

**RAPPORT DE RECHERCHE**

# Habitations Superisolées au Yukon

Canada



## La SCHL aide les Canadiens à répondre à leurs besoins en matière de logement.

La Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) aide les Canadiens à répondre à leurs besoins en matière de logement depuis plus de 70 ans. En tant qu'autorité en matière d'habitation au Canada, elle contribue à la stabilité du marché de l'habitation et du système financier, elle vient en aide aux Canadiens dans le besoin et elle fournit des résultats de recherches et des conseils impartiaux aux gouvernements, aux consommateurs et au secteur de l'habitation du pays. La SCHL exerce ses activités en s'appuyant sur trois principes fondamentaux : gestion prudente des risques, solide gouvernance d'entreprise et transparence.

Pour obtenir des renseignements supplémentaires, veuillez consulter le site Web de la SCHL à [www.schl.ca](http://www.schl.ca) ou suivez-nous sur **Twitter**, **LinkedIn**, **Facebook** et **YouTube**.

Vous pouvez aussi communiquer avec nous par téléphone, au 1-800-668-2642, ou par télécopieur, au 1-800-245-9274. De l'extérieur du Canada : 613-748-2003 (téléphone); 613-748-2016 (télécopieur).

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.

# Table des Matières

Introduction	5
Chemin Wann (Étude de cas #1)	11
Rue Bellingham (Étude de cas #2)	17
Allée War Eagle (Étude de cas #3)	23
Structure en bois d'œuvre (Étude de cas #4)	29
Chemin Carpiquet (Étude de cas #5)	37
Promenade Aksala (Étude de cas #6)	43
Chemin Takhini Hot Springs (Étude de cas #7)	49
Chemin Nijmegen (Étude de cas #8)	55
Phoenix Rising (Étude de cas #9)	61
Ky Kàtthe Ä'ą (Étude de cas #10)	67



# Documentation relative aux habitations superisolées au Yukon

## INTRODUCTION

*Depuis 2007, 224 logements publics superisolés ont été construits par la Société d'habitation du Yukon dans l'ensemble du territoire, auxquels s'ajoutent 300 logements du marché réalisés par le secteur privé. Il y a toutefois eu peu ou pas de suivi sur la performance de ces habitations.*

*Des données fragmentaires suggèrent qu'elles n'ont pas été difficiles ni coûteuses à construire, même si elles offrent un degré d'efficacité énergétique et de confort grandement supérieur à celui d'une construction ordinaire. La présente étude a été entreprise afin de documenter la conception et la construction d'habitations superisolées (SuperGreen<sup>1</sup>) au Yukon, ainsi que pour fournir des renseignements sur leur performance, sur le rendement du capital investi (lorsque cela est possible) et sur les leçons tirées par les constructeurs participants.*

## MÉTHODE

### Détermination des constructeurs et des habitations

La Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) a versé des fonds au Centre des solutions énergétiques (CSE – la Direction générale de l'énergie du gouvernement du Yukon) pour qu'il dresse la liste des constructeurs ayant réalisé des habitations superisolées conformes à la norme SuperGreen ou obtenant une cote ÉnerGuide d'au moins 85. On a fait appel à la Société d'habitation du Yukon pour identifier les constructeurs visés à l'échelle du territoire, tandis que le CSE a consulté les associations territoriales et régionales de constructeurs d'habitations, les fournisseurs de services publics (eau, combustible et électricité) et les organismes locaux de logement afin de trouver d'autres constructeurs d'habitations de ce type.

### Collecte d'information et sondage téléphonique

À partir de la liste ainsi établie, le CSE a communiqué avec les constructeurs afin de solliciter leur participation à ce projet et de planifier des entrevues. On a également demandé aux participants de fournir au CSE une autorisation écrite pour permettre de recueillir des informations techniques sur la construction des habitations, notamment sur le rendement énergétique, les méthodes de construction, les pratiques durables et les technologies utilisées, la taille de l'habitation (nombre d'étages, aire de plancher chauffée), le mode d'occupation (propriété ou location), l'emplacement géographique et la probabilité que l'information soit accessible.

On a communiqué avec les propriétaires (ou les occupants) des habitations retenues pour leur demander de relater, au moyen d'entrevues, leur expérience de l'occupation d'une habitation superisolée. On a également obtenu des autorisations écrites pour faire effectuer, par un conseiller en efficacité énergétique agréé, une évaluation des habitations afin d'établir leur cote ÉnerGuide.

Les autorisations obtenues incluaient la possibilité de photographier l'extérieur ainsi que les principales caractéristiques durables des habitations.

On a classé les candidats éventuels aux études de cas en fonction de l'exhaustivité de l'information disponible sur l'habitation et de la volonté du constructeur et du propriétaire ou de l'occupant de participer à l'étude. Une liste de 10 études de cas prioritaires a été approuvée par le CSE et la SCHL.

---

<sup>1</sup> La norme SuperGreen est une norme de la Société d'habitation du Yukon pour la construction résidentielle qui exige que les bâtiments obtiennent une cote ÉnerGuide de 85 ou plus.



## Entrevue

Dans le cadre du processus d'entrevue, le CSE a demandé (ou fait demander) aux constructeurs des renseignements sur la conception et la construction des habitations superisolées. Cela comprenait les plans de l'ouvrage fini, les spécifications pour la structure, l'enveloppe, le chauffage des locaux, l'eau chaude domestique, la ventilation, l'éclairage et les appareils, ainsi que les résultats de la modélisation, la cote ÉnerGuide pour les maisons (EGM) obtenue et les documents relatifs à la construction, comme les rapports d'inspection, les photos et les résultats des tests d'étanchéité à l'air.

Le CSE a également consigné l'information disponible sur les coûts, ainsi que les perceptions des constructeurs sur la conception et la construction d'habitations superisolées (les leçons tirées et les connaissances acquises, les coordonnées des propriétaires et les suggestions concernant d'autres habitations superisolées qui pourraient faire partie de l'étude).

## Visites sur place

Le CSE a coordonné, avec un photographe et un conseiller en efficacité énergétique agréé par Ressources naturelles Canada, des visites sur place afin de recueillir des données supplémentaires.

## Rapports

Chaque étude de cas comprend (lorsque cela est possible) :

- une description générale de la construction (type d'habitation, nombre d'étages, aire de plancher chauffée, structure, enveloppe, chauffage des locaux, eau chaude domestique, ventilation, éclairage, appareils, systèmes d'énergie renouvelable, réseaux d'alimentation en eau);
- les caractéristiques éconergétiques;
- les caractéristiques à énergie renouvelable;
- les caractéristiques intérieures;
- les caractéristiques de conservation de l'environnement et des ressources;
- les considérations relatives à l'abordabilité (p. ex., coûts de construction, coûts de fonctionnement);
- les leçons tirées;
- un aperçu des éléments techniques;
- l'équipe de projet;
- des photos des principales caractéristiques;
- l'information relative au Système de cote ÉnerGuide (SCE), les résultats des essais d'étanchéité à l'air et les factures de services publics.

## CONSTATATIONS

Dans la plupart des cas, les habitations superisolées ont été bâties par les constructeurs à l'intention des résidents principaux qui voulaient réduire les coûts de fonctionnement et d'entretien grâce à une plus grande efficacité énergétique. Certains constructeurs avaient de l'expérience dans la construction de maisons individuelles à haut rendement énergétique dans le Nord, tandis que d'autres ont reçu un appui technique de la SHY ou du CSE pour construire les habitations. Toutes les habitations ont obtenu comme prévu une cote ÉnerGuide de 85 à 87, l'une d'elles atteignant même une cote de 90 grâce au recours à la technologie solaire photovoltaïque. Les taux de renouvellement d'air variaient de 1,3 à 0,4 RA/h et la consommation d'énergie projetée, de 73 kWh/m<sup>2</sup> à 208 kWh/m<sup>2</sup>. Les habitations – principalement des maisons individuelles de deux étages – avaient une superficie de 89 m<sup>2</sup> (960 pi<sup>2</sup>) (duplex) à 427 m<sup>2</sup> (4 600 pi<sup>2</sup>) et comportaient un sous-sol aménagé, un vide sanitaire ou une dalle de fondation sur terre-plein. Deux maisons avaient une ossature de bois, tandis qu'une autre intégrait des panneaux structuraux isolés (PSI).



La plupart des habitations ont été conçues à partir d'un assemblage mural de forte épaisseur, soit des murs à double ossature ou un système de poutrelles murales verticales; le choix pour l'isolant allait de la mousse projetée à la laine minérale, en passant par les billettes en mousse de polystyrène expansé et les matelas de fibre de verre, pour des valeurs R variant de R36 à R56.

En ce qui concerne les fenêtres, on retrouvait à parts égales des fenêtres à triple ou à quadruple vitrage, à lame d'argon et à faible émissivité, avec un cadre en vinyle isolé. La valeur R variait de R52 à R100 pour les plafonds et de R21 à R40 pour les dalles de fondation.

Un chauffage par plinthes électriques a été utilisé dans presque tous les cas, car ce système est considéré comme économique et peu coûteux à installer. De plus, les coûts d'entretien régulier de simples plinthes électriques sont de beaucoup inférieurs à ceux des générateurs d'air chaud et des chaudières. Certains constructeurs ont également choisi d'installer un foyer au propane ou un poêle à bois pour l'ambiance et comme système d'appoint. Une maison comprenait une thermopompe à air pour climat froid, tandis qu'une autre intégrait un système hybride de haute efficacité au gaz propane pour le chauffage des locaux et de l'eau, avec un chauffage par rayonnement à partir du sol. Une maison a été construite avec des panneaux solaires photovoltaïques, tandis que deux autres ont été conçues pour être prêtes à accueillir un tel système.

## LEÇONS TIRÉES

À l'exception d'un système modulaire, les maisons ont été construites sur place selon un modèle unique. Elles ont donc été plus longues à construire et ont coûté plus cher que des maisons classiques construites en série, mais les coûts légèrement plus élevés de construction des murs ont au moins été partiellement compensés par la taille et la complexité réduites des installations mécaniques.

Bien que différentes approches aient été utilisées pour obtenir une cote EGM de 85 ou plus, ces maisons fonctionnent comme un tout et intègrent des valeurs R accrues dans les murs, les planchers et les plafonds, des fenêtres à triple ou à quadruple vitrage et des installations de chauffage et de ventilation optimisées pour fonctionner dans de rudes conditions.

La construction d'une ossature murale supplémentaire peut exiger plus de temps, mais elle permet d'avoir une maison étanche, durable et éconergétique. Dans certains cas, la construction a été plus longue parce que c'était la première fois que les constructeurs essayaient de nouvelles techniques de construction ou de nouveaux systèmes.

Il est possible que les entrepreneurs, les constructeurs et les inspecteurs locaux ne maîtrisent pas certaines technologies, ce qui peut allonger les délais de construction. Il importe de veiller à ce que tous les corps de métiers et tous les ouvriers spécialisés soient partie prenante et qu'il y ait une bonne communication pour que chacun comprenne le processus.

Les fenêtres à quadruple vitrage peuvent être lourdes à installer, mais l'insonorisation supplémentaire qu'elles offraient était perçue comme un investissement valable dans des endroits plus bruyants. Les coffrages à béton isolant étaient considérés comme une meilleure option que les fondations en bois traité, mais souvent ils n'étaient pas choisis en raison des contraintes budgétaires. Les doubles portes extérieures doivent être conçues de manière à permettre une ventilation adéquate pour évacuer la pression d'air.

Il est recommandé de faire évaluer les plans de conception tôt dans le processus à l'aide du système de cote EGM de Ressources naturelles Canada afin de trouver les meilleures façons d'atteindre les objectifs d'efficacité énergétique.

La plupart des constructeurs d'habitations estiment que les économies à long terme d'une habitation SuperGreen permettront d'amortir le coût initial supplémentaire; toutefois, le coût de construction plus élevé peut être un facteur limitant au stade du prêt hypothécaire pour certaines personnes qui envisagent une habitation SuperGreen. De nombreux constructeurs savent comment obtenir des valeurs R élevées, mais selon eux, les clients ont tendance à vouloir réduire au minimum les coûts de construction. Pour résoudre ce problème, on a récemment annoncé la mise en place d'une remise pouvant aller jusqu'à 10 000 \$ dans le cadre du programme « Pour un bon usage de l'énergie » du CSE.



