler les panneaux, on doit toujours consulter le fabricant ou un professionnel de

Figure 4 : Coupe transversale de panneau mural



la conception technique qui s'y connaît en la matière.

En règle générale, les éléments liés aux autres installations techniques ne circulent pas dans les murs extérieurs. On peut faire passer les tuyaux et les conduits de chauffage au travers des murs en pratiquant des ouvertures de même diamètre que les tuyaux ou conduits en question, mais il est possible que les ouvertures qu'on peut pratiquer soient limitées à un certain diamètre maximal.

Souplesse de calcul

Il faut faire appel aux services d'un professionnel de la conception technique qui s'y connaît en matière de panneaux structuraux isolés pour le calcul des murs de très grande hauteur ou des murs assujettis à de fortes charges. Les règles relatives aux charges concentrées sont semblables à celles qui s'appliquent pour les ossatures de bois conventionnelles. Il faut une bonne assise de niveau, car les panneaux intérieurs et extérieurs doivent être bien supportés sur toute leur longueur.

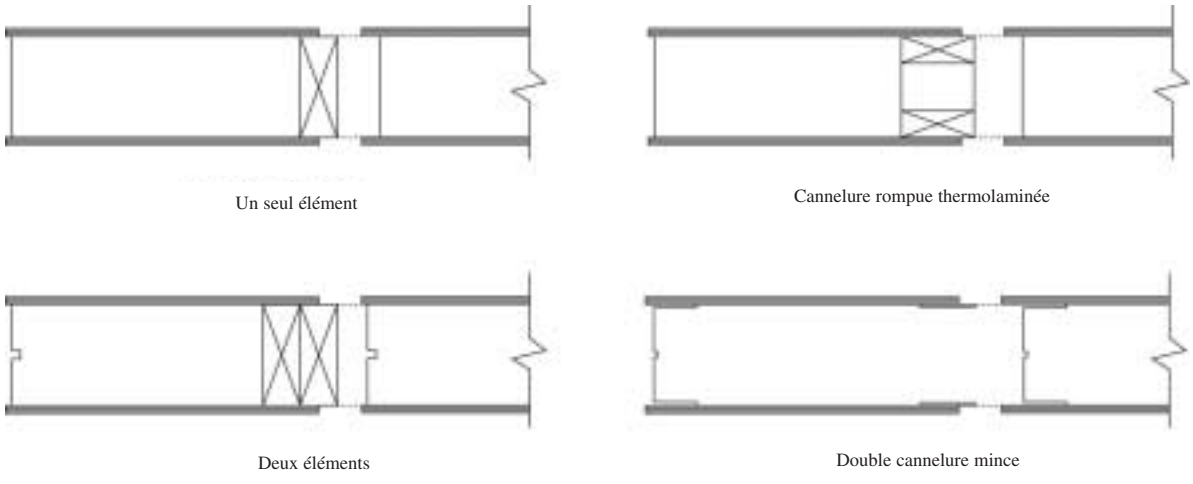
Il ne devrait pas être trop difficile d'apporter plus tard des modifications à l'habitation. L'assemblage des additions aux murs existants peut se faire à l'aide d'éléments de charpente conventionnels ou d'autres panneaux structuraux isolés. La modification d'ouvertures existantes ou l'ajout d'ouvertures dans les murs est toujours possible, mais il faut bien savoir jusqu'où on peut aller en ce qui concerne la modification des enveloppes. Comme pour tous les murs, il faut veiller à répartir uniformément les charges au-dessus des ouvertures.

Points clés en matière de construction

Voici quelques indications utiles en matière de conception des murs en panneaux structuraux isolés, ainsi que de manutention et d'utilisation de ces panneaux :

- Utiliser des panneaux dans lesquels les ouvertures nécessaires auront déjà été pratiquées avant leur livraison, afin de réduire le plus possible les quantités de déchets produits sur place.

Figure 5 : Options de section de panneau[1]



- Entreposer les panneaux à couvert et sans aucun contact avec le sol, de façon à bien les protéger jusqu'à ce qu'on les pose.
- Veiller à ce qu'il y ait une bonne jonction et un bon joint d'étanchéité entre les panneaux.
- Veiller à ce que les panneaux soient bien supportés sur toute leur longueur, afin d'assurer un bon transfert des charges.
- Planifier à l'avance le câblage et s'entretenir de la question avec l'électricien.

Coûts de construction

Le coût de la variante de murs en panneaux structuraux isolés est dans la plupart des cas supérieur à celui des murs à ossature de bois. Le coût des matériaux est plus élevé et le coût de la pose ou de la main-d'œuvre devrait être vraisemblablement plus bas. Certains des avantages accessoires, comme l'emploi du temps plus serré, un effectif réduit et l'utilisation de matériaux moins volatils, pourraient être à l'origine d'économies supplémentaires. Le coût global dépendra également de la façon d'assurer la distribution électrique, du type de revêtement extérieur utilisé et de l'utilisation, le cas échéant, d'un écran pare-pluie. Nombreux sont les fabricants qui exigent qu'on protège leur produit à l'aide d'un écran pare-pluie.

Efficacité énergétique

Cette variante de murs offre une meilleure isolation qu'un mur à ossature de bois conventionnel de même épaisseur, en raison de la présence de mousse isolante, un matériau aux caractéristiques d'isolation supérieures à celles de l'isolant en matelas. De plus, cette variante est plus efficace en ce qui concerne l'élimination des ponts thermiques.

L'étanchéité à l'air des murs en panneaux structuraux isolés est d'ordinaire supérieure à celle de murs à ossature de bois classiques.[2] On est ainsi assuré d'un meilleur confort et d'une diminution des pertes de chaleur dues à l'infiltration naturelle d'air. D'autre part, toute maison caractérisée par un minimum de fuites d'air exige un niveau adéquat de ventilation contrôlée pour assurer un apport approprié d'air neuf et une bonne qualité de l'air intérieur.

Durabilité

Comme c'est le cas pour pratiquement tous les matériaux de construction, il faut protéger sur place les panneaux en attendant de les installer. Il faut toujours tenir compte des possibilités de dommages d'origine mécanique et de dommages dus aux intempéries. La durabilité peut être affectée par la qualité des jonctions entre les panneaux. La performance et la durabilité sont intimement liées au scellement des jonctions et à l'assemblage des panneaux selon les directives du fabricant.

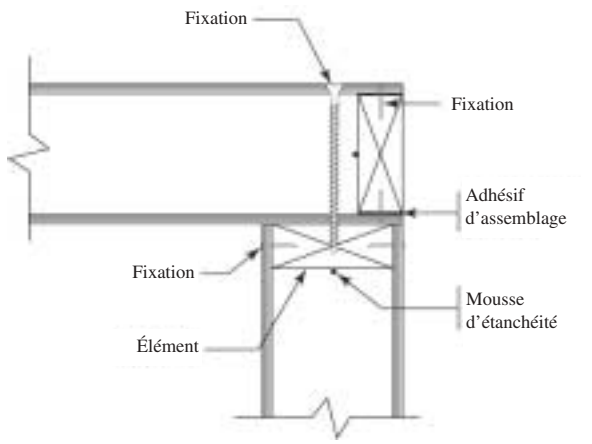
La durabilité de cette variante de murs peut être affectée par le fluage des panneaux, par l'action des insectes fouisseurs et par la dégradation due à l'humidité. La déformation des panneaux sous l'effet des charges (fluage) constitue un problème plus grave pour les panneaux de toit et de plancher que pour les panneaux muraux, mais le fournisseur ou le fabricant doit tout de même s'y attaquer. Le CCMC tient compte du fluage dans son évaluation des produits.

Lorsque l'on sait pertinemment que l'action des insectes fouisseurs peut constituer un problème, il faut adopter les stratégies de protection et de prévention qui s'imposent.[3] En dernier lieu, il faut éliminer, le cas échéant, le problème de la dégradation causée par la pénétration d'humidité, en majeure partie de l'extérieur, en utilisant, par exemple, un écran pare-pluie. Nombreux sont les fabricants qui exigent qu'on protège leur produit à l'aide d'un écran pare-pluie.

Résistance au feu et isolement acoustique

D'ordinaire, les codes du bâtiment n'exigent aucun essai indépendant de détermination de la résistance au feu ou de l'isolement acoustique des murs des maisons unifamiliales isolées. Il est difficile d'attribuer un indice de résistance au feu représentatif aux murs à ossature de bois, vu la grande variété d'éléments de charpente et de matériaux d'isolation utilisés. L'isolement acoustique des murs en panneaux de construction isolés devrait être au moins aussi bon que celui des murs à ossature de bois conventionnels. Cette affirmation est fondée sur la présence de jonctions bien étanches entre les panneaux, d'où l'excellente réduction de la transmission du son par la voie aérienne.

Figure 6 : Détail de coin



Incidence sur la qualité de l'air intérieur

Les panneaux structuraux isolés ne devraient avoir aucune incidence négative sur la qualité de l'air intérieur, pourvu qu'ils soient isolés de cet intérieur par un pare-air continu bien étanche. Les panneaux structuraux qu'ils soient de contreplaqué ou à copeaux orientés, ne libèrent pas de formaldéhyde, préoccupation qui existait autrefois, mais peuvent libérer d'autres composés organiques volatils (COV). La mousse isolante dont l'étanchéité est assurée par une plaque extérieure et une plaque intérieure, ne devrait pas affecter le milieu ambiant. Les maisons aux murs en panneaux structuraux isolés sont d'ordinaire assez étanches à l'air; il faut donc assurer une ventilation appropriée pour éliminer les contaminants produits à l'intérieur. Le Code du bâtiment exige des niveaux minimaux de capacité de ventilation.

Aspects environnementaux

Les panneaux structuraux isolés font une utilisation plus rationnelle du bois; en effet, cette variante de murs permet d'économiser plusieurs centaines de pieds-planche en poteaux muraux et en montants. Les économies sont encore plus importantes si on utilise des panneaux à plaques OSB, car celles-ci sont constitués de copeaux et de bois d'essences à croissance rapide. Il devrait également y avoir moins de déchets sur les lieux, car les panneaux sont souvent fabriqués conformément au plan de la maison. Il devrait y avoir très peu de découpage et très peu de

Figure 7 : Jonction panneau-plancher

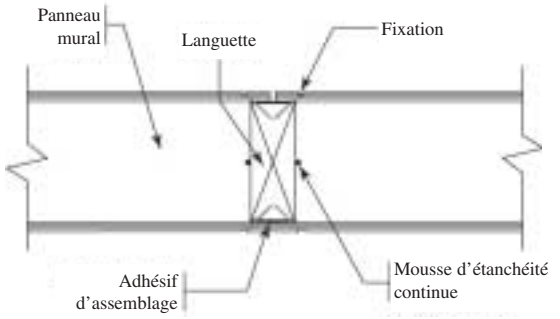
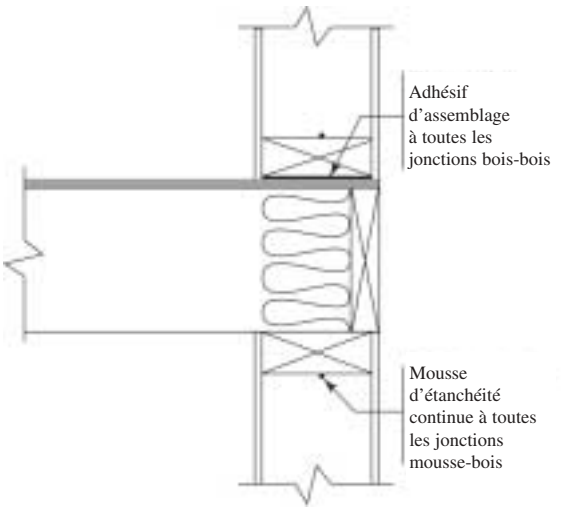


Figure 8 : Jonction panneau-plancher



déchets sur place, à moins qu'on n'attende de pratiquer les ouvertures dans les panneaux qu'une fois ceux-ci rendus à destination.

Obstacles réglementaires

Si on dispose d'une évaluation effectuée par le CCMC, l'approbation de cette variante de murs par les autorités locales ne devrait présenter aucune difficulté insurmontable. Comme c'est le cas pour les autres produits manufacturés, il faudra peut-être déposer les fiches signalétiques et les documents de définition pertinents. Il est possible, en général, d'obtenir facilement et rapidement ces éléments du fabricant. Si le Centre canadien de matériaux de construction (CCMC) n'a pas évalué le système, il faudra vraisemblablement s'assurer des services d'un professionnel de la conception technique. Il est préférable de s'enquérir des exigences réglementaires locales auprès des inspecteurs des bâtiments avant de faire une demande de permis.

Approbation des programmes de garantie

Seuls les constructeurs accrédités sont autorisés à inscrire des maisons aux programmes de garantie provinciaux. Il faut répondre à deux grands critères pour inscrire une maison, à savoir que le constructeur doit être accrédité ou autorisé à participer au programme de garantie et que la maison doit être construite en conformité avec le code du bâtiment afférent. En règle générale, la variante de murs sera fondée sur les calculs effectués par un fabricant ou un professionnel de la conception technique, ce qui en assurera la conformité aux dispositions de la Partie 4 du Code national du bâtiment. L'inscription d'une maison aux murs en panneaux structuraux isolés dans un programme de garantie ne devrait donc poser aucun problème. Nombreux sont les fabricants qui assortissent leurs produits d'une garantie restreinte.

Assurance

Les sociétés d'assurance-habitation avec lesquelles nous avons communiqué nous ont pratiquement toutes indiqué qu'elles n'hésiteraient aucunement à assurer les maisons aux murs en panneaux structuraux isolés, pourvu que celles-ci aient été construites en conformité avec les dispositions

de la Partie 4 ou de la Partie 9 du Code national du bâtiment. On nous a également indiqué que la prime ne s'écarterait pas de beaucoup de la prime exigée pour les unités d'habitation usuelles. Ces politiques peuvent, bien entendu, varier d'un assureur à l'autre. Avant de faire quoique ce soit, il faut bien s'enquérir du montant des primes et de l'assurabilité de la maison, car les sociétés d'assurances n'ont certainement pas beaucoup d'expérience en matière de sinistres liés à cette variante de murs. Les primes d'assurance-habitation englobant habituellement différents risques d'assurance (incendie, inondation, responsabilité civile, etc), la nature des murs de la maison ne devrait certes pas avoir une forte incidence sur le total de la prime, si la maison est assurable.

Acceptabilité du marché et valeur de revente

Les consommateurs auront peut-être pour cette nouvelle variante des préoccupations mineures concernant la résistance de la charpente et les éventuelles modifications possibles. Pourvu que les murs soient bien conçus et bien érigés, il ne devrait pratiquement y avoir aucun écart entre la valeur de revente d'une maison aux murs en panneaux structuraux isolés et celle d'une maison classique à ossature de bois. Il est certainement possible de faire appel à certains programmes de référence, comme les programmes R-2000 et ÉnerGuide pour les maisons, pour évaluer les maisons construites avec cette variante et d'autres variantes de murs et donner ainsi aux acheteurs potentiels une indication de l'efficacité énergétique des murs en question.

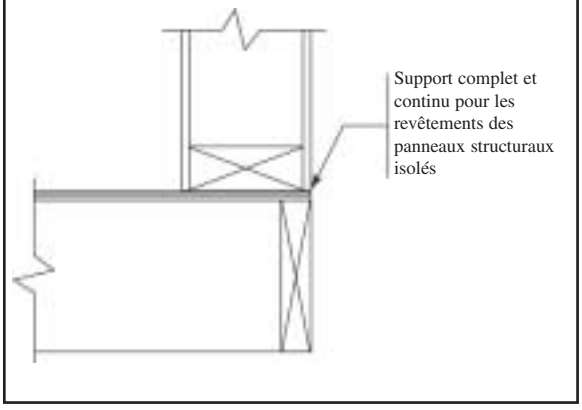
Potentiel d'exportation

Les panneaux structuraux isolés conviennent très bien au marché des maisons préfabriquées et à l'exportation, et certaines sociétés se sont déjà engagées dans cette voie. On exporte déjà des ensembles de panneaux structuraux isolés vers l'Europe, l'Asie, les Caraïbes et les États-Unis.

Contraintes géographiques

Les panneaux structuraux isolés sont fabriqués et distribués à la grandeur du pays. Pourvu qu'on observe les règles de l'art, ces panneaux conviennent à tous les climats et, vu la faible teneur en main-d'œuvre exigée pour leur érection, il peut même être avantageux de les utiliser dans les régions éloignées ou rurales. Ils se prêtent à une érection plus rapide des murs par temps très froid et contribuent à réduire les coûts d'exploitation des installations éloignées.

Figure 9 : Assise de panneau structural isolé



Renvois en bas de page

[1] Natural Resources Defense Council, Efficient Wood Use in Residential Construction.

[2] Idem

[3] Griffith, D., Termite Control: Multiple Solutions Bring Results, Wood Design and Building.

Ouvrages de référence supplémentaires

Andrews, Steve. 1999. Foam-Core Panels & Building Systems: Principles, Practice, and Product Directory. Troisième édition. Cutter Information Corp.

Binsacca, Rich. 1998. Straight Talk About SIPs. Builder Magazine. Juin (disponible à www.builderonline.com).

LeRoy, Jim. 1997. Building with Foam-Core Panels. Journal of Light Construction. Juillet.

Natural Resources Defense Council. Efficient Wood Use in Residential Construction.

epsmolders.org/eps/panels/htm (EPS Molders Association).

www.plastifab.com/sips/index.html (PlastiFab - Calgary).

www.sipweb.com

Murs à coffrages isolants

Introduction

Les coffrages isolants sont des blocs ou des panneaux creux en polystyrène expansé ou extrudé qu'on assemble pour donner forme au mur extérieur. Les coffrages extérieur et intérieur sont reliés par des tirants, habituellement en acier ou en plastique.

L'acier d'armature est ensuite mis en place entre les coffrages avant de couler le béton dans la cavité. Les coffrages font partie intégrante du mur et assurent l'isolation de ce dernier.

On fixe ensuite les revêtements intérieur et extérieur aux coffrages. Le mode de fixation de ces revêtements varie selon le fabricant.

Principal marché cible

Les constructeurs propriétaires et les constructeurs ont manifesté de l'intérêt pour cette variante. Les propriétaires-occupants auront certainement intérêt à opter pour cette variante dans les régions où les moyens de lutte contre l'incendie sont limités. Les coffrages isolants ont été bien accueillis par les constructeurs, mais ceux-ci les utilisent très souvent en remplacement des fondations en béton coulé sur place, plutôt que comme éléments constituants de murs en élévation extérieurs remplaçant les murs à ossature de bois. Les constructeurs pourront certainement tirer avantage de cette variante, une fois la technique d'installation améliorée et maîtrisée.

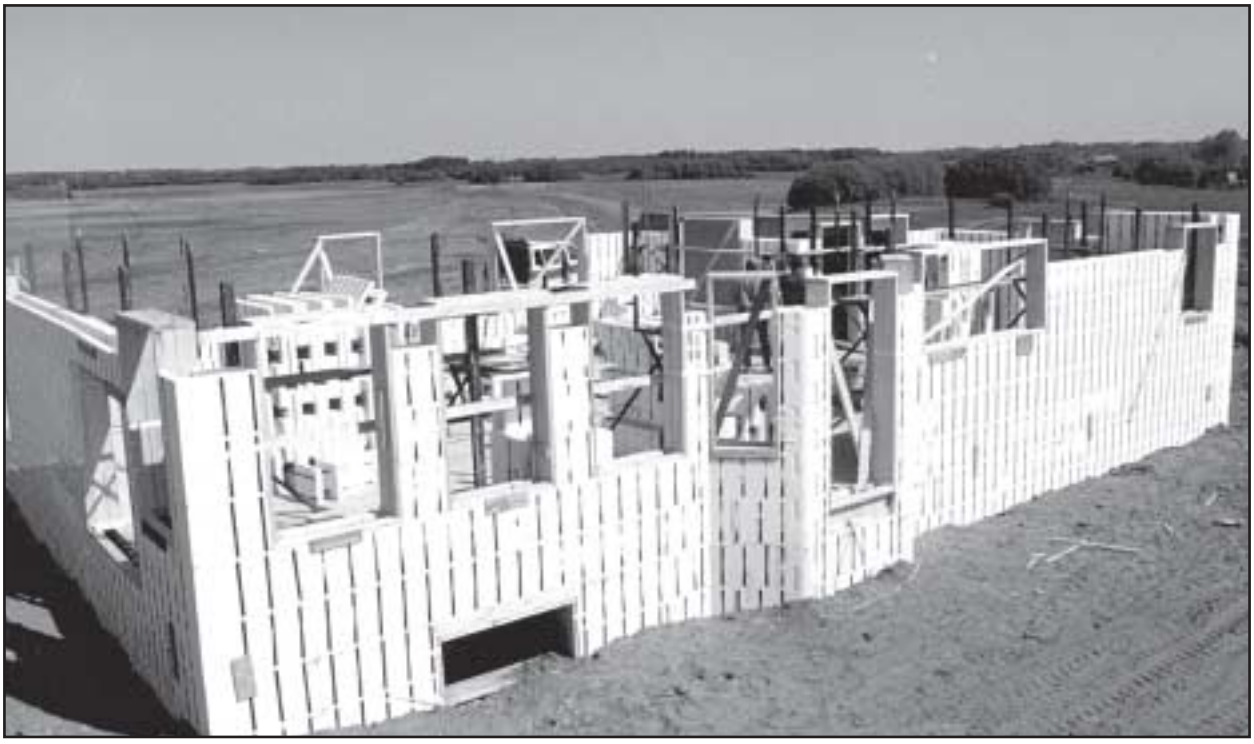


Photo gracieuseté de Western Concrete Supply

La période d'apprentissage liée à cette variante est brève et nombreux sont les fabricants qui recommandent ou vont même jusqu'à exiger qu'on suive une certaine formation avant d'entreprendre l'érection de cette variante de murs. En ce qui concerne les constructeurs propriétaires, cette formation préalable aura peut-être comme conséquence de réduire les avantages éventuels de la variante pour ce qui est de son prix de revient. La demande pour cette variante peut vraisemblablement fluctuer selon la disponibilité des matériaux, plus particulièrement le béton.

Principaux avantages

Les murs à coffrages isolants sont de planification et d'érection faciles. Il faut, bien sûr, disposer de certains outils particuliers, mais il n'est pas nécessaire de consacrer des fonds aux coffrages usuels. Les coffrages constituants étant déjà isolés, on peut couler le béton, même par temps froid, sans aucune autre forme de protection. La cavité dans laquelle on coule le béton offre d'excellentes conditions de durcissement de celui-ci.

Cette variante se caractérise par une assez bonne efficacité énergétique et de bonnes caractéristiques d'isolement acoustique et de résistance au feu. Les murs à coffrages isolés sont très durables et ne perturbent pas indûment l'environnement, les quantités de déchets produits sur place sont marginales.

Principaux inconvénients

Les coûts de construction varieront quelque peu et dépendront de la disponibilité et du prix du béton. Le coût d'une maison aux murs extérieurs à coffrages isolés devrait être, de façon générale, plus élevé de quelques points de pourcentage que celui d'une maison à ossature de bois conventionnelle. De plus, il faudra vraisemblablement utiliser des semelles plus grandes pour supporter ces murs extérieurs de poids plus élevé.

La mousse isolante aura vraisemblablement une incidence sur certains des travaux subséquents effectués par les différents corps de métier. La pose des canalisations électriques dans les murs extérieurs exigera de nouvelles techniques. Il faudra planifier d'avance le passage des tuyaux et des conduits à travers les murs extérieurs. Selon le type de coffrages isolants utilisés, il faudra peut-être utiliser des attaches ou des dispositifs spéciaux pour fixer les revêtements intérieur et extérieur.

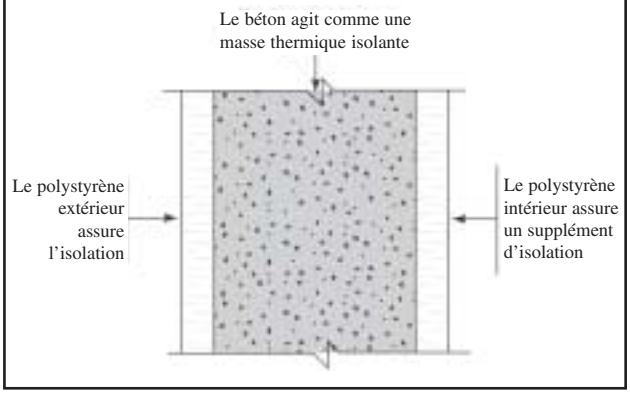
Il se pourrait que les inspecteurs et les autorités de réglementation exigent une participation des professionnels de la conception technique pour les ouvrages plus complexes. En règle générale, les fabricants doivent respecter certaines règles de calcul de base, mais il se peut fort bien que les grandes ouvertures, les murs à angles et les charges ponctuelles élevées exigent des mesures particulières.

Aspects structuraux

Les murs à coffrages isolants peuvent résister sans difficulté aux différentes charges, aussi bien à l'horizontale qu'à la verticale. D'ordinaire, on utilise des fermes conventionnelles pour le toit et du bois de dimensions courantes ou des solives pour les planchers. En raison de la haute résistance des murs à coffrages isolants, il est possible de remplacer les planchers à ossature de bois par des planchers en béton à longue portée.

En règle générale, il faut pomper le béton dans les coffrages

Figure 10 : Coupe transversale



Il faudra prévoir les éléments de fondation (semelles, pieux, etc.) nécessaires pour supporter le poids élevé des murs extérieurs.

Matériaux

La configuration des coffrages isolants varie selon le fabricant et il y a des douzaines de fabricants de ce produit. Avec certains modèles, on dispose de dispositifs intégrés de fixation des barres d'armature, tandis qu'avec d'autres, ce sont les dispositifs de fixation des revêtements intérieur et extérieur qui sont intégrés. Bien sûr, ces éléments influent sur le modèle choisi.

Le type de revêtement intérieur et de revêtement extérieur utilisé est un autre facteur dont il faut tenir compte. Certains revêtements ne sont pas vraiment conçus pour être posés directement sur une mousse isolante, tandis que d'autres exigent des attaches d'un type particulier. Lorsque l'extérieur est en maçonnerie, il faut utiliser des débords spéciaux pour que les charges soient transmises à l'élément principal de la structure, c'est-à-dire le béton qui a été coulé dans les coffrages isolants.

Ordonnancement des travaux

L'ordonnancement des travaux de construction et le calendrier des activités exercées sur place par les différents corps de métier ne s'écarteront pratiquement pas de ceux qu'exige l'érection des murs classiques à ossature de bois. En règle générale, les opérations de mise en place des coffrages et de coulage du béton ayant lieu à des moments différents pour les fondations et les murs en élévation, il est possible d'ériger ceux-ci une fois le plancher en place. De cette façon, on se limite dans l'érection du mur à des hauteurs raisonnables, d'où un moins grand risque d'éclatement des coffrages.

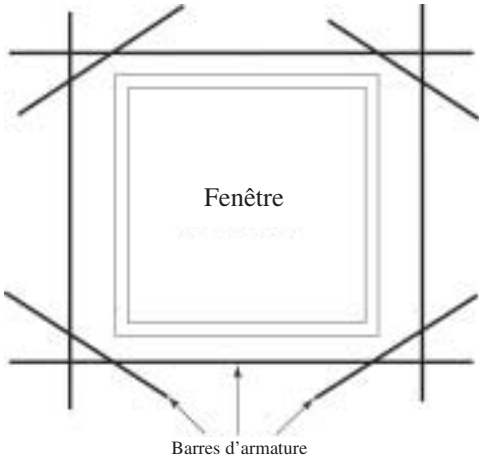
Besoins en main-d'œuvre et en matériel

L'érection des murs peut être confiée aux spécialistes des fondations ou aux monteurs de charpente. La période d'apprentissage étant relativement courte, il suffira à l'effectif de chantier de construire une ou deux maisons aux murs à coffrages isolants pour maîtriser

la technique. De nombreux fabricants de coffrages isolants offrent des programmes de formation, auxquels devraient s'inscrire tous les ouvriers, quel que soit leur corps de métier, qui participent à l'érection d'un mur à coffrages isolants.

Il n'est pas nécessaire de disposer d'outils spéciaux pour mettre en place les coffrages, mais il faut tout de même se servir d'éléments de calage et de vérins pour les étayer et les mettre de niveau. Il faut également disposer d'un certain type d'échafaudage pour couler plus facilement le béton. Le sommet des coffrages étant situé à une hauteur assez importante au-dessus du niveau du sol, il sera nécessaire de pomper le béton dans ceux-ci.

Figure 11 : Des éléments de renforcement sont nécessaires dans le périmètre des ouvertures des fenêtres et des portes.



Incidence sur les installations techniques

L'incidence sur les installations techniques est relativement faible et, le plus souvent, c'est de ne pas trop savoir ce qui les attend qui préoccupe le plus les corps de métier. On a pratiqué ou on doit pratiquer des rainures dans la mousse isolante pour faire circuler les fils électriques.

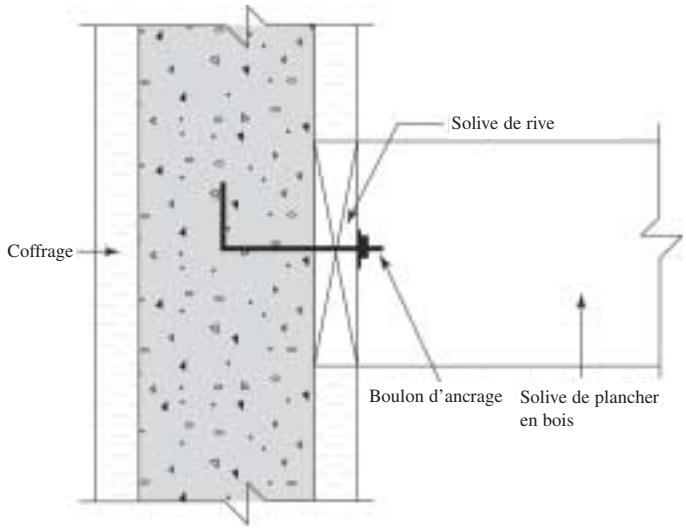
Au moment de la mise en place des coffrages, on installera des manchons aux endroits où doivent passer les tuyaux, les conduits de chauffage ou les tuyaux d'évent au travers du mur. Il suffit de bien planifier l'opération, car le nombre de tuyaux ou de conduits de chauffage qui traversent un mur extérieur est toujours très faible.

Afin d'installer aux endroits précisés les blocs ou les fonds nécessaires à la mise en place des

Les dormants en bois dans le périmètre des ouvertures empêchent le béton de s'échapper des coffrages et servent de moyens de fixation des fenêtres et des portes.