Tableau 1. Résumé des études de cas

Étude de cas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aire de plancher	357m <sup>2</sup> 3,846 pi <sup>2</sup>	427 m <sup>2</sup> 4,600 pi <sup>2</sup>	112 m <sup>2</sup> 1,200 pi <sup>2</sup>	167 m <sup>2</sup> 1,800 pi <sup>2</sup> + 48 m <sup>2</sup> 520 pi <sup>2</sup>	223 m <sup>2</sup> 2,400 pi <sup>2</sup>	204 m <sup>2</sup> 2,195 pi <sup>2</sup> + 80.4 m <sup>2</sup> 865 pi <sup>2</sup>	214 m <sup>2</sup> 2,300 pi <sup>2</sup>	89 m <sup>2</sup> 960 pi <sup>2</sup> par logement	130 m <sup>2</sup> 1 400 pi <sup>2</sup> par logement	183 m <sup>2</sup> 1 974 pi <sup>2</sup> Aire habitable totale
Type d'habitation	Maison individuelle de deux étages	Maison individuelle de deux étages	Maison individuelle de deux étages	Deux étages + mezzanine	Maison individuelle de plain-pied	Maison individuelle de deux étages + appartement	Maison individuelle de deux étages	Maison jumelée de deux étages	Triplex de deux étages	Triplex – deux log. de un étage et un log. de deux étages
Type de sous-sol	Sous-sol aménagé	Sous-sol aménagé	Vide sanitaire chauffé	Dalle sur terre-plein	Sous-sol aménagé	Partiellement aménagé	Vide sanitaire	Sous-sol non aménagé	Vide sanitaire	Dalle sur terre-plein
Garage attenant	Chauffé	Chauffé	Non	Chauffé	Non	Non	Non	Non	Non	Non
Mur	R36	R40	R44		R36	R43	R51,5	R52	R56	
Plafond	R65	R70	R54	R80	R70	R70	R52	R100	R80	R100
Murs de fondation	R21	R38	R40					R39		R20
Fenêtres (lame d'argon, faible émiss.)	Triple vitrage	Triple vitrage	Quadruple vitrage, cadres spéciaux isolés	Quadruple vitrage	Triple vitrage	Triple vitrage	Quadruple vitrage	Triple vitrage	Quadruple vitrage	Quadruple vitrage
Installation de chauffage des locaux	Thermopompe pour climat froid avec bobine électrique dans le ventilateur du générateur d'air chaud comme système auxiliaire	Système hybride de haute efficacité au gaz propane pour le chauffage des locaux et de l'ECS Chauffage par rayonnement à partir du sol	Plinthes électriques, avec poêle à bois comme système auxiliaire	Plinthes électriques, foyer au propane (prêt pour le solaire)	Plinthes électriques	Plinthes électriques	Poêle à bois, avec plinthes électriques comme système auxiliaire	Plinthes électriques, chauffage par rayonnement dans la dalle du sous-sol pour le stockage de la chaleur	Electric baseboard	Electric baseboard (solar PV)
Cote ÉnerGuide	87	86	85	87	85	85	85	87	87	86 non solaire
RA/h50	1,3 RA/h	0,4 RA/h	0,9 RA/h	0,4 RA/h	0,56 RA/h	0,7 RA/h	1 RA/h	0,62 RA/h	1,1 RA/h	0,8 RA/h
Surface de fuite équivalente à -10 Pa	405 cm <sup>2</sup> 62,7 po <sup>2</sup>	131 cm <sup>2</sup> 20 po <sup>2</sup>	128 cm <sup>2</sup> 19,76 po <sup>2</sup>	65,8 cm <sup>2</sup> 10,2 po <sup>2</sup>	125 cm <sup>2</sup> 19,4 po <sup>2</sup>	216 cm <sup>2</sup> 33,5 po <sup>2</sup>	277 cm <sup>2</sup> 43 po <sup>2</sup>	59 cm <sup>2</sup> 9,2 po <sup>2</sup>	136,1 cm <sup>2</sup> 21,1 po <sup>2</sup>	141 cm <sup>2</sup> 21.9 in <sup>2</sup>
Consommation d'énergie projetée	23 636 kWh/an	31 314 kWh/an*	19 714 kWh/an	20 656 kWh/an	24 460 kWh/an	29 423 kWh/an	25 936 kWh/an	16 644 kWh/an	17 726 kWh/an	19 604 kWh/an
Consommation d'énergie pour le chauffage des locaux	28 G 7 735 kWh J	67GJ 18,647 kWh	18GJ 5 087 kWh	21GJ 5 938 kWh	35GJ 9 632 kWh	58GJ 16,142 kWh	40GJ 11,051 kWh	6GJ 1 793 kWh	9GJ 2 592 kWh	12GJ 3 373 kWh
Perte de chaleur de calcul	14 kW	17 kW	6 kW	7,5 kW	8,5 kW	15,5 kW	10,5 kW	4,5 kW	5,5 kW	6,5 kW

\*kWh est un équivalent en kWh qui fait la somme du contenu énergétique du combustible et de l'énergie électrique consommée.



## CONCLUSIONS

La conception et la construction d'habitations superisolées, bien ventilées et éconergétiques peuvent améliorer le confort et la qualité de l'air intérieur, réduire les émissions de gaz à effet de serre, prévenir les problèmes d'humidité et de moisissure et, bien sûr, diminuer les coûts de chauffage. Ces études de cas présentent un certain nombre d'approches permettant de réaliser des habitations éconergétiques qui ne sont ni trop coûteuses ni difficiles à construire. Comme c'est le cas pour toute nouvelle approche, la planification est essentielle et la Société d'habitation du Yukon et le Centre des solutions énergétiques peuvent fournir des renseignements et une assistance technique aux constructeurs qui envisagent de construire une habitation SuperGreen.

Dix études de cas ont été préparées afin de documenter la construction d'habitations superisolées au Yukon. Elles portent sur divers types d'habitations – de la maison individuelle de plain-pied au triplex de logements abordables – et traitent de l'enveloppe du bâtiment, du chauffage des locaux et d'autres initiatives d'efficacité énergétique.

Efficacité énergétique, SuperGreen, logement du Nord, isolation, assemblage mural de forte épaisseur, poutrelle murale verticale.





# SuperGreen Maisons à Yukon

## Étude de cas #1 Chemin Wann

**Résumé:** Cette étude de cas porte sur une maison qu'un entrepreneur en mécanique de la région a construite pour lui-même. En raison d'un calendrier de construction serré, il a choisi une maison usinée (voir la figure 1) dotée d'un système de murs à meilleur rendement. Il a adossé aux murs extérieurs un mur intérieur en poteaux de 38x89 mm (2x4 po) pour la plomberie et l'électricité. Il a également installé une pompe à chaleur à deux régimes pour climats froids.

## POURQUOI SUPERGREEN<sup>1</sup>?

### Commentaires du constructeur et des occupants

Ce propriétaire-occupant avait construit son habitation précédente environ trois ans auparavant. Souhaitant se prémunir contre les hausses des coûts énergétiques, il s'est tourné vers SuperGreen pour réaliser des économies à long terme. Comme il voulait utiliser une pompe à chaleur à air, il a misé sur une isolation supérieure et sur les systèmes mécaniques pour abaisser suffisamment les besoins de chauffage de sa maison, afin que la pompe à chaleur suffise à la tâche.

### Emplacement

Cette maison SuperGreen est située sur un terrain rural dans le secteur de Porter Creek à Whitehorse (Yukon).



Figure 1 : Maison usinée SuperGreen, Whitehorse (Yukon)

<sup>1</sup> SuperGreen est une norme de construction d'habitations à haut rendement énergétique de la Société d'habitation du Yukon.

## Équipe de conception et de construction

Le propriétaire-occupant a joué les rôles de concepteur et d'entrepreneur général. Il a acheté une maison préfabriquée de marque Pacific Homes dotée de murs SmartWallMD. Il a ajouté une ossature intérieure isolée et a mis en pratique ses connaissances pour concevoir les systèmes mécaniques et le réseau de conduits. Ses ouvriers qualifiés n'avaient jamais travaillé ensemble, mais ils s'étaient recommandés les uns les autres. Personne d'autre que le propriétaire n'a fourni de plans. Il n'a pas fait de travaux préliminaires spéciaux avec les ouvriers, mais chaque étape des travaux a été abondamment discutée en cours de route.

## Type d'habitation

Maison individuelle de taille moyenne de deux étages avec sous-sol fini. Aire habitable totale : 357 m<sup>2</sup> (3 846 pi<sup>2</sup>). Garage attenant chauffé.

## DÉTAILS TECHNIQUES

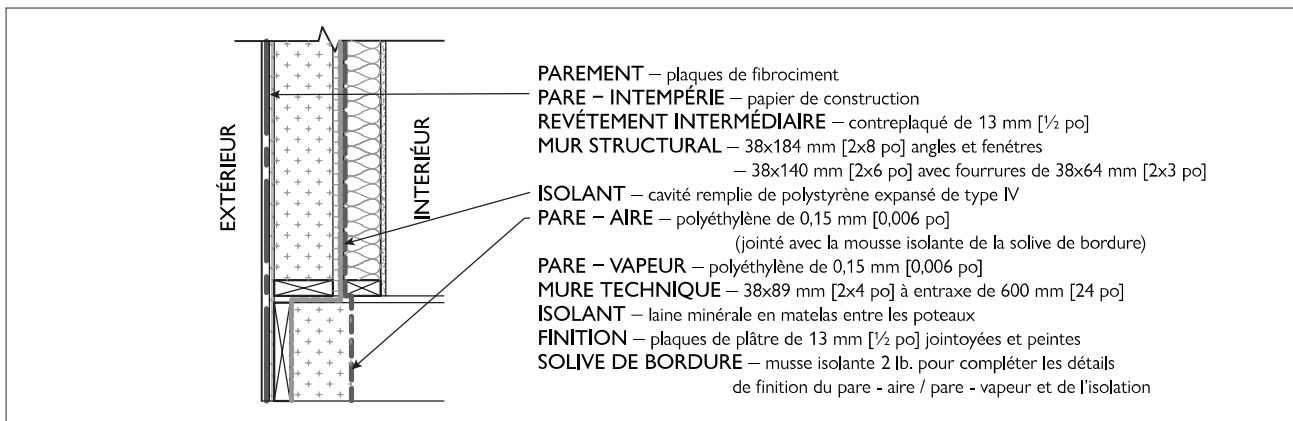


Figure 2 : Section de mur

## Enveloppe du bâtiment

- **Murs (voir la figure 2)** : en poteaux de 38x184 mm (2x8 po) avec isolant de polystyrène expansé; ossature intérieure en poteaux de 38x89 mm (2x4 po) avec isolant de laine minérale. Valeur RSI effective de 6,3 (R36).
- **Plafonds** : fermes à talons relevés, vide sous toit ventilé à valeur RSI effective de 11,4 (R65), isolant de fibre de verre soufflé.
- **Fondations** : fondations en bois traité (FBT) en poteaux de 38x184 (2x8 po) avec isolant en fibre de verre; valeur RSI effective de 3,4 (R21).
- **Plancher de fondations** : 5 cm (2 po) de polystyrène expansé de type IV.
- **Fenêtres** : fixes et à battants, triple vitrage, lame d'argon, enduit de faible émissivité.
- **Portes** : fibre de verre, cœur en mousse de polyuréthane.



## Systemes mécaniques

- **Chauffage des locaux** : pompe à chaleur à air pour climats froids à deux régimes (CPSC 9,4) (voir la figure 3) avec bobine électrique dans le ventilateur du générateur d'air chaud comme système auxiliaire. La distribution de l'air est subdivisée par zones, de sorte que chaque étage a son propre thermostat. Un foyer au gaz propane a également été installé.
- **Ventilation** : ventilateur récupérateur de chaleur (VRC) à double noyau Lennox HRV3-195, conduits complets, ERS de 78 % à -25°C (-13°F), équilibré à 59 L/s (125 pi<sup>3</sup>/min) à haut régime et à 42 L/s (90 pi<sup>3</sup>/min) à bas régime.
- **Eau chaude** : chauffe-eau électrique à réservoir.

## Leçons apprises

Si c'était à refaire, le propriétaire aurait construit une maison un peu plus petite et aurait installé des fenêtres différentes, mais il garderait le même type de mur, qui donne un bâtiment solide et étanche. Selon lui, la construction de l'ossature du mur intérieur additionnel (voir la figure 4) a prolongé les travaux d'environ 25 %. Le seul autre système mural SuperGreen qu'il connaissait était les murs isolés à la mousse projetée.

Le propriétaire construirait les murs et le plancher de fondations de la même manière, mais les isolerait davantage. Il est très satisfait de l'isolation du plafond et estime avoir obtenu une bonne valeur de résistance thermique par rapport au coût.

Le propriétaire aurait préféré des fenêtres à quadruple vitrage d'un fabricant de la région. Celles qu'il a installées ne sont pas assez étanches, selon lui.

Le propriétaire a choisi une pompe à chaleur à air car, à son avis, c'est un moyen plus efficace et rentable de chauffer à l'électricité, qui offre en plus la possibilité de climatiser en été. La distribution d'air par zones permet de régler la température à chaque étage. Il signale que le système de pompe à chaleur « ne coûte vraiment pas cher à faire fonctionner ».

Le propriétaire avait envisagé un chauffe-eau solaire et une installation photovoltaïque, mais leur coût excédait son budget.

D'après le propriétaire, sa maison a été beaucoup plus coûteuse et plus longue à construire qu'une maison traditionnelle. Selon ses calculs, les économies d'énergie n'amortiront pas l'investissement dans l'isolation supplémentaire sur la durée du prêt hypothécaire, soit 25 ans. D'autre part, toujours selon ses calculs, la pompe à chaleur à air pour climats froids est un excellent investissement.

Le propriétaire est d'avis que, de manière générale, la plupart des gens ne sont pas disposés à payer plus cher à l'achat. Ils veulent la plus grande maison possible au plus bas prix possible. « Dans certains des nouveaux lotissements, les maisons sont toutes pareilles. Elles sont construites pour des gens qui ne s'intéressent pas à l'efficacité énergétique et qui croient qu'ils n'ont pas les moyens d'être écologiques. »

Après que le propriétaire a construit sa maison, son cousin a décidé lui aussi de se construire une maison SuperGreen.

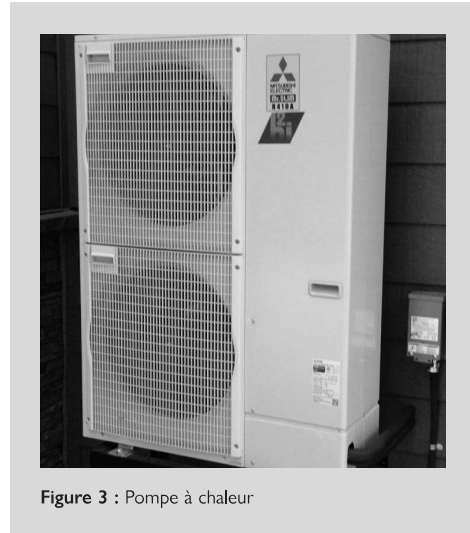


Figure 3 : Pompe à chaleur



Figure 4 : Ossature



## Autres caractéristiques d'efficacité énergétique et de durabilité

- **Dispositifs de commande** : aucun thermostat programmable; le propriétaire aime entretenir une température intérieure constante.
- **Éclairage** : lampes à diodes électroluminescentes (DEL), lampes fluorescentes compactes (LFP), capteurs de mouvement et de lumière à l'extérieur et minuterie pour l'éclairage du garage.
- **Électroménagers** : tous les appareils sont homologués ENERGY STARMD.

## Rendement de la consommation énergétique

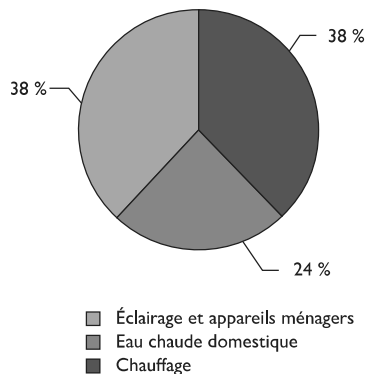
La cote ÉnerGuide est une mesure du rendement énergétique d'une habitation. Le programme ÉnerGuide a été mis sur pied vers le milieu des années 1990. La cote est calculée au moyen d'une simulation informatique (HOT2000), qui utilise les paramètres réels du bâtiment, comme les valeurs de résistance thermique, l'efficacité des équipements mécaniques et l'étanchéité à l'air, ainsi que des paramètres standardisés d'occupation pour la charge des appareils électriques, la consommation d'eau chaude et les réglages du thermostat. La figure ci-dessous montre la répartition de la consommation énergétique de l'habitation présentée dans cette étude de cas.

Le programme R2000, créé dans les années 1980, est la référence en matière de construction résidentielle de haute efficacité énergétique au Canada. Il a été mis à jour dernièrement mais, dans la présente étude, l'habitation a été comparée à l'ancienne norme, selon laquelle une habitation jugée efficace obtient une cote ÉnerGuide de 80 ou plus.

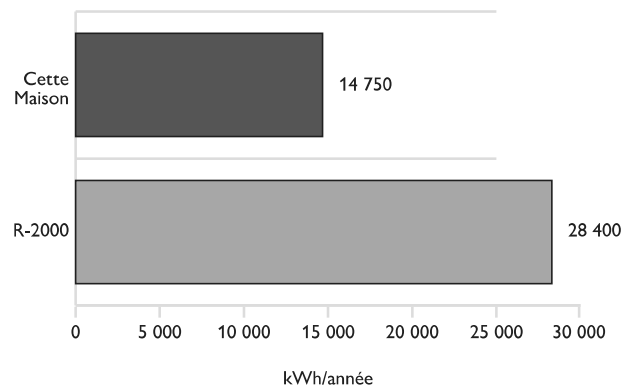


## COTE ÉNERGUIDE : 87

Consommation d'énergie par type d'utilisation finale



Consommation d'énergie annuel pour le chauffage des pièces et de l'eau



Latitude de l'habitation	60,5°N
Degrés-jours de chauffage par année	>6 000 DJC (°C)
Température moyenne en janvier	-16,2°C (2,8°F)
Température de calcul pour le chauffage en janvier	-41°C (-43°F)
Charge nominale du système de chauffage	14 kW (47 768 BTU/h)
Superficie chauffée, rez-de-chaussée et étages	211 m <sup>2</sup> (2 271 pi <sup>2</sup> )
Superficie chauffée, sous-sol fini	114 m <sup>2</sup> (1 225 pi <sup>2</sup> )
Aire habitable totale	325 m <sup>2</sup> (3 496 pi <sup>2</sup> )
Superficie au sol	131 m <sup>2</sup> (1 411 pi <sup>2</sup> )
Aire de fenêtrage	41 m <sup>2</sup> (443 pi <sup>2</sup> )
% de fenêtres face au sud (SE, SO)	64 %
Taux de fuite d'air à -50 Pa (en fonctionnement réel)	1,3 RA/h
Surface de fuite équivalente à -10 Pa (en fonctionnement réel)	405 cm <sup>2</sup> (62,7 po <sup>2</sup> )
Consommation annuelle d'énergie par m <sup>2</sup>	73 kWh/m <sup>2</sup>
Consommation annuelle totale d'énergie projetée	23 636 kWh/an
Rendement réel comparativement aux factures des occupants	La charge projetée est similaire à la charge réelle sur une période d'occupation de 2 ans





# SuperGreen Maisons à Yukon

## Étude de cas #2 Rue Bellingham

**Résumé :** Cette étude de cas porte sur une maison qu'un entrepreneur de la région a construite pour lui-même (voir la figure 1). L'une des caractéristiques principales de cette maison est le mur extérieur à double ossature, composé d'un mur structural en poteaux de 38x140 mm (2x6 po) et d'un mur intérieur en poteaux de 38x89 mm (2x4 po), entre lesquels a été soufflée une lame de mousse de polystyrène expansé de type IV de 51 mm (2 po) d'épaisseur. L'entrepreneur a également utilisé un système hybride de haute efficacité au gaz propane pour le chauffage des locaux et de l'eau.

## POURQUOI SUPERGREEN<sup>1</sup>?

### Commentaires du constructeur et des occupants

Cet entrepreneur et constructeur d'habitations a construit une dizaine de maisons individuelles à haut rendement énergétique au cours des 10 dernières années. Toutes comportent des murs et des valeurs R comparables. L'entrepreneur construit généralement sur commande, mais il a déjà construit des maisons sans commande dans le passé.

La maison décrite dans la présente étude de cas est celle de l'entrepreneur. Celui-ci souhaitait construire sa propre maison SuperGreen pour des raisons d'efficacité énergétique, d'habitabilité et d'économie de coûts d'occupation et de chauffage. Au moment de la préparation de cette étude de cas, le propriétaire occupait sa maison SuperGreen depuis un mois. Il vivait auparavant dans une maison de facture plus ancienne à Whitehorse.

L'entrepreneur a fait dresser les plans par un dessinateur de la région. Peu de recherches ont été nécessaires, puisque la construction à haute efficacité énergétique est « chose courante de nos jours ». L'accent a été mis sur l'isolation, le système de chauffage et des produits éconergétiques, comme les diodes électroluminescentes, qui ont également une plus longue vie utile.

Selon l'entrepreneur, les gens ont le choix entre dépenser leur argent en chauffage ou sur une isolation à valeur R élevée. Il estime que les gens sont généralement au courant des compromis qui doivent être faits entre la construction de l'enveloppe du bâtiment et les coûts de chauffage, mais qu'ils sont aussi réticents à payer plus cher pour une maison extrêmement bien isolée.



Figure 1 : Maison SuperGreen à Whitehorse (Yukon)

<sup>1</sup> SuperGreen est une norme de construction d'habitations à haut rendement énergétique de la Société d'habitation du Yukon.

## Emplacement

Cette habitation SuperGreen est située dans le lotissement de Whistle Bend à Whitehorse (Yukon).

## Équipe de conception et de construction

Les ouvriers qualifiés qui ont construit cette maison ont travaillé en équipe, de manière efficace et concertée. En général, ils discutent des détails avec les clients et marquent leurs décisions sur les murs. Cette méthode semble fonctionner.

## Type d'habitation

Grande maison individuelle à deux étages de 427 m<sup>2</sup> (4 600 pi<sup>2</sup>) avec sous-sol fini et garage attenant chauffé.

## DÉTAILS TECHNIQUES

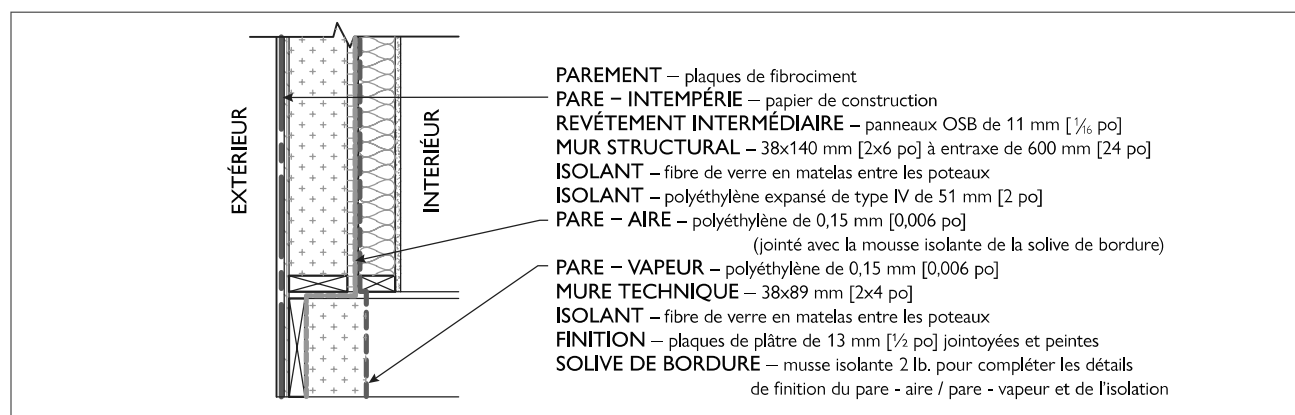


Figure 2 : Section de mur

## Enveloppe du bâtiment

- **Murs (voir la figure 2) :** en poteaux de 38x140 mm (2x6 po) avec isolant de fibre de verre en matelas dans les cavités; ossature intérieure en poteaux de 38x89 mm (2x4 po) avec isolant de fibre de verre; 51 mm (2 po) de mousse de polystyrène expansé de type IV entre les deux murs. Valeur RSI effective de 7 (R40).
- **Plafond :** fermes à talons relevés, vide sous toit ventilé, cellulose soufflée. Valeur RSI effective de 12 (R70).
- **Fondations (voir la figure 3) :** en bois traité, murs en poteaux de 38x184 mm (2x8 po), pare-vapeur en polyéthylène; mur intérieur en poteaux de 38x89 mm (2x4 po). Isolant en matelas de fibre de verre. Valeur RSI effective de 6,7 (R38).
- **Plancher de fondations (voir la figure 3) :** 100 mm (4 po) de mousse de polystyrène expansé de type IV sous la dalle de béton. Valeur RSI de 3,5 (R20).
- **Fenêtres :** en vinyle, fixes et à battants, triple vitrage, lame d'argon, enduit de faible émissivité.
- **Portes :** 3 portes en acier isolées à la mousse de polyuréthane, 1 porte principale en fibre de verre isolée.

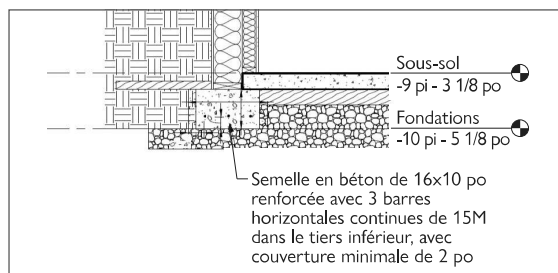


Figure 3: Vue en coupe des fondations

## Systèmes mécaniques

- **Chauffage des locaux** : système primaire – chaudière au gaz propane Navien America d'efficacité de 91 % (conforme à la norme CSA P.9-11), système de chauffage à eau chaude par rayonnement à partir du sol.
- **Ventilation** : ventilateur récupérateur de chaleur (VRC) Vanee 1001, réseau complet de conduits, ERS de 67 % à -25 °C (-13 °F), équilibré à 66 L/s (140 pi<sup>3</sup>/min) à haut régime et à 41 L/s (87 pi<sup>3</sup>/min) à faible régime.
- **Eau chaude** : chauffe-eau instantané au gaz propane.

## Leçons apprises

S'il pouvait revenir en arrière, le propriétaire aurait conçu une maison plus petite. Elle est trop grande pour ses besoins personnels.

Il n'a pas employé le Système de cote ÉnerGuide, car il en a appris l'existence trop tard. La prochaine fois, il consulterait tôt dans le processus des personnes sachant évaluer les plans au moyen des critères du Système afin de trouver les meilleures façons d'atteindre ses objectifs d'efficacité énergétique.

La localisation des fuites d'air s'est révélé le plus grand défi. Le propriétaire a relaté comment il a inspecté la maison de long en large pour détecter et colmater les fuites d'air. « C'est un très long processus. » Il a également une connaissance des murs à double ossature, qu'il apprécie peu cependant. Il est d'avis que l'assemblage mural utilisé pour cette maison était le meilleur disponible, car il élimine les ponts thermiques.

Le propriétaire apprécie la solidité des murs de fondation en poteaux de 38x184 mm (2x8 po) sous le niveau du sol, mais il aurait substitué des coffrages à béton isolants au bois traité si son budget le lui avait permis.

Pour le plafond, le propriétaire estime que la cellulose soufflée est un produit économique de qualité qui permet d'atteindre une valeur RSI élevée.

Le propriétaire souhaitait depuis longtemps faire l'essai d'une chaudière, et celle-ci le satisfait. En outre, le gaz propane est moins polluant que le mazout et son entreposage et son utilisation posent moins de risques pour l'environnement. Il ne choisirait jamais un appareil de chauffage électrique en raison des coûts d'utilisation.