Photo gracieuseté de Western Concrete Supply

Figure 12 : Jonction plancher en bois au mur à coffrages isolants



armoires, des tringles pour tentures, des barres d'appui, etc., on découpera le coffrage intérieur et on fixera directement le bloc ou le fond sur le béton. La planification à cet égard doit avoir lieu avant la pose des plaques de plâtre.

Souplesse de calcul

Ce type de mur extérieur peut très bien résister aux charges horizontales et verticales, mais il peut être vraiment lourd. Par conséquent, il faudra peut-être vérifier la poussée exercée par le mur sur le sol ou utiliser des semelles plus grandes pour supporter ce poids important. Le mode de raccordement des éléments de support de plancher peut varier et il faut prendre les décisions qui s'imposent à cet égard à l'avance.

Rien ne limite vraiment la longueur des murs qu'on érige, mais la hauteur qui peut être érigée d'un trait est limitée par la résistance des coffrages. En règle générale, il faut deux coulées ou plus pour ériger des murs de 3 050 à 3 650 mm (10 à 12 pieds) de hauteur.

Il est toujours possible d'apporter plus tard des modifications au mur, mais il faut beaucoup de travail pour y pratiquer d'autres ouvertures. Il faudra bien sûr renforcer la partie de mur située au-dessus de chaque nouvelle ouverture pour avoir la résistance nécessaire aux charges afférentes à la partie supérieure du mur.

Avant d'ajouter tout ouvrage caractérisé par un mur de type différent, on se penchera sur la façon de réaliser l'interface entre les deux types de murs. On se penchera de façon particulière sur la fixation spéciale ou les modalités d'assemblage des deux murs, ainsi que sur le détail des travaux de finition.

Points clés en matière de construction

Selon le type de plancher et de toit et la nature des matériaux du plancher et du toit, il sera peut-être nécessaire de prendre des précautions ou des mesures suppémentaires. Quoiqu'il en soit, on ne peut déroger aux règles suivantes :

- S'assurer d'avoir une assise de niveau.
- S'assurer que les coffrages sont d'aplomb et bien étayés avant de couler le béton.
- Être prêt à prendre les mesures nécessaires en cas d'éclatement des coffrages durant le coulage.
- Utiliser un béton de bonne fluidité, caractérisé par un affaissement approprié.
- Utiliser la courbe en « S » à l'extrémité de décharge de la pompe à béton.

- Former les membres des corps de métier concernés, c.-à-d. ceux qui participeront à l'érection du mur et ceux qui auront à effectuer les travaux ultérieurs.
- S'assurer d'obtenir à l'avance les autorisations nécessaires, comme celle qui découle de l'obligation de faire appel aux services de professionnels de la conception technique.

Coûts de construction

Plus les hommes de métier et le constructeur se familiariseront avec cette variante de murs, plus les coûts de construction, notamment les coûts de la main-d'œuvre, diminueront. Tout indique que le coût des murs à coffrages isolants devrait être sensiblement le même que celui des murs classiques à ossature de bois. En effet, on prévoit que le coût de la partie ossature d'un mur à coffrages isolants devrait être de quelques points de pourcentage plus bas à quelques points de pourcentage plus hauts que celui de la partie ossature des murs d'une maison à ossature de bois.

La nature des revêtements intérieur et extérieur, le type de coffrages isolants utilisés, ainsi que les fluctuations de disponibilité et de prix des matériaux (bois et béton) auront une incidence sur l'écart entre les coûts des deux modes de construction. Avec certains modèles de coffrages isolants, on dispose de bandes intégrées de fixation du revêtement intérieur ou extérieur, ou des deux. Cette caractéristique et le type de revêtement utilisé peuvent avoir une incidence importante sur le prix des murs à coffrages isolants.

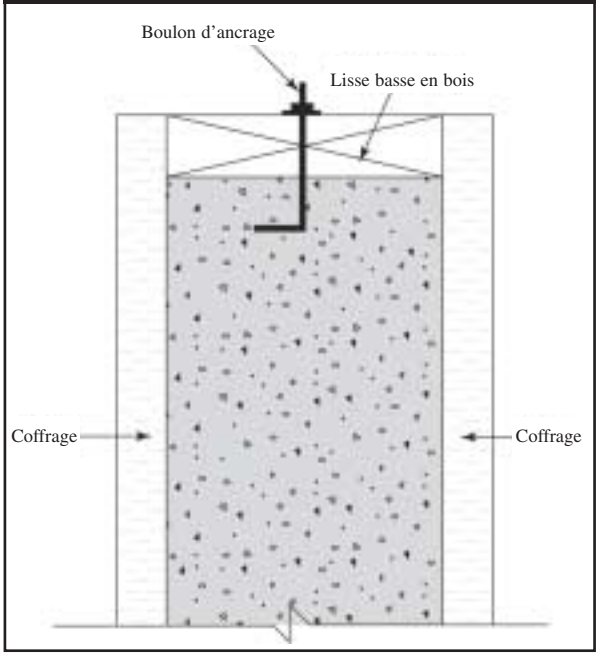
Il se pourrait que certains autres facteurs aient une incidence sur le prix des matériaux dans les régions rurales ou éloignées. Il n'est pas facile de faire une analyse quantitative de certains éléments intangibles, comme le confort, la résistance au feu et l'isolement acoustique.

Efficacité énergétique

Cette variante est vraiment efficace sur le plan énergétique. Avec les coffrages isolants, on bénéficie en permanence d'une excellente isolation; de plus, le mur étant isolé à la grandeur, les problèmes de ponts thermiques sont inexistants. Avec un mur à coffrages isolants, les fuites d'air, qui peuvent contribuer de façon appréciable aux pertes de chaleur, sont très faibles. Ainsi donc, cette variante contribue à l'amélioration du confort des occupants et à la réduction des frais de chauffage.

La masse thermique des murs en coffrages isolants est en sandwich entre les deux couches d'isolant. La couche intérieure, bien qu'elle puisse être avantageuse sous certains aspects,

Figure 13 : Détail d'assemblage au sommet du mur



ne permet pas d'avoir accès à une masse thermique importante qui pourrait servir autrement à niveler les variations de température et à réduire les pointes de consommation. Il sera peut-être possible de réduire la puissance des appareils de chauffage ou de climatisation utilisés, donc de réduire les dépenses en immobilisations.

La valeur « R » des murs à coffrages isolants dépend du type de mousse isolante utilisé pour les coffrages et de l'épaisseur des couches intérieure et extérieure des coffrages. Il est possible d'obtenir, le cas échéant, une valeur de R totale qui est supérieure à 20 (RSI = 3,5).

Il faut s'assurer, le cas échéant, d'atteindre ou même de dépasser les critères des codes énergétiques en vigueur avant de choisir une configuration particulière. Il se pourrait fort bien que les autorités fassent abstraction de la masse thermique propre à cette variante et ne tiennent compte que de l'indice d'isolation nominal.

Durabilité

Les murs à coffrages isolants sont très durables; en effet, le béton ne devrait demander aucun entretien avant plusieurs décennies. Il en est de même pour le matériau isolant qui est protégé, ce qui est habituellement le cas lorsqu'on le recouvre de revêtements intérieur et extérieur.
En outre, ces murs résistent très bien à la dégradation due à l'humidité et conviennent très bien aux régions où il peut y avoir des projections de débris en raison de tornades ou d'ouragans. Dans les régions où il y a des termites, il faut prendre les mesures nécessaires pour les empêcher de s'infiltrer dans le mur.

Résistance au feu et isolement acoustique

La résistance au feu et l'isolement acoustique des murs à coffrages isolants devraient être au moins aussi bons que ceux des murs en béton. D'ordinaire, la durée de résistance au feu des murs en béton est d'au moins deux heures : elle varie selon l'épaisseur du mur, mais quoiqu'il en soit, celui-ci conserve en général son intégrité structurale durant l'incendie. La mousse isolante peut dégager des gaz toxiques sous l'effet des flammes, mais tel que l'exigent les codes pertinents, elle est protégée par les revêtements intérieur et extérieur.

L'indice de transmission du son des murs en béton est d'au moins 50; la valeur de cet indice varie également, bien sûr, selon l'épaisseur du mur. La présence de mousse isolante ne devrait pas vraiment agir sur cette valeur. Le mur étant coulé d'un seul trait sur toute son épaisseur, la transmission du son par les interstices devrait être négligeable. L'inertie liée à l'énorme masse du mur contribuera à réduire le son transmis par voie vibratoire. Ces deux facteurs sont à l'origine des excellentes caractéristiques acoustiques propres aux murs en béton.

Incidence sur la qualité de l'air intérieur

En raison de la présence de mousse isolante dans les coffrages, il faut bien isoler ces derniers de l'intérieur de la maison de façon à contenir la moindre émission. Ce qu'on recherche dans les nouvelles maisons, c'est de réduire le plus possible les fuites d'air, d'où l'importance d'assurer une bonne ventilation. La situation est la même avec

des murs à coffrages isolants; en effet, ces murs sont vraiment étanches à l'air et exigeront une bonne ventilation de l'habitation.

Aspects environnementaux

En passant de murs extérieurs à ossature de bois à des murs extérieurs à coffrages isolants, on met l'emphase sur l'utilisation des matériaux constituants du béton, à savoir le ciment et le granulat, plutôt que sur celui des produits de la forêt. L'énergie intrinsèque totale afférente au béton et à la mousse isolante est supérieure à celle qui caractérise la construction à ossature de bois. Le transport peut également jouer un rôle déterminant en ce qui concerne l'efficacité d'exploitation des ressources liées à l'utilisation du béton, aussi en ce qui touche l'obtention du granulat que la livraison à destination du produit final.

En matière d'énergie, les analyses démontrent que l'énergie consacrée à l'exploitation et à l'entretien d'un bâtiment durant toute la durée de vie utile de celui-ci peut atteindre jusqu'à 80 % de l'énergie totale qu'on lui a consacrée. De plus, on utilise souvent des déchets, comme la cendre volante, dans les mélanges de béton pour certaines des propriétés de ce dernier. Le fait d'utiliser ainsi des déchets dans le béton contribue donc à préserver l'environnement.[1]

On produit très peu de déchets sur place, un autre avantage des murs à coffrages isolants sur le plan de l'environnement. Comme autre aspect important, il y a le type de matériau isolant utilisé. En règle générale, on utilise l'isolant en matelas comme principal matériau d'isolation dans les murs extérieurs à ossature de bois, mais dans les murs à coffrages isolants, on n'utilise que de la mousse isolante. On sait fort bien que les chlorofluorocarbures (CFC) entraient au début dans la composition des mousses isolantes, mais les préoccupations environnementales découlant de l'utilisation des mousses isolantes sont devenues moins importantes, car les fabricants de mousses isolantes ont pratiquement tous opté pour de nouvelles méthodes de production ou de nouveaux produits, comme les hydrochlorofluorocarbures (HCFC), en remplacement des CFC.

Obstacles réglementaires

Les murs à coffrages isolants sont à toute fin pratique des murs en béton armé coulé sur place. Il se peut que les autorités locales exigent une participation de professionnels de la conception technique en ce qui concerne l'assemblage et la nature des éléments de renforcement nécessaires pour résister aux charges prévues. En règle générale, les fabricants fournissent des détails à ce sujet pour les conditions de charge usuelles. Le Centre canadien de matériaux de construction (CCMC), dont le rôle est d'évaluer les produits et les systèmes utilisés dans les maisons, pourrait certainement aider à faire le nécessaire pour obtenir l'approbation des autorités.

Approbation des programmes de garantie

Seuls les constructeurs accrédités sont autorisés à inscrire des maisons aux programmes de garantie provinciaux. Il faut répondre à deux grands critères pour inscrire une maison, à savoir que le constructeur doit être accrédité ou autorisé à participer au programme de

Mur à coffrages isolants en construction

Photo gracieuseté de Western Concrete Supply

garantie et que la maison doit être construite en conformité avec le code du bâtiment afférent. En règle générale, les détails usuels exigés par l'autorité réglementaire peuvent être obtenus du fournisseur ou du fabricant de la variante de murs. Si on demande des détails supplémentaires ou particuliers, il faudra peut-être faire appel aux services d'un professionnel de la conception technique pour vérifier la conformité au code du bâtiment. L'inscription d'une maison aux murs à coffrages isolants dans un programme de garantie ne devrait poser aucun autre problème.

Assurance

Les sociétés d'assurance-habitation avec lesquelles nous avons communiqué nous ont pratiquement toutes indiqué qu'elles n'hésiteraient aucunement à assurer les maisons aux murs à coffrages isolants, pourvu que celles-ci aient été construites en conformité avec le Code national du bâtiment. On nous a également indiqué que la prime ne s'écarterait pas de beaucoup de la prime exigée pour les unités d'habitation usuelles. Ces politiques peuvent, bien entendu, varier d'un assureur à l'autre. Avant de faire quoique ce soit, il faut bien s'enquérir du montant des primes et de l'assurabilité de la maison, car les sociétés d'assurances n'ont certainement pas beaucoup d'expérience en matière de sinistres liés à cette variante de murs. Les primes d'assurance-habitation englobant habituellement différents risques d'assurance (incendie, inondation, responsabilité civile, etc), la nature des murs de la maison ne devrait certes pas avoir une forte incidence sur le total de la prime, si la maison est assurable.

Acceptabilité du marché et valeur de revente

Cette variante de murs n'étant pas encore vraiment connue, on hésitera peut-être à l'accepter par ignorance dans certains milieux. D'autre part, l'écart entre la valeur de revente d'une maison aux murs à coffrages isolants et celle d'une maison classique à ossature de bois devrait être minime.

Potentiel d'exportation

Bien que cette variante de murs soit déjà utilisée ailleurs dans le monde, il existe certes un marché d'exportation des murs à coffrages isolants. Le produit étant relativement volumineux, les coûts d'expédition pourraient être plutôt élevés.

Contraintes géographiques

Il ne semble y avoir aucune contrainte de nature géographique pour cette variante de murs. Ses éléments sont offerts, semble-t-il, à la grandeur du pays selon des configurations différentes par de nombreux fabricants. Comme c'est aussi le cas pour d'autres variantes de murs, les coûts de transport seront, bien entendu, plus élevés dans les régions éloignées ou rurales où il n'y a pas de fournisseur local de ce type de coffrages. Il faut également tenir compte, le cas échéant, de la disponibilité ou du transport du béton.

Renvoi en bas de page

[1] Suzuki, M. et T. Oka, Estimation of Life Cycle CO_2 Emissions of Office Buildings in Japan, Conference Proceedings Vol. 1 - Green Building Challenge 98, An International Conference on Performance Assessment of Buildings, 26-28 octobre 1998, Vancouver, Canada.

Ouvrages de référence supplémentaires

Association canadienne du ciment Portland. 1996. A Comparative Study of Low-Rise Residential Building Systems in Canada.

NAHB Research Centre, Inc. Prescription Method for Insulating Concrete Forms in Residential Construction. Upper Marlboro, Maryland. EB118.

VanderWerf, Pieter. 1998. Foam Forms Bring Concrete Results. Home Energy Magazine. Juillet/août.

VanderWerff, Pieter, Stephen J. Feige, Paula Chammas et Lionel A. Lemay. 1997. Insulating Concrete Forms for Residential Design and Construction. McGraw-Hill Inc.

Woodard, Ralph. 1998. Building Above Grade With ICFs. Journal of Light Construction. Juin.

www.icfweb.com/FAQ.htm

www.forms.org
(Insulating Concrete Forms Association)

www.plastifab.com/icf/index.html
(PlastiFab - Calgary)

Murs à poteaux et à poutres

Introduction

Les murs à poteaux et à poutres sont constitués d'une charpente de poteaux ou de colonnes qui supportent des poutres horizontales. Il y a un poteau à chaque coin de l'habitation, ainsi que des poteaux à distances égales entre ces poteaux de coin pour supporter les charges du toit. Le toit peut également comprendre de grosses pièces de charpente (poutres) supportant les plus petites pièces qui supportent la charge du toit. La charpente à poteaux et à poutres peut être constituée de pièces en bois usiné, comme les poutres lamellées, ou de pièces en gros bois d'œuvre.

En général, la charpente est laissée complètement à la vue à l'intérieur. Le remplissage entre les poteaux n'est pas porteur et peut être constitué de matériaux divers, comme les panneaux de mousse rigide de haute technologie, les poteaux d'ossature ou certains des éléments constituants des autres variantes de murs dont il est question ici, comme les rondins, les ballots de paille et le bois cordé.

On peut utiliser sans problème un revêtement extérieur classique avec cette variante. On peut même laisser partiellement à la vue à l'extérieur certaines des pièces de la charpente, comme la partie des poutres située au-delà de leur appui. En laissant paraître ainsi ces pièces, on améliore, bien sûr, l'aspect extérieur de la maison, mais il faut prendre les mesures nécessaires pour bien les protéger des intempéries.

Principal marché cible

En exposant à la vue les grosses pièces de charpente à l'intérieur, on crée une atmopshère que plusieurs recherchent. Les maisons à

Photo gracieuseté de Troy Scheer

poteaux et à poutres sont relativement faciles à ériger, mais peuvent demander une main-d'œuvre supplémentaire en raison des dimensions et du poids des pièces. D'ordinaire, l'érection d'une telle maison est confiée à des constructeurs professionnels.

Principaux avantages

Non seulement les poteaux et les poutres constituent-ils les éléments de la charpente de la maison, ils constituent des éléments de décoration intérieure très attrayants. Ce mode de construction, qui est fréquent pour les maisons haut de gamme, peut s'appliquer maintenant à pratiquement tous les types de maisons, grâce aux nouveaux matériaux en bois usiné sur le marché.

Charpente à poteaux et à poutres

Photo gracieuseté de Troy Scheer

La majeure partie des murs extérieurs à poteaux et à poutres n'étant pas porteuse, ces murs se caractérisent par une très bonne souplesse fonctionnelle, c'est-à-dire qu'il est possible d'y pratiquer de grandes ouvertures de fenêtre sans vraiment se poser de questions liées à la résistance structurale et qu'on a l'embarras du choix quant à l'emplacement des pénétrations pour les installations techniques. Il sera également facile d'apporter plus tard des modifications aux murs extérieurs, sans vraiment se soucier de l'effet de ces modifications sur la résistance de la structure.

À l'exclusion des poteaux, l'intérieur n'exige aucun élément porteur. L'occupant peut donc laisser libre cours à son imagination en matière de décoration intérieure et choisir comme bon lui semble l'emplacement des cloisons. De plus, les modifications aux cloisons ou leur déplacement éventuel n'auront aucune incidence sur l'intégrité structurale de la maison.

Principaux inconvénients

Le principal inconvénient de ce mode de construction découle du séchage du bois. Le retrait lié à ce séchage peut entraîner la fissuration et le déplacement des pièces. Il faut tenir compte de cet aspect avant d'amorcer la construction. L'utilisation des récents produits du bois fabriqués ou du bois d'ingénierie permet d'éliminer en grande partie le problème. Ces nouveaux produits étant secs au moment de leur livraison, il suffit de les protéger durant la construction pour assurer leur intégrité.

La constructrion à poteaux et à poutres étant moins répandue qu'autrefois, les monteurs de charpente qui en connaissent moins bien les détails que la construction classique à ossature de bois sont nombreux. Il faudra peut-être faire appel aux services d'un professionnel de la conception technique pour faire le calcul des pièces, tout en tenant compte, par exemple, des efforts exercés par le vent, car la Partie 9 du Code national du bâtiment ne renferme aucun tableau de calcul des pièces de charpente pour une telle construction. Il faut également porter une attention particulière à l'assemblage des pièces dans le cadre des calculs.

Aspects structuraux

Le poids du toit étant transmis par les poteaux à la fondation, celle-ci doit pouvoir résister à des charges concentrées plutôt qu'à des charges uniformes comme c'est le cas pour les ossatures de bois classiques. Ces charges concentrées seront, bien entendu, plus importantes pour une maison à un étage.

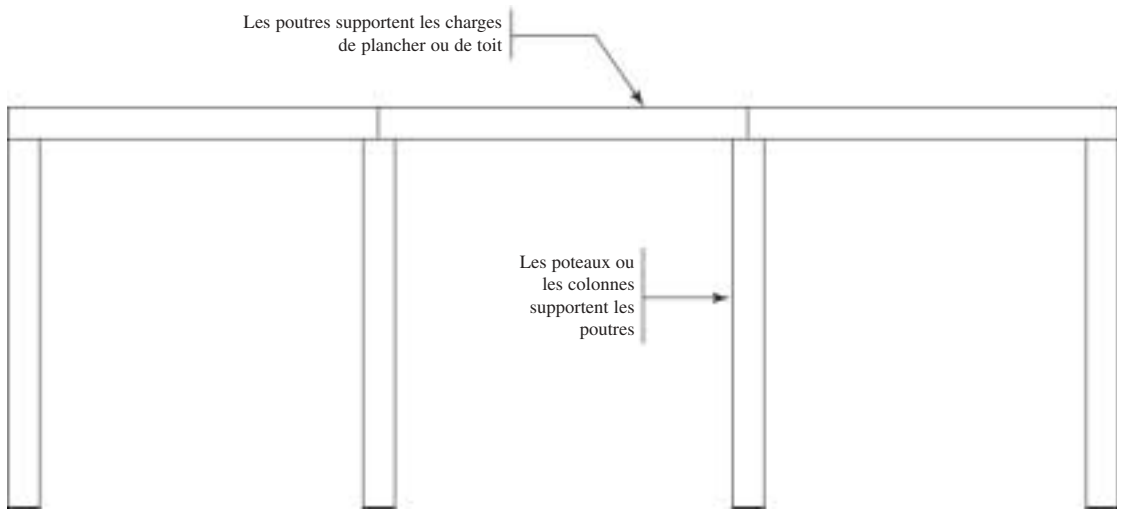
Le transfert des charges dépend de la qualité de l'assemblage des pièces de la charpente. Le spécialiste de la conception technique appelé à participer au projet devra préciser et illustrer les détails de cet assemblage.

Il faut également tenir compte dans les calculs des charges dues au vent ou des charges sismiques. Avec les charpentes classiques, le revêtement assure la rigidité nécessaire pour permettre au mur de résister aux charges latérales ou aux charges dues au vent. En règle générale, les jonctions propres à la construction à poteaux et à poutres ne peuvent résister seules aux charges latérales; par conséquent, il sera peut-être nécessaire d'utiliser des brides transversales ou des murs de contreventement pour assurer cette résistance.

Matériaux

Le choix des matériaux doit être fondé avant tout sur la résistance globale aux charges axiales, ainsi qu'aux charges de flexion, de déflexion et de cisaillement. À cet égard, le

Figure 14 : Éléments de charpente de la construction à poteaux et à poutres



bois d'œuvre usiné pourrait être fort bien supérieur au bois de construction de dimensions courantes. Il faut également tenir compte du phénomène de retrait au moment de choisir les matériaux. En règle générale, les grosses pièces de charpente rétrécissent plus que les petites; ainsi donc, il faut tenir compte de cet aspect pour les grosses poutres et les colonnes.

Ordonnancement des travaux

Cette variante de murs ne devrait pas donner lieu à une modification marquée de l'ordonnancement usuel des travaux de construction. On établira le calendrier de travail des monteurs de charpente comme on le fait habituellement et les interventions des autres corps de métier seront ensuite ordonnancées en fonction de ce calendrier. Il faudra déterminer les délais d'approvisionnement en matériaux spéciaux, comme les pièces en bois d'ingénierie ou en gros bois d'œuvre, et préciser les besoins et le calendrier relatifs au matériel de levage, comme les chariots élévateurs à fourche ou les grues pour les grosses pièces de charpente.

Besoins en main-d'œuvre et en matériel

D'ordinaire, le travail d'érection des murs à potaux et à poutres est confié à des monteurs de charpente qualifiés. Il se pourrait que les besoins en main-d'œuvre soient plus grands pour l'érection des murs à poteaux et à poutres que pour celle des murs à ossature de bois d'une même maison. Les monteurs de charpente s'y connaissent bien en ossatures à plate-forme et le moindre changement pourrait entraîner une augmentation des coûts, non pas en relation directe avec une plus grande diffculté ou de plus longues heures de travail, mais bien à cause d'un facteur de sécurité associé au changement. En règle générale, les coûts de la main-d'œuvre sont légèrement plus élevés pour ce type de murs que pour les murs classiques à ossature de bois.

On utilisera les outils habituels, mais, en raison de la grosseur des pièces, on aura vraisemblablement à se servir de matériel supplémentaire. On utilisera sans doute des grues ou des chariots élévateurs à fourche pour manipuler les grosses poutres et une certaine forme de consolidation sera nécessaire pour assujettir ces poutres en place jusqu'à ce que la charpente soit complètement assemblée.

Incidence sur les installations techniques

Ce mode de construction ne devrait avoir qu'une incidence minime sur la mise en place des installations techniques. La majeure partie des murs extérieurs n'étant pas destinée à supporter des charges, on a pratiquement l'embarras du choix quant à l'emplacement des pénétrations pour la tuyauterie ou les fils électriques. En règle générale, on choisit des emplacements situés à une certaine distance des pièces de charpente. Il faut éviter de pratiquer des encoches et des ouvertures dans les poteaux et les poutres, de façon à ne pas diminuer leur pouvoir porteur; s'il faut absolument pratiquer des encoches ou des ouvertures, on prendra soin de respecter les lignes directrices de calcul.

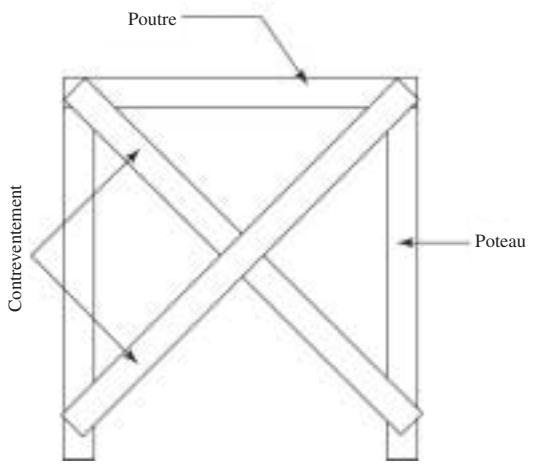
La construction à poteaux et à poutres se prêtant bien à la spaciosité des espaces habitables, les cloisons dans lesquelles on pourra installer les prises de courant ou faire

passer les tuyaux, par exemple, seront peu nombreuses. La situation se complique dans une maison à un étage, où il faut, bien entendu, faire passer les tuyaux et les câbles du rez-de-chaussée à l'étage. Il faudra donc prévoir au préalable la mise en place de cloisons ou de saignées pour le passage des tuyaux, des câbles, etc.

Souplesse de calcul

Le système de charpente à poteaux et à poutres se caractérise par une très bonne souplesse de calcul. En effet, ce mode de construction se prête à une forte spaciosité des espaces habitables, et ce même dans une maison à un étage. Il est également facile d'apporter des modifications à ces espaces, car il n'y a que les éléments porteurs, c'est-à-dire les poteaux et les poutres, qu'on ne peut déplacer — tout le reste peut être modifié. Il est possible de modifier sans problème les ouvertures des fenêtres, voire d'en ajouter d'autres.

Figure 15 : Contreventement nécessaire pour assurer la résistance aux charges latérales



Points clés en matière de construction

- Choisir ou utiliser des matériaux secs pour réduire ou éliminer le retrait.
- Veiller à ce que toutes les pièces de charpente aient les dimensions appropriées.
- Veiller à ce que les jonctions entre les pièces de charpente assurent un transfert approprié des charges.
- Prévoir les éléments ou les murs de contreventement nécessaires pour résister aux charges latérales.
- Prévoir la mise en place des installations techniques à l'avance; il faut veiller à les incorporer dans le bâtiment et à ce qu'ils n'affectent pas la charpente.

Coûts de construction

Le coût des murs à poteaux et à poutres devrait être quelque peu plus élevé que celui des murs à ossature de bois classiques. Le coût des grosses pièces de la charpente primaire est, bien sûr, plus élevé que celui de pièces plus petites offrant le même pouvoir porteur. Avec les murs à poteaux et à poutres, il faut aussi utiliser d'autres pièces pour pouvoir remplir l'espace entre les pièces de la charpente.

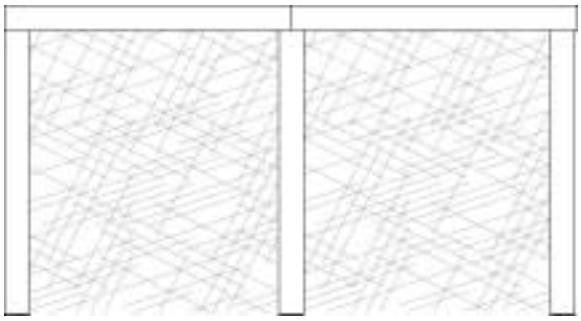
L'utilisation de matériel de levage contribuera également à faire augmenter le coût de cette variante. Il n'est pas rare que les monteurs de charpente utilisent du matériel de levage pour l'érection des ossatures à plate-forme, mais ils ne l'utilisent que durant de courtes périodes; ce matériel doit être utilisé durant des périodes prolongées pour l'érection des murs à poteaux et à poutres.

Efficacité énergétique

L'efficacité énergétique d'une maison aux murs à poteaux et à poutres dépendra en grande partie de la nature des murs de remplissage entre les colonnes. Les murs de remplissage, qui peuvent être constitués de mousse isolante, de poteaux muraux avec isolant de fibre de verre, de ballots de paille, etc., permettent d'atteindre des valeurs de R se situant entre 12 (RSI = 2) et 30 (RSI = 5) ou plus pour les murs extérieurs.

Il faut éliminer le plus possible les fuites d'air à la jonction entre le matériau de remplissage et les poteaux. Le matériau de remplissage étant plus souvent qu'autrement différent du matériau constituant du mur extérieur, il faudra utiliser une sorte de joint d'étanchéité à l'interface entre les deux matériaux. Il faudra également éliminer le pont que constitue le pare-air ou le pare-vapeur entre les poteaux, de façon à pouvoir contrôler la circulation de l'air et de la vapeur, et à assurer par le fait même un meilleur confort aux occupants et une meilleure efficacité sur le plan énergétique.

Figure 16 : L'espace entre les poteaux est rempli d'un matériau qui assure la résistance thermique.



Durabilité

Les murs à poteaux et à poutres offrent une durabilité qui se compare à celle des murs à ossature de bois. C'est en raison de leur grosseur si la durabilité des pièces de charpente est assurée. Il faut protéger les pièces de charpente en bois contre l'humidité pour être assuré d'une durabilité à long terme.