Au chapitre des fenêtres, ni le produit acheté (choisi en raison de la gamme de couleurs de cadres offerte – figure 4), ni le service à la clientèle du fabricant n'ont répondu aux attentes du propriétaire. Pour un prochain projet, il choisirait des fenêtres fabriquées dans la région, qui sont maintenant offertes dans une gamme de couleurs.

Le propriétaire estime que les économies à long terme d'une maison SuperGreen amortiront le coût initial supplémentaire, mais il croit également que le coût de construction plus élevé peut être un facteur limitant au stade du prêt hypothécaire pour certaines personnes qui envisagent une habitation SuperGreen. Selon lui, de nombreux constructeurs savent comment obtenir des valeurs R élevées, mais leurs clients cherchent à réduire au minimum les coûts de construction.



Figure 4 : Fenêtres

### Autres caractéristiques d'efficacité énergétique et de durabilité

- **Éclairage** : environ 60 % des luminaires sont à diodes électroluminescentes, et les autres sont à ampoules à incandescence.
- Tous les appareils sont homologués ENERGY STARMD (ronds au propane, four électrique).

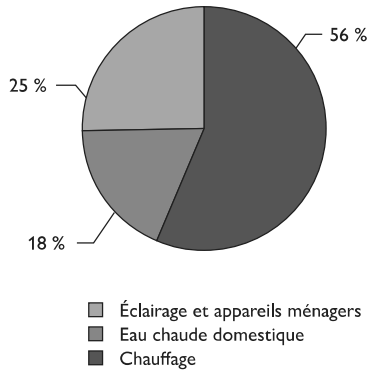
### Rendement de la consommation énergétique

La cote ÉnerGuide est une mesure du rendement énergétique d'une habitation. Le programme ÉnerGuide a été mis sur pied vers le milieu des années 1990. La cote est calculée au moyen d'une simulation informatique (HOT2000), qui utilise les paramètres réels du bâtiment, comme les valeurs de résistance thermique, l'efficacité des équipements mécaniques et l'étanchéité à l'air, ainsi que des paramètres standardisés d'occupation pour la charge des appareils électriques, la consommation d'eau chaude et les réglages du thermostat. La figure ci-dessous montre la répartition de la consommation énergétique de l'habitation présentée dans cette étude de cas.

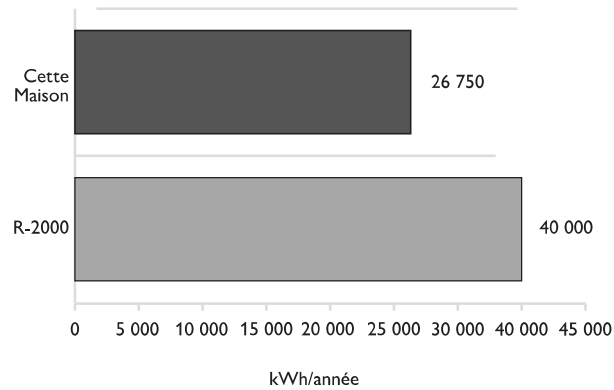
Le programme R2000, créé dans les années 1980, est la référence en matière de construction résidentielle de haute efficacité énergétique au Canada. Il a été mis à jour dernièrement mais, dans la présente étude, l'habitation a été comparée à l'ancienne norme, selon laquelle une habitation jugée efficace obtient une cote ÉnerGuide de 80 ou plus.

## COTE ÉNERGUIDE : 86

Consommation d'énergie par type d'utilisation finale



Consommation d'énergie annuel pour le chauffage des pièces et de l'eau



Latitude de l'habitation	60,5°N
Degrés-jours de chauffage par année	>6 000 DJC (°C)
Température moyenne en janvier	-16,2 °C (2,8 °F)
Température de calcul pour le chauffage en janvier	-41 °C (-43 °F)
Charge nominale du système de chauffage	17 kW (58 006 BTU/h)
Superficie chauffée, rez-de-chaussée et étages	269 m <sup>2</sup> (2 872 pi <sup>2</sup> )
Superficie chauffée, sous-sol fini	135 m <sup>2</sup> (1 452 pi <sup>2</sup> )
Aire habitable totale	404 m <sup>2</sup> (4 324 pi <sup>2</sup> )
Superficie au sol	198 m <sup>2</sup> (2 134 pi <sup>2</sup> )
Aire de fenêtrage	38 m <sup>2</sup> (412 pi <sup>2</sup> )
% de fenêtres face au sud	31 %
Taux de fuite d'air à -50 Pa (en fonctionnement réel)	0,4 RA/h
Surface de fuite équivalente à -10 Pa (en fonctionnement réel)	131 cm <sup>2</sup> (20 po <sup>2</sup> )
Consommation annuelle d'énergie par m <sup>2</sup>	78 kWh/m <sup>2</sup>
Consommation annuelle totale d'énergie projetée	31 314 kWhe/an* (10 028 kWh/an + 2 998 L propane/an)
Rendement réel comparativement aux factures des occupants	Données non disponibles – habitation occupée depuis moins d'un an au moment de la publication

\*kWhe est un équivalent en kWh qui fait la somme du contenu énergétique du combustible et de l'énergie électrique consommée. Le gaz propane a un contenu énergétique de 7,1 kWh/L.



# SuperGreen Maisons à Yukon

## Étude de cas #3 Allée War Eagle

**Résumé :** Cette étude de cas porte sur une maison qu'un entrepreneur de la région a construite pour lui-même (voir la figure 1). L'enveloppe de l'habitation est composée d'un mur structural extérieur à ossature légère en poteaux de 38x140 mm (2x6 po) isolé à la mousse projetée de haute densité, d'un mur intérieur en poteaux de 38x89 mm (2x4 po) isolé à la laine minérale et de panneaux isolants rigides de polyisocyanurate de 25 mm (1 po) doublés des deux côtés d'une feuille d'aluminium, glissés entre les deux murs. La maison est dotée d'un système de chauffage traditionnel à plinthes électriques et d'un appareil de chauffage au bois auxiliaire.

## POURQUOI SUPERGREEN<sup>1</sup>?

### Commentaires du constructeur et des occupants

Pour concevoir cette petite maison offrant la meilleure isolation en prenant le moins d'espace possible, le propriétaire-constructeur s'est principalement fié à l'information fournie par la Société d'habitation du Yukon, à des articles du magazine Fine Homebuilding sur les habitations nordiques et à ses propres réflexions. Comme il est également entrepreneur et est régulièrement en contact avec des constructions à haut rendement énergétique, il a eu peu de recherches supplémentaires à faire. Son concept met l'accent sur l'orientation, la structure des murs, les fenêtres et l'isolation.

Un habitué du chauffage au bois, le propriétaire savait qu'il aurait bien peu de bois à brûler pour chauffer une maison SuperGreen. Il souhaitait ne pas dépendre d'autres sources d'énergie de chauffage que le bois, qu'il peut se procurer lui-même. Ses motivations n'étaient pas tant le coût que l'utilisation d'un combustible déjà bien connu pour avoir une parfaite maîtrise de sa source de chaleur.



Figure 1 : Maison SuperGreen, Whitehorse (Yukon)

Le propriétaire travaille en construction avec un partenaire depuis environ 25 ans. Ensemble, ils ont beaucoup d'expérience en construction d'habitations dans le Nord. Le propriétaire souhaitait construire une habitation pour lui-même qui durerait 100 ans, en essayant d'éviter les matériaux peu durables. Par exemple, l'efficacité des pare-air et pare-vapeur en polyéthylène dépend de la qualité de la mise en œuvre. Mais, dans le cas d'un isolant en mousse projetée, le pare-air et le pare-vapeur peuvent être formés en une seule application.

Dans les années 1980, les pare-vapeur étaient très populaires, mais on ne portait pas assez de soin à leur étanchéité. C'est un processus évolutif. Avec le temps, on a isolé de plus en plus les habitations. Nombre de constructeurs ne voulaient pas sceller le pare-vapeur, de crainte que l'habitation soit trop étanche. Certaines de ces habitations sont aujourd'hui aux prises avec des problèmes

<sup>1</sup> SuperGreen est une norme de construction d'habitations à haut rendement énergétique de la Société d'habitation du Yukon.

de moisissure, ce qui a mis en évidence l'importance de bien étanchéifier et ventiler le bâtiment. L'isolant en matelas n'est pas efficace si de l'air passe au travers parce que le pare-air/pare-vapeur présente des fuites. Ce problème est moins fréquent dans les murs isolés à la mousse rigide. Aujourd'hui, il est possible d'appliquer différentes couches de mousse pour obtenir un pare-air/pare-vapeur solide.

## Emplacement

Cette maison SuperGreen est située dans une zone rurale résidentielle de Whitehorse (Yukon).

## Équipe de conception et de construction

L'équipe de construction était composée du constructeur, de son associé de longue date et des ouvriers qualifiés qui travaillent avec eux sur leurs autres chantiers. Ils ont discuté du projet lorsque c'était nécessaire, mais les ouvriers n'avaient pas besoin de beaucoup d'explications, car leurs méthodes ont évolué collectivement au fil des ans.

L'isolant projeté a été posé par un entrepreneur spécialisé en isolation. Dans le passé, les exigences de précision du travail des ouvriers n'étaient pas aussi strictes, ce qui occasionnait parfois des problèmes, mais de nos jours la mousse est projetée avec une grande précision.

## Type d'habitation

Petite maison individuelle de deux étages à ossature hybride en bois d'œuvre de 112 m<sup>2</sup> (1 200 pi<sup>2</sup>) sur un vide sanitaire chauffé. Aucun garage attenant ni appartement accessoire.

## DÉTAILS TECHNIQUES

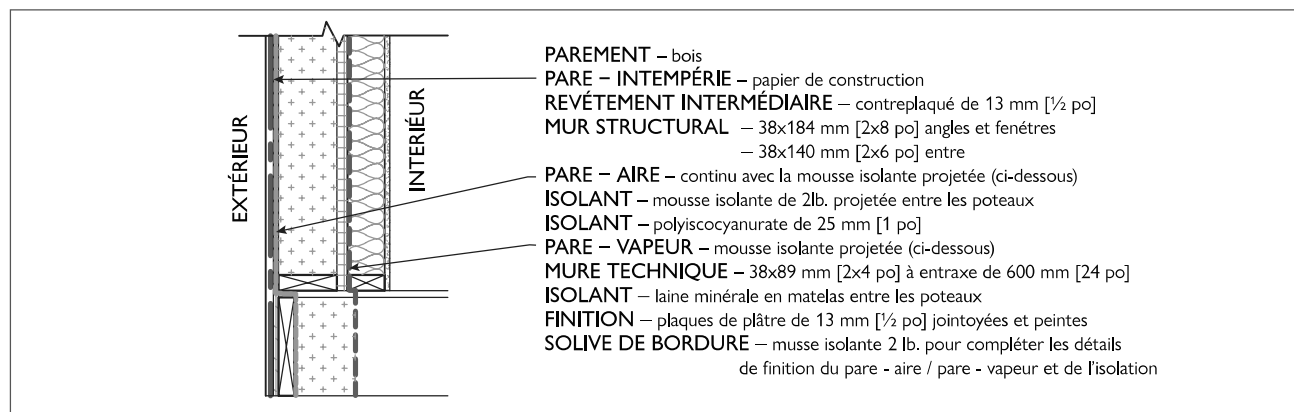


Figure 2 : Section de mur

## Enveloppe du bâtiment

- **Murs (voir la figure 2) :** assemblage mural de haute densité comportant un mur structural extérieur en poteaux de 38x140 mm (2x6 po) avec poteaux intermédiaires de 38x89 mm (2x4 po). Les cavités du mur extérieur ont été remplies d'une mousse isolante projetée de haute densité. Des panneaux rigides de polyisocyanurate de 25 mm (1 po) recouverts d'une feuille d'aluminium sur les deux côtés ont été posés sur la face intérieure de ce mur. Un mur intérieur en poteaux de 38x89 mm (2x4) isolé à la laine minérale a été ensuite adossé à ces panneaux. Le constructeur estime que cette méthode permet d'obtenir le meilleur rapport entre l'épaisseur et la valeur RSI effective (R), qui atteint 7,7 (R44).
- **Plafonds :** conception de type « toit chaud » – isolant en mousse de haute densité de 250 mm (10 po) d'épaisseur. Valeur RSI effective de 9,5 (R54).





- **Fondations** : vide sanitaire en coffrages isolants remplis de béton, ajout de 200 mm (8 po) de mousse isolante de haute densité sur la face extérieure, valeur RSI effective de 7 (R40) – perte de chaleur minimale.
- **Plancher de fondations** : isolé avec 75 mm (3 po) de polystyrène expansé haute densité et 75 mm (3 po) de mousse projetée de 2 lb, valeur RSI effective de 5,3 (R30).
- **Fenêtres** : en vinyle, fixes et à battants, à quadruple vitrage, cadres en vinyle entièrement isolés (fabriqués dans la région).
- **Portes** : portes en bois fabriquées par le propriétaire, remplies de mousse, pare-air double.



Figure 3 : Détail de l'intérieur

## Systèmes mécaniques

- **Chauffage des locaux** : plinthes électriques et poêle à bois d'appoint, car ce dernier était le mieux connu du propriétaire. Les plinthes électriques ont été choisies pour leur faible coût et leur simplicité.
- **Ventilation** : ventilateur récupérateur de chaleur (VRC) Eneready 2000 Diamond E, réseau complet de conduits, ERS de 70 % à -25 °C (-13 °F), équilibré à 47 L/s (100 pi<sup>3</sup>/min) à haut régime et à 24 L/s (50 pi<sup>3</sup>/min) à bas régime.
- **Eau chaude** : chauffe-eau électrique à réservoir.
- L'eau de pluie est récupérée pour le jardin.