Résistance au feu et isolement acoustique

Il ne semble y avoir aucun essai de résistance au feu et d'isolement acoustique reconnu pour les murs à poteaux et à poutres. On serait porté à croire de façon intuitive que les grosses pièces résisteront mieux au feu que les pièces plus petites des ossatures de bois classiques. On peut aussi conclure que les murs à poteaux et à poutres composés de pièces plus petites, comme les pièces en bois usiné, résisteront moins bien au feu. La résistance au feu dépendra aussi du matériau de remplissage utilisé entre les poutres et les colonnes. L'isolement acoustique dépendra de la grosseur des pièces de charpente, du type de matériau de remplissage utilisé entre celles-ci et de l'étanchéité à l'air des murs. L'indice d'isolement acoustique devrait varier énormément selon le mur et la nature des matériaux qui le constituent.

Incidence sur la qualité de l'air intérieur

L'utilisation d'un bon pare-air intérieur permettra d'isoler les occupants des matériaux utilisés pour fermer l'intérieur. Si on prend soin de bien contrôler l'humidité, comme ce doit être le cas pour toutes les maisons, on

neutralisera les effets de la moisissure et des champignons. Le fait que les éléments de charpente soient d'ordinaire exposés à la vue à l'intérieur pourrait donner lieu à certaines difficultés en ce qui concerne la mise en place et le maintien de l'intégrité d'un bon pare-air. Il faudra réaliser des jonctions étanches entre les pare-air et les pièces de charpente et assurer par la suite l'étanchéité de ces jonctions.

Aspects environnementaux

L'efficacité d'exploitation des ressources afférente aux murs à poteaux et à poutres est relativement bonne, la transformation nécessaire à la production des matériaux utilisés étant marginale. Les quantités de déchets produits sur place sont semblables aux quantités afférentes aux murs à ossature de bois et ces déchets, le cas échéant, peuvent être recyclés.

L'impact sur l'environnement dépendra des matériaux utilisés pour la charpente. L'utilisation inconsidérée de grosses billes ou de gros bois d'œuvre contribue, bien sûr, à l'épuisement des peuplements forestiers adultes. Le bois usiné étant fabriqué à partir de rebuts et de petites billes, son utilisation contribuera à atténuer cet impact.

Obstacles réglementaires

L'approbation réglementaire de cette variante de murs ne devrait présenter pratiquement aucune difficulté. Les autorités de réglementation demanderont que les calculs soient effectués et que l'ouvrage soit inspecté par un professionnel de la conception trechnique, aucune disposition de la Partie 9 du Code national du bâtiment n'étant prévue pour les pièces d'une telle charpente.

Approbation des programmes de garantie

Seuls les constructeurs accrédités sont autorisés à inscrire des maisons aux programmes de garantie provinciaux. Il faut répondre à deux grands critères pour inscrire une maison, à savoir que le constructeur doit être accrédité ou autorisé à participer au programme de garantie et que la maison doit être construite en conformité avec le code du bâtiment

Vues intérieures d'une construction à poteaux et à poutres

Photos gracieuseté de Troy Scheer

afférent. Les autorités de réglementation s'assureront de la conformité au code du bâtiment au moment de la délivrance du permis. Cette variante de murs n'aura aucune incidence sur l'inscription d'une maison dans un programme de garantie.

Assurance

Une maison aux murs à poteaux et à poutres construite en conformité avec le Code national du bâtiment ne devrait présenter aucun problème d'assurabilité. La prime ne devrait pas vraiment s'écarter de celle qui est exigée pour les unités d'habitation usuelles, mais les politiques à cet égard peuvent, bien entendu, varier d'un assureur à l'autre.

Acceptabilité du marché et valeur de revente

Cette variante de murs est bien connue et a été acceptée par la presque totalité des marchés. La valeur de revente d'une maison aux murs à poteaux et à poutres devrait être bonne, certains consommateurs étant même prêts à verser un supplément pour ce genre de maison, surtout si les pièces de charpente sont à la vue.

Potentiel d'exportation

Cette variante de murs ne serait certainement pas exportée dans un état quelconque de fabrication. Les matériaux constituants individuels et les techniques de montage peuvent certes être exportés, mais, en raison de l'important volume de travail d'érection à faire sur place, on peut douter du potentiel d'exportation de parties de murs préfabriquées.

Contraintes géographiques

Il ne devrait y avoir aucune contrainte de nature géographique pour cette variante de murs. La disponibilité des matériaux nécessaires pourrait constituer une contrainte dans certaines régions, si on utilise des pièces de charpente en gros bois d'œuvre.

Ouvrage de référence supplémentaire

Mitchell, James. 1984. The Craft of Modular Post and Beam: Building Log and Timber Homes Affordably. Hartley & Marks Publishers Inc.

Figure 17 : La base des colonnes doit être engagée dans la fondation de façon à pouvoir résister à tout mouvement latéral.

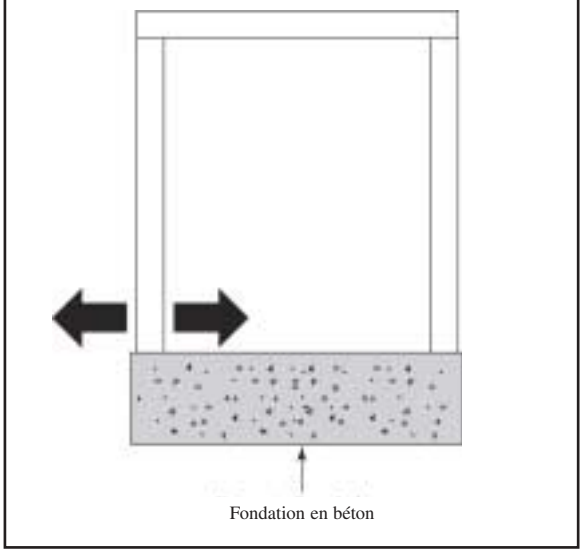
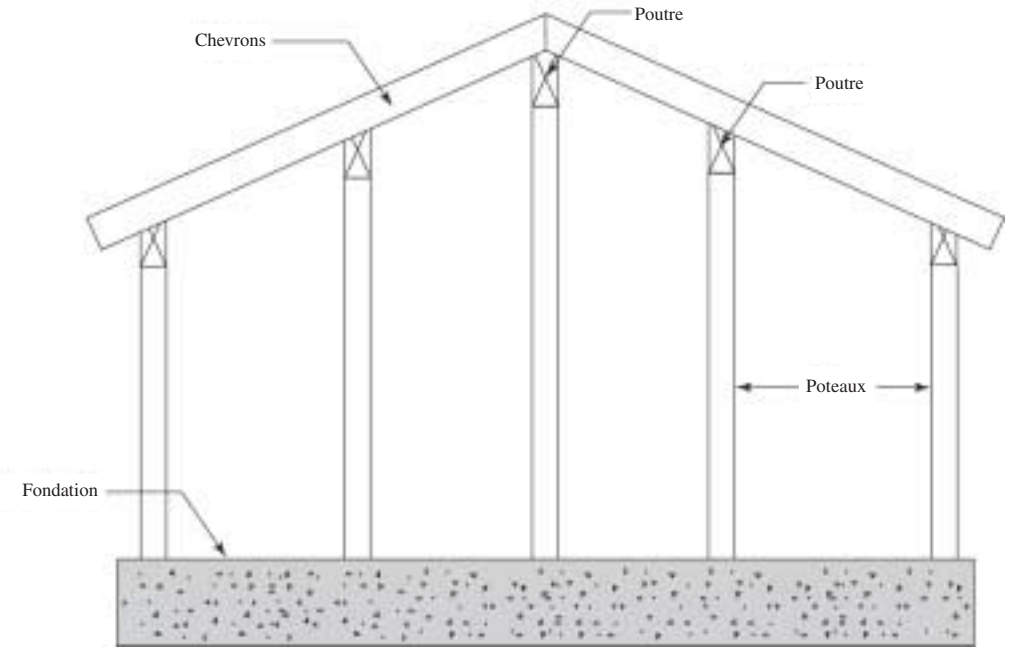


Figure 18 : Coupe transversale d'une charpente à poteaux et à poutres avec un chevron de toit



Mur en blocs de béton

Introduction

Les blocs de béton sont généralement utilisés dans les bâtiments commerciaux, mais on s'en sert également de façon sporadique en construction résidentielle. Dans les habitations, c'est surtout dans les fondations qu'on les retrouve, mais on peut également les utiliser pour construire des murs au-dessus du niveau du sol.

Les blocs de béton sont posés en assises, chaque bloc mesurant d'ordinaire 200 mm (8 po) de haut, 400 mm (16 po) de large et 200 ou 250 mm (8 ou 10 po) de profond. Chaque assise est noyée dans un lit de mortier et on utilise du renforcement, tant dans le plan horizontal que dans le plan vertical, pour supporter les charges imposées. On pose des blocs spéciaux au-dessus des ouvertures de manière à pouvoir placer du renforcement supplémentaire qui supportera les charges verticales à ces endroits.

Photo gracieuseté de Halyna Tatary, de la SCHL

On peut appliquer les finis intérieurs et extérieurs directement sur la face d'un mur en blocs; on doit cependant à tout prix tenir compte de l'isolation ainsi que de la régulation de l'air et de l'humidité. On peut isoler l'âme des blocs ou le mur en entier, à l'intérieur ou à l'extérieur. Les planchers peuvent être en bois, en béton ou en acier, tandis que la toiture est d'habitude en bois ou en acier.

Principal marché cible

Les meilleurs systèmes muraux en blocs de béton sont ceux érigés par les corps de métier qui ont l'expérience des travaux de maçonnerie. Cela risque de réduire ou d'éliminer certaines des économies de main-d'œuvre possibles pour le propriétaire ou le constructeur, à moins que celui-ci possède des compétences et de l'expérience en maçonnerie. La plupart des constructeurs ont à leur emploi des maçons capables de construire ce genre de système.

Principaux avantages

Les principaux avantages d'une construction de murs en blocs de béton sont d'excellents classements de résistance au feu et indice de transmission du son, et une excellente durabilité. C'est l'assemblage qu'on utilise

généralement dans le cas des séparations et des murs coupe-feu; ce type de mur est donc très prisé quand le feu est un sujet d'inquiétude. Un incendie n'a alors habituellement aucune incidence sérieuse sur la capacité structurale des murs. En raison de la masse de ce genre de mur, la transmission du son est elle aussi très faible. Les bruits extérieurs sont réduits au minimum et cela peut être un avantage dans les zones où le bruit est élevé, telles qu'à proximité des autoroutes, des aéroports et des voies ferrées.

Les murs en blocs de béton sont très durables. Ils résistent aux termites, à la pourriture sèche et aux champignons associés aux conditions d'humidité élevée. Les murs de ce type sont également très résistants aux dommages mécaniques et donc, très appréciés dans les régions exposées aux ouragans ou aux tornades.

Principaux inconvénients

La construction d'un mur en blocs de béton est plus coûteuse que celle d'un mur à ossature de bois classique. Les coûts varient selon les finis intérieur et extérieur, et la façon dont on obtient les niveaux d'isolation adéquats. La construction des murs nécessite habituellement l'intervention d'un corps de métier plus spécialisé et il risque d'y avoir des problèmes d'ordonnancement des travaux et de disponibilité de la main-d'œuvre. En outre, lorsque les travaux sont exécutés par temps très froid, il faut protéger les murs du gel durant la construction, ce qui peut avoir une incidence sur le choix du moment et le coût de la construction.

En isolant uniquement l'âme des blocs, on ne parviendra pas à satisfaire la plupart des clients et on ne respectera probablement pas les exigences des codes énergétiques pertinents. Il faudra utiliser de l'isolant et un lattis, ou de l'isolant rigide, et cela ajoutera aux coûts du système.

Aspects structuraux

Les murs en blocs de béton sont très solides et très durables, et peuvent supporter d'importantes charges verticales; cependant, il faut à tout prix régler un certain nombre de conditions spéciales. Quand le mur doit supporter d'importantes charges concentrées, il faut y incorporer des colonnes spéciales, appelées pilastres, qui agiront comme supports. La charge concentrée doit alors absolument être transmise aux fondations du bâtiment.

Il faut poser une poutre au-dessus de chaque ouverture de grandes dimensions. Celle-ci peut soit être une poutre d'acier, soit être faite de blocs de béton spéciaux avec armature d'acier. La poutre doit absolument être conçue de manière à pouvoir supporter la charge au-dessus de l'ouverture.

Dans le cas des murs très hauts, il se peut qu'on doive poser du renforcement supplémentaire ou des colonnes (pilastres) qui résisteront aux charges horizontales, qui proviennent surtout de la surcharge due au vent. L'assemblage au sommet et à la base du mur est important, puisque c'est lui qui empêche les mouvements latéraux.

Finalement, le poids supplémentaire du mur en blocs de béton exige des fondations plus importantes. Il faut des semelles plus larges (130 mm, ou 5 po, de largeur supplémentaire par étage de maçonnerie) pour supporter le poids accru des murs. L'utilisation de blocs

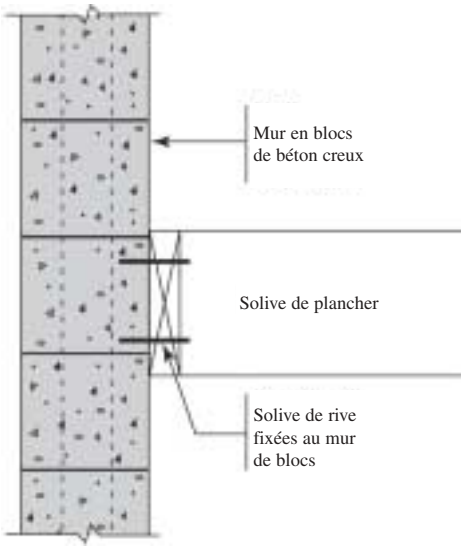
légers réduit l'incidence des murs sur les fondations.

Matériaux

On trouve les blocs de béton dans la plupart des marchés, mais leur transport vers les régions rurales ou éloignées peut être coûteux. L'expédition est habituellement inclue dans le prix des blocs, puisqu'ils sont livrés au moyen de camions équipés d'un appareil de levage. Comme on l'a dit plus haut, quand la pose des blocs se fait par température très froide, il faut protéger les murs durant la pose et la cure, ce qui ajoute aux coûts.

Dans certaines régions, on offre de nouveaux types de blocs de béton. On utilise des agrégats légers pour fabriquer les blocs légers et comme ceux-ci sont faciles à manipuler, la pose peut être plus rapide. Dans certains des types de blocs les plus récents, on utilise comme agrégats des billes de mousse qui constituent un isolant incorporé à l'élément de maçonnerie. Même si ce sont là des concepts intéressants, il faut vérifier la disponibilité de ce genre de blocs et si ceux-ci conviennent aux organismes responsables de l'application des règlements.

Figure 19 : Assemblage de bois à un mur en blocs



La régulation de la chaleur, de l'air et de l'humidité est une considération importante dans le cas de tous les systèmes muraux. Dans le cas des murs en blocs de béton, il existe diverses possibilités concernant l'emplacement et le type de l'isolant, et les membranes étanches à l'humidité. L'isolant peut être à l'intérieur, à l'extérieur ou dans la cavité murale et il peut s'agir de mousse, de matelas ou d'isolant en vrac. La membrane étanche à l'humidité est posée sur la face extérieure du mur, mais elle risque alors d'avoir une incidence sur le fini extérieur. Ces diverses options peuvent avoir des répercussions sur le prix, les corps de métier et l'ordonnancement des travaux.

Ordonnancement des travaux

L'ordre dans lequel les corps de métier doivent être présents sur le chantier n'est peut-être pas très différent de celui relatif à une construction à ossature de bois traditionnelle, mais cela dépend fortement du type de plancher et de toiture, du type de membrane étanche à l'humidité et du type de finis intérieur et extérieur. On utilise d'ordinaire une ossature de bois ou d'acier dans le cas des cloisons intérieures et on pose souvent un fond de clouage en bois ou en acier sur la face intérieure des murs en blocs de béton. Une fois les murs extérieurs érigés, les monteurs de charpente posent la toiture, puis achèvent les cloisons intérieures et le fond de clouage. Les autres services sont alors posés dans l'ordre normal, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur.

Quand il est en bois, le plancher est placé sur l'intérieur du mur en blocs et supporté par celui-ci. Il est posé par les monteurs de charpente, soit avant, soit après l'érection du mur au-dessus du niveau du sol. Cela pourrait avoir une incidence sur l'ordonnancement des corps de métier et le nombre de fois que les monteurs de charpente sont tenus de revenir au chantier.

Quand on isole l'âme des blocs qui constituent le mur, il faut prévoir l'intervention d'un corps de métier supplémentaire pendant que le mur est accessible. Il faut à tout prix décider de l'emplacement et du type de la barrière étanche à l'humidité et, selon l'option retenue, il se peut qu'on doive prévoir l'intervention de nouveaux corps de métier ainsi qu'un autre calendrier d'exécution des travaux.

Besoins en main-d'œuvre et en matériel

Les meilleurs murs en blocs de béton sont ceux érigés par un maçon chevronné. Cette façon de procéder permet de réduire la quantité de main-d'œuvre fournie par le propriétaire ou le constructeur. L'équipe type comprend habituellement trois ou quatre personnes, notamment deux ou trois maçons et une personne qui prépare le mortier, en plus d'apporter les blocs et le mortier aux maçons. Les équipements tels que le malaxeur, l'échafaudage, les truelles, les niveaux, les fils à plomb et l'abri possible en cas de temps froid sont tous fournis par le maçon.

Un propriétaire ou un constructeur pourrait acquérir l'expertise nécessaire à l'érection de murs en blocs de béton, mais il se peut qu'il doive se faire aider par d'autres. Il lui faudra

Figure 20 : Le fond de clouage intérieur crée une cavité qui sert à poser l'isolant et les services.

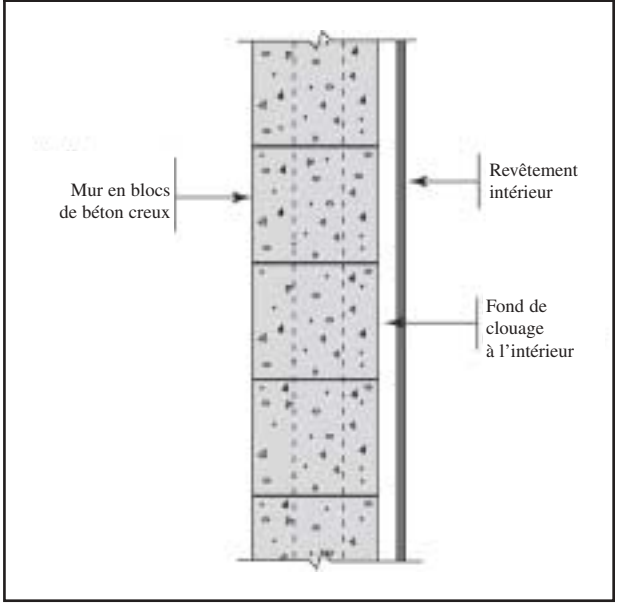
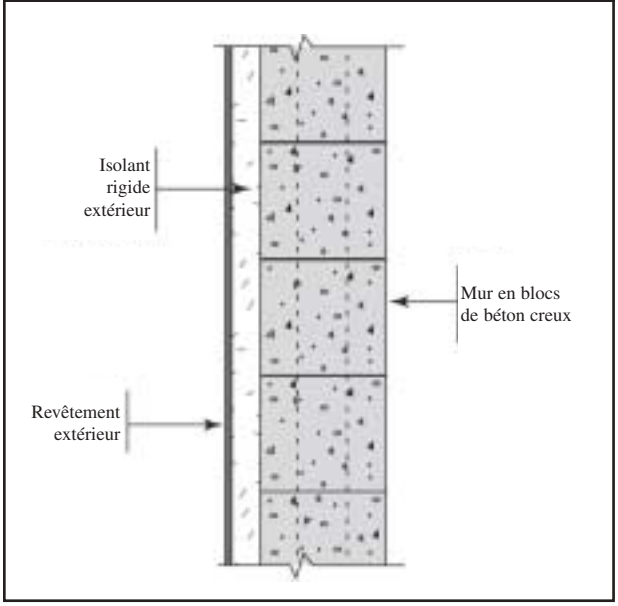


Figure 21 : Isolation extérieure type



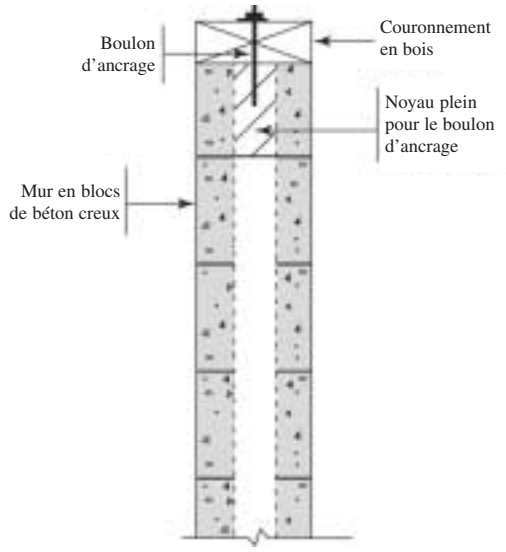
acheter ou louer le matériel nécessaire. Les travaux avanceront très lentement s'il n'y a qu'une ou deux personnes en mesure d'exécuter les nombreuses tâches nécessaires.

Incidence sur les installations techniques

L'incidence sur les services dépend en grande partie de la présence ou non d'un fond de clouage sur la face intérieure du mur en blocs. Quand celle-ci est recouverte d'un fond de clouage, les services tels que l'électricité et la plomberie sont posés dans celui-ci, de la façon traditionnelle. La pose de tuyaux et d'évents débouchant à l'air libre est légèrement modifiée, puisque ceux-ci traversent le mur en blocs. Il faut alors percer un trou dans le mur ou poser des manchons au moment de l'érection de l'ouvrage.

Quand il n'y a aucun fond de clouage sur la face intérieure des murs, il faut procéder différemment pour poser les installations électriques et autres. On peut incorporer le câblage et les boîtes de sortie de courant dans le mur, mais cette façon de procéder n'est pas conventionnelle; elle exige en outre de la planification et des travaux supplémentaires. On peut relocaliser certains des services en les déplaçant des murs extérieurs vers un emplacement intérieur, mais le respect des codes impose certaines limitations.

Figure 22 : Le couronnement en bois assure la connexion avec le toit en bois.



Souplesse de calcul

Les murs en blocs de béton sont capables de supporter d'importantes charges, mais peuvent eux-mêmes poser problème en raison de leur masse considérable. Les porte-à-faux sont très répandus dans le logement de nos jours, mais un plancher en porte-à-faux ne peut supporter des murs en blocs sans un renforcement structural considérable. On peut utiliser des blocs de béton pour construire des arches, des angles et des murs courbés, mais cela entraînera probablement des coûts supplémentaires.

Les modifications du bâtiment par la suite risquent de ne pas être aussi faciles que dans le cas de certains autres assemblages des murs. Si, par exemple, on souhaite percer une nouvelle ouverture, il faudra à tout prix que le découpage connexe et la pose du support approprié soient bien conçus et bien exécutés.

Tout agrandissement du bâtiment devra prendre en compte l'interface possible de différents systèmes muraux et la possibilité de l'intégration ou de l'enlèvement de murs en blocs existants.

Points clés en matière de construction

Il est important de planifier soigneusement les travaux pour éviter d'avoir à modifier le mur après la construction. L'emplacement des services, l'exactitude des dimensions des ouvertures de fenêtres et de portes, et les détails des assemblages à d'autres éléments doivent faire l'objet d'une conception. On doit à tout prix choisir les types de finis intérieurs et extérieurs d'avance, puisque ceux-ci peuvent avoir une incidence sur le type et l'emplacement de l'isolant, et la façon dont les services sont situés et posés.

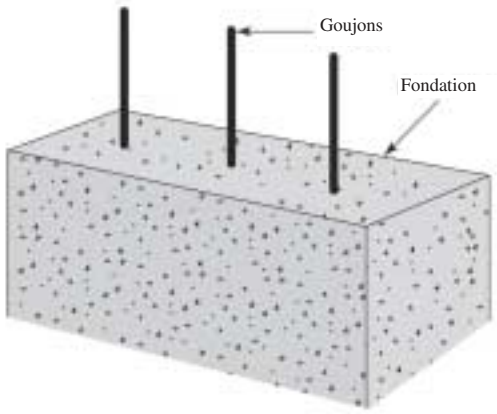
Les murs en blocs doivent absolument reposer directement sur les fondations à cause de leur poids. Même si les fondations et les murs principaux peuvent être construits en même temps, il peut s'avérer plus pratique de poser les fondations et le plancher, puis de remblayer. On réduira ainsi la quantité d'échafaudages et de renforts requis pour la construction des murs de l'étage principal.

Il faut absolument empêcher la circulation de l'air et de l'humidité au sommet des murs. Cela signifie que l'interface avec la toiture doit à tout prix être bien conçue et détaillée.

Coûts de construction

L'assemblage en blocs de béton coûte plus cher à construire que le système à ossature de bois. Le coût varie selon les finis intérieur et extérieur, ainsi que le type et la quantité d'isolant. Les coûts peuvent être habituellement de 25 à 100 % plus élevés que ceux relatifs aux murs à ossature de bois. Le montant de l'augmentation du coût total de la maison sera plus faible, parce que les murs ne représentent qu'un pourcentage de ce coût. On peut maîtriser les coûts en construisant des fondations en blocs de béton. On réduit ainsi le temps de mise en route de deux corps de métier différents. L'exécution des travaux par temps froid exige la construction d'un abri et de la chaleur, ce qui fait augmenter les coûts encore plus.

Figure 23 : Les goujons sur le dessus des fondations assurent la connexion avec les murs en blocs.



Efficacité énergétique

Les assemblages en blocs de béton peuvent être aussi éconergétiques que les autres systèmes. Les murs en blocs dans lesquels il n'y a aucune fissure présentent un très faible taux d'infiltration; c'est la raison pour laquelle les fuites d'air sont faibles. On peut poser de l'isolant soit sur la face intérieure, soit sur la face extérieure des murs. On peut aussi utiliser divers types et diverses quantités d'isolant pour obtenir pratiquement tout niveau de résistance thermique désiré et satisfaire aux exigences des codes. La valeur de résistance thermique d'un mur en blocs non isolé de 200 mm (8 po) d'épais est de R1 (RSI de 0,2).[1] Cette valeur ne respecte pas les exigences de bon nombre de codes municipaux.

L'isolation de la face extérieure du mur, qui consiste habituellement à appliquer une mousse isolante, garde le mur en blocs chaud et augmente la masse thermique à l'intérieur du bâtiment. Cela tend à modérer les changements brusques de température dans la maison et à améliorer le confort des occupants. Cela peut également entraîner des économies d'énergie et la réduction de la taille de l'installation de chauffage ou de climatisation, ou des deux à la fois. Le fait d'isoler l'extérieur du mur a d'importantes répercussions sur le type et le coût du fini extérieur.

La pose d'un isolant sur la face intérieure du mur en blocs de béton, qui est la façon habituelle de procéder en climat froid, est semblable à la pose d'un fond de clouage sur une fondation en béton. On peut alors obtenir divers niveaux d'isolation et poser un pare-air et un pare-vapeur efficaces. Cela permet également de poser les finis intérieurs de la façon traditionnelle.

Durabilité

La durabilité d'un mur en blocs de béton est très bonne, à condition que l'humidité soit bien régulée. Le matériau est très solide et très massif, et résiste donc aux dommages mécaniques mieux que celui de la plupart des autres assemblages. Cela peut être particulièrement important dans les régions exposées aux ouragans ou aux tornades. En raison de la masse du système, le soulèvement et le déplacement ne suscitent que peu d'inquiétude.

Les blocs de béton ne pourrissent pas et ne sont pas sensibles aux termites et aux autres insectes. L'assemblage tolère très bien l'humidité, à condition que les sels et les autres produits chimiques capables d'affaiblir les liants du mortier ne soient pas présents. Les murs en blocs de béton peuvent durer littéralement des centaines d'années et n'exiger qu'un minimum d'entretien.

Résistance au feu et isolement acoustique

Le mur en blocs de béton présente d'excellentes caractéristiques en matière de résistance au feu et d'indice de transmission du son. On l'utilise souvent dans les constructions à logements multiples dans lesquels il doit y avoir des séparations coupe-feu et antisonores. Le tableau qui apparaît plus loin illustre la comparaison entre la résistance au feu et l'indice de transmission du son d'un mur à ossature de bois, et ceux d'un mur en blocs de béton. On a soumis l'assemblage à des essais élaborés qui sont bien documentés dans le Code national du bâtiment. Le son est transmis par la vibration du mur et les fuites d'air à travers l'assemblage des murs. Comme les murs en blocs de béton sont très massifs, la quantité de son transmise par la vibration est très faible. Les murs en blocs de béton sont habituellement aussi très étanches à l'air, sauf lorsqu'ils sont fissurés.

Les maisons en blocs de béton sont très résistantes au feu et même quand il y a effectivement un incendie, il arrive souvent que la structure de la maison ne soit pas sérieusement atteinte. Cela peut donc rendre les réparations moins coûteuses en cas d'incendie.

Tableau 2. Degrés de résistance au feu et l'indice de transmission[2]

Description de mur	Indice de résistance au feu Non-porteur	Indice type de Transmission du son
• **Poteaux de bois** de 38 mm x 89 mm (2 po x 4 po) avec entraxes de 400 mm (16 po) ou de 600 mm (24 po) • Matériau absorbant de 89 mm (3,5 po) d'épaisseur • Profilés en « U » résilients d'un côté avec entraxes de 400 mm (16 po) ou de 600 mm (24 po) • Plaque de plâtre de type « X » de 12,7 mm (1/2 po) de chaque côté	45 minutes	43
• **Bloc de béton** de 140 mm (5,5 po) • Matériau absorbant remplissant l'espace entre les profilés en « U » résilients • Profilés en « U » résilients d'un côté avec entraxes de 400 mm (16 po) ou de 600 mm (24 po) • Plaque de plâtre de type « X » de 12,7 mm (1/2 po) de chaque côté	2 heures	51

Nota : Le degré de résistance au feu et l'indice de transmission du son sont plus élevés ou plus bas selon la combinaison de matériaux utilisée.

Nota : Le tableau illustre la comparaison entre deux assemblages similaires; il se peut toutefois que ceux-ci ne respectent pas les règlements de sécurité incendie ou les ITS.