## Leçons apprises

Le constructeur perfectionne son concept depuis des années et il utiliserait le même pour d'autres projets de construction (voir la figure 4), bien qu'il avoue être toujours à l'affût de nouvelles façons d'insérer une couche d'isolant supplémentaire.

Les coffrages isolants des murs de fondation ont coûté un peu plus cher qu'une charpente, mais il répéterait l'expérience si le budget du client le permettait.

Même si la maison n'était pas aussi bien isolée, le propriétaire chaufferait au bois mais installerait davantage de plinthes électriques. Les occupants doivent prendre soin de ne pas trop alimenter le poêle à bois, car le logement devient alors trop chaud – un beau problème! Il faudra peut-être installer un four en briques qui emmagasinerait de la chaleur pour la nuit.

Le constructeur n'a pas utilisé le Système de cote ÉnerGuide. À son avis, les recommandations peuvent être trompeuses. Il s'avoue un peu réfractaire à ce sujet. Selon lui, ce genre de système est conçu par des personnes qui travaillent devant leur ordinateur et qui ne l'ont pas éprouvé elles-mêmes, en haut d'une échelle dans un chantier, et cela finit par compliquer les choses.

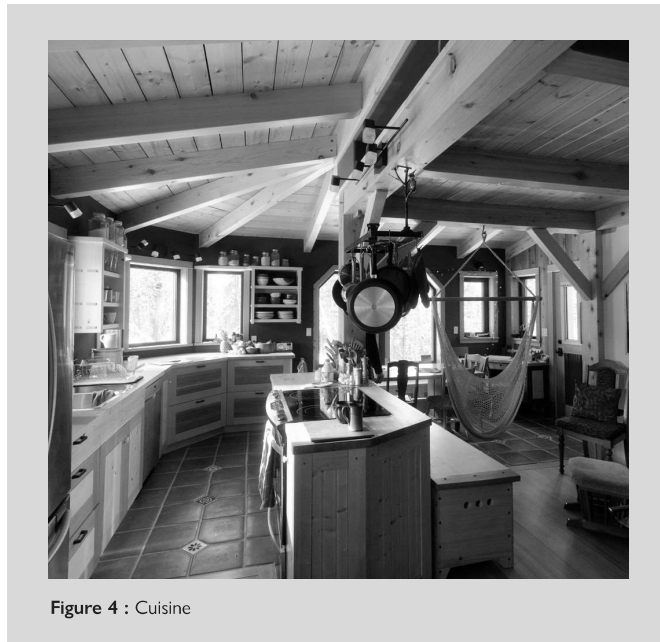


Figure 4 : Cuisine



### Autres caractéristiques d'efficacité énergétique et de durabilité

- **Éclairage** : lampes à halogène, lampes à diodes électroluminescentes (DEL) et quelques lampes fluorescentes compactes (LFC). Comme la maison est très bien isolée, la chaleur produite par les luminaires contribue au chauffage, de sorte que le constructeur ne s'est pas senti obligé d'utiliser les technologies d'éclairage les plus éconergétiques.
- **Électroménagers** : tous les appareils sont homologués ENERGY STARMD. Il y a également une cuisinière auxiliaire au bois (voir la figure 5).
- **Autres caractéristiques** : orientation – la maison est positionnée pour obtenir un chauffage passif par gain solaire. L'emplacement du poêle à bois a été minutieusement choisi, et les espaces habitables sont aussi ouverts que possible pour faciliter la circulation de l'air chaud dans toutes les parties de la maison.

### Rendement de la consommation énergétique

La cote ÉnerGuide est une mesure du rendement énergétique d'une habitation. Le programme ÉnerGuide a été mis sur pied vers le milieu des années 1990. La cote est calculée au moyen d'une simulation informatique (HOT2000), qui utilise les paramètres réels du bâtiment, comme les valeurs de résistance thermique, l'efficacité des équipements mécaniques et l'étanchéité à l'air, ainsi que des paramètres standardisés d'occupation pour la charge des appareils électriques, la consommation d'eau chaude et les réglages du thermostat. La figure ci-dessous montre la répartition de la consommation énergétique de l'habitation présentée dans cette étude de cas.

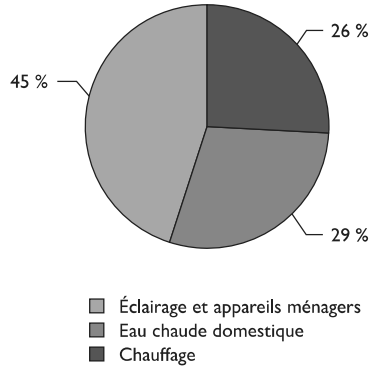
Le programme R2000, créé dans les années 1980, est la référence en matière de construction résidentielle de haute efficacité énergétique au Canada. Il a été mis à jour dernièrement mais, dans la présente étude, l'habitation a été comparée à l'ancienne norme, selon laquelle une habitation jugée efficace obtient une cote ÉnerGuide de 80 ou plus.



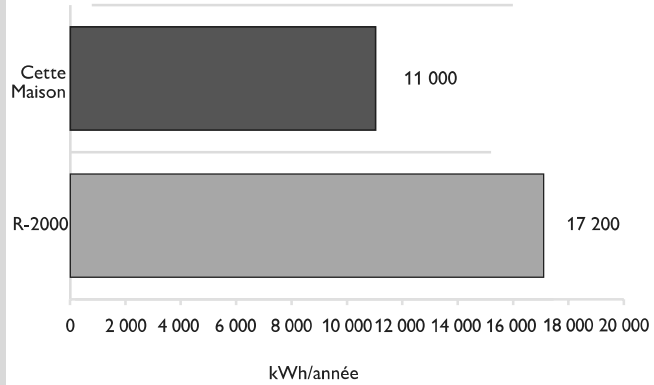
Figure 5: Cuisinière au bois

## COTE ÉNERGUIDE : 85

Consommation d'énergie par type d'utilisation finale



Consommation d'énergie annuel pour le chauffage des pièces et de l'eau



Latitude de l'habitation	60,5°N
Degrés-jours de chauffage par année	>6 000 DJC (°C)
Température moyenne en janvier	-16,2 °C (2,8 °F)
Température de calcul pour le chauffage en janvier	-41 °C (-43 °F)
Charge nominale du système de chauffage	6 kW (20,472 BTU/h)
Superficie chauffée, rez-de-chaussée et étages	95 m <sup>2</sup> (1 022 pi <sup>2</sup> )
Superficie chauffée du vide sanitaire	58,5 m <sup>2</sup> (630 pi <sup>2</sup> )
Aire habitable totale	95 m <sup>2</sup> (1 022 pi <sup>2</sup> )
Superficie au sol	77 m <sup>2</sup> (830 pi <sup>2</sup> )
Aire de fenêtrage	19,8 m <sup>2</sup> (152 pi <sup>2</sup> )
% de fenêtres face au sud	37 %
Taux de fuite d'air à -50 Pa (en fonctionnement réel)	0,9 RA/h
Surface de fuite équivalente à -10 Pa (en fonctionnement réel)	128 cm <sup>2</sup> (19,76 po <sup>2</sup> )
Consommation annuelle d'énergie par m <sup>2</sup>	208 kWh/m <sup>2</sup>
Consommation annuelle totale d'énergie projetée	19 714 kWh/an
Rendement réel comparativement aux factures des occupants	Données non disponibles – habitation occupée depuis moins d'un an au moment de la publication





# SuperGreen Maisons à Yukon

## Étude de cas #4 Structure en bois d'œuvre

**Résumé :** Cette étude de cas porte sur une maison à structure en bois d'œuvre (voir la figure 1) construite sans commande par une équipe de trois entrepreneurs en construction. Ils ont ajouté, du côté extérieur de la structure, un mur en poteaux de 38x89 mm (2x4 po) isolé avec de la laine minérale en matelas et des poutrelles murales verticales de 300 mm (12 po) dont les cavités ont été remplies d'isolant en mousse projetée de faible densité. La maison est chauffée avec des plinthes électriques, et est dotée d'un foyer au gaz propane. Elle comprend également un appartement accessoire séparé au-dessus du garage, qui fournit un revenu locatif pour couvrir les coûts additionnels de la construction SuperGreen. L'appartement était loué avant que la maison ne soit vendue.

## POURQUOI SUPERGREEN<sup>1</sup>?

### Commentaires du constructeur et des occupants

C'est en constatant le succès d'un duplex certifié LEED Canada pour les habitations dans la région que l'un des membres de l'équipe a eu l'idée de cette maison. Il a approché les deux autres associés, avec lesquels il avait déjà travaillé auparavant. Ils ont obtenu un terrain de première qualité dans le cadre d'une loterie de terrains. Une fois le terrain sélectionné et acheté, ils ont entrepris la conception d'une structure en bois d'œuvre adaptée à l'emplacement. Après de nombreuses esquisses et retours sur la planche à dessin, l'équipe s'est entendue sur un plan, qu'elle a envoyé à une firme d'ingénierie afin que celle-ci apporte les modifications nécessaires et approuve la conception de l'ossature en bois d'œuvre.

Les membres de l'équipe ont parcouru une abondante littérature à la recherche de nouvelles technologies. Ils ont discuté avec des représentants de la Société d'habitation du Yukon et de la Direction générale de l'énergie. Ils se sont intéressés aux ressources des autres constructeurs et ont étudié les évaluations énergétiques d'autres maisons. Ils ont discuté avec d'autres constructeurs et tenté de déterminer ce qui fonctionne bien et ce qui ne fonctionne pas.



Figure 1 : Maison SuperGreen, Whitehorse (Yukon)

<sup>1</sup> SuperGreen est une norme de construction d'habitations à haut rendement énergétique de la Société d'habitation du Yukon.

En collaboration, ils ont conçu une ossature murale en bois d'œuvre à la fois efficace et simple. L'isolation était une préoccupation première. Les gens se sont peu à peu intéressés à leur projet, de sorte que des acheteurs se manifestaient déjà au moment où les premières pièces de charpente étaient mises en place.

L'un des constructeurs se considère environnementaliste. Selon lui, de nombreuses habitations gaspillent de l'énergie, et il souhaite faire sa modeste part pour lutter contre le réchauffement climatique. La construction SuperGreen représente sa contribution. Le deuxième constructeur cherchait à diminuer son empreinte écologique en réduisant la quantité de ressources utilisées durant le cycle de vie utile d'une habitation. Le troisième constructeur travaille pour la Société d'habitation du Yukon. Par son travail et ses propres recherches, il est devenu un champion de l'approche SuperGreen.

Les partenaires conviennent qu'une habitation SuperGreen présente de nombreux avantages, comme l'économie de combustible, le confort et une température constante, mais que son plus grand atout est la tranquillité. « On n'entend aucun bruit extérieur, parce que l'isolation et l'étanchéisation de l'enveloppe agissent comme insonorisant. Même si la maison est proche de l'aéroport, on n'entend presque pas les avions. Ça n'a pas de prix. »

## Emplacement

Cette maison SuperGreen est située dans un secteur de densification du quartier Takhini North à Whitehorse (Yukon).

## Équipe de conception et de construction

L'équipe a acquis le terrain en septembre et a travaillé sur la conception durant l'hiver. La conception était largement fondée sur les ressources compilées par la Société d'habitation du Yukon. L'équipe s'était fixé une cote ÉnerGuide cible et a ajusté l'épaisseur de l'isolant des murs et du plafond en conséquence pour l'atteindre. L'un des constructeurs a ensuite préparé des dessins techniques très détaillés de la disposition des poteaux de l'ossature pour que tous les éléments s'intègrent parfaitement (voir la figure 2). En avril, ils ont commencé à débroussailler le terrain.

L'équipe a maintenu une communication constante pour discuter des prochaines étapes et des échéances, le moment d'achèvement des différentes sections de la maison, la sécurité et les tâches à accomplir au jour le jour. Les dessins ont été présentés aux ouvriers qualifiés et on leur a expliqué tous les détails, comme l'emplacement des luminaires dans l'ossature, l'emplacement des conduits, de la plomberie et du chauffe-eau. Une équipe d'ouvriers spécialisés a été engagée pour la pose du parement, et une autre pour la toiture. Les constructeurs se sont chargés de la plupart des travaux de maçonnerie.

Le concept a subi quelques modifications en cours de route. Les dimensions au sol sont demeurées les mêmes, mais la toiture au-dessus du garage a été modifiée. Les constructeurs ont discuté des problèmes de parement et de l'emplacement des murs intérieurs. La construction a été plus longue que prévu, surtout parce que plus de temps a été consacré à la conception et, dans une moindre mesure, à cause des particularités de la construction SuperGreen. Dans l'ensemble, la construction s'est conformée au plan. Les constructeurs affirment que plus il y a de détails couchés sur le papier avant la mise en chantier, moins il y a de problèmes durant la construction.

La conception de cette maison se prête bien à l'approche SuperGreen. La structure en bois d'œuvre est entièrement à l'intérieur et les murs isolés sont construits du côté extérieur de la structure (voir la figure 3). Après mûre réflexion, l'équipe a choisi d'isoler les murs avec de la mousse projetée de faible densité. Les plafonds ont été isolés avec de la mousse de haute densité en raison de sa forte résistance thermique et de sa capacité d'agir comme pare-vapeur. Cette isolation a été complétée par une couche de cellulose soufflée.