Incidence sur la qualité de l'air intérieur

Les murs en blocs de béton n'ont aucune incidence sur l'environnement intérieur. La qualité de l'air à l'intérieur de la maison peut être modifiée par des polluants qui proviennent de l'extérieur, ou de l'intérieur de la cavité murale et par des polluants produits à l'intérieur du bâtiment. Comme ce type de mur peut être très étanche à l'air, surtout lorsque le pare-air intérieur est efficace, la quantité de polluants provenant de l'extérieur de la maison ou de l'intérieur de la cavité murale devrait être minime. Un bon pare-air intérieur doit également réduire au minimum les fuites d'humidité ainsi que la condensation et les moisissures résultantes à l'intérieur de la cavité murale. Toute maison dans laquelle les fuites d'air sont faibles doit être ventilée de façon adéquate. Il faut prévoir une ventilation continue pour combattre les polluants produits à l'intérieur de la maison.

Aspects environnementaux

La fabrication de blocs de béton ne consomme pas beaucoup d'énergie; cependant, la fabrication du ciment, qui entre dans la fabrication des blocs, est à forte consommation d'énergie. Le transport peut avoir une incidence sur l'efficience de la ressource dans les régions éloignées ou rurales; on peut toutefois se procurer le produit facilement dans la plupart des collectivités.

Lorsqu'on utilise ce système mural, la quantité de rebuts produite sur le chantier est habituellement très faible. Il n'y a généralement que peu de blocs endommagés ou partiellement utilisés. Les produits endommagés peuvent et doivent être utilisés comme remblai et ne devraient donc avoir aucun effet nocif sur l'environnement.

Obstacles réglementaires

Cet assemblage des murs est très connu et accepté commercialement, et il ne devrait donc pas y avoir d'obstacle important dans le secteur résidentiel. Il se peut qu'on exige qu'un professionnel participe à la conception ou à l'inspection de l'assemblage des murs quand les limites prévues dans la Partie 9 du Code national du bâtiment sont dépassées. L'obtention des approbations et du permis requis ne devrait présenter aucune difficulté.

Approbation des programmes de garantie

Seul les constructeurs enregistrés peuvent inscrire des maisons à un programme de garantie provincial. Le critère de base relatif à l'inscription stipule que le constructeur doit absolument être certifié ou inscrit au programme de garantie et que la maison doit être construite en conformité avec les exigences du code du bâtiment. Il ne devrait y avoir aucun obstacle à l'inscription d'une maison en blocs de béton dans un programme de garantie.

Assurance

Aucune des compagnies d'assurance habitation contactées n'a indiqué que l'assurance d'une maison dont les murs sont en blocs de béton poserait problème. Cela suppose que les maisons sont construites en conformité avec les exigences du Code national du bâtiment. Les compagnies ont en outre mentionné que la prime ne varierait pas beaucoup par rapport à celle d'une assurance habitation standard. Ces politiques peuvent toutefois varier selon l'assureur. L'assurabilité et les primes doivent être vérifiées d'avance. Fait à remarquer, les primes d'assurance habitation incluent d'habitude tout, de l'incendie à l'inondation à la responsabilité civile; quand il est assurable, le type d'assemblage des murs ne peut donc influer de façon importante sur la prime globale.

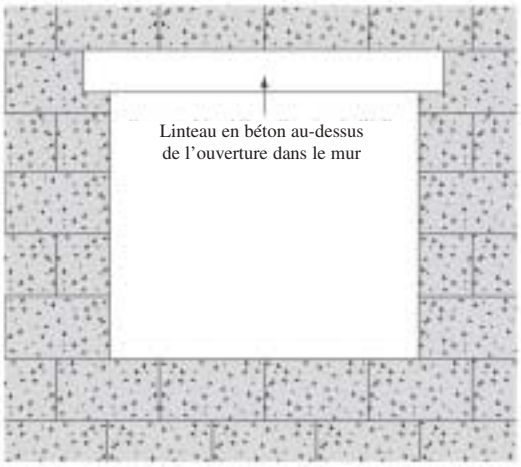
Potentiel d'exportation

Il n'y a pas beaucoup de possibilités d'exporter des blocs de béton classiques. De nombreux autres pays possèdent leurs propres installations de fabrication et, à eux seuls, le poids et le volume des matériaux rendent l'expédition ou le transport relativement coûteux. Certaines des nouvelles techniques de fabrication de blocs de béton peuvent être exportables. Parmi celles-ci, on retrouve l'utilisation de billes de mousse dans le béton, la coloration du béton et la texturation des surfaces finies.

Contraintes géographiques

On peut construire des murs en blocs de béton pratiquement partout où le produit est disponible. Dans certains climats, il se peut qu'on doive protéger le mur durant la pose des blocs et la cure du mortier. Le coût du transport peut être un obstacle à quelques endroits; l'assemblage est toutefois bien connu et le produit est généralement disponible.

Figure 24 : Les linteaux au-dessus des ouvertures supportent les charges verticales.



Il se peut que l'assemblage ne soit pas indiqué dans les régions où on retrouve du pergélisol, à cause des types de fondations utilisés dans ces régions.

Renvois en bas de page

[1] Manuel des constructeurs de l'Association canadienne des constructeurs d'habitations, 1989. Association canadienne des constructeurs d'habitations, Ottawa (Ontario).

[2] Code national du bâtiment du Canada, 1995, tableau A-9.10.3.1.A, Isolement acoustique et résistance au feu des murs.

Ouvrages de référence supplémentaires

Association canadienne du ciment Portland, 1996. A Comparative Study of Low-Rise Residential Building Systems in Canada.

Hatzinikolas, Michael, Kuzik, Marc et Kashuba, Scott. Masonry Walls That Resist Bullet Penetration. Canadian Masonry Research Institute. 10524 178th Street, Edmonton, AB T5S 2H1.

Code national du bâtiment du Canada, 1995, Isolement acoustique et résistance au feu des murs. Tableau A-9.10.3.1.A.

http://www.masonrycanada.ca

http://www.cement.ca/cement.nsf
(Association Canadienne du Ciment)

http://www.canmasonry.com
(Canadian Masonry Research Institute)

http://www.omca.org
(Ontario Masonry Contractors Association)

http://scrpa.com/appeal.html

http://scrpa.com/benefits.html

Maisons en rondins

Introduction

Au Canada, les pionniers, aussi bien anglais que français, construisaient des murs en posant des rondins horizontalement un par-dessus l'autre pour former une structure à quatre côtés. Cela a été remplacé par du bois d'œuvre de plus petites dimensions, produit en série, qui permettait aux gens d'acheter une maison complète et de s'en faire livrer les éléments préfabriqués. La construction de maisons en rondins a alors été limitée aux cabanes habitées seulement l'été.

Ces dernières années, de résidences saisonnières qu'elles étaient, les maisons en rondins sont devenues des résidences à l'année et, aujourd'hui, la majorité des maisons de ce type qu'on construit sont occupées en permanence.

Les constructions sont par conséquent plus imposantes et plus perfectionnées, et on reconnaît maintenant qu'il est beaucoup plus complexe de construire une maison en rondins qu'une habitation de plaisance.

Principal marché cible

On peut diviser le marché moderne des maisons en rondins en deux grandes catégories : les constructions artisanales et les constructions usinées. La présente section traite surtout de la première catégorie.

La maison en rondins construites de façon artisanale constitue l'habitation idéale pour le propriétaire ou le constructeur qui sait utiliser les outils avec habileté, est en bonne forme physique, dispose de beaucoup de temps et est patient. À cause de leurs grandes dimensions, les maisons en rondins sont plus indiquées dans les régions rurales.

Photo gracieuseté de Moose Mountain Log Homes Inc.

La International Log Builders' Association (anciennement la Canadian Log Builders' Association, International) rédige et diffuse auprès des particuliers, des établissements et de l'industrie de la documentation éducative sur la construction en rondins. Les Log Building Standards (normes de construction des maisons en rondins), qu'on peut obtenir de l'Association, constituent les normes minimales relatives aux constructions résidentielles et artisanales dont les éléments sont à emboîtement et trusquinés.

Principaux avantages

Une maison en rondins est une des habitations les plus satisfaisantes sur le plan esthétique. Munie de bonnes fondations qui protègent le bois et d'un large surplomb qui la protège contre l'humidité, la maison de ce type est très durable et peut abriter plusieurs générations. Pour ce qui est du style, la maison en rondins n'a jamais l'air démodée. Finalement, la construction d'une maison en rondins peut être une expérience agréable pour le propriétaire ou le constructeur.

Principaux inconvénients

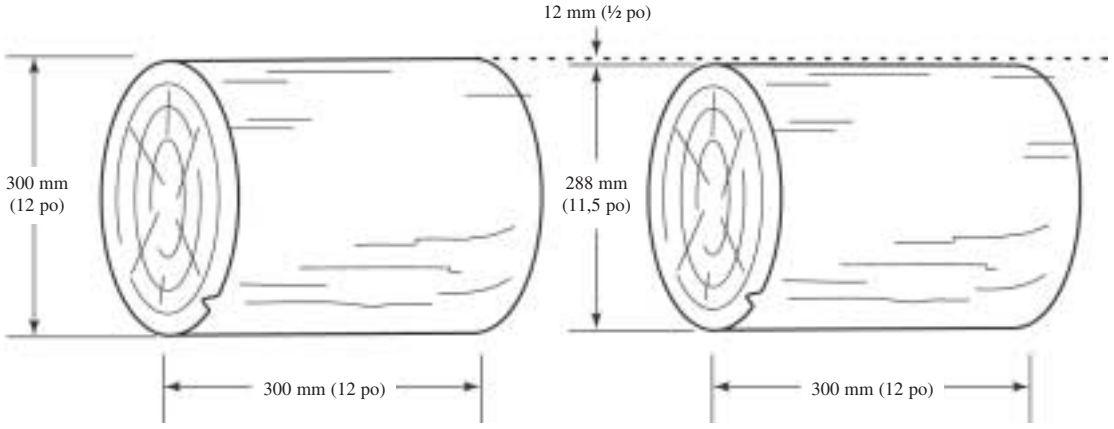
La construction d'une maison en rondins exige une certaine habileté, prend beaucoup de temps et n'est pas économique. Les compétences et les procédés requis pour produire une maison de ce type sont plus coûteux que ceux liés à une construction à ossature de bois ou en maçonnerie. En outre, la maison en rondins requiert plus d'entretien qu'une maison à parement de brique, de vinyle ou d'aluminium.

Il faut à tout prix disposer d'un approvisionnement adéquat de billes convenables pour construire une maison en rondins; celles-ci doivent être longues, droites et assez grosses pour assurer l'isolation adéquate de la maison. Par conséquent, l'étendue de la construction de maisons classiques de ce type est quelque peu limitée, surtout dans bon nombre de régions du nord du Canada.[1]

Aspects structuraux

Dans une construction en rondins trusquinés, les rondins horizontaux naturellement ronds sont chantournés suivant les joints longitudinaux de manière à ce que le rondin

Figure 25 : On estime le rétrécissement des rondins à 12 mm (½ po) par 300 mm (12 po) d'épaisseur



du dessus s'ajuste étroitement à celui du dessous. Dans une construction à assemblages de rondins étanchéisés, on utilise un produit de colmatage pour remplir les espaces entre les rondins ronds ou équarris.

Sur le plan structural, les maisons en rondins ne ressemblent pas aux maisons traditionnelles; à la longue, le comportement des murs en pièces de bois d'œuvre est très différent de celui des murs à ossature de bois. En général, plus le bâtiment est gros, plus les rondins sont gros. En plus de permettre une certaine rétractibilité, les rondins de plus gros diamètre offrent plusieurs avantages : des murs plus épais et donc mieux isolés, moins d'entailles à découper, un aspect plus solide et une meilleure résistance.

Il existe deux facteurs importants dont on doit tenir compte dans l'entretien de la charpente et l'aspect d'une maison en rondins : la rétractibilité et le tassement. La rétractibilité des rondins est due à l'élimination progressive de l'humidité qu'ils contiennent et le phénomène dure tant que le bois n'est pas en équilibre avec son environnement.[2]

On peut réduire les problèmes liés à la rétractibilité en utilisant des goujons en bois de 19 à 38 mm (de ¾ à 1½ po) de diamètre qui traversent les rondins, ou des cannelures structurales à toutes les ouvertures de porte ou de fenêtre. Cela permet aux éléments des murs de se tasser dans un plan parfaitement vertical. Une autre méthode consiste à utiliser des boulons traversants (boulons à ressort qui maintiennent une pression constante sur les murs en rondins et assurent l'uniformité du tassement). Il est très important de laisser amplement d'espace au-dessus des fenêtres et des portes pour permettre au bois de rétrécir.[3]

Le surplomb du toit, un dégagement adéquat par rapport au niveau du sol fini et le traitement des surfaces en bois au moyen de teintures et de produits de préservation efficaces peuvent également modifier les gains et les pertes d'humidité.[4]

Matériaux

On peut utiliser pratiquement toute essence d'arbre dont la croissance permet d'obtenir

Figure 26 : Le rondin-sablière peut être fixé par des boulons traversants au sommet des fenêtres et des portes.

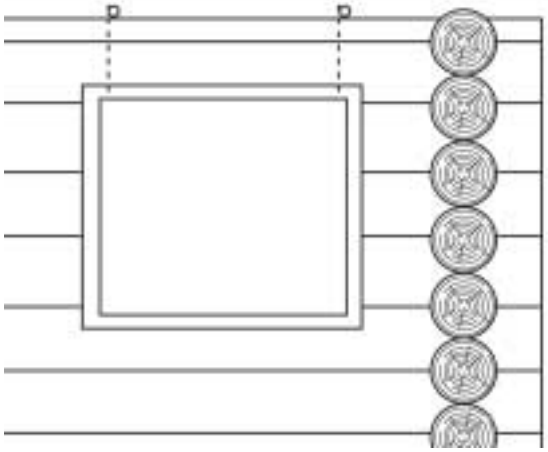
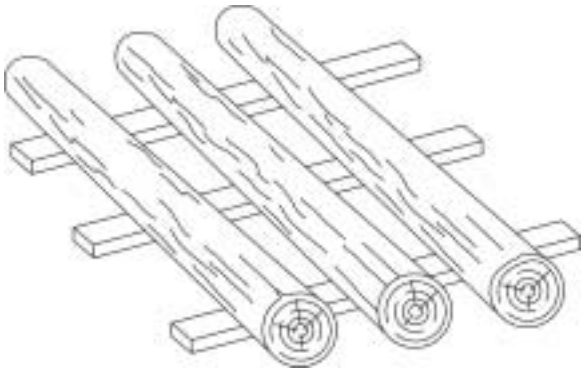


Figure 27 : Dessévage des rondins



des grumes pouvant servir à construire une maison. Même si l'utilisation de bois dur a toujours été largement répandue, la majorité des maisons en rondins construites de nos jours sont en résineux. Chaque essence de bois se comporte différemment et même des rondins de la même essence peuvent réagir différemment. Il faut également à tout prix tenir compte de l'environnement propre à la maison en rondins. Des conditions d'humidité et de température très différentes de celles de l'endroit d'où proviennent les rondins peuvent influer énormément sur la façon dont ceux-ci réagissent.

Certaines essences, telles que l'épinette et le sapin, conviennent mieux aux pièces de charpente, telles que les solives de plancher et les chevrons. Le bois résiste mieux lorsque le chargement est appliqué parallèlement au grain (comme dans le cas des poteaux) que lorsqu'il est appliqué perpendiculairement au grain (comme dans le cas des poutres). Les rondins peuvent être verts ou secs. Le dessévage des rondins peut créer certains problèmes. Le fendillement non maîtrisé (fissures de surface causées par le séchage) risque de modifier la capacité de la menuiserie à produire des joints étanches et, quand on les empile, les rondins prennent la forme de la pile dans laquelle ils sont entreposés. Quand on doit entreposer les rondins, il faut les empiler par couches, à bonne distance du sol, et utiliser deux patins ou plus.[5]

Il est important de réguler la teneur en humidité des rondins. Tout produit de préservation ou teinture de surface doit absolument permettre à ceux-ci de respirer et d'évacuer le surplus d'humidité. Par contre, dans certaines régions très arides, il faut introduire de l'humidité dans le bois.[6]

Ordonnancement des travaux

Une fois les fondations achevées, on érige les murs en rondins du rez-de-chaussée. Les premiers rondins (les soles) peuvent faire partie soit des murs latéraux soit des murs d'extrémité, selon le genre de solives de plancher utilisé et la façon dont celles-ci sont supportées par les fondations. Normalement, les extrémités pointent toutes dans la même direction dans le cas des murs parallèles, sauf lorsqu'on place deux rondins ou plus bout à bout de manière à former un mur. Les rondins suivants sont placés à angle droit par rapport aux premiers, les extrémités étant ensemble dans ce cas-ci également. Il faut absolument relier les rondins entre eux par des entailles

Maisons en rondins en construction

aux intersections de murs. On utilise plusieurs styles d'assemblage dans la construction de maisons en rondins, par exemple l'assemblage en sabot, l'assemblage à entaille auto-bloquante, l'assemblage à entaille équarrie et l'assemblage à queue d'aronde. Pour permettre un plus grand choix de styles de finition, les bouts des rondins doivent dépasser largement les coins, sauf dans le cas de l'assemblage à queue d'aronde. Lorsque les murs ont atteint une hauteur de deux ou trois rondins, il devient plus difficile d'amener les billes en place. À part l'utilisation d'une grue ou d'un chariot-élévateur, un moyen simple d'amener les rondins sur l'ouvrage consiste à les faire rouler sur des patins en utilisant un ou deux câbles.[7]

Dans le cas des rondins-linteaux, avec lesquels le haut des portes et des fenêtres est en contact, la face du côté de l'ouverture est taillée à la scie et de niveau. Il faut absolument fixer chaque rondin-sablière (le rondin au sommet de chaque mur) au rondin en dessous au moyen d'entailles, de broches d'assemblage, de chevilles, de tire-fonds ou de boulons traversants pour empêcher tout déplacement causé par les contraintes dues au séchage et la poussée exercée par la toiture.[8] Il se peut qu'on doive poser des renforts supplémentaires dans les murs en rondins dans lesquels on a découpé des ouvertures de portes, de fenêtres ou de passages.[9]

Besoins en main-d'œuvre et en matériel

Les maisons en rondins construites de façon artisanale coûtent généralement plus cher que celles dont les éléments sont en bois ouvré, parce qu'elles nécessitent tellement plus de main-d'œuvre. Quand tous les travaux sont exécutés par un entrepreneur, on peut s'attendre à ce que le projet coûte plus cher qu'une construction à ossature de bois standard. Cependant, les coûts varient selon la portion des travaux exécutée par le propriétaire.

Le constructeur d'une maison en rondins a besoins d'outils spéciaux pour mesurer et marquer, soulever, déplacer et mettre en place ainsi que couper et façonner les rondins.

Incidence sur les installations techniques

Il faut absolument indiquer les détails complets du câblage électrique sur les plans, parce que, à moins que la maison ne soit construite à l'extérieur de son emplacement, il faut poser les câbles très tôt au début des travaux. Il faut également tracer entièrement les installations de chauffage et de plomberie sur les plans pour s'assurer que les conduits ou les tuyaux n'entrent pas en conflit avec les poutres de quelque façon que ce soit.

La pratique courante consiste à percer d'avance des trous verticaux dans un mur en rondins de manière à ce que les trous soient complètement cachés à la vue et qu'aucun câble électrique ne soit visible à l'intérieur ou à l'extérieur de la maison. Les prises de courant et les boîtes d'interrupteur sont habituellement mortaisées dans un rondin de manière à ce que la plaque-couvercle soit à égalité avec la surface de la pièce de bois.

Il est habituellement préférable de faire passer la plomberie dans les cloisons à ossature, verticalement et sans déviation dans le plan horizontal, bien qu'il soit possible de prévoir certaines déviations quand on tient compte

du tassement.[10] Dans une maison en rondins de deux étages qui comporte une salle de bains
à l'étage, il faut utiliser des joints coulissants ou aménager des boucles dans la tuyauterie pour compenser pour le tassement.[11]

Pratiquement toute installation de chauffage utilisée dans les maisons traditionnelles convient à une maison en rondins. Il faut toutefois absolument prévoir un certain tassement quand on pose des conduits de chauffage à l'étage.

Souplesse de calcul

Toute conception relative à une maison en rondins doit être examinée par un constructeur chevronné de ce genre de maisons avant de faire l'objet d'une demande de permis.

Le bâtiment le plus facile à construire est probablement celui de forme carrée; il se peut aussi que ce soit le modèle le plus efficient pour ce qui est de la quantité d'espace fermé avec la moins grande quantité de matériaux disponibles. Il existe toutefois diverses longueurs de mur qui permettent de faire un meilleur usage des matériaux disponibles et il est donc plus probable que même une maison modeste sera de forme rectangulaire, non seulement pour les besoins de l'aspect, mais également pour permettre un meilleur aménagement de l'intérieur du bâtiment. Dans une maison en rondins, les pièces doivent être spacieuses et la hauteur sous plafond, plus importante. Avec le tassement, celui-ci baissera d'au moins 125 mm (5 po) au cours des deux premières années, dans le cas des murs dont la hauteur varie de 274 à 305 cm (de 9 à 10 pi).

Seuls des charpentiers compétents et une attention soignée prêtée au soutien structural peuvent faire en sorte qu'il soit possible de poser des fenêtres qui vont du sol au plafond. Pour les mêmes raisons d'ordre structural, il faut planifier avec expérience et prudence les fenêtres d'angle. Une très grande partie de la résistance inhérente d'une maison en rondins se trouve dans les coins à emboîtement du bâtiment.

La rétractibilité et le tassement des éléments sont des problèmes dont il faut à tout prix tenir compte dans la conception d'une maison en rondins. En général, plus le modèle est petit et simple, moins la maison sera influencée par la rétractibilité et le tassement des éléments. Les rondins rétrécissent d'environ 12 mm (½ po) pour chaque 300 mm (12 po) d'épaisseur; le mur au complet se tasse pendant au moins deux ans et normalement pendant plus longtemps. Il est essentiel de prévoir un espace adéquat entre le linteau et chaque porte, fenêtre, cloison, escalier, foyer, etc. Au cours des premières années, il faut vérifier régulièrement l'ampleur du tassement.[12]

Le fait de relier une nouvelle construction en rondins à une construction existante risque de causer certains problèmes, parce que l'annexe rétrécira et bougera par rapport au bâtiment existant.[13] Les murs en rondins dont la hauteur dépasse deux étages doivent faire l'objet d'une étude technique.

Points clés en matière de construction

- Selon les exigences climatiques et le règlement de construction local, il faut utiliser des rondins d'un diamètre minimal (voir les Log Building Standards, qu'on peut obtenir de la International Log Builders' Association).

- Les murs en rondins dont la portée est supérieure à 9,75 m (32 pi) doivent être renforcés.

- Chaque rondin doit être examiné soigneusement — il faut tenir compte de la direction des fibres, de la présence de crevasses éoliennes, de la pourriture, de l'infestation par les insectes, des cicatrices laissées par le matériel de manutention mécanique, etc.

- Il faut absolument tenir compte de la rétractibilité et du tassement dans la conception de la maison et le choix des méthodes de construction.

- Il faut tracer les installations de chauffage et de plomberie sur les plans pour éviter que des conduits ou des tuyaux viennent en conflit avec des poutres.

- Il se peut qu'on doive poser des renforts supplémentaires dans les murs en rondins dans lesquels on découpe des ouvertures de porte, de fenêtre ou de passage.

- Pour empêcher le bois de pourrir, il est important d'éloigner l'eau de pluie de la face inférieure des rondins-soles (les premiers rondins au-dessus des fondations).

- Tout produit de préservation ou teinture de surface doit absolument permettre aux rondins de respirer et d'expulser le surplus d'humidité.

Coûts de construction

Le coût de construction d'une maison en rondins dépend du coût des matériaux et de la quantité de main-d'œuvre que le propriétaire-constructeur est capable de fournir. Une maison en rondins simple coûte habituellement de 30 à 50 % de plus à construire qu'une maison à ossature de bois traditionnelle.[14] Il arrive souvent que le coût soit plus élevé dans le cas d'une maison en rondins qui présente certaines particularités conceptuelles.

Dans le cas des maisons en rondins de construction artisanale, le coût des matériaux est généralement celui des rondins, auquel s'ajoute la livraison sur le chantier. Les prix varient selon l'exploitant forestier, en fonction des conditions météorologiques et de la charge de travail de ce dernier. Il en coûtera également plus cher si l'exploitant a de la difficulté à mettre de côté le nombre requis de grumes adéquates.

Efficacité énergétique

L'indice d'isolation d'un mur en rondins dépend de facteurs tels que l'essence de bois utilisée et la teneur en humidité. On peut raisonnablement estimer que la valeur de résistance thermique de ce genre de mur est de R1(RSI de 0,18) par 25 mm (1 po) d'épaisseur de rondin. Les rondins épais peuvent atteindre de bons indices d'isolation et plus les rondins sont gros, meilleures sont leurs qualités isolantes.[15] La masse des

Vue de l'intérieur d'une maison en rondins

Photo gracieuseté de Moose Mountain Log Homes Inc.

rondins leur permet d'absorber, de stocker et de libérer de la chaleur pendant un certain temps, ce qui peut réduire les variations de température et améliorer le confort des occupants.

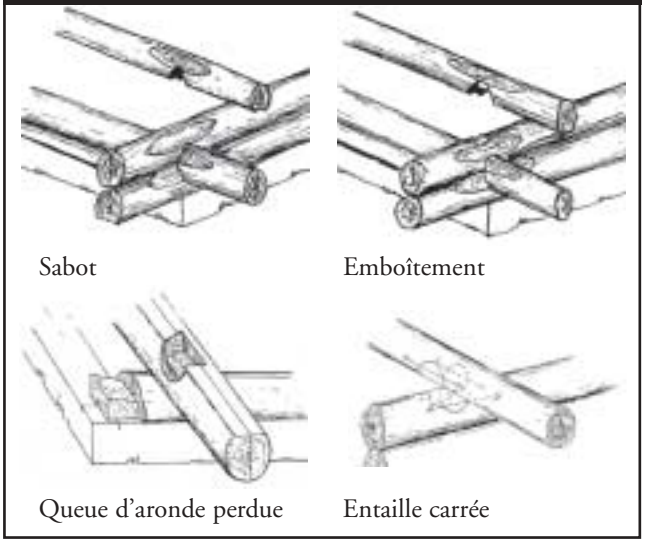
Les maisons en rondins dans lesquelles on retrouve un grand nombre de coins, de joints et d'angles de toiture peuvent consommer plus d'énergie que les modèles plus simples. Le coin le plus éconergétique est celui qu'on trusquine et qu'on isole, puis qu'on rend étanche au moyen d'une garniture d'étanchéité, de mousse ou d'un produit de colmatage. Les garnitures d'étanchéité et les produits de colmatage qui préviennent la plupart des infiltrations d'air froid et pertes de chaleur ont permis d'améliorer l'efficacité énergétique des maisons en rondins. Ces produits durent environ 15 ans ou plus, en plus d'être sans danger pour l'environnement, solubles dans l'eau et très souples.[16]

Le Minnesota Department of Public Services (ministère des Services publics du Minnesota) et le National Association of Log Builders National Research Center (Centre national de recherches de l'Association nationale des constructeurs de maisons en rondins) ont mesuré les fuites d'air dans 23 maisons en rondins. L'exercice a permis de conclure qu'il n'y avait aucun lien entre les rondins et les pires fuites, mais que celles-ci se produisaient au niveau des plafonds cathédrales, des cadres de fenêtres et de portes, et au sommet des murs.[17]

Durabilité

Le bois utilisé de nos jours dans une maison en rondins bien construite et bien entretenue durera plusieurs générations. L'entretien d'une maison en rondins est surtout d'ordre préventif et vise à protéger les éléments constituants

Figure 28 : Types d'entailles



contre l'eau, les insectes et la pourriture, tout comme dans le cas d'une maison à ossature de bois traditionnelle. Les deux mesures de protection les plus importantes consistent en un surplomb de toit et des gouttières adéquats. Divers produits hydrofuges ou de préservation et diverses teintures aident les rondins à se débarrasser de l'eau, à résister aux insectes et à conserver leur couleur. Pour être efficaces, les traitements doivent absolument être appliqués régulièrement.

Ce sont les conditions météorologiques qui déterminent la fréquence à laquelle on doit refaire le fini extérieur d'une maison en rondins. Selon le type d'agent d'obturation utilisé, quand on utilise un produit de colmatage ou de calfeutrage, on doit envisager l'application d'un nouveau fini et d'un agent d'obturation à tous les trois à cinq ans. À cet égard, une maison en rondins dont les joints sont colmatés ou calfeutrés requiert plus d'attention qu'une maison à parement de brique, de vinyle ou d'aluminium.[18] Les murs dont les éléments sont trusquinés et munis d'une garniture d'étanchéité peuvent exiger moins d'entretien que ceux dont les joints sont colmatés ou calfeutrés.

Une grande partie de l'entretien a lieu durant la première partie du processus de construction. C'est lorsqu'ils arrivent sur le chantier qu'on commence à prendre un soin adéquat des rondins. Ceux-ci doivent être déchargés dans une zone sèche et ne pas être entreposés en contact avec le sol. On peut utiliser une bâche en plastique pour garder les rondins secs par temps pluvieux, mais on doit l'enlever par beau temps pour permettre à l'air de circuler librement autour des rondins.

Résistance au feu et isolement acoustique

Une étude de la résistance au feu d'un mur en rondins façonnés à la main, entièrement trusquinés et sans produit de colmatage a été menée en République Tchèque. Pour ce qui est de l'intégrité, le mur a résisté pendant 180 minutes et, pour ce qui est de la capacité portante, pendant 172 minutes.[19]

Au Japon, on a vérifié le rendement en matière d'isolation acoustique d'une maison en rondins, pour ensuite le comparer à celui d'une maison en béton armé. L'indice de transmission du son de la maison en rondins était semblable à celui de la maison en béton armé.[20]

On peut obtenir de plus amples renseignements de Forintek Canada Corp., une entreprise à but non lucratif de recherche et développement sur les produits en bois.

Incidence sur la qualité de l'air intérieur

Il n'y a pas de pare-air intérieur dans une maison dont les murs sont en rondins. Pour cette raison, l'environnement intérieur est exposé aux matériaux compris dans l'assemblage des murs, tels que le bois, tout produit de préservation qui peut avoir été utilisé, les produits de calfeutrage et les autres produits d'étanchéité. Dans le cas d'une construction en rondins, les principales préoccupations en matière de qualité de l'air sont l'humidité et la moisissure. Parmi les autres préoccupations, on retrouve les gaz qui se dégagent du bois et la possibilité que les murs constituent un refuge pour la poussière et les insectes. Les émissions gazeuses des

rondins sont difficiles à évaluer, parce qu'elles peuvent être réelles dans le cas de certaines essences et ne pas l'être dans les autres cas. Il se peut que certaines personnes trouvent que les émissions provenant des produits en bois et des finis du bois constituent un problème.[21]

Aspects environnementaux

Il faut au moins 100 ans pour qu'un arbre arrive à maturité et jusqu'à 500 ans pour qu'il atteigne sa croissance maximale. Grâce à la meilleure technologie forestière, il est possible d'accélérer le processus de manière à ce qu'il ne prenne que 50 ans; cela dépend toutefois largement du taux de croissance des différentes essences, et du climat.