Figure 2 : Montage de la structure en bois d'œuvre

L'équipe s'est servie du logiciel du Système de cote ÉnerGuide pour faciliter certaines décisions. Le logiciel l'a par exemple incitée à opter pour une isolation plus épaisse sous la dalle de plancher. Les résultats de l'analyse ont montré qu'une bonne partie des pertes de chaleur surviendraient au niveau des fondations; une couche de mousse de haute densité de 5 pouces d'épaisseur a donc été projetée sur le sol avant le coulage de la dalle. La face extérieure de la dalle a également été recouverte de mousse avant la pose des éléments de structure en bois d'œuvre.

L'équipe a fait ses calculs et comprend les avantages à long terme d'une maison SuperGreen. Les coûts de chauffage sont beaucoup plus bas, tandis que la durée de vie du bâtiment, à condition qu'il soit convenablement ventilé, est beaucoup plus longue. En outre, les occupants d'une maison SuperGreen, en plus de réaliser des économies d'énergie, vivent dans un logement bien insonorisé et plus confortable, ce qui facilite la revente.

## Type d'habitation

Maison individuelle de taille modeste à deux étages de 167 m<sup>2</sup> (1 800 pi<sup>2</sup>), avec loft. La maison est construite sur une dalle sur terre-plein. Elle comprend un garage chauffé dont les murs ont la même épaisseur que ceux du reste du bâtiment. Un appartement accessoire locatif séparé de 48 m<sup>2</sup> (520 pi<sup>2</sup>) est situé au-dessus du garage.

## DÉTAILS TECHNIQUES

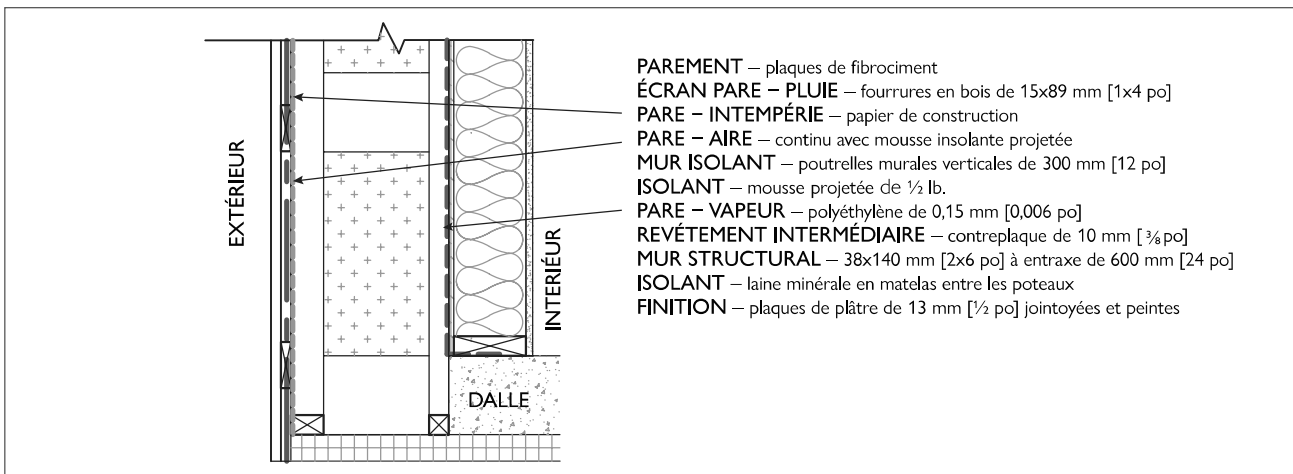


Figure 3 : Section de mur

## Enveloppe du bâtiment

- **Murs (voir la figure 3)** : structure en bois d'œuvre; mur en poteaux de 38x89 mm (2x4 po); revêtement intermédiaire; pare-vapeur posé par l'extérieur; poutrelles murales verticales de 300 mm (12 po) d'épaisseur du côté extérieur; pare-air du côté extérieur.
- **Plafonds** : toit cathédrale en poutrelles de 61 cm (24 po) d'épaisseur, avec légère ventilation au-dessus de l'isolant et vide sous toit ventilé avec fermes à talons relevés.
- **Isolation** : 76 mm (3 po) de mousse projetée de haute densité, et 530 mm (21 po) de cellulose par-dessus. Le plafond a une valeur RSI de 14 (R80).
- **Fondations (dalle sur terre-plein)** : 127 mm (5 po) de mousse de haute densité projetée directement sur le sol sous la dalle de béton (seulement 76 mm [3 po] sous la dalle du garage).



- **Fenêtres** : fixes et à battants, à quadruple vitrage, à lame d'argon et à faible émissivité (fabriquées dans la région).
- **Portes** : en acier isolées au polyuréthane. Portes doubles (intérieure et extérieure), sauf la porte de l'entrée principale.

### Systèmes mécaniques

- **Chauffage** : primaire – plinthes électriques; secondaire – foyer au gaz propane.
- **Ventilation** : ventilateur récupérateur de chaleur (VRC) Venmar EKO 1,5, réseau complet de conduits, ERS de 64 % à -25 °C (-13 °F), équilibré à 59 L/s (124 pi<sup>3</sup>/min) à haut régime et à 29 L/s (62 pi<sup>3</sup>/min) à bas régime.
- **Eau chaude** : chauffe-eau électrique à réservoir avec dispositifs de récupération de la chaleur des eaux ménagères (voir la figure 4) – un dans l'habitation principale et un dans l'appartement locatif.
- **Système d'énergie renouvelable** : les fils sont en place pour l'électricité solaire, une option d'énergie renouvelable pour l'avenir.



Figure 4 : Dispositif de récupération de la chaleur des eaux ménagères

### Leçons apprises

La construction de la structure en bois d'œuvre et des poutrelles murales verticales a considérablement allongé la durée des travaux. Les avantages de ce système ont été quelque peu compromis par l'arrivée de l'hiver. L'équipe a dû troquer une partie de l'isolant en cellulose pour de la mousse à faible densité applicable à basse température à cause du temps froid et de contraintes de temps.

L'habitation a été mise en chantier en avril, mais la structure en bois d'œuvre a été terminée seulement en août. Cela était prévu, et il s'agissait de la seule contrainte de temps. Si c'était à refaire, les constructeurs entameraient la structure plus tôt, en atelier au besoin, afin que les travaux avancent plus vite sur le chantier.

Le constructeur et son équipe ont déployé des efforts pour mobiliser tous les ouvriers qualifiés. Ils ont organisé une rencontre au début des travaux pour que tous fassent connaissance. Des réunions étaient tenues régulièrement avec le constructeur en chef de la structure, pour que les ouvriers comprennent les tâches à accomplir. Les informations nécessaires étaient fournies et les ouvriers faisaient en sorte d'atteindre les objectifs. Le VRC a été installé par l'un des constructeurs, avec les conseils d'experts de la région.

Un constructeur a observé qu'il y a « toujours quelques ajustements à faire en cours de route, mais c'est correct tant qu'ils ne remettent pas en question les objectifs globaux ». Avec le recul, les spécialistes auraient pu être mobilisés plus tôt, mais, dans l'ensemble, les constructeurs sont très satisfaits du projet.

L'un des constructeurs de la structure avait déjà monté un tel assemblage mural. Le concept semblait bien se prêter à une structure en bois d'œuvre (voir la figure 5). L'équipe a fabriqué les fermes elle-même. Comme elles n'avaient pas à supporter un plancher, elles sont de construction légère. Le constructeur envisagerait d'utiliser ce système de nouveau, mais seulement pour une habitation de petite taille, et seulement pour une ossature en bois d'œuvre ou dans le cadre d'une modernisation.



Figure 5 : Structure en bois d'œuvre





Le constructeur opterait plutôt pour un mur double, soit un mur structural extérieur en poteaux de 38x140 mm (2x6 po) et un mur intérieur en poteaux de 38x89 mm (2x4 po), avec isolant à base de fibres ou en mousse projetée. Il privilégie les panneaux de mousse de type Energy Shield pour faire une séparation entre les murs et l'isolant en matelas (fibre de verre ou laine minérale) dans les cavités murales).

L'autre constructeur de structures en bois d'œuvre utiliserait le même assemblage mural dans un autre projet, mais il construirait les deux murs d'un seul bloc et les installerait ensemble. Il envisagerait peut-être aussi un assemblage légèrement différent, comme une ossature en poteaux de 38x89 mm (2x4 po), puis un pare-vapeur, puis un revêtement intermédiaire, et enfin un second mur en poteaux de 38x89 mm (2x4 po) à l'extérieur, en intercalant un contreplaqué entre les deux murs. Le mur intérieur serait le mur structural porteur. Avec un pare-vapeur du côté extérieur, le nombre de joints est réduit au minimum. En outre, la membrane de polyéthylène est protégée par le mur, de sorte qu'on ne risque pas de la perforer en faisant des travaux de plomberie et d'électricité par l'intérieur. Il n'est pas nécessaire que le mur extérieur soit porteur. Avec des poutrelles murales verticales, il peut avoir n'importe quelle épaisseur.

La maison est sise sur une dalle sur terre-plein coulée sur une couche d'isolant en mousse projetée de haute densité. Cet isolant est facile à travailler, il supporte une personne après 15 minutes, il couvre le sol complètement sans fissures ni joints et on peut couler le béton directement dessus. La mousse de haute densité coûte plus cher, mais elle épouse parfaitement les contours du sol et offre la meilleure protection contre les infiltrations d'humidité et de gaz du sol. Sa mise en place rapide a permis d'économiser sur les coûts de main-d'œuvre.

La mousse projetée de haute densité du plafond forme un bon pare-air/pare-vapeur. La cellulose a été appréciée car elle est faite de papier journal recyclé. Cependant, la méthode choisie a posé un inconvénient majeur lors de l'isolation par l'extérieur, qui s'est avérée longue et fastidieuse. Si c'était à refaire, les constructeurs envisageraient de bâtir avec des fermes ordinaires et d'y ajouter de l'isolant soufflé après la construction du toit.

Les constructeurs ont choisi des fenêtres à quadruple vitrage fabriquées dans la région. Ces fenêtres ont contribué à l'atteinte de la cible ÉnerGuide, et leur coût n'était pas beaucoup plus élevé que celui des fenêtres à triple vitrage. Faire affaire avec un fabricant local simplifie la tâche en cas d'erreur, surtout que les frais de livraison feraient gonfler la facture. L'absence d'isolation des cadres a été une préoccupation, mais il a été décidé d'installer ces fenêtres malgré tout, en partie parce que la plupart des fenêtres de cette maison sont assez petites.

Pour réduire les fuites d'air et augmenter la résistance thermique, les constructeurs ont opté pour des portes doubles (intérieure et extérieure), sauf pour l'entrée principale. Ils ont trouvé ce genre de porte peu pratique – ouvrir et fermer chacune des portes en succession est un peu fastidieux. En outre, la pression qui se forme entre les deux portes rend la fermeture d'une porte difficile lorsque l'autre est fermée. Pour cette raison, il a été décidé d'installer une porte simple à l'entrée.

Les constructeurs ont opté pour des plinthes électriques comme source de chauffage primaire, pour diverses raisons : solution la plus efficace en termes de coûts, aucune pièce mobile, aucun usage de combustible fossile sur place et facilité d'installation des fils électriques par rapport aux conduits d'air. Ce type de chauffage est peu coûteux et simple à faire fonctionner, il est efficace et il peut répondre rapidement aux besoins de chauffage. Un VRC ayant été installé pour l'échange d'air, un système à air pulsé n'était pas nécessaire. D'ailleurs, il aurait été difficile de trouver un générateur d'air chaud d'assez petite capacité. L'éclairage et les autres sources de chaleur liées à la simple occupation du logement suffisent presque à chauffer le bâtiment. Le foyer ne sert que de système auxiliaire. La prochaine fois, les constructeurs aimeraient essayer un accumulateur de chauffage électrique pour concentrer la consommation durant les heures où l'électricité du réseau de distribution isolé du Yukon est produite dans une plus grande proportion par des sources renouvelables.



Figure 6 : Vue intérieure

Les constructeurs ont installé des lampes à halogène et des lampes fluorescentes compactes (LFC), ainsi que quelques lampes à DEL. Ils conseillent à leurs clients d'opter pour des DEL, qui atteignent leur pleine brillance sans délai, durent longtemps et sont de moins en moins coûteuses. À long terme, elles coûtent moins cher et leur impact environnemental est inférieur. Les constructeurs n'ont pas investi dans des dispositifs de commande électroniques en raison des coûts et, à l'époque, de doutes sur la fiabilité. Ils souhaitent également que la maison demeure simple, sans commandes complexes.

La maison est magnifique, mais les constructeurs opteraient pour une conception plus simple pour leur prochain projet. La structure en bois d'œuvre a fait gonfler les coûts. Ils aimeraient essayer de construire une maison abordable de taille moyenne à haut rendement énergétique en mettant davantage l'accent sur l'étanchéité à l'air des murs et des fenêtres.

Les inspecteurs municipaux ont été ravis de voir des gens adopter de telles méthodes de construction, qu'ils apprécient à leur juste valeur. La municipalité de Whitehorse s'est dotée de normes énergétiques parmi les plus strictes au Canada. Cette maison et l'équipe de constructeurs ont incité d'autres personnes à adopter la norme SuperGreen. Ils se sont fait les champions de cette pratique lors de déjeuners-causeries d'entrepreneurs. Ils n'ont jamais rencontré de constructeur d'un bâtiment SuperGreen qui ne soit pas très satisfait des résultats.