Bien que la construction d'une maison en rondins requière plus de bois d'œuvre qu'une maison à ossature de bois traditionnelle, celle-ci peut être démontée et les éléments, réutilisés ou recyclés plutôt que démolis; sa durée de vie utile peut donc facilement être beaucoup plus longue.

Obstacles réglementaires

Les maisons en rondins ne sont pas incluses dans la Partie 9 du Code national du bâtiment; la municipalité peut donc exiger que la conception de la maison et la supervision des travaux soient faites par un ingénieur.

Approbation des programmes de garantie

Seul les constructeurs enregistrés peuvent inscrire des maisons dans un programme de garantie provincial. Le critère de base relatif à l'inscription stipule que le constructeur doit absolument être certifié ou inscrit au programme de garantie et que la maison doit être construite en conformité avec les exigences du Code du bâtiment. L'autorité réglementaire détermine la conformité du projet avec les exigences du Code au moment de la délivrance du permis.

Assurance

Les maisons construites en conformité avec les exigences du Code national du bâtiment sont habituellement admissibles à l'assurance habitation. La prime ne devrait pas varier considérablement par rapport à celle d'une habitation standard; la police peut toutefois varier selon l'assureur. Il y a de bonnes chances qu'une maison en rondins construite par un entrepreneur de bonne foi puisse être assurée sans complément de prime par rapport à une maison à ossature de bois.

Acceptabilité du marché et valeur de revente

La construction en rondins est acceptée depuis longtemps comme mode de construction de maisons, en particulier dans les régions rurales et sur les terrains de grande superficie. Dans la plupart des marchés, on connaît bien ce type de construction et bon nombre de gens le trouve intéressant. La valeur de revente est bonne.

Potentiel d'exportation

Le Canada est un chef de file à l'échelle mondiale de la construction de maisons en rondins massifs et ces produits sont en demande partout dans le monde. Les fabricants de maisons en rondins exportent des maisons de ce type.

Contraintes géographiques

Les produits protecteurs du bois et les fongicides sans danger pour l'environnement rendent possible la construction d'une maison en rondins dans toute région ou tout environnement. Les coûts d'expédition peuvent toutefois être un obstacle à la construction de ce genre de maison dans les régions où les rondins ne sont pas une ressource naturelle.

Les maisons en rondins sont ordinairement construites sur des terrains de grande superficie ou dans les régions rurales à cause de la nécessité de disposer d'une grande surface pour la construction. Ce type de maison ne convient pas bien aux petits terrains en milieu urbain.

Renvois en bas de page

1 Mackie, B. Allan. Building With Logs, Firefly Books Ltd, 1997, Willowdale (Ontario).

2 Idem

3 Société canadienne d'hypothèques et de logement. Votre maison : Foire aux questions - Maisons en rondins, SCHL, 2000, Ottawa (Ontario).

4 International Log Builders' Association, International. Log Homes - From Land to Lockup, Guide to Handcrafted Log Home Construction, 1996, American Log Builders' Association, P.O. Box 28608, Bellingham, WA 98228-0608, USA.

5 Mackie, B. Allan. Building With Logs, Firefly Books Ltd, 1997, Willowdale (Ontario).

6 International Log Builders' Association, International. Log Homes - From Land to Lockup, Guide to Handcrafted Log Home Construction, 1996, American Log Builders' Association, P.O. Box 28608, Bellingham, WA 98228-0608, USA.

7 Mackie, B. Allan. Building With Logs, Firefly Books Ltd, 1997, Willowdale (Ontario).

8 International Log Builders' Association, International. Log Homes - From Land to Lockup, Guide to Handcrafted Log Home Construction, 1996, American Log Builders' Association, P.O. Box 28608, Bellingham, WA 98228-0608, USA.

9 Idem

10 Idem

11 Société canadienne d'hypothèques et de logement. Votre maison : Foire aux questions - Maisons en rondins, SCHL, 2000, Ottawa (Ontario).

12 Mackie, B. Allan. Building With Logs, Firefly Books Ltd, 1997, Willowdale (Ontario).

13 Société canadienne d'hypothèques et de logement. Votre maison : Foire aux questions - Maisons en rondins, SCHL, 2000, Ottawa (Ontario).

[14] Beckedorf, L., Communication personnelle, 2000.

[15] Mackie, B. Allan. Building With Logs, Firefly Books Ltd, 1997, Willowdale (Ontario).

[16] Société canadienne d'hypothèques et de logement, Votre maison : Foire aux questions - Maisons en rondins, SCHL, 2000, Ottawa (Ontario).

[17] Laidlaw, T., « Are log homes energy efficient? » www.loghomes.com/articles.

[18] Société canadienne d'hypothèques et de logement. Votre maison : Foire aux questions - Maisons en rondins, SCHL, 2000, Ottawa (Ontario).

[19] Houdek, D. et Bahyl, V. Fire resistance of handcrafted log walls. Journal of Fire Protection Engineering, 2001, vol. 11, p. 1 à 20.

[20] Huang, Y. F., Chen, T. Y., et C. H. Chuang. Sound insulation performances of a log-house and a reinforced concrete house (II). Mokuzai Gakkaishi, 1994, vol. 40, nº 12, p. 1389 à 1393.

[21] Société canadienne d'hypothèques et de logement. Votre maison : Foire aux questions - Maisons en rondins, SCHL, 2000, Ottawa (Ontario).

Ouvrages de référence supplémentaires

Société canadienne d'hypothèques et de logement. Votre maison : Foire aux questions - Maisons en rondins, SCHL, 2000, Ottawa (Ontario).

Cooper, Jim, 1993. Log Homes Made Easy: Contracting and building your own log home. Stackpole Books. Harrisburg, PA.

Houdek, D. et Bahyl, V., 2001. Fire resistance of handcrafted log walls. Journal of Fire Protection Engineering, vol. 11, p. 1 à 20.

Huang, Y. F., Chen, T. Y., et C. H. Chuang. 1994. Sound insulation performances of a log-house and a reinforced concrete house (II). Mokuzai Gakkaishi, vol. 40, nº 12, p. 1389 à 1393.

International Log Builders' Association, 1996. Log Homes - From Land to Lockup. P.O. Box 775, Lumby, Colombie-Britannique, Canada, V0E 2G0.

Mackie, B. Allan, 1997. Building With Logs. Firefly Books Ltd. Willowdale (Ontario).

Mackie, B. Allan, 1998. Notches of All Kinds: A book of timber joinery. Firefly Books Ltd. Willowdale (Ontario).

Mitchell, James, 1984. The Craft of Modular Post & Beam: Building Log & Timber Homes Affordably. Hartley & Marks Publishers Inc.

www.forintek.ca (Forintek Canada Corp.,
2665 East Mall, Vancouver, B.C. V6T 1W5).

Source : Mackie, 1997
Source : Mackie, 1998

Murs en bois cordé

Introduction

L'assemblage en bois cordé, également appelé maçonnerie de bois de chauffage, construction en bois rond et construction en rondins courts qui font l'épaisseur du mur, est une technique de construction selon laquelle on empile des rondins courts côte à côte comme du bois de chauffage, après quoi on emplit de mortier de ciment les espaces entre les rondins. Ce sont les rondins courts eux-mêmes qui déterminent l'épaisseur du mur et ils sont apparents à la fois sur la face intérieure et sur la face extérieure du mur.

La construction en bois cordé est une méthode de construction ancienne. L'origine de la technique est inconnue; il y a toutefois en Sibérie et dans certaines régions du nord de la Grèce des constructions dont on estime qu'elles ont plus de 1000 ans. Il existe un certain nombre d'excellents exemples dans les régions tant urbaines que rurales du Canada, notamment la région d'Ottawa, celle de Victoriaville, au Québec, et au Manitoba. L'assemblage en bois cordé est particulièrement intéressant pour la construction de maisons dans les régions nordiques isolées, où on peut utiliser les matériaux locaux.

Les constructions en bois cordé ont un aspect unique, surtout lorsqu'elles sont à plusieurs côtés ou que les murs sont cintrés, ou lorsqu'on incorpore d'autres matériaux, tels que des bouteilles de verre, dans les murs.

Photo gracieuseté de Kris Dick.

Principal marché cible

Les maisons de bois cordé constituent l'habitation idéale pour les propriétaires-constructeurs ainsi que les personnes sensibilisées à l'environnement et à l'aspect économique de la construction. C'est probablement aux emplacements situés en milieu rural qu'elles conviennent le mieux à cause de l'épaisseur des murs.

Principaux avantages

Les principaux avantages d'une construction en bois cordé sont l'aspect économique, la facilité de construction, l'efficience des ressources et l'harmonie écologique. Le coût de la construction d'une maison de bois cordé peut être considérablement moindre que celui d'une maison à ossature de bois standard, selon la quantité de main-d'œuvre fournie par le propriétaire-constructeur et la nature des matériaux utilisés.

On peut construire une maison de bois cordé avec des outils et des techniques simples, à l'aide de matériaux trouvés localement. On peut utiliser pratiquement n'importe quelle sorte d'arbre, y compris le bois endommagé par le feu, de même que les produits de bois recyclés. Le bois endommagé par le feu a déjà été utilisé, mais son incidence sur la qualité de l'air à l'intérieur de la maison est inconnue. Il est possible de faire en sorte que l'indice d'isolation des murs soit égal ou supérieur à celui des murs à ossature de bois classiques. Finalement, la conception et la construction d'une maison de bois cordé peut être une expérience exceptionnelle et satisfaisante.

Principaux inconvénients

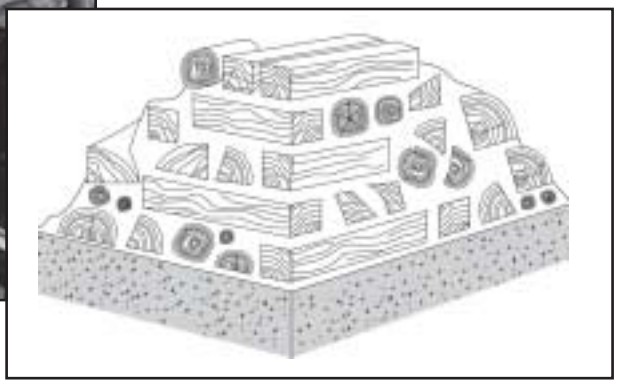
La construction d'une maison de bois cordé est à forte intensité de main-d'œuvre et demande plus de temps que celle d'une maison traditionnelle. L'obtention d'un permis de construire en région urbaine et la revente peuvent poser problème.

« Coin en bois cordé »

Photo gracieuseté de Kris Dick

Aspects structuraux

On peut utiliser la construction en bois cordé à l'intérieur d'une charpente



faite de poteaux et de poutres; on peut aussi ériger des murs porteurs. Quand on utilise la méthode avec poteaux et poutres, on peut construire toute la charpente et mettre la toiture en place avant de poser le premier rondin. La présente section traite surtout de la méthode des murs porteurs.

Quand les murs en bois cordé doivent être porteurs, il faut absolument construire les coins en premier (c'est ce qu'on appelle la méthode des coins composites ou « coins en bois cordé »). On pose ensuite de courts rondins enrobés de mortier entre des coins faits de rondins plus longs ou de pièces de bois ouvré de 150 mm × 150 mm (6 po × 6 po) au lieu de poser le tout entre des poteaux et des poutres. L'avantage du système réside dans le fait qu'il est possible de construire un ouvrage rectiligne entièrement en bois cordé, sans charpente faite de poteaux et de poutres; la construction est par conséquent plus rapide, plus facile et habituellement moins coûteuse que celle selon la méthode des poteaux et des poutres. En outre, l'épaisseur des murs permet d'obtenir une meilleure isolation et une meilleure masse thermique.

Les fondations doivent être en maçonnerie rigide ou en béton afin de pouvoir supporter le poids des murs. Ceux-ci ne doivent pas être plus épais que les fondations à cause du risque de problèmes liés à l'instabilité des murs. C'est la longueur des rondins qui détermine l'épaisseur des murs. D'habitude, ces derniers doivent avoir une épaisseur de 455 à 610 mm (de 18 à 24 po), selon l'efficacité énergétique requise. Il existe au Yukon et dans l'est de l'Ontario certaines constructions dont les murs ont une épaisseur de 760 mm (30 po) ou plus.[1]

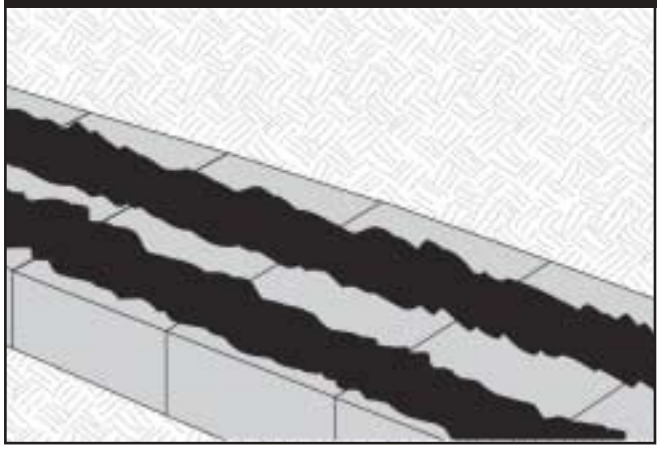
Matériaux

On peut utiliser pratiquement n'importe quel bois dans une construction en bois cordé, même du bois qui ne convient pas à d'autres types de construction, tel que le bois mort sous forme d'arbres tombés ou penchés, les déchets de coupe, les poteaux de clôture et le bois de chauffage ou le bois à pâte. On a aussi déjà utilisé du bois endommagé par le feu.[2]

On peut utiliser du bois fendu ou du bois rond, mais il faut éviter les éléments de forme conique ou irrégulière. C'est une bonne idée d'enlever l'écorce, puisque la zone entre l'écorce et les couches extérieures du bois attire les insectes. De plus, le bois écorcé sèche plus rapidement. Les rondins courts doivent être dessevés de la même manière que ceux destinés à être utilisés dans une construction en rondins.[3]

La matrice du mortier est aussi importante que les rondins, à la fois sur le plan structural et en ce qui a trait à l'aspect des murs. Le retrait et la fissuration peuvent poser problème lorsque le mortier durcit. En outre, comme ils sont secs, les rondins extraient une certaine quantité d'humidité du mortier. On

Figure 29 : Méthode de mise en place du mortier



peut atténuer le problème en incorporant de la sciure dans la formule du mortier. De plus, en mouillant les rondins et en vaporisant de l'eau sur le mur après le jointoiement des lits de mortier, on aidera ce dernier à « durcir ». Il est important d'éviter que le mortier sèche avant que l'hydratation qui lui procure sa résistance ait pu se produire.[4]

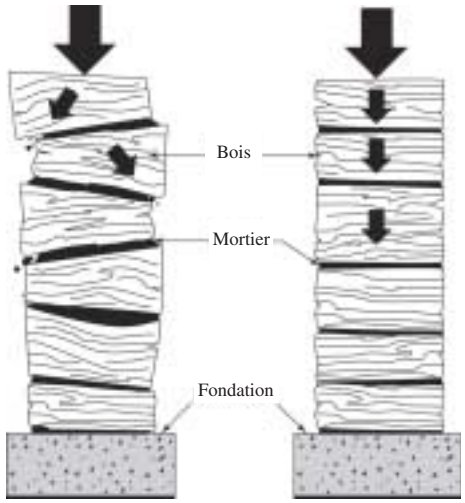
Ordonnancement des travaux

Quand on utilise la méthode des « coins en bois cordé », on construit les coins en premier. On utilise habituellement pour ce faire des pièces de bois d'œuvre équarries mesurant environ 150 mm × 150 mm (6 po × 6 po) ou 200 mm × 200 mm (8 po × 8 po); on peut toutefois utiliser des pièces de plus petites dimensions. Dans le cas d'un mur de 610 mm (24 po), la longueur des pièces d'angle équarries doit être d'au moins 760 mm (30 po). Cela fait en sorte d'incorporer le coin dans le mur de chaque côté. Au moment de la construction des coins, il est très important de garder les pièces de bois en ligne, parallèles et d'équerre.[5]

Quel que soit le matériau utilisé pour monter les coins, la technique de pose des murs est la même. On érige les coins jusqu'à une hauteur d'environ 610 à 910 mm (de 24 à 36 po), puis on tend un cordeau d'alignement entre deux coins, après quoi on intercale les murs en maçonnerie de bois de chauffage. Quel que soit le style de construction en bois cordé utilisé, il faut absolument monter les cadres de portes avant d'entreprendre la construction des murs.

Avant de construire les murs, il est nécessaire de commencer par des fondations propres et exemptes de poussière, ce qui maximisera

Figure 30 : Comparaison entre un mur en bois cordé faible et un mur en bois cordé solide



l'adhérence du mortier. On place celui-ci sur les fondations, en deux lits distincts d'environ 25 mm (1 po) d'épais. Un des lits correspond à l'extérieur et l'autre, à l'intérieur du mur. On peut poser de l'isolant, tel qu'un mélange de sciure et de chaux, de la vermiculite ou un autre isolant en vrac, entre les lits de mortier.[6]

Il est important d'établir un modèle aléatoire de grosseur de rondins en posant la première assise (sauf lorsque tous les rondins sont identiques ou qu'on prévoit utiliser une configuration déterminée). Lorsqu'on maintient un motif aléatoire, les fautes sont moins évidentes, le mur est solide et on y incorpore différents diamètres et formes de rondins courts. Le procédé est le même dans le cas des assises subséquentes : mortier, isolant (mélange de sciure et de chaux, vermiculite ou autre isolant en vrac) et bois. Les lits de mortier prennent la forme des rondins de la première assise.[7]

Quand on utilise des fermes préfabriquées dans la construction de la toiture, il est important d'informer le fournisseur des fermes de l'épaisseur des murs. Pour garantir la stabilité structurale de l'ouvrage, il faut transmettre les surcharges du toit par l'entremise des murs, le plus près possible de l'axe de ceux-ci. Dans de nombreux cas, les forces de soulèvement exercées sur le toit par le vent peuvent être supérieures aux charges de gravité dues à la neige et aux autres surcharges dues aux matériaux. Ces forces doivent absolument être transférées efficacement par l'entremise des murs. Il est donc important d'assujettir tout système de toiture aux murs de manière à en empêcher le soulèvement.[8]

Besoins en main-d'œuvre et en matériel

La construction d'une maison en bois cordé est à forte intensité de main-d'œuvre; cependant, seules les compétences de base en charpenterie sont requises pour la construction des murs. En 1976, le Northern Housing Committee de la University of Manitoba a surveillé la construction d'un ouvrage en bois cordé en Alberta. Au total, la construction des murs, y compris la préparation et le nettoyage subséquent du mortier de l'ouvrage fini, a requis 1,24 heure-personne par pied carré de mur.[9]

Incidence sur les installations techniques

Il peut être facile d'incorporer avec succès le câblage électrique et la plomberie dans un mur en bois cordé. Un moyen efficace de permettre la pose des services, à la fois électriques et autres, consiste à incorporer une saignée dans la première assise de rondins en utilisant pour cette dernière des éléments de 38 à 50 mm (1,5 à 2 po) plus courts.[10] On peut créer les sorties en découpant des entailles dans les blocs.

Souplesse de calcul

La construction en bois cordé permet des designs très créatifs — le bâtiment peut comporter plusieurs côtés ou avoir pratiquement n'importe quelle forme courbée; il peut être de forme oblongue, ovale, spiralée, ronde ou encore, de forme libre. En outre, les murs peuvent avoir n'importe quelle hauteur; celle-ci n'est pas limitée par les dimensions standards des panneaux de contreplaqué ou des plaques de plâtre.

Points clés en matière de construction

- Le bois doit absolument être dessévé.
- Quand le mur en bois cordé doit être porteur, il faut absolument construire les coins en premier.
- Il faut des fondations bien conçues, qui peuvent être en maçonnerie, en béton ou en pierres brutes.
- Les murs porteurs doivent avoir une épaisseur d'au moins 300 mm (12 po) (il se peut qu'on doive augmenter l'épaisseur des murs pour assurer une protection thermique adéquate).
- Il faut établir un motif aléatoire dans la première assise de rondins.
- Il faut éviter de placer un joint de mortier directement au-dessus d'un autre.

Coûts de construction

Les maisons en bois cordé peuvent être bon marché, surtout lorsqu'on utilise du bois de qualité inférieure ou des matériaux recyclés et indigènes. Les coûts de main-d'œuvre dépendent de l'ampleur des travaux exécutés par le propriétaire-constructeur. Il faut absolument se rappeler que l'on doit à tout prix tenir compte de l'incidence sur les autres éléments de la maison lorsqu'on compare des coûts d'assemblages de murs. Il faut absolument tenir compte de l'augmentation de l'épaisseur des fondations et de celle de la portée des fermes ou des chevrons, de même que de l'incidence (positive ou négative) de l'assemblage sur les finis intérieur et extérieur.

Efficacité énergétique

La construction en bois cordé combine des propriétés isolantes avec une masse thermique (la capacité d'un matériau de stocker de la chaleur). Ce sont les rondins courts qui font l'épaisseur du mur qui fournissent la majorité de l'indice d'isolation ainsi qu'un pourcentage important de la masse thermique du bâtiment. La diffusivité thermique du bois est très faible, ce qui laisse entendre que, bien qu'il soit lent à se réchauffer, une fois qu'il est chaud, il libère lentement la chaleur stockée.[11]

Une maison en bois cordé bien conçue et bien construite, et dont l'épaisseur des murs est adaptée au climat, doit être facile à chauffer l'hiver et demeurer naturellement fraîche en été. Puisque les joints de mortier intérieurs sont distincts du mur extérieur, le mortier agit comme une masse thermique et garde la température plus uniforme dans la maison. On peut utiliser de la sciure et de la chaux ou un autre matériau isolant pour remplir la cavité entre les lits de mortier et contribuer à isoler les murs. Les essais effectués par la University of Manitoba indiquent que la valeur de résistance thermique est d'environ R1 (RSI de 0,18) par 25 mm (1 po).[14]

Si le bois rétrécit ou qu'il se produit un sérieux fendillement, l'étanchéité à l'air sera mauvaise. Il en résultera une augmentation des fuites d'air et des coûts de chauffage. On peut utiliser un produit de calfeutrage souple pour réduire les fuites dues à la rétractibilité du bois.

Figure 31 : La saignée est un moyen efficace de distribuer les services électriques et autres dans la maison[12]

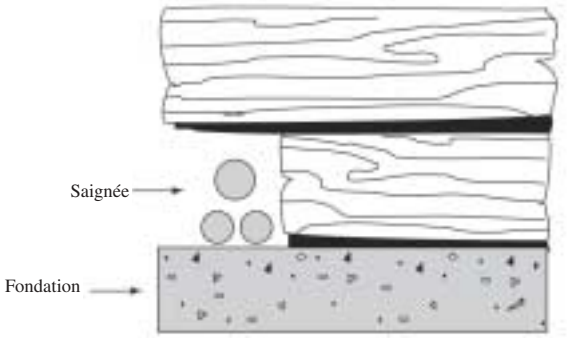
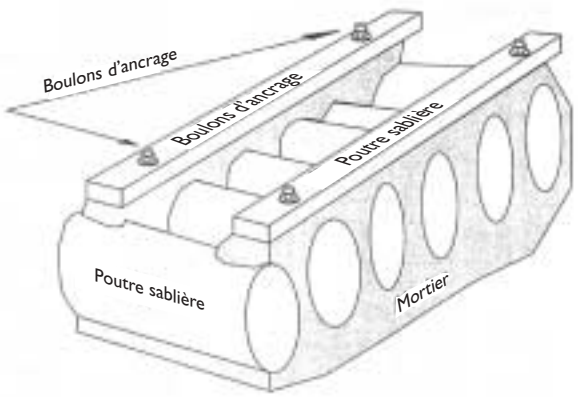


Figure 32 : Pose des sablières[13]



Pour permettre à une plus grande quantité de lumière de pénétrer dans la maison et augmenter le gain solaire durant la journée, on peut donner aux fenêtres une forme évasée vers l'intérieur du bâtiment.[15]

Durabilité

La durabilité d'une maison en bois cordé est excellente, à la fois en ce qui a trait à l'usure normale et à l'altération atmosphérique, et en ce qui a trait à la résistance au feu. Une maison en bois cordé bien construite durera au moins 100 ans.

On peut éviter les problèmes d'humidité en utilisant du bois sec et sain, en évitant que celui-ci soit en contact avec le sol et en s'assurant que le surplomb du toit protège les murs de façon adéquate. Comme dans tout système mural, il faut absolument poser des solins adéquats pour empêcher l'humidité de pénétrer dans le bâtiment. La pluie poussée par le vent mouille le bout des rondins, mais ces derniers respirent facilement le long des veines d'extrémité et sèchent rapidement. Il faut éviter d'imperméabiliser l'extérieur des rondins pour leur permettre de respirer et d'éliminer par capillarité toute humidité emprisonnée dans le bois.

Résistance au feu et isolement acoustique

Pour construire une maison en bois cordé, on utilise des rondins et du béton. Cela donne à penser que ce type de construction doit mieux résister au feu qu'une ossature de bois traditionnelle. Il n'existe aucun essai approuvé auquel on peut soumettre ce type de structure de mur. C'est le choix des matériaux utilisés à l'intérieur de la maison qui constitue la principale préoccupation.

Selon certaines données non scientifiques, les constructions en bois cordé seraient supérieures aux maisons à ossature de bois traditionnelle pour ce qui est de la transmission acoustique. L'importante masse des murs et les possibilités que les fuites d'air soient raisonnablement faibles devraient réduire la transmission du son à travers la structure des murs.

Maison en bois cordé construite en 1937 près de Gimli, au Manitoba

Photo gracieuseté de Kris Dick

Incidence sur la qualité de l'air intérieur

Dans une maison en bois cordé, il n'y a normalement pas de pare-air/pare-vapeur à l'intérieur; il se peut toutefois qu'on doive en poser un pour respecter la réglementation municipale. Dans une maison de ce type munie d'un pare-air/pare-vapeur efficace à l'intérieur, la qualité de l'air est semblable à celle qu'on retrouve dans une maison à ossature de bois traditionnelle. La principale préoccupation, c'est l'humidité, qui favorise la croissance de moisissures et modifie par conséquent la qualité de l'air à l'intérieur de la maison. Le docteur Kris Dick, de la University of Manitoba, recommande d'appliquer un enduit imperméable à l'eau sur l'intérieur des rondins pour ralentir le déplacement de l'humidité provenant des veines d'extrémité. Selon son expérience, même les murs non protégés sèchent naturellement et ne posent aucun problème de gestion de l'humidité.[16]

Aspects environnementaux

Pour construire une maison en bois cordé, il faut utiliser des ressources naturelles; on peut cependant se servir de bois recyclé, tel que des poteaux de téléphone (non traités), des poteaux de clôture et des arbres tombés. La fabrication du mortier (ciment) est toutefois à forte consommation d'énergie.

Obstacles réglementaires

La construction en bois cordé n'est pas incluse dans la Partie 9 du Code national du bâtiment et l'obtention de l'approbation réglementaire risque donc de poser certains problèmes. Il se peut qu'on doive faire participer un architecte ou un ingénieur chevronné à la conception du bâtiment.

Approbation des programmes de garantie

Seul les constructeurs enregistrés peuvent inscrire des maisons dans un programme de garantie provincial. Le critère de base relatif à l'inscription stipule que le constructeur doit absolument être certifié ou inscrit au programme de garantie et que la maison doit être construite en conformité avec les exigences du code du bâtiment.

Les autorités réglementaires exigeront probablement qu'un professionnel participe à la conception de la maison avant de délivrer le permis approprié. Dans ce cas, une fois l'approbation et le permis obtenus, il est probable que la maison pourra être inscrite à un programme de garantie. Il serait prudent de la part du constructeur d'obtenir la confirmation nécessaire avant de planifier la construction d'une maison en bois cordé.

Assurance

Les maisons construites en conformité avec les exigences du Code national du bâtiment sont habituellement admissibles à l'assurance habitation. En outre, il y a de bonnes chances qu'une maison en bois cordé construite par un entrepreneur de bonne foi puisse être assurée sans complément de prime par rapport à une maison à ossature de bois.

Acceptabilité du marché et valeur de revente

Bien qu'il s'agisse d'une vieille méthode de construction de murs, le bois cordé est encore nouveau dans le marché de la construction moderne. Le procédé n'a pas démontré qu'il constituait une alternative viable, il est à forte intensité de main-d'œuvre et risque de ne pas convenir aux régions urbaines.

Le marché en général est très réticent à l'idée d'accepter d'autres systèmes muraux, en particulier ceux qui s'écartent trop de la maison à ossature de bois traditionnelle. Il se peut par conséquent que le marché réagisse négativement à la construction en bois cordé. Une petite partie du marché est toutefois attirée par les assemblages de remplacement et il se peut qu'une maison en bois cordé construite dans un décor rural attrayant se vende à prix fort. Il est difficile de spéculer sur la valeur de revente des maisons en bois cordé; bon nombre d'entre elles sont construites par le propriétaire et ne sont pas destinées à la revente.[17]

Potentiel d'exportation

Il n'existe aucun potentiel d'exportation des matériaux, mais il peut y en avoir un en ce qui concerne les méthodes de conception et de construction.

Contraintes géographiques

Il n'existe aucune limitation géographique connue; cependant, dans les régions nordiques éloignées on risque de ne pas trouver sur place assez de matériaux convenables. Lorsque les conditions du sol sont mauvaises, la mise en place de la maison risque d'être difficile et coûteuse en raison de l'importante masse de la structure qui doit absolument être supportée.

Renvois en bas de page

1 Dick, K.J., Communication personnelle, University of Manitoba, Department of Biosystems Engineering, Winnipeg (Manitoba).

2 Idem

3 Idem

4 Idem

5 Dick, K.J. et A.M. Lansdown, Stackwall, How To Build It, 2nd Edition, Instruction Manual, Building Alternatives Inc. P.O. Box 22, Anola, MB. 1995.

6 Idem

7 Roy, Rob, Complete Book of Cordwood Masonry Housebuilding: The Earthwood Method, 1992, Sterling Publishing Company, Inc., New York.

8 Dick, K.J., Communication personnelle, University of Manitoba, Department of Biosystems Engineering, Winnipeg, (Manitoba).

9 Patterson, R. et A.M. Landsdown, Housing for the North - The Stackwall System: Construction Report - Mildred Lake Tank and Pump House, Northern Housing Committee, University of Manitoba, Winnipeg (Manitoba), décembre 1976.

[10] Dick, K.J., Communication personnelle, University of Manitoba, Department of Biosystems Engineering, Winnipeg (Manitoba).

[11] Idem

[12] Idem

[13] Dick, K.J. et A.M. Lansdown, Stackwall, How To Build It, 2nd Edition, Instruction Manual, Building Alternatives Inc. P.O. Box 22, Anola (Manitoba), 1995.

[14] Dick, K.J., Communication personnelle, University of Manitoba, Department of Biosystems Engineering, Winnipeg (Manitoba).

[15] Idem

[16] Idem

[17] D.A. Beatty, Communication personnelle, Institut canadien des évaluateurs, 1111 Portage Avenue, Winnipeg (Manitoba), 2000.

Ouvrages de référence supplémentaires

Dick, K.J. 1999. Economic Analysis of Recently-Constructed Stackwall Structures in Canada. Actes de la Continental Cordwood Conference. Cambridge, NY.

Dick, K.J. et Lansdown, A.M. 1995. Stackwall, How To Build It, 2nd Edition. Instruction Manual. Building Alternatives Inc. P.O. Box 22, Anola (Manitoba).

Dick, K.J. et Lansdown, A.M., 1994. Stackwall and the Building Inspector. Actes de la Continental Cordwood Conference (CoCoCo) de 1994. Plattsburgh, NY.

Lansdown, A.M.et Dick, K.J. 1996. Stackwall House Construction - Vapour Management, Fire Resistance, Insulation Values and the Building Code. Actes de la Conférence annuelle 1996 de l'Institut canadien des ingénieurs. Edmonton (Alberta).

Lansdown, A.M., G. Watts,et A.B. Sparling, 1975. Housing for the North - The Stackwall System. Part 1: The Experimental Stackwall House: Background, Design and Construction. Northern Housing Committee, University of Manitoba. Winnipeg (Manitoba), mai 1975. Rapport R1/75.

Patterson, R. et A.M. Lansdown. Housing for the North - The Stackwall System: Construction Report - Mildred Lake Tank and Pump House. Northern Housing Committee. University of Manitoba. Winnipeg (Manitoba), décembre 1976.

Roy, Rob. 1992. Complete Book of Cordwood Masonry Housebuilding: The Earthwood Method. Sterling Publishing Company, Inc. NY.

Shockey, Cliff. Stackwall Construction: Double Stackwall Technique. Huerto Publishing Co. Vanscoy (Saskatchewan).

Murs en ballots de paille

Introduction

Même si on utilise la paille depuis des millénaires pour s'abriter, ce n'est qu'au tournant du siècle que la presse à paille a transformé un produit de rebut en un matériau de construction.

Dans une construction en ballots de paille, on utilise des ballots de paille de blé, d'avoine, d'orge, de seigle, de riz et d'autres céréales pour construire des murs, qu'on recouvre ensuite d'un enduit. La technique a récemment repris de la vogue en tant que mode de construction de murs très isolés économique et sans danger pour l'environnement.

Au Canada, les constructions en ballots de paille ont fait leur apparition au Québec dans les années 1980 et, depuis, on a construit des maisons de ce type dans d'autres régions du pays, notamment en Nouvelle-Écosse, en Alberta, au Manitoba, en Ontario et en Saskatchewan.

Les premières constructions en ballots de paille étaient plutôt classiques; grâce à sa souplesse, il est toutefois facile d'adapter la technique à un grand nombre de configurations de conception. Les préoccupations habituelles, telles que l'intégrité structurale, le feu, les ravageurs et l'humidité, ont été en grande partie vaincues. L'enduit, qu'on applique sur les faces intérieure et extérieure des ballots, rend ceux-ci à l'épreuve du feu, de la pluie, du vent et des insectes. Il améliore également la rigidité et la résistance des murs.

La construction en ballots de paille en est encore à ses débuts. À mesure qu'augmentent la quantité de données recueillie et le nombre de nouvelles constructions, on élabore de nouvelles méthodes et de nouvelles techniques.

Photo gracieuseté de Lynn Oliphant

Bon nombre de techniques sont empruntées aux pratiques traditionnelles en matière de construction.

Principal marché cible

La maison en ballots de paille convient à la plupart des marchés, mais c'est l'habitation idéale pour les propriétaires-constructeurs, les personnes sensibilisées à l'aspect économique et à l'environnement, et en particulier pour les personnes qui habitent dans les régions où la production de paille est importante.

Principaux avantages

Sur les plans environnemental et économique, et pour ce qui est de l'efficience, la maison en ballots de paille offre de nombreux avantages. La paille est un matériau de construction naturel, abordable et renouvelable chaque année. En utilisant les rebuts de paille comme matériaux de construction, il est possible de réduire l'impact du monoxyde de carbone et des oxydes nitreux produits par la combustion de la paille. En outre, les ballots permettent d'éviter en grande partie la consommation d'énergie et la production de rebuts liées à la fabrication des autres matériaux de construction.

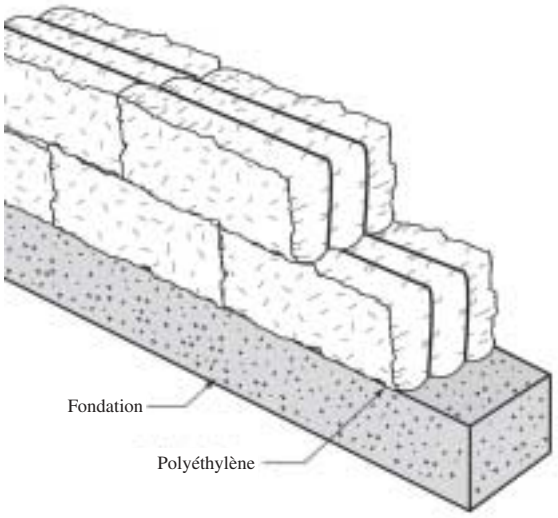
Dans les régions où on produit beaucoup de paille, on peut se procurer des ballots à un coût relativement faible. Les maisons en ballots de paille sont durables et faciles à entretenir. De plus, il est possible de recourir à une main-d'œuvre relativement peu qualifiée pour construire des murs en ballots de paille. Finalement, quand elles sont bien construites, les maisons de ce type peuvent offrir une excellente protection thermique contre l'environnement.

Principaux inconvénients

L'expédition des ballots peut être coûteuse quand on habite dans une région où on produit peu de paille et, selon l'endroit, il se peut qu'on ait de la difficulté à s'en procurer. En raison du fait que leur adoption est relativement récente, il se peut aussi que les fonctionnaires responsables de l'application du code de la construction, les programmes de garantie et l'industrie de l'assurance habitation n'acceptent pas facilement les pratiques de construction en ballots de paille.

Dans le cas d'une maison en ballots de paille, il faut tenir soigneusement compte du chargement structural, sauf lorsqu'on a recours à une charpente plus traditionnelle, telle qu'une ossature de poteaux et de poutres. La pénétration de l'eau est un autre problème possible et il faut prêter une attention particulière aux détails durant et après la construction pour éviter les problèmes d'humidité. Les ballots de paille dont la teneur en humidité est élevée peuvent constituer un habitat pour les champignons et mener à la

Figure 33 : Ballots de paille placés sur les fondations



décomposition des assemblages de murs. En climat très froid, la possibilité que de la vapeur provenant de l'intérieur de la maison se condense à l'intérieur des murs est plus élevée. Il faut absolument s'assurer de construire les murs en ballots de paille correctement pour empêcher les insectes et les rongeurs d'y pénétrer.

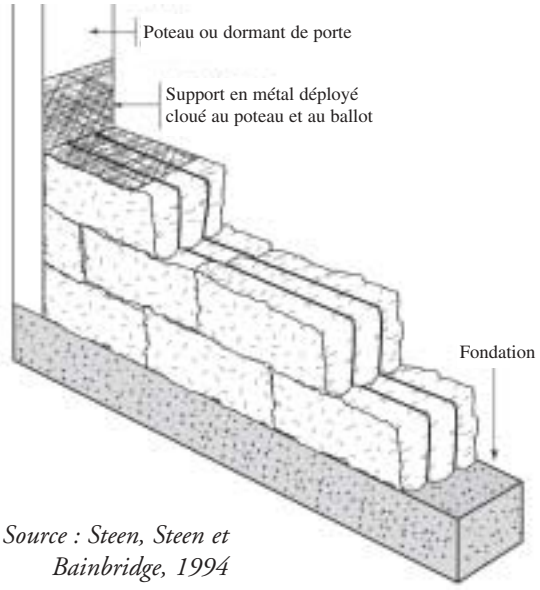
Les murs d'une maison en ballots de paille sont beaucoup plus épais que ceux d'une maison traditionnelle; il y a donc une différence considérable entre les dimensions extérieures et les dimensions intérieures du bâtiment. Il faut à tout prix prendre ce facteur en compte dans les zones urbaines, là où le terrain est limité.

Aspects structuraux

Il existe deux techniques répandues de construction à l'aide de ballots de paille. Dans le premier cas, on utilise une ossature plus classique de poteaux et de poutres, entre lesquels on pose un remplissage de panneaux faits de ballots de paille. Selon cette approche, les ballots de paille ne supportent pas le poids de la toiture ou celui des étages au-dessus du niveau du sol.

La seconde technique, communément appelée technique des murs porteurs ou style Nebraska, prévoit l'utilisation des ballots de paille eux-mêmes pour supporter les charges. L'enduit appliqué sur les faces intérieure et extérieure du mur en ballots crée un panneau pré-contraint. L'enduit assure la résistance du mur et les ballots de paille constituent le support de l'enduit. La présente section traite surtout de cette technique.[1]

Figure 34 : Fixations d'un mur en ballots de paille à un poteau au moyen d'un treillis métallique déployé



Source : Steen, Steen et Bainbridge, 1994

Matériaux

On peut obtenir des ballots de paille des meuneries, des coopératives agricoles, des silos à céréales ou directement des agriculteurs. On peut utiliser de la paille de blé, d'avoine, d'orge, de riz, de seigle ou de lin, préférablement à longues tiges et essentiellement exempte de semences. C'est surtout la teneur en humidité, la densité et l'historique (l'entreposage des ballots et leur protection entre la récolte et la construction) qui déterminent la qualité des ballots. Ceux-ci doivent être conservés à l'état sec avant, pendant et après la construction, la teneur en humidité étant toujours inférieure à 14 %.

Les ballots doivent être de dimensions et de densité uniformes, et cette dernière doit être d'au moins 120 kg/m^3 (7,5 lb/pi^3). La densité

Maison de ballots de paille en construction

Photo gracieuseté de Lynn Oliphant

La pose de l'enduit sur un mur en ballots de paille ne donne pas le même résultat que sur un mur en bois ou en béton; l'enduit adhère à la paille. Il faut énormément plus d'enduit pour couvrir des murs en ballots de paille que pour couvrir des murs en bois ou en blocs de béton de même dimensions; de plus, la consistance de l'enduit est habituellement différente.[3]

varie selon le type de céréale, le niveau d'humidité et le degré de compression obtenu dans la presse.

Les ballots doivent absolument être attachés serrés avec un matériau durable, préférablement de la ficelle de polyéthylène ou du fil de fer de cerclage. Les ballots comportant trois ficelles sont meilleurs que ceux à deux ficelles, car ils permettent d'obtenir un indice d'isolation plus élevé et une meilleure rigidité structurale.[2]

On peut utiliser divers types d'enduit avec les murs en ballots de paille; ceux au ciment, à l'argile, à la chaux et les plaques de plâtre sont les plus répandus. En utilisant la bonne sorte d'enduit, on crée une couche durable de protection contre les éléments et on peut obtenir une vaste gamme de textures, de couleurs et de surfaces.

Ordonnancement des travaux

Dans un bâtiment à murs ossaturés, on érige une charpente en bois, en acier, en béton ou en maçonnerie et on utilise des ballots de paille comme remplissage. Dans une conception aux murs porteurs, les ballots agissent comme pièces de charpente et maintiennent la toiture en place. Le poids de la charpente de la toiture s'exerce directement sur le dessus des murs, qui, à leur tour, transfèrent les charges aux fondations.[4]

Il faut absolument dimensionner les fondations d'une construction en ballots de paille de manière à tenir compte de l'épaisseur accrue des murs; les fondations doivent aussi être assez hautes pour protéger le bas des murs de l'humidité. Le dessus des fondations doit se trouver à au moins 200 mm (8 po) au-dessus du niveau fini du sol. Dans la majorité des cas, on construit les murs porteurs sur une

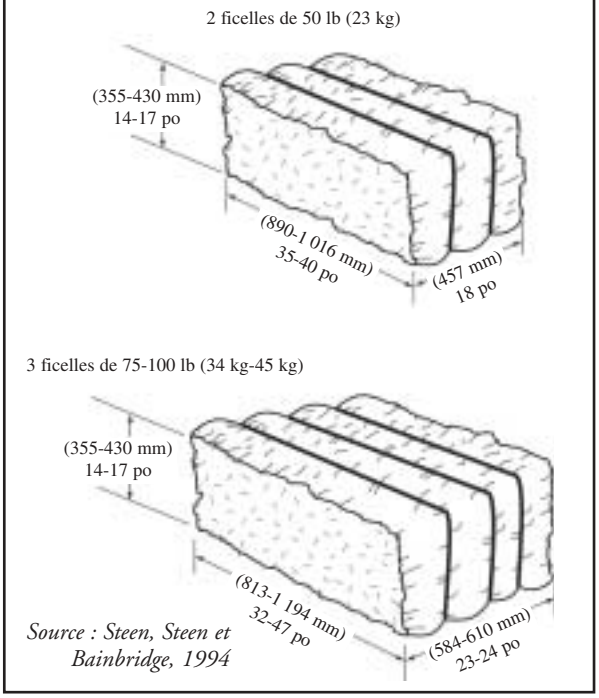
dalle sur terre-plein. Les fondations doivent absolument être assez larges pour supporter la pleine largeur des ballots additionnée des enduits intérieur et extérieur.[5]

On empile des rangées de ballots jusqu'à la hauteur voulue, en commençant chaque assise aux angles et aux cadres, et en progressant vers le centre du mur. Dans les premiers bâtiments de ballots de paille, on utilisait des tiges d'armature pour empaler la première assise de ballots; on a cependant constaté que cette façon de procéder créait un endroit permettant la migration de l'humidité. La stabilité ou la résistance structurale d'un mur en ballots de paille construit sans tiges ne sera pas sensiblement différente. On peut utiliser des guides d'angle pour s'assurer que les murs sont droits.[6]

Les ballots doivent s'ajuster confortablement les uns aux autres — s'ils sont trop tassés les uns contre les autres ou qu'on écrase le dernier ballot d'une assise, des efforts anormaux s'exerceront sur les bâtis d'attente des portes et des fenêtres. Les plans doivent prévoir une longueur minimale de 1½ ballot entre les angles du bâtiment et une fenêtre ou une porte.[7]

Lorsque les murs ont atteints leur pleine hauteur, on pose la sablière. Dans le passé, on foulait les ballots en place au fur et à mesure qu'on les empilait. De nos jours, les éléments constituants des murs porteurs sont comprimés d'avance et nivelés à l'aide de diverses méthodes mécaniques. Dans les premiers bâtiments, on obtenait le même résultat en posant des tiges entièrement filetées à côté ou à travers des ballots; les tiges reliaient la sablière à la fondation et on les serrait au moyen d'un écrou posé à l'extrémité supérieure. Parmi les autres méthodes

Figure 35 : Comparaison entre des ballots à deux cerclages et des ballots à trois cerclages



Source : Steen, Steen et Bainbridge, 1994

utilisées, on retrouve des attaches élastiques en polyester ou du fil de métal de gros calibre qui passe par-dessus le mur et descend à travers la fondation; dans les deux cas, on obtient une sangle qui assujettit l'assemblage de ballots à la fondation. On a également utilisé un sac gonflable qui exerce une pression vers le bas sur la sablière.[8]

L'utilisation d'une forme quelconque d'armature métallique dans l'enduit est souvent exigée par le code de la construction et recommandée pour de nombreuses sortes d'enduit; on peut toutefois appliquer l'enduit directement sur les ballots. La pose de l'enduit sur un mur en ballots de paille ne donne pas le même résultat que sur un mur en bois ou en béton — l'enduit adhère à la paille au lieu de constituer une couche mince et distincte. La règle de l'art consiste à appliquer trois couches tant sur l'intérieur que sur l'extérieur

des murs : une couche d'accrochage, une couche intermédiaire et une couche de finition. L'enduit procure un fini, une barrière contre les intempéries, un pare-air, une protection contre les incendies ainsi que la dératisation et le contrôle des insectes.[9]

Besoins en main-d'œuvre et en matériel

Même si certains entrepreneurs en bâtiment ont l'expérience de la construction en ballots de paille, la plupart des maisons de ce type sont construites par le propriétaire, qui embauche des sous-traitants pour exécuter des travaux précis, tels que le câblage électrique et la plomberie. Les murs en ballots de paille peuvent être érigés rapidement par quelqu'un n'ayant aucune expérience approfondie de la construction et avec peu d'outils électriques.

Incidence sur les installations techniques

L'implantation des installations électriques dans une maison de ballots de paille n'est pas vraiment différente de celle que l'on retrouve dans un bâtiment classique. On peut poser les services intérieurs en entaillant la surface intérieure des ballots. Lorsqu'il faut absolument faire passer un conduit ou un câble électrique dans les murs, on peut le placer dans les joints entre les ballots à mesure qu'on empile ceux-ci ou encore, le dissimuler entre les ballots plus tard.

On peut monter les boîtes électriques et les appareils d'éclairage encastrés en les assujettissant à des piquets de bois fichés dans des cavités découpées dans les ballots. La conception de la maison doit réduire au minimum la nécessité de faire passer des câblages électriques ou des évents de plomberie dans les murs extérieurs, puisque cela réduit la capacité portante du mur.

On peut faire passer les canalisations d'eau dans les cloisons intérieures, sous le plancher, dans les murs avec revêtement posé sur fourrures devant les ballots ou dans des rainures en plastique pour minimiser le risque de condensation dans les ballots.[10]

Souplesse de calcul

Un bâtiment dont les murs sont en ballots de paille et porteurs peut poser certains défis au constructeur. Certains codes de la construction limitent la longueur des murs porteurs droits et ininterrompus. Le support peut alors provenir de contreforts, de murs intérieurs, de changements de direction ou de contreventements provisoires. Les ouvertures de fenêtres ou de portes de grandes dimensions posent également un certain défi. Il faut absolument qu'une sablière très rigide sur le dessus de chaque mur ou un linteau du même type au-dessus de chaque ouverture puisse transférer les surcharges du toit aux murs en paille sans qu'il y ait pliage ou flambage. Les bâtiments à étage sont difficiles à construire en raison de la complexité accrue de la charpente.[11]

La construction avec poteaux et poutres rend la conception plus souple en permettant des étages, des portées de toiture plus longues, des charges nominales plus élevées, un plus grand nombre d'ouvertures de portes et de fenêtres de plus grandes dimensions, et en facilitant l'agrandissement du bâtiment par la suite.

Points clés en matière de construction

- Il faut déterminer les mesures relatives à l'intérieur de la maison, en prévoyant de 460 à 610 mm (de 18 à 24 po) vers l'extérieur pour la construction des murs.
- Il faut absolument dimensionner les fondations de manière à ce qu'elles puissent tenir compte de l'épaisseur accrue des murs et elles doivent être assez hautes pour protéger le bas des murs de l'humidité du sol.
- Il faut absolument empiler les ballots à plat et les faire chevaucher au niveau des joints.
- Les éléments constituants des murs porteurs doivent absolument être comprimés d'avance et nivelés.
- Il faut appliquer un stucco en trois couches sur l'intérieur et l'extérieur des murs.
- La principale considération en matière de conception doit absolument consister à empêcher le mouillage de la paille à l'extérieur des murs en incorporant dans la maison des caractéristiques telles que des vérandas, des pignons et des surplombs surdimensionnés, en plus d'une protection adéquate contre les éclaboussements.

Coûts de construction

Le coût d'une maison en ballots de paille dépend de la taille du bâtiment, du coût des matériaux (y compris les coûts de transport), de la conception de la maison et de la main-d'œuvre fournie par le propriétaire.

Les ballots de paille ne sont qu'un système mural. Les murs représentent environ de 10 à 15 % du coût total de la construction; une maison en ballots de paille construite par un entrepreneur pourrait donc coûter à peu près le même prix qu'une construction standard.

Sur le plan du coût, il n'y a aucun avantage réel à construire avec de la paille, mis à part le fait qu'on peut utiliser une main-d'œuvre non qualifiée pour exécuter une partie importante des travaux.

Efficacité énergétique

Un mur en ballots de paille bien construit crée une surface ininterrompue hautement isolée. La résistance thermique des ballots de paille est tributaire du type et de la densité de la paille, de l'orientation de cette dernière et de l'épaisseur des ballots. On a signalé des valeurs variant de R17 à R35 (RSI de 3 à 6), bien qu'on puisse s'attendre à une valeur d'au moins R23 (RSI de 4) dans le cas du ballot de paille courant de 450 mm (18 po) d'épais, dont la densité varie de 110 à 190 kg/m^3 (7 à 12 lb/pi^3).[12]

Durabilité

La paille, tout comme le bois, se détériore lorsqu'elle est exposée à un niveau d'humidité assez élevé pendant assez longtemps à des températures au-dessus du point de congélation. Les fuites d'air et la pénétration de la pluie sont habituellement les deux plus importantes sources d'humidité. Dans le cadre de la vérification de la teneur en

humidité de ballots de paille en Alberta, la SCHL a constaté que le contact avec l'eau de pluie, en particulier dans le cas des murs nord sur lesquels le soleil n'a que peu ou pas d'effet d'asséchage, constituait une source d'inquiétude beaucoup plus importante que la migration de l'humidité à travers les murs depuis l'intérieur de la maison.[13]

De nombreuses techniques de construction simples peuvent servir à protéger les ballots de l'exposition à l'humidité. Des surplombs de toit généreux et un réseau de gouttières adéquat empêchent la plupart des précipitations et des éclaboussures d'atteindre les murs. Du plastique ou du papier goudronné placé le long du sommet des murs aide à éloigner l'eau qui pourrait provenir du toit.[14]

Il existe au Nebraska et au Wyoming de nombreuses maisons dont les murs en ballots de paille sont porteurs et qui ont enduré presque un siècle de tempêtes de neige, de grands vents, de températures extrêmes et d'occupation par des humains.

Résistance au feu et isolement acoustique

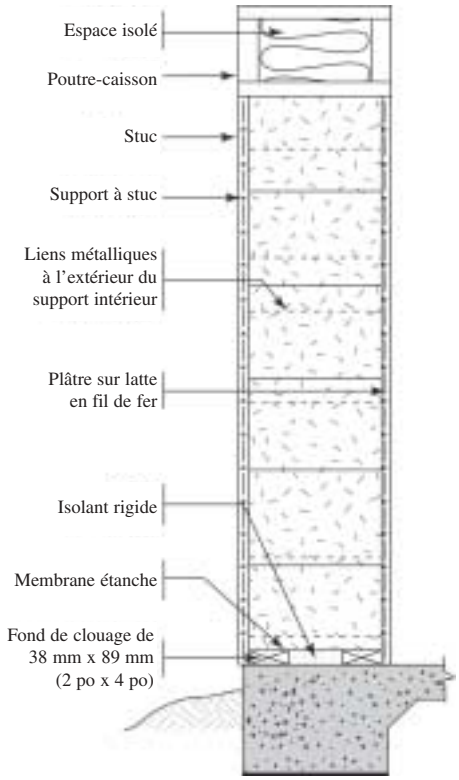
Le feu n'est pas très inquiétant une fois la construction achevée. La compression élevée des ballots de paille limite fortement la quantité d'oxygène disponible nécessaire à la combustion. Le Conseil national de recherches du Canada a vérifié la résistance au feu de ballots de paille recouverts d'un enduit et constaté qu'ils se comportaient mieux que les matériaux de construction classiques. Même lorsqu'il n'y a aucun enduit, l'extérieur des ballots a tendance à carboniser, ce qui a pour effet d'isoler la paille à l'intérieur du ballot.[15] Par contre, lorsqu'elle n'est pas en ballot, la paille est extrêmement combustible et il faut absolument faire attention durant la construction.

Certaines données non scientifiques indiquent que les maisons de ballots de paille semblent être très insonorisées. Cela est probablement dû à la masse des murs et à l'étanchéité à l'air relative, surtout lorsque l'intérieur et l'extérieur des murs sont recouverts d'un enduit. On a récemment construit une maison à proximité d'une voie ferrée; de l'intérieur de la maison, on ne pouvait entendre les trains qui passaient, pas plus qu'on pouvait entendre un appareil stéréophonique bruyant qui jouait dans la maison voisine.

Incidence sur la qualité de l'air intérieur

Quand l'assemblage des murs comprend un pare-air continu et complet, on doit considérer que la qualité de l'air à l'intérieur d'une maison en ballots de paille est la même que celle à l'intérieur d'une maison à ossature de bois traditionnelle. L'humidité est la principale source d'inquiétude en ce qui a trait aux murs en ballots de paille. La possibilité qu'il y ait de la moisissure ou des sources d'allergies dans de la paille sèche et propre qu'on a scellée dans un mur doit être très faible. Cette affirmation est toutefois fondée surtout sur des données non scientifiques et il y aurait lieu de procéder à une étude plus poussée.[16]

Figure 36 : Mur en ballots de paille porteur



Source : Johnston et Swearingen, 1996

Aspects environnementaux

L'énergie dépensée dans l'extraction, le raffinage et le transport de matériaux de construction vers le chantier, et les ressources totales utilisées durant la construction doivent être inclus dans le calcul de l'efficience d'un ouvrage. D'après une étude en particulier, la consommation d'énergie d'un mur en ballots de paille est au moins 30 fois moindre que celle d'un mur à ossature de bois présentant le même niveau d'isolation obtenu au moyen d'un isolant de fibre de verre.[17] Cependant, comme les ballots de paille sont un matériau de faible densité, les coûts d'expédition sont élevés, à la fois pour ce qui est du montant des coûts et de l'impact sur l'environnement (surtout en raison de la consommation de carburant).

On peut se procurer de la paille partout où on cultive des céréales et celle-ci peut être obtenue chaque année dans le cadre d'un système de production entièrement durable. Dans certaines régions, on fait encore brûler la paille en tant que matériau de rebut, ce qui contribue à la pollution atmosphérique. L'utilisation de la paille comme matériau de construction permet de réduire énormément le danger que cela représente pour l'environnement.

La réduction de l'utilisation de bois d'œuvre est un des principaux avantages de l'utilisation de la paille dans la construction de maisons. On ne connaît cependant pas la quantité de paille qu'on peut utiliser sans que l'extraction connexe de substances nutritives soit nuisible pour les sols.

Obstacles réglementaires

IL se peut que la réglementation municipale exige qu'un professionnel de la conception, tel qu'un ingénieur ou un architecte, participe au projet, surtout quand les murs sont porteurs.

Approbation des programmes de garantie

Seuls les constructeurs enregistrés peuvent inscrire des maisons dans un programme de garantie provincial. Le critère de base relatif à l'inscription stipule que le constructeur doit absolument être certifié ou inscrit au programme de garantie et que la maison

doit être construite en conformité avec les exigences du Code national du bâtiment.

Les autorités réglementaires exigeront probablement qu'un professionnel participe à la conception de la maison avant de délivrer le permis approprié. Dans ce cas, une fois l'approbation et le permis obtenus, il est probable que la maison pourra être inscrite à un programme de garantie. Il serait prudent de la part du constructeur d'obtenir la confirmation nécessaire avant de prévoir la construction d'une maison de ballots de paille.

Assurance

Les maisons construites en conformité avec les exigences du Code national du bâtiment sont habituellement admissibles à l'assurance habitation. En outre, il y a de bonnes chances qu'une maison en ballots de paille construite par un entrepreneur de bonne foi puisse être assurée sans complément de prime par rapport à une maison à ossature de bois.

Acceptabilité du marché et valeur de revente

La construction de maisons modernes en ballots de paille en est encore à ses débuts; elle se répand toutefois de plus en plus. Le marché en général est très réticent à accepter d'autres techniques de charpente, en particulier celles qui s'écartent trop de la maison à ossature de bois traditionnelle. Il se peut donc qu'il réagisse négativement à la construction en ballots de paille. Une petite partie du marché est toutefois attirée par les autres systèmes muraux et il se peut qu'une maison de ballots de paille construite dans un décor attrayant se vende à prix fort.[18]

Potentiel d'exportation

Il n'y a aucun potentiel d'exportation des matériaux de construction eux-mêmes, mais il peut y en avoir un pour les conceptions et les détails de construction.

Contraintes géographiques

La plupart des maisons en ballots de paille actuelles sont situées dans des régions sèches et se sont bien comportées jusqu'à maintenant. Il faudra toutefois exécuter d'autres travaux de recherche pour déterminer si ce genre de construction convient aux climats plus humides.

Renvois en bas de page

[1] Magwood, C. et P. Mack, Straw Bale Building: How to plan, design and build with straw, New Society Publishers, 2000, Gabriola Island (C.-B.)

[2] Steen, A.S., B. Steen et D. Bainbridge, The Straw Bale House, Chelsea Green Publishing Company, 1994, Vermont.

[3] Magwood, C. et P. Mack, Straw Bale Building: How to plan, design and build with straw, New Society Publishers, 2000, Gabriola Island (C.-B.)

[4] Idem

[5] Dick, K.J., Communication personnelle, 2000.

[6] Magwood, C. et P. Mack, Straw Bale Building: How to plan, design and build with straw, New Society Publishers, 2000, Gabriola Island (C.-B).

[7] Idem

[8] King, B. 1998, Straw-bale construction, National Conference of Building Officials, septembre et octobre 1998.

[9] Straube J., Moisture properties of plaster and stucco for strawbale buildings, SCHL, Ottawa.

[10] Steen, A.S., B. Steen et D. Bainbridge, The Straw Bale House, Chelsea Green Publishing Company, 1994, Vermont.

[11] Magwood, C. et P. Mack, Straw Bale Building: How to plan, design and build with straw, New Society Publishers, 2000, Gabriola Island, (C.-B).

[12] Straube J., Moisture properties of plaster and stucco for strawbale buildings, SCHL, Ottawa.

[13] Jolly, R., Moisture in straw bale housing, Nova Scotia, Société canadienne d'hypothèques et de logement, 1998, Ottawa.

[14] Magwood, C. et P. Mack, Straw Bale Building: How to plan, design and build with straw, New Society Publishers, 2000, Gabriola Island (C.-B.)