### Autres caractéristiques d'efficacité énergétique et de durabilité

- **Dispositifs de commande** : détecteur de mouvement à l'extérieur.
- **Éclairage** : lampes fluorescentes compactes (LFC) et quelques lampes à diodes électroluminescentes (DEL).
- **Électroménagers** : tous les appareils sont homologués ENERGY STARMD.
- **Autres caractéristiques** : chaque pièce est dotée de son propre thermostat, qui pourra être remplacé plus tard par un thermostat programmable.
- La dalle de béton teinte fait office de plancher fini.
- Les conduits d'évacuation des douches sont dotés de dispositifs de récupération de la chaleur des eaux ménagères.

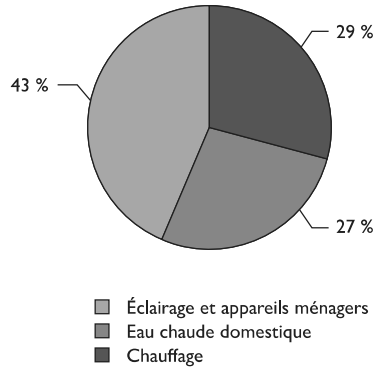
### Rendement de la consommation énergétique

La cote ÉnerGuide est une mesure du rendement énergétique d'une habitation. Le programme ÉnerGuide a été mis sur pied vers le milieu des années 1990. La cote est calculée au moyen d'une simulation informatique (HOT2000), qui utilise les paramètres réels du bâtiment, comme les valeurs de résistance thermique, l'efficacité des équipements mécaniques et l'étanchéité à l'air, ainsi que des paramètres standardisés d'occupation pour la charge des appareils électriques, la consommation d'eau chaude et les réglages du thermostat. La figure ci-dessous montre la répartition de la consommation énergétique de l'habitation présentée dans cette étude de cas.

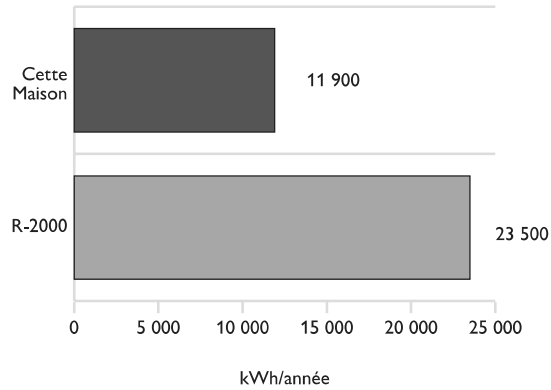
Le programme R2000, créé dans les années 1980, est la référence en matière de construction résidentielle de haute efficacité énergétique au Canada. Il a été mis à jour dernièrement mais, dans la présente étude, l'habitation a été comparée à l'ancienne norme, selon laquelle une habitation jugée efficace obtient une cote ÉnerGuide de 80 ou plus.

## COTE ÉNERGUIDE : 87

Consommation d'énergie par type d'utilisation finale



Consommation d'énergie annuel pour le chauffage des pièces et de l'eau



Latitude de l'habitation	60,5°N
Degrés-jours de chauffage par année	>6 000 DJC (°C)
Température moyenne en janvier	-16,2 °C (2,8 °F)
Température de calcul pour le chauffage en janvier	-41 °C (-43 °F)
Charge nominale du système de chauffage	7,5 kW (25 590 BTU/h)
Superficie chauffée, rez-de-chaussée et étages	112 m <sup>2</sup> (1 208 pi <sup>2</sup> )
Superficie chauffée sur la dalle	81 m <sup>2</sup> (874 pi <sup>2</sup> )
Superficie chauffée totale des aires habitables	112 m <sup>2</sup> (1 208 pi <sup>2</sup> )
Superficie au sol	93 m <sup>2</sup> (1 000 pi <sup>2</sup> )
Aire de fenêtrage	10,8 m <sup>2</sup> (116 pi <sup>2</sup> )
% de fenêtres face au sud	24 %
Taux de fuite d'air à -50 Pa (en fonctionnement réel)	0,4 RA/h
Surface de fuite équivalente à -10 Pa (en fonctionnement réel)	65,8 cm <sup>2</sup> (10,2 po <sup>2</sup> )
Consommation annuelle d'énergie par m <sup>2</sup>	184 kWh/m <sup>2</sup>
Consommation annuelle totale d'énergie projetée	20 656 kWh/an
Rendement réel comparativement aux factures des occupants	Données non disponibles – habitation occupée depuis moins d'un an au moment de la publication





# SuperGreen Maisons à Yukon

## Étude de cas #5 Chemin Carpiquet

**Résumé :** Cette étude de cas porte sur une maison qu'un entrepreneur a construite pour son fils (voir la figure 1). Elle comporte un mur extérieur en poteaux de 38x89 mm (2x4 po), dont les cavités sont isolées avec des billettes de polystyrène expansé doublées de panneaux de polystyrène expansé de 5 cm (2 po), et un mur intérieur en poteaux de 38x89 mm (2x4 po) isolé à la laine minérale. Cette conception simple facilite l'étanchéisation à l'air. La maison est chauffée avec des plinthes électriques.

## POURQUOI SUPERGREEN<sup>1</sup>?

### Commentaires du constructeur et des occupants

Le constructeur a justifié son adoption de SuperGreen en termes simples : « Construire une maison, c'est beaucoup de travail. Autant le faire correctement, et économiser le plus d'énergie et d'argent possible dans le chauffage. » Il a donc mis l'accent sur l'isolation et la qualité des fenêtres.

Le constructeur a fait appel au soutien technique de la Société d'habitation du Yukon pour prendre connaissance des nouveautés, puis a fait des recherches sur Internet pour en arriver à une conception de son cru. Il a fait la plomberie lui-même et a engagé un électricien et un poseur de carreaux, qu'il recommanderait tous deux. Il a fait tous les plans. Il donnait ses instructions, après quoi on discutait des détails au besoin.

Le constructeur n'a pas fait la simulation du Système de cote ÉnerGuide, mais il a suivi quelques conseils d'un spécialiste en énergie. Il est satisfait du processus et réutiliserait ce concept.

Selon le constructeur, la construction SuperGreen revient moins cher quand on compare les économies de combustible à long terme aux coûts additionnels d'isolation, tout en soulignant qu'il ne peut se prononcer que sur son approche personnelle de SuperGreen, et non sur celle des autres.



Figure 1 : Maison SuperGreen, Whitehorse (Yukon)

<sup>1</sup> SuperGreen est une norme de construction d'habitations à haut rendement énergétique de la Société d'habitation du Yukon.



## DÉTAILS TECHNIQUES

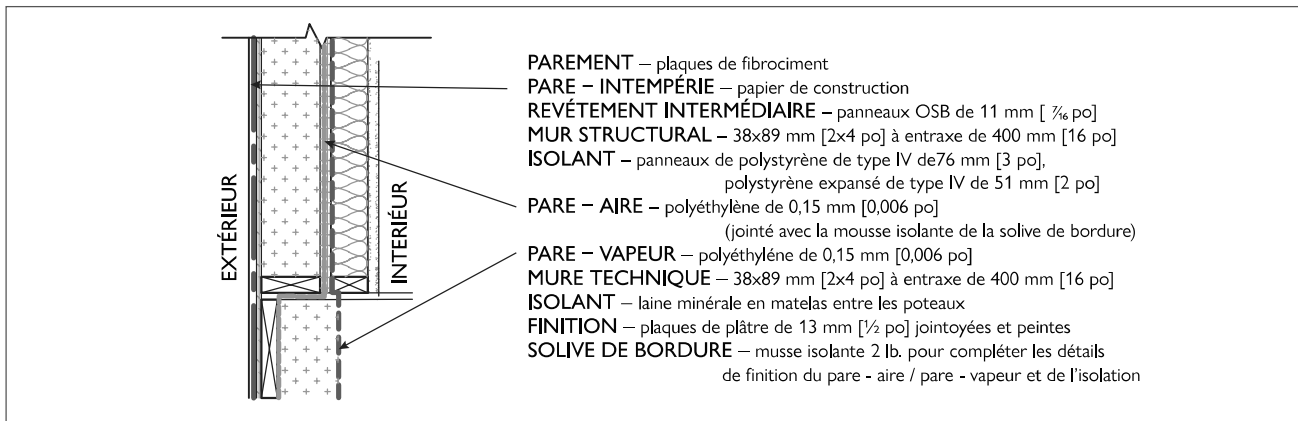


Figure 3 : Section de mur

### Enveloppe du bâtiment

- **Murs (voir la figure 3)** : mur extérieur en poteaux de 38x89 mm (2x4 po) rempli de mousse de polystyrène expansé de type IV, plus un revêtement continu de panneaux de polystyrène expansé de type IV et un pare-air/pare-vapeur, doublé d'un mur intérieur en poteaux de 38x89 mm (2x4 po) isolé à la laine minérale. Valeur RSI effective de 6,3 (R36).
- **Plafonds** : fermes à talons relevés, vide sous toit ventilé, isolant en fibre de verre. Valeur RSI totale de 12,3 (R70).
- **Fondations** : demi-sous-sol en rez-de-jardin, murs identiques aux murs du rez-de-chaussée, sauf que le mur extérieur est en poteaux de 38x140 (2x6 po).
- **Plancher de fondations** : solives de plancher en bois traité avec polystyrène expansé de type IV dans les cavités.
- **Fenêtres** : fixes et à battants, à triple vitrage, à lame d'argon et à faible émissivité (fabriquées en Alberta).
- **Portes** : en métal, remplies de mousse de polyuréthane.

### Systèmes mécaniques

- **Chauffage des locaux** : plinthes électriques.
- **Ventilation** : ventilateur récupérateur de chaleur (VRC) Eneready Diamond E, réseau complet de conduits, ERS de 70 % à -25 °C (-13 °F), équilibré à 54 L/s (114 pi<sup>3</sup>/min) à haut régime et à 24 L/s (50 pi<sup>3</sup>/min) à bas régime.
- **Eau chaude** : chauffe-eau électrique à réservoir.

### Leçons apprises

Le concept très simple n'a posé aucune difficulté majeure : les plans étaient faits et le constructeur avait une idée claire des travaux à accomplir.

Les murs ont été conçus de manière à s'assembler rapidement, à avoir une bonne résistance thermique et à ne laisser pénétrer aucune humidité risquant de causer l'apparition de moisissure. Ce système facile à construire a permis de bâtir une maison très étanche à l'air sans grand effort. Le constructeur avait été témoin de l'érection d'assemblages muraux superisolés et souhaitait simplifier le processus pour son chantier.



Il a commencé par bâtir un mur structural en poteaux de 38x140 mm (2x6 po) pour le sous-sol à fondations en bois. Les cavités ont été remplies de billettes en mousse de polystyrène expansé. Il a ensuite posé des panneaux de polystyrène expansé de 5 cm (2 po) sur la face intérieure du mur, puis un pare-air/pare-vapeur sur la face intérieure des panneaux. Il a ensuite adossé au pare-air/pare-vapeur un mur intérieur en poteaux de 38x89 mm (2x4 po) pour la plomberie et l'électricité. Les cavités de ce mur ont été remplies de laine minérale en matelas d'une valeur RSI de 2,5 (R14). Les murs du rez-de-chaussée ont été construits de la même manière, sauf que le mur structural est fait en poteaux de 38x89 mm (2x4 po).

Les fenêtres ont été commandées auprès d'un fabricant albertain en raison de leur garantie de 25 ans. Les portes ont été achetées dans la région (voir la figure 4).



Figure 4 : Fenêtre et porte extérieure

Au plafond, une feuille de polyéthylène a été placée sur la face intérieure des fermes, puis des fourrures de 38x64 mm (2x3 po) ont été ajoutées, dont les cavités ont été remplies d'isolant en matelas de fibre de verre d'une valeur RSI de 1,4 (R8). Il a ensuite ajouté lui-même des matelas de fibre de verre dans le vide sous toit. Ce fut un travail fastidieux, mais le constructeur ne fait pas confiance aux isolants soufflés.

L'isolation du plancher des fondations a été simple, et le constructeur répéterait l'expérience.

Le constructeur a opté pour le chauffage électrique, car celui-ci est efficace à 100 % (1 kW d'électricité égale 1 kW de chaleur), peu coûteux à installer et ne nécessite presque pas d'entretien.

### Autres caractéristiques d'efficacité énergétique et de durabilité

- **Dispositifs de commande** : thermostat programmable.
- **Éclairage** : lampes à DEL, détecteurs de mouvement à l'extérieur sous les débords de toit, à l'arrière, à l'avant et sur les côtés de la maison.
- **Électroménagers** : tous les appareils sont homologués ENERGY STARMD.

### Rendement de la consommation énergétique

La cote ÉnerGuide est une mesure du rendement énergétique d'une habitation. Le programme ÉnerGuide a été mis sur pied vers le milieu des années 1990. La cote est calculée au moyen d'une simulation informatique (HOT2000), qui utilise les paramètres réels du bâtiment, comme les valeurs de résistance thermique, l'efficacité des équipements mécaniques et l'étanchéité à l'air, ainsi que des paramètres standardisés d'occupation pour la charge des appareils électriques, la consommation d'eau chaude et les réglages du thermostat. La figure ci-dessous montre la répartition de la consommation énergétique de l'habitation présentée dans cette étude de cas.