[15] Steen, A.S., B. Steen et D. Bainbridge, The Straw Bale House, Chelsea Green Publishing Company, 1994, Vermont.

[16] Magwood, C. et P. Mack, Straw Bale Building: How to plan, design and build with straw, New Society Publishers, 2000, Gabriola Island (C.-B.)

[17] Hoffmeister, R. dans Steen A.S., B. Steen et D. Bainbridge, The Straw Bale House, Chelsea Green Publishing Company, 1994, Vermont.

[18] Beatty, D.A., Communication personnelle, Institut canadien des évaluateurs, 1111 Portage Avenue, Winnipeg (Manitoba), 2000.

Ouvrages de référence supplémentaires

Société canadienne d'hypothèques et de logement. 2000. Straw bale house moisture research. SCHL, Ottawa (Ontario).

Société canadienne d'hypothèques et de logement. An innovative straw/bale mortar wall system. Programme d'encouragement à la technologie du bâtiment résidentiel. SCHL, Ottawa (Ontario), LNH 5799 84/08.

Société canadienne d'hypothèques et de logement. Moisture properties of plaster and stucco for strawbale buildings. SCHL, Ottawa (Ontario).

Gagné, Louis. 1986. Maisons de ballots de paille et de mortier : projet de démonstration. Société canadienne d'hypothèques et de logement, Ottawa (Ontario).

Johnston, Jane et John Swearingen. « Building a Straw-bale house ». Fine Homebuilding juin-juillet 1996, p. 74 à 78.

Magwood, Chris et Peter Mack. 2000. Straw Bale Building, How to plan, design and build with straw. New Society Publishers. Gabriola Island (C.-B.).

Platts, Bob. 1997. Étude pilote de contrôle de l'humidité des maisons en ballots de paille. Société canadienne d'hypothèques et de logement, Ottawa (Ontario).

Steen, Athena S., B. Steen et D. Bainbridge. 1994. The Straw Bale House. Chelsea Green Publishing Company. Vermont.

Straube, J. Moisture properties of plaster and stucco for strawbale buildings. Société canadienne d'hypothèques et de logement, Ottawa (Ontario).

Systèmes muraux en bois usiné

Introduction

Les systèmes muraux en bois usiné sont similaires au système à ossature de bois traditionnel, sauf que les poteaux traditionnels en bois d'œuvre et de dimensions courantes sont remplacés par des montants fabriqués. Ces derniers peuvent être aussi bien des poutrelles en « I », des poteaux d'ossature murale assemblés par entures multiples ou encore, des montants en bois de placage stratifié (LVL) ou en bois de longs copeaux lamellés (LSL). Les éléments en LVL ou en PSL sont le plus souvent utilisés pour les poutres, les colonnes et les linteaux à cause de leur stabilité dimensionnelle et de leur résistance plus élevée en comparaison de celle du bois d'œuvre de dimensions courantes.

Les poutrelles en « I » sont utilisées principalement dans les planchers au fur et à mesure qu'elles remplacent les solives traditionnelles. Les montants assemblés par entures multiples présentent des caractéristiques structurales semblables à celles du matériau de dimensions courantes et sont relativement nouveaux dans le marché.

Les poutrelles en « I » sont usinées selon la configuration d'une poutre en « I », les semelles étant faites de LSL, de LVL ou d'un matériau assemblé par entures multiples, et l'âme étant en contreplaqué à résistance élevée ou en panneaux à copeaux orientés. Les poutrelles en « I » ont été utilisées dans les murs de façon limitée; on les utilise dans le présent type d'assemblage des murs surtout lorsqu'on a besoin de murs épais, principalement pour améliorer le niveau d'isolation. Comme leur utilisation en tant que poteaux d'ossature

Photo gracieuseté de TrusJoist, A Weyerhaeuser Business

murale n'est pas courante, il n'en sera pas question dans le reste de la présente section.

On peut couper les éléments en LSL ou en LVL suivant pratiquement n'importe quelle dimension ou longueur. La résistance du produit fabriqué est notablement supérieure à celle du bois d'œuvre de dimensions courantes. On peut substituer des éléments en LVL ou en LSL aux montants traditionnels, puisqu'on peut les acheter dans les mêmes dimensions [de 38 mm × 89 mm (2 × 4) à 38 mm × 235 mm (2 × 10)].

Les montants assemblés par entures multiples sont faits de courtes longueurs de matériau de dimensions courantes qu'on assemble au moyen d'adhésifs. Ils sont plus stables que le bois d'œuvre de dimensions courantes et leur résistance est la même.

Principal marché cible

Le principal marché cible dans le cas des systèmes muraux en bois usiné est celui du logement résidentiel haut de gamme. Cela s'applique tout aussi bien aux propriétaires-constructeurs qu'aux nouveaux constructeurs de maisons. Les éléments en LVL coûtent plus cher que les montants traditionnels et ont donc été utilisés plus souvent en construction commerciale ou dans les maisons haut de gamme, dans lesquelles les murs doivent être plus résistants à cause de leur hauteur, ou très droits. On peut utiliser ces éléments en même temps que du bois d'œuvre de dimensions courantes, en utilisant le produit usiné uniquement dans certaines zones, telles que les murs de cuisine ou de salle de bains. Les montants assemblés par entures multiples coûtent moins chers que les éléments en LVL, mais encore un peu plus cher que les montants traditionnels de 38 mm × 89 mm (2 po × 4 po) et de 38 mm × 140 mm (2 po × 6 po).

Principaux avantages

Le principal avantage lié à l'utilisation de bois usiné dans l'assemblage des murs réside dans l'uniformité du matériau. Celui-ci ne prend aucune forme arquée et ne contient aucun gros nœud ou autre irrégularité. On obtient ainsi des murs qui sont très droits et dans lesquels il n'y aura ni gauchissement ni torsion à l'avenir.

Figure 37 : Poutrelle en « I »

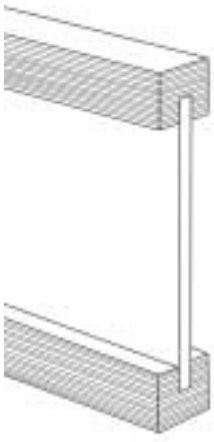
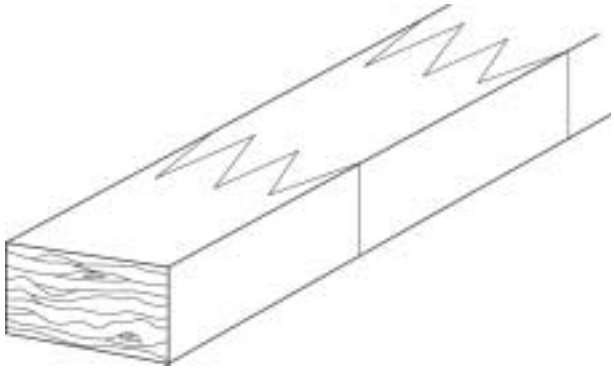


Figure 38 : Assemblage par entures multiples



La résistance accrue des poteaux est un deuxième avantage lié à ce type d'assemblage des murs (à l'aide d'éléments en LSL). On peut alors utiliser dans les murs de forte hauteur des éléments qui ont les mêmes dimensions et le même espacement que les montants en bois de dimensions courantes, mais qui peuvent en outre résister aux charges axiales alliées aux surcharges dues au vent. Parmi les autres avantages liés aux montants usinés, mentionnons les propriétés semblables à celles des montants en bois de dimensions courantes et très peu de perte sur le chantier.

Principaux inconvénients

Le principal inconvénient des assemblages des murs en bois usiné, c'est leur coût. Les montants en bois usiné peuvent coûter deux fois plus cher que ceux en bois traditionnel et ainsi faire augmenter de façon importante le coût de l'assemblage des murs. Il est possible de neutraliser cet inconvénient lorsqu'on doit construire des murs à résistance élevée ou encore, des murs parfaitement droits ou plus épais.

Aspects structuraux

Il n'existe aucune considération spéciale d'ordre structural en ce qui a trait aux systèmes muraux en bois usiné dans lesquels on retrouve des éléments en LSL.
La résistance de ce matériau dépasse celle des poteaux d'ossature murale traditionnels.

La résistance des montants assemblés par entures multiples est pratiquement la même que celle des montants en bois de dimensions courantes. On a établi des équivalences qui permettent de substituer des montants assemblés par entures multiples aux matériaux de dimensions courantes dans le cas des montants d'ossature murale verticaux. Il se peut toutefois que les autorités locales exigent qu'on lui fournisse de la documentation sur l'appropriation des matériaux usinés comme produit de substitution pour les montants traditionnels.

Matériaux

Il est facile de se procurer les montants en bois usiné et on peut les utiliser de la même manière que les montants en bois traditionnels. Ils n'exigent aucune finition particulière (sauf les poutrelles en « I ») et il y a moins de perte sur le chantier en raison du fait que la qualité du matériau est contrôlée. Il faut absolument protéger le matériau (tout comme les autres produits) de l'humidité et des dommages mécaniques sur le chantier.

Ordonnancement des travaux

L'ordonnancement des travaux est le même que lorsqu'on utilise une ossature de bois traditionnelle. Comme ce type de produit n'est pas encore de grande consommation, il faut absolument confirmer d'avance que le fournisseur a en stock une quantité adéquate du matériau dans des dimensions et des longueurs précises, de manière à disposer des matériaux nécessaires sur le chantier lorsqu'on en aura besoin.

Besoins en main-d'œuvre et en matériel

La construction de cet assemblage des murs fait appel à tout le matériel et à la main-d'œuvre classiques. Le matériel standard consiste en des scies, des marteaux et des cloueuses. La construction de ce système

mural ne modifie en rien la façon de travailler des monteurs de charpentes, puisque les éléments sont coupés et fixés de la même manière que ceux d'un système classique. Il est possible de réaliser de faibles gains d'efficacité, puisque les monteurs de charpentes n'ont pas à inspecter le matériau, celui-ci étant de qualité uniforme.

Incidence sur les installations techniques

On peut poser les services dans cet assemblage des murs exactement de la même manière que dans un système mural en bois. Les installations de plomberie, de chauffage et d'électricité demeurent les mêmes. On peut percer les éléments en LVL ou assemblés par entures multiples et poser les câbles et les tuyaux de la façon traditionnelle.

Souplesse de calcul

La résistance supplémentaire des montants utilisés dans cet assemblage des murs améliore la souplesse de la conception d'une nouvelle construction. Des murs plus hauts et plus droits, et une meilleure capacité portante peuvent être quelques-uns des avantages qui permettent des conceptions plus souples.

La souplesse est la même plus tard quand on souhaite effectuer des rénovations ou des modifications. Celles-ci peuvent facilement être exécutées par des charpentiers qui connaissent bien la construction d'ossatures de bois traditionnelles.

Points clés en matière de construction

Les poteaux d'ossature murale usinés peuvent coûter très chers et il faut donc absolument prendre soin de faire le moins d'erreurs possible lorsqu'on les mesure ou qu'on les coupe.

Il faut tenir compte du contreventement et du blocage, puisque le matériau utilisé à cette fin provient habituellement des rejets. Il est probable qu'on utilisera à cette fin du bois d'œuvre de dimensions courantes, qui coûte moins cher.

Coûts de construction

Un système mural en bois usiné coûte plus cher qu'un système en bois traditionnel. L'élément main-d'œuvre est le même; cependant, le coût du matériau utilisé pour les montants est probablement de 25 à 100 % plus élevé que celui d'une ossature de bois traditionnelle, selon qu'on utilise des montants en LVL ou des montants assemblés par entures multiples.

L'assemblage des murs en bois usiné n'a aucune incidence sur l'isolation, le pare-air/pare-vapeur ou les finis intérieurs et extérieurs. Sauf pour ce qui est du coût supplémentaire des montants, l'assemblage est neutre lorsqu'on le compare à des murs à ossature de bois traditionnelle.

Efficacité énergétique

Comme on peut se procurer les poteaux d'ossature murale en bois usiné dans pratiquement n'importe quelle largeur, la quantité d'isolant qu'on peut incorporer dans l'assemblage des murs est très souple. On peut construire des murs qui auront l'épaisseur des montants de 38 mm × 89 mm (2 po × 4 po), tout comme on peut obtenir une épaisseur de mur de 235 mm (10 po) si on le souhaite.

Les montants assemblés par entures multiples sont disponibles dans les dimensions standards de 38 mm × 89 mm (2 po × 4 po) et de 38 mm × 140 mm (2 po × 6 po), ce qui permet d'obtenir un niveau d'isolation nominal de R12 (RSI de 2,1) ou de R20 (RSI de 3,5). Quand ou souhaite obtenir un niveau d'isolation encore plus élevée, on peut utiliser un système mural à poutrelles en « I » pour augmenter la profondeur de la cavité et l'isolation des murs.

Comme on utilise un pare-air/pare-vapeur classique, il est possible d'obtenir une bonne étanchéité à l'air. Cela aussi contribue à rendre le système mural éconergétique.

Durabilité

Le système mural peut être aussi durable qu'un système à ossature de bois traditionnelle, le niveau de protection contre l'humidité étant le même. La pose d'un bon écran humidifuge à l'extérieur et d'un bon pare-air/pare-vapeur à l'intérieur protège les éléments de charpente ou autres de l'assemblage des murs. Bien entretenu, ce genre de système mural devrait demeurer en bon état de service pendant 50 ans et plus.

Résistance au feu et isolement acoustique

Tous les degrés de résistance au feu et indices de transmission du son contenus dans le Code national du bâtiment sont fonction de poteaux d'ossature murale traditionnels. On prévoit que le présent type d'autre système mural se comportera de la même manière qu'un mur à ossature de bois traditionnelle. D'après certains documents publiés par les fabricants, certains laboratoires indépendants ont soumis le système à des essais au feu. Si vous devez tenir compte de la résistance au feu et de la transmission acoustique, demandez au fournisseur ou au fabricant de vous communiquer les données d'essais dont il dispose.

Incidence sur la qualité de l'air intérieur

C'est la quantité de gaz dégagé par les matériaux utilisés et la qualité du pare-air intérieur qui déterminent l'incidence d'un type déterminé d'assemblage des murs sur la qualité de l'air à l'intérieur des habitations. Un pare-air intérieur bien étanche sépare les matériaux du système mural de l'environnement intérieur. Dans le système de murs en bois usiné, on retrouve le pare-air/pare-vapeur classique. Les techniques qui permettent d'obtenir une bonne étanchéité à l'air sont très bien comprises et utilisées par la plupart des constructeurs; le présent système mural ne devrait donc avoir aucune incidence sur la qualité de l'air à l'intérieur des habitations.

Diverses dimensions de bois d'œuvre usiné[1]

Photo gracieuseté de TrusJoist, A Weyerhaeuser Business

Aspects environnementaux

Du point de vue de l'environnement, l'avantage lié à l'utilisation de montants en bois fabriqué tient au fait qu'on peut utiliser dans leur fabrication des placages en bois et du bois provenant d'arbres plus jeunes. Cela réduit l'incidence sur les forêts, tout en permettant d'obtenir un produit de qualité.

L'adhésif qu'on retrouve dans le produit et l'énergie utilisée pour la fabrication finale constituent l'inconvénient possible du système. Même si le sciage et le séchage des montants de dimensions courantes requièrent eux aussi une certaine quantité d'énergie, il en faut plus pour produire les montants en bois usiné.

Obstacles réglementaires

Il se peut que le code de la construction et les règlements municipaux varient lorsqu'on utilise des éléments en LVL ou des éléments assemblés par entures multiples dans un système mural. Dans certains cas, il se peut qu'un ingénieur doive participer au projet; il se peut toutefois que les descriptions de produits du fabricant suffisent à permettre de vérifier si la résistance des produits égale ou dépasse celle du bois d'œuvre de dimensions courantes.

Approbation des programmes de garantie

Le système est pratiquement identique à celui à ossature de bois traditionnelle et un constructeur agréé ne devrait avoir aucune difficulté à obtenir les approbations de garantie requises.

Assurance

Les compagnies d'assurance ne devraient avoir aucune difficulté à fournir une assurance habitation en rapport avec une maison comportant ce type de système mural. La résistance au feu et la durabilité sont très semblables à celles d'un système à ossature de bois traditionnelle, qui sont bien documentées. La responsabilité civile et les autres éléments de la police d'assurance ne sont pas touchés par ce type d'assemblage des murs.

Acceptabilité du marché et valeur de revente

L'acceptabilité du marché et la valeur de revente des systèmes muraux en bois fabriqué ne devraient pas être touchées. En fait, la plupart des propriétaires ou des acheteurs de maison ne connaissent probablement pas la différence entre ce genre de système et le système traditionnel.

La prudence des propriétaires de maison au sujet des nouveaux matériaux qu'ils ne connaissent pas bien peut être neutralisée

par les avantages de ces matériaux. Il se peut toutefois qu'une certaine sensibilisation et une certaine éducation soient nécessaires, comme dans le cas de bon nombre d'autres systèmes muraux.

Potentiel d'exportation

Le potentiel d'exportation relatif à ce système mural est le même que celui de la construction à ossature de bois traditionnelle. Le poids et les dimensions des panneaux ne sont pas modifiés, et l'acceptabilité dans les marchés étrangers est la même que celle du bois d'œuvre de dimensions courantes.

Contraintes géographiques

Il ne semble pas y avoir de limitation géographique dans le cas des assemblages des murs en bois fabriqué. Les variations d'humidité et de température selon la région ne devraient pas influer sur le rendement du système.

Le transport du matériau est le même que dans le cas du bois d'œuvre de dimensions courantes, mais sa disponibilité dans un grand nombre de dimensions et de longueurs est incertaine.

Renvoi en bas de page

[1] Specifier's Guide to the Silent Floor System, Trus Joist, A Weyerhaeuser Business.

Ouvrages de référence supplémentaires

http://www.weyerhaeuser.com/wbm/products/5.asp

http://www.successfulbuilder.com/material.html

http://www.osbguide.com/sba.osb.info/sba.osbinfo.1.html

http://www.cwc.ca/english/wood_design/wood_products/catalogue/psl.html

http://www.apawood.org/level_b.cfm?content=app_bas_wall

http://www.canadianhomebuilder.com/cata...previous_issues/summer_99/natl/wood.htm

http://www.tembec.ca/english/products/eforest_products_summary.htm

Specifier's Guide to the Silent Floor System. TrusJoist, A Weyerhaeuser Business

Murs en terre

Introduction

On utilise la terre comme matériau de construction depuis des siècles dans le monde entier et, de nos jours, environ le tiers de la population mondiale habite un bâtiment en terre. On peut compacter le sol en diverses formes et créer des murs monolithiques (qui forment bloc), en faire des blocs ou l'utiliser pour abriter des ouvrages souterrains.

Selon la méthode de construction en pisé, on compacte de la terre humide mélangée à du ciment dans un coffrage fermé, semblable à celui qu'on utilise dans le cas du béton coulé en place. Une fois le compactage terminé, on enlève les formes, ce qui laisse un mur complet.

On peut fabriquer des blocs de terre comprimée sur place à l'aide de diverses machines servant à fabriquer des blocs, notamment les presses manuelles, mécaniques et hydrauliques. Les mélanges de terre utilisés pour fabriquer les blocs sont semblables à ceux utilisés pour le pisé. On utilise dans le mortier qui sert à liaisonner les blocs dans les murs la terre qu'on a utilisée pour fabriquer les blocs.

On utilise souvent le terme « adobe » pour décrire un style architectural; il s'agit toutefois en fait d'une méthode de construction suivant laquelle on utilise de la terre, de l'argile et parfois de la paille densément compactées pour fabriquer par moulage des briques assez petites pour rétrécir sans se fissurer. L'adobe diffère du bloc de terre comprimée en ce que le matériau utilisé pour fabriquer ce dernier n'est que peu comprimé et qu'on fait sécher

Photo gracieuseté de Ginette Dupuy

le bloc au soleil. Les méthodes de construction et la composition de l'adobe varient selon le climat et les coutumes locales.[1]

Dans le cas de la construction en torchis, on ne fabrique aucun bloc avant la construction et on n'utilise aucun mortier. On mélange de la terre, du sable ou des petites pierres, de la paille et de l'eau, après quoi on place sur la fondation et on moule des blocs du mélange, qu'on façonne à la main ou à la pelle.[2]

Les maisons enfouies sont des maisons dont un ou plusieurs côtés sont recouverts d'un talus de terre ou des maisons construites partiellement ou entièrement sous terre (au moins 50 % de la surface des murs et du toit sont enfouis). La terre environnante constitue un isolant naturel, ce qui rend ces maisons peu coûteuses à chauffer et à rafraîchir. Les maisons enfouies sont habituellement en béton.[3]

La présente section porte surtout sur le pisé et le bloc de terre comprimée.

Principal marché cible

Le principal marché cible dans le cas des constructions en terre, ce sont les propriétaires-constructeurs qui recherchent la satisfaction que procure la construction d'une maison à l'aide de matériaux indigènes, recyclables et peu coûteux, et qui sont moins dommageables pour l'environnement, en plus de se fondre dans le paysage. Les constructeurs qui désirent se spécialiser dans les autres méthodes de construction peuvent également être intéressés par cette forme de construction.

Principaux avantages

La masse thermique et l'hygroscopicité sont les principaux avantages de la construction en terre. Comme les murs sont épais, la maison de terre est moins sensible aux effets des températures extrêmes de l'air extérieur. Les murs en terre absorbent le surplus d'humidité contenu dans l'air et le libère lorsque l'air est trop sec. Ces deux qualités font que la maison de terre est toujours plus fraîche en été.[4]

Un autre aspect intéressant de la construction en terre tient au fait que l'emplacement lui-même est habituellement la source du matériau de construction; on peut donc construire une maison de terre pratiquement partout où le sol est convenable. Dans le cas contraire, on peut faire livrer sur le chantier de la terre excavée sur un emplacement situé à proximité. De plus, la récolte ou l'utilisation de terre comme matériau de construction ne présente aucun effet secondaire sur le plan écologique.

Parmi les autres avantages de ce système mural, on retrouve : une longue durée utile prévue, un entretien de l'extérieur de la maison moins exigeant, un meilleur degré de résistance au feu et un meilleur indice de transmission du son, et la résistance aux prédateurs du bois, aux champignons et à la pourriture.[5] De plus, les particuliers peuvent participer à la construction de leur maison.

Séchage de blocs de terre comprimée

Photo gracieuseté de Ginette Dupuy

Principaux inconvénients

La construction en terre comporte certains inconvénients.

La construction en terre ne convient pas à tous les climats et à tous les emplacements. Il faut faire plus attention d'éviter les problèmes d'humidité, à la fois durant la construction et durant la vie d'une maison de terre. Le type de sol sur le chantier et les niveaux de radon sont d'autres facteurs dont il est important de tenir compte. En outre, dans les endroits où l'espace dont on dispose pour construire est limité, l'épaisseur des murs d'une maison de pisé réduit la surface habitable disponible.

Il se peut que l'autorité réglementaire exige qu'un ingénieur participe au projet, puisqu'une construction en terre n'entre pas dans la Partie 9 du Code national du bâtiment.

Enfin, le coût initial d'une maison de pisé est plus élevé que celui d'une maison à ossature de bois standard.

Aspects structuraux

L'épaisseur minimale d'un mur en pisé est de 300 mm (12 po). Le mur peut être non porteur ou porteur et renforcé d'acier au besoin.[6] Pour assurer leur stabilité et leur efficacité thermique, les murs extérieurs en pisé ont habituellement une épaisseur de 610 mm (24 po). Les murs intérieurs peuvent être aussi étroits que 150 mm (6 po).[7] Il est très important de pilonner le matériau adéquatement (de compacter chaque couche) en couches de 150 à 200 mm (de 6 à 8 po) afin d'éviter les problèmes d'ordre structural.[8]

Les blocs structuraux d'une maison de blocs en terre comprimée mesurent habituellement environ 300 mm × 200 mm × 100 mm (12 po × 8 po × 4 po), dans le cas des murs extérieurs, et environ 300 mm × 140 mm × 90 mm (12 po × 5½ po × 3½ po), dans les cas des murs intérieurs.[9]

Matériaux

Des études effectuées durant les années 1920 ont révélé que le sol stabilisé était un excellent matériau de construction. C'est lorsqu'on a mélangé avec le sol une petite quantité (moins de 10 %) de ciment humecté qu'on a obtenu les meilleurs résultats. On alors déterminé que la résistance obtenue provenait de la migration des fibres cémentaires et de la compression.[10]

Dans le cas de la construction en pisé, le type de sol utilisé a une incidence sur la résistance finale à la compression. Le sol doit absolument avoir une forte teneur en sable et une faible teneur en argile, et la terre arable ne convient pas à ce genre de construction. Le mélange, qu'on appelle « infrastructure de route », se

trouve à la plupart des carrières de gravier. Il consiste en du sable fin, du sable grossier et des cailloux, et contient au plus 15 % d'argile. Le mélange peut également inclure de 5 à 10 % de ciment et juste assez d'eau pour former un aggloméré consistant.[11] Plus on ajoute de ciment, plus la terre perd de sa masse thermique, de son hygroscopicité et de sa capacité de respirer.[12]

Dans le cas des blocs de terre comprimée, la quantité idéale d'argile est d'environ 20 %. On ajoute environ 5 % de ciment, selon le type de terre. Le gravier, le sable et le silt forment la structure, et l'argile est l'agent liant.

Les blocs qui contiennent du ciment doivent absolument durcir pendant au moins une semaine. On les recouvre d'une feuille de plastique. Une fois le plastique enlevé, les blocs mettent environ trois semaines à sécher. Il faut les protéger de la pluie.[13]

Ordonnancement des travaux

Avant de construire des murs en terre, il faut vérifier la composition du sol. Pour ce faire, on peut prélever un échantillon à la profondeur d'excavation, le tamiser à l'aide d'un tamis de 6 mm (1/4 po) [un tamis de 13 mm (1/2 po), dans le cas des blocs en terre comprimée] et le soumettre à un essai de mise en suspension sur le chantier ou l'apporter à un laboratoire qui fera la vérification nécessaire.[14,15]

Dans le cas des murs en pisé, on mélange le sol et le ciment à sec; on ajoute ensuite de l'eau modérément jusqu'à ce que le mélange forme une boule lorsqu'on le comprime dans la main. On place le mélange de sol dans le coffrage en couches d'au plus 200 mm (8 po) d'épais. Avant d'ajouter de la terre, on compacte (pilonne) la couche de manière à en réduire l'épaisseur à environ 75 à 100 mm (3 à 4 po).[16] Le pilonnage peut se faire manuellement ou mécaniquement. Une fois le compactage terminé, on enlève les formes avec soin et on laisse les murs durcir à l'état humide pendant deux semaines (en les laissant sans charge et en les protégeant des intempéries). On peut les recouvrir de toiles de jute, qu'on arrose trois fois par jour, ou de feuilles de plastique bien étanches.[17]

Le pisé durci retient les clous galvanisés, ce qui permet de poser pratiquement tout cadre de fenêtre ou de porte. On peut fermer les joints rejéteaux entre un cadre en bois et un mur en pisé en formant un emboîtement dans l'extrémité du mur.[18]

La dernière étape consiste à attacher les murs ensemble au moyen d'une poutre de maçonnerie. Construite en bois d'œuvre, en acier ou en béton armé, la poutre repose sur le dessus des murs en terre et sert à relier les éléments du système, de même qu'à ancrer la toiture.[19]

La perméabilité des murs en terre est très élevée. On a donc affaire à un matériau imper-respirant. La peinture, le papier peint, les panneaux ou les plaques de plâtre ont une incidence sur cette caractéristique et entraînent une perte de masse thermique et d'hygroscopicité de l'ouvrage. On peut finir un mur en terre avec un stucco en terre (en utilisant la même terre que pour le mur). On peut y ajouter un pigment naturel pour lui donner de la couleur. Le mur peut également être badigeonné à la chaux.[20]

Comme le béton coulé, les murs en pisé reflètent la qualité des formes. Celles doublées en bois dur permettent d'obtenir des murs uniformément lisses.[21]

Le procédé de construction d'une maison de blocs de terre comprimée est semblable à celui utilisé pour construire une maison de brique et fait appel à une technique bien connue : la maçonnerie. Les blocs en terre comprimée doivent être reliés par des joints de mortier. En utilisant un mortier de sable et de ciment dans les deux premières assises de blocs, on augmente la résistance à l'eau des éléments. Le mortier utilisé pour le reste du bâtiment consiste en une partie de ciment, deux parties de chaux et neuf parties de la terre utilisée pour fabriquer les blocs. Une maison de blocs de terre comprimée doit être isolée par l'extérieur pour être conforme aux exigences du Code national du bâtiment. De cette façon, la chaleur contenue à l'intérieur des murs ne se perd pas à l'extérieur.[22]

Besoins en main-d'œuvre et en matériel

Pour construire des murs en pisé continus ou monolithiques, il faut utiliser un coffrage, qui peut être fabriqué à l'aide de divers matériaux, notamment le bois, l'aluminium et l'acier. Les formes doivent absolument être extrêmement solides; elles doivent non seulement résister aux efforts exercés par la terre empilée pour former le mur, mais également aux efforts concentrés liés à la mise en place du mélange dans le coffrage et au pilonnage subséquent. Les formes sont retenues ensemble par un tirant posé sur le dessus et un solide renfort qu'on cloue dans les semelles à la base du coffrage. Grâce à ce système, il n'est pas nécessaire de percer des trous dans le contreplaqué, ce qui réduit la quantité de rebuts.

À part les formes, le matériel nécessaire inclut des pilons, des chargeuses à godet et des pelles. Le pilonnage peut se faire à l'aide d'un pilon pneumatique, mais certains préfèrent le faire à la main à l'aide de simples perches lestées.[23]

Une étude du pisé effectuée par le U.S. Department of Agriculture (ministère de l'Agriculture des États-Unis) en 1938 a permis de constater qu'une équipe de trois personnes travaillant avec des outils à main (des pelles, des godets et des pilons) pouvait construire un mur d'une superficie de 6,5 m^2 (70 pi^2) et de 360 mm (14 po) d'épais en une journée.[24]

Pour fabriquer des blocs en terre comprimée, on peut utiliser une presse manuelle, mécanique ou hydraulique. D'après Ginette Dupuy, un chercheur du Québec qui étudie en ce moment la construction en blocs de terre comprimée, il est possible de produire deux ou trois blocs à la minute à l'aide d'une presse manuelle.[25]

Incidence sur les installations techniques

Dans le cas des murs en pisé, on peut, durant le damage, incorporer dans les murs des conduits en plastique dans lesquels on fera passer le câblage plus tard.[26]

Il est préférable de ne pas faire passer de câbles électriques ou de canalisations de plomberie dans les blocs en terre comprimée, pour ne pas modifier leur intégrité structurale et pouvoir au besoin accéder aux câbles

électriques et aux canalisations. On peut construire des murs intérieurs en bois à cette fin.[27] Il faut donc absolument prévoir les services et les incorporer dans les murs durant la construction.

Souplesse de calcul

Les murs en pisé peuvent avoir pratiquement n'importe quelle configuration; ils peuvent être cintrés, comporter des arcades arrondies, des fenêtres surmontées d'une arche et des banquettes de fenêtre.[28] Il est possible de construire une maison à étage en pisé.

Dans une construction en blocs de terre comprimée, on peut faire varier les dimensions des blocs pour permettre divers designs. Les murs peuvent être en relief, arrondis ou avoir la forme d'un arc.[29]

En y réfléchissant et en planifiant les travaux au préalable, il est possible d'agrandir une maison de pisé ou de blocs de terre comprimée existante.

Points clés en matière de construction

On trouvera ci-après certaines suggestions relatives à la conception et à la construction de maisons aux murs en terre.

- Il faut absolument vérifier la composition du sol avant la construction.

- Les murs en pisé doivent avoir une épaisseur d'au moins 305 mm (12 po).

- Dans le cas des murs en pisé, il est très important de compacter adéquatement le matériau en couches de 150 à 200 mm (de 6 à 8 po) pour éviter les problèmes structuraux.

- La planification de la pose des services doit absolument se faire avant la construction des murs d'une maison de terre.

Coûts de construction

Le coût est influencé par la conception, l'état des lieux et l'emplacement. Quand on peut utiliser le sol du chantier de construction, la majorité des matériaux utilisés dans la construction des murs de la maison ne coûteront rien. Cependant, si la terre en question ne convient pas, il faudra en transporter d'autre sur le chantier.

La main-d'œuvre et les coffrages sont les éléments les plus coûteux de la construction d'un mur en pisé. D'après un constructeur

Intérieur d'un bloc de terre comprimée

Photo gracieuseté de Ginette Dupuy

canadien, comme elle n'est pas encore très répandue, la construction d'une maison de pisé coûte généralement 15 % de plus que celle d'une maison à ossature de bois.[30] Le propriétaire peut faire diminuer le coût de la maison en fournissant une partie de la main-d'œuvre.

Dans le cas d'une construction en blocs de terre comprimée, le coût d'une presse va de quelques centaines de dollars pour une presse manuelle à 100 000 $ pour une presse hydraulique.

Efficacité énergétique

Les murs en terre ne sont pas particulièrement de bons isolants. Les matériaux denses, tels que l'adobe, le béton, la pierre, la brique, le pisé et les blocs de terre comprimée ont une valeur R à peu près équivalente à un RSI de 0,04 par 25 mm (0,25 par pouce).[31]

Malgré la faible valeur de résistance thermique, la masse thermique liée à l'épaisseur des murs est un des principaux avantages des maisons de terre. Il en résulte une capacité thermique élevée, ce qui garantit l'uniformité des conditions à l'intérieur des habitations dans les climats où la température varie beaucoup entre le jour et la nuit. Les jours froids, les murs absorbent la chaleur produite à l'intérieur de la maison. Celle-ci est ensuite rayonnée (en partie à l'intérieur et en partie à l'extérieur) durant la nuit. C'est l'inverse qui se produit les jours chauds — les températures fraîches durant la nuit sont stockées dans les murs et empêchent la maison de surchauffer durant le jour.[32] Une entreprise de Colombie-Britannique a modifié la construction de maisons en pisé dans les climats nordiques en posant dans les murs un noyau de mousse isolante.[33]

La maison en blocs de terre comprimée doit être isolée par l'extérieur pour être conforme aux exigences du Code national du bâtiment. De cette façon, la chaleur à l'intérieur des murs ne se perd pas à l'extérieur, mais retourne à l'intérieur de la maison.[34]

Durabilité

Si le toit et la charpente sont bien conçus, ni les précipitations ni le mauvais temps ne devraient modifier les propriétés structurales des murs en terre.

La principale raison de la durabilité des murs en terre, c'est la teneur en argile du matériau. Celui-ci provient d'une base rocheuse qui se transforme progressivement en gravier, en sable, en silt et finalement, en argile. Par conséquent, l'argile contenue dans un mur en terre en est à la dernière étape du processus de transformation; elle est donc très stable.[35]

En Colombie-Britannique, Terra Firma Builders Ltd. a construit un mur en pisé expérimental sur Salt Spring Island. Le mur est entièrement exposé à la pluie et à des cycles de gel et de dégel. Même s'il est non étanche et ne comporte aucun couronnement, il devrait durer plus de 200 ans.[36]

Le gouvernement américain a documenté plus de 350 000 maisons et bâtiments commerciaux de terre actuellement en existence aux États-Unis. Bon nombre de ces constructions existent depuis 100 ans et ne requièrent qu'un minimum d'entretien.[37]

Il existe plusieurs façons de finir des matériaux de construction à base de terre. Il existe deux approches fondamentales : les finis imperméables et les finis imper-

respirants. Les finis imperméables, tels que le stucco de ciment, sont plus permanents et leur coût initial est plus élevé. Ces finis contiennent ou emprisonnent de l'humidité, ce qui risque de poser problème. Les finis perméables, tels que l'enduit de boue, coûtent moins cher, sont moins durables et permettent aux murs d'absorber et de dégager l'humidité en suspension dans l'air.[38]

L'entretien des murs en pisé consiste uniquement à appliquer un agent d'obturation antipoussière invisible et non toxique à environ tous les 20 ans.[39]

Résistance au feu et isolement acoustique

En Australie, on a soumis des murs en pisé à des essais de résistance au feu. La résistance d'un mur de 300 mm (12 po) d'épais a été de 4 heures.[40]

En prenant bien soin de réduire les fuites d'air à travers tous les éléments d'un bâtiment de pisé, on peut contrôler la transmission du son aérien. Un mur dont la masse est importante absorbe beaucoup d'énergie sonore. L'entreprise Terra Firma Builders Ltd. a mesuré la transmission acoustique de son mur en pisé double. L'indice était supérieur à ITS 60.[41]

Incidence sur la qualité de l'air intérieur

Un mur en pisé, isolé et stabilisé, ne contient que six ingrédients : de la terre, du fer, une coloration d'oxyde, 10 % de ciment, de l'acier, un agent d'obturation et de l'isolant. La surface peut être enduite d'un produit d'étanchéité non toxique qui prévient le poussiérage.[42]

Les blocs de terre comprimée sont composés de terre, d'eau, de ciment et parfois de chaux. On peut badigeonner l'intérieur des murs avec de la chaux ou les recouvrir d'un stucco de terre coloré avec un pigment naturel ou encore, les laisser en l'état. Il n'y a donc aucune émanation de composés organiques volatils ou de formaldéhyde.[43]

Une maison bien conçue doit inclure une installation de ventilation qui évacue l'air vicié et introduit de l'air frais dans les locaux habitables. Parmi les méthodes utilisées pour assurer la ventilation des maisons, on retrouve les échangeurs de chaleur air-air, les générateurs d'air pulsé avec approvisionnement en air frais du plénum d'air de reprise, et les ventilateurs d'extraction de cuisine et de salle de bains.

Aspects environnementaux

Une terre de cinq acres ne peut fournir assez de bois que pour 20 maisons, tandis qu'une carrière ayant la même superficie peut fournir assez de terre pour construire les murs de 5 000 maisons.[44]

En raison du peu d'énergie consommé et de la longévité des ouvrages, la construction de bâtiments de terre est moins dommageable pour l'environnement. Bien que le ciment inclus dans le mélange de sol contienne une quantité d'énergie intrinsèque considérable, on n'en utilise qu'une petite quantité.

Obstacles réglementaires

La réglementation municipale exigera probablement qu'un professionnel de la conception, tel qu'un ingénieur ou un architecte, participe au projet, surtout si les murs sont porteurs.

Pression manuelle exercée pour comprimer les blocs de terre

Photo gracieuseté de Ginette Dupuy

Approbation des programmes de garantie

Le système est pratiquement identique à celui à ossature de bois traditionnelle et un constructeur agréé ne devrait avoir aucune difficulté à obtenir les approbations de garantie requises.

Les autorités réglementaires exigeront probablement qu'un professionnel de la conception participe au projet avant de délivrer un permis. Si elles donnent leur approbation et délivrent le permis de construire, il est probable que la maison sera inscrite au programme. Il serait prudent de la part du constructeur de confirmer le tout avant de prévoir la construction d'une maison aux murs en terre.

Assurance

Les maisons construites en conformité avec les exigences du Code national du bâtiment sont habituellement admissibles à l'assurance habitation. De plus, il y a de bonnes chances qu'une maison aux murs en terre construite par un entrepreneur de bonne foi puisse être assurée sans complément de prime par rapport à l'assurance d'une maison à ossature de bois.

Acceptabilité du marché et valeur de revente

Le marché en général est très réticent à accepter les autres techniques de construction, en particulier celles qui s'écartent trop de la maison à ossature de bois traditionnelle. Il risque par conséquent de réagir négativement à la construction en terre. Il y a toutefois une petite partie du marché qui est attirée par ce type de construction et une maison de terre construite dans un décor rural attrayant pourra se vendre à prix fort.

Potentiel d'exportation

Il n'existe aucune possibilité d'exporter les matériaux utilisés dans la construction en terre; il pourrait toutefois y avoir un potentiel limité d'exportation des plans, des techniques et du matériel utilisés pour la construction des coffrages et des blocs.

Contraintes géographiques

Les maisons de pisé et celles en blocs de terre comprimée peuvent être construites partout où on a accès à du sol convenable. Elles ne conviennent pas aux régions où on trouve du pergélisol.

Renvois en bas de page

[1] About.com, Inc., Adobe house and earth construction. http://architecture.about.com

[2] The Natural Builder, Monolithic adobe: cob, http://naturalbuilder.com

[3] Société canadienne d'hypothèques et de logement, Earth-sheltered houses, Technical Series 04-220.

[4] Dupuy, G., Communication personnelle, 2001.

[5] Terra Firma Builders Ltd. www.sirewall.com

[6] Mah, L., Rammed earth defined http://www.ecodesign.bc.ca/Practitioners/it100002.htm

[7] Down, S., « Down to earth », The StarPhoenix, le samedi 7 octobre 2000, Saskatoon (Saskatchewan), p. F6 et F7.

[8] Easton, D., The Rammed Earth House. Chelsea Green Publishing Company, 1996, PO Box 428, White River Junction, VT, 05001.

[9] Dupuy, G., Communication personnelle, 2001.

[10] McClintock, M., Alternative Housebuilding, Sterling Publishing Co., Inc., 1989, New York.

[11] Down, S., « Down to earth », The StarPhoenix, le samedi 7 octobre 000. Saskatoon (Saskatchewan), p. F6 et F7.

[12] Dupuy, G., Communication personnelle, 2001.

[13] Idem

[14] McClintock, M., Alternative Housebuilding, Sterling Publishing Co., Inc., 1989, New York.

[15] Dupuy, G., Communication personnelle, 2001.

[16] http://caicosdream.com

[17] McClintock, M., Alternative Housebuilding, Sterling Publishing Co., Inc., 1989, New York.

[18] McClintock, M., Alternative Housebuilding, Sterling Publishing Co., Inc., 1989, New York.

[19] Easton, D., The Rammed Earth House. Chelsea Green Publishing Company, 1996, PO Box 428, White River Junction, VT, 05001.

[20] Dupuy, G., Communication personnelle, 2001.

[21] McClintock, M., Alternative Housebuilding, Sterling Publishing Co., Inc., 1989, New York.

[22] Dupuy, G., Communication personnelle, 2001.

[23] McClintock, M., Alternative Housebuilding, Sterling Publishing Co., Inc., 1989, New York.

[24] Idem

[25] Dupuy, G., Communication personnelle, 2001.

[26] Terra Firma Earth Homes Ltd. www.earthhomes.com/faq.htm

[27] Dupuy, G., Communication personnelle, 2001.

[28] Krayenhoff, Meror, Construction alternatives: rammed earth, solplan review, nº 82, p. 9 et 10.

[29] Dupuy, G., Communication personnelle, 2001.

[30] Down, S., « Down to earth », The StarPhoenix, le samedi 7 octobre 2000. Saskatoon (Saskatchewan) p. F6 et F7.

[31] Easton, D. The Rammed Earth House, Chelsea Green Publishing Company, 1996, PO Box 428, White River Junction, VT, 05001.

[32] McClintock, M., Alternative Housebuilding, Sterling Publishing Co., Inc., 1989, New York.

[33] Krayenhoff, Meror, Construction alternatives: rammed earth, solplan review, nº 82, p. 9 et 10.

[34] Dupuy, G., Communication personnelle, 2001.

[35] Idem

[36] Terra Firma Builders Ltd. www.sirewall.com

[37] McClintock, M., Alternative Housebuilding, Sterling Publishing Co., Inc., 1989, New York.

[38] Sustainable Building Sourcebook, Earth Materials Guidelines, www.greenbuilder.com/sourcebook/Earth Guidelines.html

[39] Krayenhoff, Meror, Construction alternatives: rammed earth, solplan review, nº 82, p. 9 et 10.

[40] Dobson, Stephen, Continuity of tradition: new earthbuilding, Terra 2000 Conference, Torquay, Angleterre, mai 2000.

[41] Krayenhoff, Meror, Construction alternatives: rammed earth, solplan review, nº 82, p. 9 et 10.

[42] Idem

[43] Dupuy, G. Communication personnelle, 2001.

[44] Krayenhoff, Meror, Construction alternatives: rammed earth, solplan review, nº 82, p. 9 et 10.

Ouvrages de référence supplémentaires

AMORUSO, Dena. Adobe Construction: No Longer the 'Poor Man's' House of the Southwest, Realty Times, 1999. www.realtytimes.com/rtnews/rtcpages/19991222_adobe.htm

BERLANT, Steve. Creating a Cob Structure with Soil, 1997 Natural Building Colloquium - Southwest, 1997. www.inti-solutions.com/cob/articles.htm

SOCIÉTÉ CANADIENNE D'HYPOTHÈQUES ET DE LOGEMENT. Earth-sheltered Houses, Série technique 94-220.

DOBSON, S. Managing Director, Ramtec Pty Ltd., C.P. 84, Cottesloe, Perth, Australie-Occidentale, 6911. Courriel : ramtec@bigpond.com.au

DUPUY, Ginette. Rapport de recherche, construction en blocs de terre comprimée, Société canadienne d'hypothèques et de logement, Québec, mai 1999. (English Version: Compressed Earth Block Construction)

EASTON, David. The Rammed Earth House, Chelsea Green Publishing Company, 1996, C.P. 428, White River Junction (Vermont), 05001.

ENERGY EFFICIENCY AND RENEWABLE ENERGY NETWORK (EREN). « Earth-sheltered Houses », Consumer Energy Information: EREC Fact Sheets, U.S. Department of Energy, 1997. www.eren.doe.gov/erec/factsheets/earth.html

MAH, Lillian. Rammed Earth Defined, Mnemosyne Architecture, Vancouver (Colombie-Britannique). www.ecodesign.bc.ca/Practitioners/it100002.htm

MCCLINTOCK, M. Alternative Housebuilding, Sterling Publishing Co. Inc., 1989, New York.

RESIDENTIAL ENVIRONMENTAL DESIGN. Alternative Construction Methods. www.reddawn.com/constructfaq.html

RICHARDSON, Carol. Cob Houses: Modern Housing Made of Earth, Sand and Straw, Context Institute, 1997. www.context.org/ICLIB/IC40/Richrdsn.htm

TERRA FIRMA BUILDERS LTD., 212, chemin Cusheon Lake, Saltspring Island (Colombie-Britannique) V8K 2B9. www.sirewall.com

www.earthbuilding.com/EBF-FAQ.html

Section 3 - Bibliographie

Ossature légère en acier

ADAIR, J. « Frame Alternatives »,
Today's Builder Magazine, janvier-février 1995.

ADAIR, J. « Steel Frame Insulation »,
Today's Builder Magazine, janvier-février 1995.

ANDREWS, S. « Cold Facts About Steel Framing », Builder Magazine, février 1996.

INSTITUT CANADIEN DE LA TÔLE D'ACIER POUR LE BÂTIMENT. An Introduction to Residential Steel Framing, décembre 1994.

CONSEIL CANADIEN DU BOIS. Performance thermique des systèmes à ossature légère, 1995.

CHINI, A., et K. GUPTA. « A Comparison Between Steel and Wood Residential Framing Systems », Journal of Construction Education, 1997.
www.ascweb.org/jce/97vol1/no4/Chini1

« Steel or Wood Framing: Which Way Should We Go? », Environmental Building News, juillet et août 1994.

Code national du bâtiment - Canada 1995, Tableau A-9.10.3.1.A Isolement acoustique et résistance au feu des murs, p. 429. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa, 1995.

O'BRIEN, F. « Steel vs. Wood: The Showdown », Home Builder Magazine, janvier-février 1995.

SCHWOLSKY, R. « Steel Crazy After All These Years», Builder Magazine, décembre 1994.

« Wood and Steel Framing: The Environmental Cost », Solplan Review, janvier 1996.

Panneaux structuraux isolés

ANDREWS, Steve. Foam-Core Panels & Building Systems: Principles, Practice, and Product Directory, 3e édition, Cutter Information Corp., 1999.

BINSACCA, Rich. « Straight Talk About SIPs », Builder Magazine, juin 1998.
www.builderonline.com

LEROY, Jim. « Building with Foam-Core Panels », Journal of Light Construction, juillet 1997.

NATURAL RESOURCES DEFENSE COUNCIL. Efficient Wood Use in Residential Construction. (É.-U.)

www.epsmolders.org/eps/panels/htm (EPS Molders Association)

www.plastifab.com/sips/index.html (PlastiFab, Calgary)

www.sipweb.com

Technique de coffrage isolant

ASSOCIATION CANADIENNE DU CIMENT PORTLAND. A Comparative Study of Low-Rise Residential Building Systems in Canada, 1996.

NAHB RESEARCH CENTRE INC. Prescription Method for Insulating Concrete Forms in Residential Construction, Upper Marlboro (Maryland), EB118.

VANDERWERFF, Pieter. « Foam Forms Bring Concrete Results », Home Energy Magazine, juillet-août 1998.

VANDERWERFF, Pieter, FEIGE, Stephen J., CHAMMAS, Paula et LEMAY, Lionel A. Insulating Concrete Forms for Residential Design and Construction, McGraw-Hill Inc., 1997.

WOODARD, Ralph. « Building Above Grade With ICFs », Journal of Light Construction, juin 1998.

www.forms.org
(Insulating Concrete Forms Association)

www.plastifab.com/icf/index.html
(PlastiFab, Calgary)

Poteaux et poutres

MITCHELL, J. The Craft of Modular Post & Beam: Building Log & Timber Homes Affordably, Hartley & Marks Publishers Inc., 1984.

Bloc de béton

ASSOCIATION CANADIENNE DU CIMENT PORTLAND. A Comparative Study of Low-rise Residential Building Systems in Canada, 1996.

HATZINIKOLAS, Michael, Marc KUZIK et Scott KASHUBA. Masonry Walls That Resist Bullet Penetration, Canadian Masonry Research Institute, 10524, 178e rue, Edmonton (Alberta), T5S 2H1.

Code national du bâtiment - Canada 1995, Tableau A-9.10.3.1.A Isolement acoustique et résistance au feu des murs, p. 429, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa, 1995.

www.masonrycanada.ca

www.cement.ca/cement.nsf
(Association canadienne du ciment)

www.canmasonry.com
(Canadian Masonry Research Institute)

www.omca.org
(Ontario Masonry Contractors Association)

www.scrpa.com/appeal.html

www.scrpa.com/benefits.html

Maisons en rondins

SOCIÉTÉ CANADIENNE D'HYPOTHÈQUES ET DE LOGEMENT. « Foire aux questions - Maisons en rondins », Votre maison, SCHL, Ottawa (Ontario), 2000.

COOPER, Jim. Log Homes Made Easy: Contracting and Building Your Own Log Home, Stackpole Books, Harrisburg (Pennsylvanie), 1993.

HOUDEK, D., et V. BAHYL. « Fire Resistance of Handcrafted Log Walls », Journal of Fire Protection Engineering, vol. 11, 2001, p. 1-20.

HUANG, Y. F., T. Y. CHEN, et C. H. CHUANG. Sound Insulation Performances of a Log-house and a Reinforced Concrete House (II), Mokuzai Gakkaishi, vol. 40, nº 12, 1994, p. 1389-1393.

INTERNATIONAL LOG BUILDERS' ASSOCIATION. Log Homes - From Land to Lockup, 1996, C.P. 775, Lumby (Colombie-Britannique), Canada, V0E 2G0.

MACKIE, B. Allan. Building With Logs, Firefly Books Ltd., Willowdale (Ontario), 1997.

MACKIE, B. Allan. Notches of All Kinds: A Book of Timber Joinery, Firefly Books Ltd., Willowdale (Ontario), 1998.

MITCHELL, James. The Craft of Modular Post & Beam: Building Log & Timber Homes Affordably, Hartley & Marks Publishers Inc., 1984.

www.forintek.ca (Forintek Canada Corporation, 2665 East Mall, Vancouver (Colombie-Britannique), V6T 1W5.

Maisons en bois cordé

DICK, K.J. « Economic Analysis of Recently-Constructed Stackwall Structures in Canada ». Proceedings of the Continental Cordwood Conference, 1999, Cambridge (New York).

DICK, K.J., et A.M. LANSDOWN. Stackwall - How To Build It, 2nd Edition, Building Alternatives Inc., 1995, C.P. 22, Anola (Manitoba), Canada, R0E 0A0.

DICK, K.J., et A.M. LANSDOWN. « Stackwall and the Building Inspector », Proceedings of 1994 Continental Cordwood Conference (CoCoCo), 1994, Plattsburgh (New York).

LANSDOWN, A.M., et K.L. DICK. « Stackwall House Construction - Vapour Management, Fire Resistance, Insulation Values and the Building Code », actes de la conférence annuelle (1996) de la Société canadienne de génie civil, Edmonton (Alberta) 1996.

LANSDOWN, A.M., G. WATTS, et A.B. SPARLING. Housing for the North - the Stackwall System, Part 1: The Experimental Stackwall House: Background, Design and Construction, Northern Housing Committee, University of Manitoba, Winnipeg (Manitoba), 1975.

PATTERSON, R. et A.M. LANSDOWN. Housing for the North - the Stackwall System: Construction Report - Mildred Lake Tank and Pump House, Northern Housing Committee, University of Manitoba, Winnipeg (Manitoba), 1976.

ROY, R. Complete Book of Cordwood Masonry Housebuilding: The Earthwood Method, Sterling Publishing Company Inc., New York, 1992.

SHOCKEY, C. Stackwall Construction: Double Stackwall Technique, Huerto Publishing Co., Vanscoy (Saskatchewan).

Maisons en ballots de paille et de mortier

SOCIÉTÉ CANADIENNE D'HYPOTHÈQUES ET DE LOGEMENT. Étude sur la teneur en eau des murs des maisons en ballots de paille. CSHL, Ottawa (Ontario), 2000.

SOCIÉTÉ CANADIENNE D'HYPOTHÈQUES ET DE LOGEMENT. Mur porteur fait de ballots de paille et de mortier, Programme d'encouragement à la technologie du bâtiment résidentiel, SCHL, Ottawa (Ontario), LNH 5799 84/08.

SOCIÉTÉ CANADIENNE D'HYPOTHÈQUES ET DE LOGEMENT. Propriétés de résistance à l'humidité du plâtre et du stucco pour les bâtiments aux murs en ballots de paille, SCHL, Ottawa (Ontario).

GAGNÉ, Louis. Maisons de ballots de paille et de mortier : projet de démonstration, Société canadienne d'hypothèques et de logement, Ottawa (Ontario), 1986.

JOHNSTON, Jane, et John SWEARINGEN. « Building a Straw-bale House », Fine Homebuilding, juin-juillet 1996, p. 74-78.

MAGWOOD, Chris, et Peter MACK. Straw Bale Building, How to Plan, Design and Build with Straw, New Society Publishers, Gabriola Island (Colombie-Britannique), 2000.

PLATTS, Bob. Étude pilote de contrôle de l'humidité dans les murs en ballots de paille recouverts de stucco. Société canadienne d'hypothèques et de logement, Ottawa (Ontario), 1997.

STEEN, Athena S., B. STEEN, et D. BAINBRIDGE. The Straw Bale House, Chelsea Green Publishing Company, Vermont, 1994.

STRAUBE, J. Propriétés de résistance à l'humidité du plâtre et du stucco pour les bâtiments aux murs en ballots de paille. Société canadienne d'hypothèques et de logement, Ottawa (Ontario).

Maisons en terre

AMORUSO, Dena. Adobe Construction: « No Longer the 'Poor Man's' House of the Southwest », Realty Times, 1999. www.realtytimes.com/rtnews/rtcpages/19991222_adobe.htm

BERLANT, Steve. Creating a Cob Structure with Soil, 1997 Natural Building Colloquium - Southwest, 1997. www.inti-solutions.com/cob/articles.htm

SOCIÉTÉ CANADIENNE D'HYPOTHÈQUES ET DE LOGEMENT. Earth-sheltered Houses, Série technique 94-220.

DOBSON, S. Managing Director, Ramtec Pty Ltd., C.P. 84, Cottesloe, Perth, Australie-Occidentale, 6911.
Courriel : ramtec@bigpond.com.au

DUPUY, Ginette. Rapport de recherche, construction en blocs de terre comprimée, Société canadienne d'hypothèques et de logement, mai 1999.
(English Version: Compressed Earth Block Construction)

EASTON, David. The Rammed Earth House, Chelsea Green Publishing Company, 1996, C. P. 428, White River Junction (Vermont), 05001.

ENERGY EFFICIENCY AND RENEWABLE ENERGY NETWORK (EREN). « Earth-sheltered Houses », Consumer Energy Information: EREC Fact Sheets, U.S. Department of Energy, 1997. www.eren.doe.gov/erec/factsheets/earth.html

MAH, Lillian. Rammed Earth Defined, Mnemosyne Architecture, Vancouver (Colombie-Britannique). www.ecodesign.bc.ca/Practitioners/it100002.htm

McCLINTOCK, M. Alternative Housebuilding, Sterling Publishing Co. Inc., New York, 1989.

« Residential Environmental Design ». Alternative Construction Methods. www.reddawn.com/constructfaq.html

RICHARDSON, Carol. Cob Houses: Modern Housing Made of Earth, Sand and Straw, Context Institute, 1997. www.context.org/ICLIB/IC40/Richrdsn.htm

Terra Firma Builders Ltd., 212 route Cusheon Lake, Saltspring Island (Colombie-Britannique) V8K 2B9.

www.earthbuilding.com/EBF-FAQ.html

Annexe A

Associations et personnes-ressources

Ontario Masonry Contractors' Association
360, boulevard Superior
Mississauga (Ontario) L5T 2N7
Personne-ressource : David Stubbs
Tél. : (905) 564-6622
Téléc. : (905) 564-5744
www.canadamasonrycentre.com/omca

Association canadienne du ciment
1560, rue Queen, bureau 1500
Ottawa (Ontario) K1P 5Y7
Personne-ressource :
Richard McGrath, Ing. phys.
Tél. : (613) 236-9471
Téléc. : (613) 563-4498
www.cement.ca

International Log Builders' Association
C.P. 775
Lumby (Colombie-Britannique) V0E 2G0
Personne-ressource : Robert Savignac
Tél. : 1 800 532-2900
Tél. : (250) 547-8776
Téléc. : (250) 547-8775
www.logassociation.org

Conseil canadien du bois
1400, place Blair, bureau 210
Ottawa (Ontario) K1J 9B8
Personne-ressource : Eric Jones
Tél. : (613) 747-5544
Téléc. : (613) 747-6264
www.cwc.ca

Institut canadien de la tôle
d'acier pour le bâtiment
652, rue Bishop N., unité 2A
Cambridge (Ontario) N3H 4V6
Tél. : (519) 650-1285
Téléc. : (519) 650-8081
www.cssbi.ca

Annexe B

Comité d'examen

Tony Mammone, Ing. phys.
Directeur - panneaux structuraux isolés
Plasti-Fab
270-3015, 5e Avenue N.-E.
Calgary (Alberta) T2A 6T8
Tél. : (403) 569-4323
Téléc. : (403) 248-9325

Richard McGrath, Ing. phys.
Directeur - Structures artificielles
Association canadienne du ciment
60, rue Queen, bureau 1500
Ottawa (Ontario) K1P 5Y7
Tél. : (613) 236-9471
Téléc. : (613) 563-4498
www.cement.ca

Eric Jones
Peggy Lepper
Sylvain Sabourin
Conseil canadien du bois
1400, place Blair, bureau 210
Ottawa (Ontario) K1J 9B8
Tél : (613) 747-5544
Téléc. : (613) 747-6264
www.cwc.ca

David Stubbs
Coordonnateur, Conception
des travaux de maçonnerie
Ontario Masonry Contractors' Association
360, boulevard Superior
Mississauga (Ontario) L5T 2N7
Tél. : (905) 564-6622
Téléc.: (905) 564-5744

Robert Savignac
International Log Builders' Association
C.P. 775
Lumby (Colombie-Britannique) V0E 2G0
Tél. : 1 800 532-2900
Tél. : (250) 547-8776
Téléc. : (250) 547-8775
www.logassociation.org

Dr Kris J. Dick, Ing. phys.
University of Manitoba,
Department of Biosysytems Engineering
Building Alternatives Inc.
C.P. 22
Anola (Manitoba) R0E 0A0
Tél. : (204) 866-3262
Téléc. : (204) 866-3287
www.buildalt.com

Jack Shields
Tembec
Produits forestiers
155, avenue Dallaire, bureau 100
Rouyn-Noranda (Québec) J9X 4T3
Tél. : (819) 797-4782
Téléc. : (819) 797-4784

John Law
TrusJoist, A Weyerhaeuser Business
101-253, 62e Avenue S.-E.
Calgary (Alberta) T2H 0R5
Tél. : (403) 259-4900
Téléc. : (403) 259-5945
www.tj.com

Ginette Dupuy, B.Arch, M. Sc. A.
en aménagement
5920, rue Louis-Hémon
Montréal (Québec) H2G 2K6
Tél. : (514) 729-1890
Téléc. : (514) 729-1926
dupuy.gouing@videotron.ca

Bill Semple
Canadian Home Builders' Association
150, av. Laurier O., bureau 500
Ottawa (Ontario) K1P 5J4
Tél. : (613) 230-3060
Téléc. : (613) 232-8214
www.chba.ca

Visitez notre page d'accueil à l'adresse suivante : www.cmhc-schl.gc.ca

63010