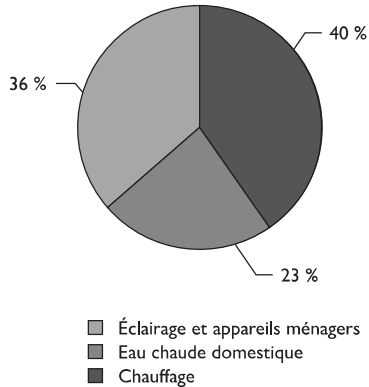
Le programme R2000, créé dans les années 1980, est la référence en matière de construction résidentielle de haute efficacité énergétique au Canada. Il a été mis à jour dernièrement mais, dans la présente étude, l'habitation a été comparée à l'ancienne norme, selon laquelle une habitation jugée efficace obtient une cote ÉnerGuide de 80 ou plus.



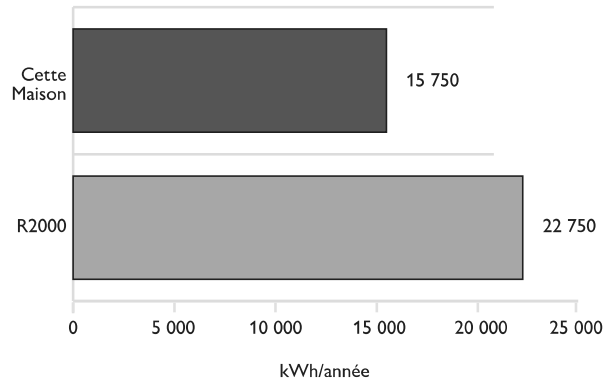


## COTE ÉNERGUIDE : 85

Consommation d'énergie par type d'utilisation finale



Consommation d'énergie annuel pour le chauffage des pièces et de l'eau



Latitude de l'habitation	60,5°N
Degrés-jours de chauffage par année	>6 000 DJC (°C)
Température moyenne en janvier	-16,2 °C (2,8 °F)
Température de calcul pour le chauffage en janvier	-41 °C (-43 °F)
Charge nominale du système de chauffage	8,5 kW (29 003 BTU/h)
Superficie chauffée, rez-de-chaussée et étages	99 m <sup>2</sup> (1 064 pi <sup>2</sup> )
Superficie chauffée, sous-sol fini	99 m <sup>2</sup> (1 064 pi <sup>2</sup> )
Aire habitable totale	198 m <sup>2</sup> (2 128 pi <sup>2</sup> )
Superficie au sol	112 m <sup>2</sup> (1 200 pi <sup>2</sup> )
Aire de fenêtrage	17 m <sup>2</sup> (183 pi <sup>2</sup> )
% de fenêtres face au sud	7 %
Taux de fuite d'air à -50 Pa (en fonctionnement réel)	0,56 RA/h
Surface de fuite équivalente à -10 Pa (en fonctionnement réel)	125 cm <sup>2</sup> (19,4 po <sup>2</sup> )
Consommation annuelle d'énergie par m <sup>2</sup>	124 kWh/m <sup>2</sup>
Consommation annuelle totale d'énergie projetée	24 460 kWh/an
Rendement réel comparativement aux factures des occupants	Données non disponibles – habitation occupée depuis moins d'un an au moment de la publication





# SuperGreen Maisons à Yukon

## Étude de cas #6 Promenade Aksala

**Résumé :** Cette étude de cas porte sur une maison (voir la figure 1) conçue par une propriétaire-occupante architecte et construite par son frère, un constructeur de la région. L'ossature des murs est en poteaux de 38x89 mm (2x4 po), avec un système d'isolation par l'extérieur composé de panneaux rigides de polystyrène expansé de type IV d'une épaisseur totalisant 150 mm (6 po). La maison est chauffée au moyen de plinthes électriques.

## POURQUOI SUPERGREEN<sup>1</sup>?

### Commentaires du constructeur et des occupants

La conceptrice et son conjoint, tous deux architectes, avaient déjà été propriétaires d'un logement en copropriété SuperGreen. Ils souhaitaient expérimenter sur leur propre maison leur capacité à réaliser des économies à long terme et à réduire leur consommation de combustibles fossiles. Le frère de la conceptrice, un constructeur de la région, souhaitait relever de nouveaux défis et a saisi l'occasion de s'initier à SuperGreen.

Pour la conception, les architectes ont fait appel à leurs connaissances ainsi qu'aux informations fournies par le Cold Climate Housing Research Center (CCHRC) de Fairbanks, en Alaska. Le concept retenu mise sur une excellente isolation des murs et des fenêtres de qualité supérieure. Un expert en énergie de la région a participé à la conception des systèmes mécaniques.



Figure 1 : Maison SuperGreen, Whitehorse (Yukon)

### Emplacement

Cette habitation SuperGreen est située dans le lotissement de Whistle Bend à Whitehorse (Yukon).

### Équipe de conception et de construction

L'équipe a dessiné la plupart des plans, sauf ceux du système de ventilation, qui ont changé pendant la construction. Le constructeur a dû faire beaucoup de recherches pour s'assurer du bon fonctionnement de tous les systèmes.

<sup>1</sup> SuperGreen est une norme de construction d'habitations à haut rendement énergétique de la Société d'habitation du Yukon.

C'était la première fois que les ouvriers qualifiés engagés travaillaient ensemble sur une maison SuperGreen, mais ils s'étaient recommandés les uns les autres. Les propriétaires-concepteurs étaient sur le chantier la plupart du temps, tous les jours. Comme le constructeur était également présent, les ouvriers ne risquaient pas de dévier du plan. Leur approche de coordination était très interventionniste, et les ouvriers devaient suivre les directives.

Plusieurs membres de la famille sont venus donner un coup de main, ce qui a aidé à réduire les coûts.

## Type d'habitation

Maison individuelle de taille modeste totalisant 204 m<sup>2</sup> (2 195 pi<sup>2</sup>), en incluant les espaces aménagés et non aménagés. Un appartement accessoire de 80,4 m<sup>2</sup> (865 pi<sup>2</sup>) permet de générer un revenu locatif qui aide à assumer les charges hypothécaires. Il n'y a pas de garage attenant. L'appartement comporte un rez-de-chaussée et un sous-sol aménagé, tandis que l'habitation principale a deux étages et un sous-sol non aménagé.

## DÉTAILS TECHNIQUES

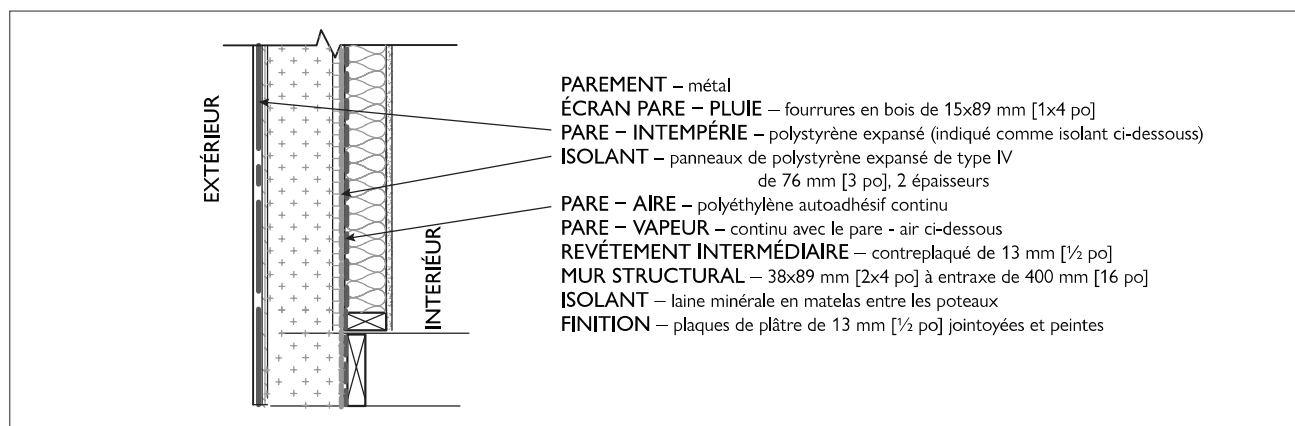


Figure 2 : Section de mur

## Enveloppe du bâtiment

- **Murs (voir la figure 2)** : ossature en poteaux de 38x89 mm (2x4 po) avec isolant en matelas de fibre de verre, revêtement intermédiaire extérieur en contreplaqué avec pare-air/pare-vapeur sur la face extérieure, puis ajout de 6 pouces d'isolant en panneaux de polystyrène expansé, d'une membrane pare-intempéries, d'un fond de clouage en bois et d'un parement. Valeur RSI effective de 7,6 (R43).
- **Plafonds** : fermes à talons relevés, vide sous toit ventilé, valeur RSI de 12,3 (R70), cellulose soufflée.
- **Fondations** : sous-sol pleine hauteur, fondations en poteaux de bois traité de 38x184 mm (2x8 po) avec 10 mm (4 po) de polystyrène expansé de type IV, membrane autoadhésive Blueskin.
- **Plancher de fondations** : 10 mm (4 po) d'isolant en polystyrène expansé HS40 de type IV, pare-air/pare-vapeur en polyéthylène, dormants en poteaux de bois traité de 38x140 mm (2x6 po), revêtement de plancher en contreplaqué de 1,3 mm (0,5 po).
- **Fenêtres** : en vinyle, fixes et à battants, à triple vitrage, à lame d'argon et à faible émissivité (fabriquées dans la région).
- **Portes** : en métal, remplies de mousse de polyuréthane, avec fenêtre à double vitrage.



## Systèmes mécaniques

- **Chauffage des locaux** : plinthes électriques, un foyer au gaz propane sera ajouté pour l'ambiance et comme système d'appoint.
- **Ventilation** : ventilateur récupérateur de chaleur (VRC) Venmar EKO 1.5, avec moteur à commutation électronique et réseau complet de conduits, ERS de 64 % à -25 °C (-13 °F), équilibré à 61 L/s (130 pi<sup>3</sup>/min) à haut régime et à 31 L/s (65 pi<sup>3</sup>/min) à bas régime pour l'habitation principale et à 42 L/s (90 pi<sup>3</sup>/min) à haut régime et à 21 L/s (45 pi<sup>3</sup>/min) à bas régime pour l'appartement.
- **Eau chaude** : chauffe-eau électrique à réservoir distinct pour chaque logement.
- **Système d'énergie renouvelable** : il ne sera pas difficile d'ajouter un système solaire photovoltaïque, que les propriétaires souhaitent installer d'ici cinq ans.

## Leçons apprises

Le constructeur souhaitait faire l'expérience d'un système mural du CCHRC et essayer des méthodes que les autres constructeurs locaux n'emploient pas. Les travaux ont été un peu plus longs que prévu, car on avait sous-estimé le temps nécessaire pour poser les panneaux isolants de 150 mm (6 po). L'assemblage des différentes strates du mur a nécessité un plus grand nombre d'étapes qu'il n'avait été prévu au départ.

Les panneaux de mousse se sont avérés difficiles à manipuler : leur découpage était long et ardu, et il était difficile de localiser les poteaux sous les panneaux, de sorte que le constructeur passait occasionnellement à côté.

Les ouvriers qualifiés n'ont eu aucune difficulté à poser le pare-air/pare-vapeur en polyéthylène, même s'ils n'avaient pas l'habitude de voir celui-ci du côté extérieur du revêtement intermédiaire. L'ingénieur en structures avait conseillé de réduire au minimum le nombre de perforations dans les poteaux de 38x89 mm (2x4 po) des murs, directive qui n'a pas toujours été suivie par les ouvriers.

Si c'était à refaire, les concepteurs conserveraient leur système mural. Ils utiliseraient des fermes plus épaisses pour y mettre plus d'isolant et porter la valeur RSI de la toiture à 17,6 (R100). Le constructeur aimerait essayer le concept du « toit chaud ».

La construction des murs de fondation a été très facile et sans problème. Le constructeur a trouvé plus facile de travailler les panneaux de mousse sous le niveau du sol. Après réflexion, les propriétaires ont indiqué qu'ils auraient dû mieux isoler le plancher en ajoutant plus de mousse projetée ou d'isolant de fibre de verre en matelas.

Les propriétaires ont collaboré avec un spécialiste du Système de cote ÉnerGuide de la région, qui a vérifié le concept final en fonction du programme ÉnerGuide. Ils auraient toutefois préféré travailler avec le programme avant le début de la planification afin de tester différents types de murs pour voir si un autre système aurait été meilleur (ou moins cher).

Au départ, l'inspecteur n'a pas compris la position du pare-air/pare-vapeur, mais tout est rentré dans l'ordre après que le système mural lui eut été expliqué.

Les propriétaires ont opté pour le chauffage à l'électricité en raison de son bas coût d'installation. De plus, la maison étant très bien isolée, ils ne s'attendaient pas à consommer beaucoup d'électricité pour le chauffage. Avec le recul, ils estiment qu'ils auraient pu envisager d'autres systèmes de chauffage plus efficaces, comme une pompe à chaleur, mais ils ne voulaient pas de générateur d'air chaud.



Figure 3 : Vue extérieure à partir de la salle de séjour



Depuis la construction, la mère de la propriétaire, sur le point de se construire une maison, a décidé d'opter pour un concept SuperGreen, estimant que la réduction des factures et la construction d'une maison plus efficace valaient l'investissement.

Le constructeur croit que la plupart des gens s'en tiennent aux méthodes qu'ils connaissent parce qu'ils craignent d'avoir des problèmes s'ils font une erreur de construction. Il convient que le coût de construction d'une maison SuperGreen est légèrement plus élevé, mais la majorité de l'effort est investi dans l'isolation et la continuité du pare-vapeur.

Il souhaiterait voir augmenter le nombre de déjeuners-causeries d'entrepreneurs, afin que les constructeurs aient moins l'impression de faire cavalier seul. Il estime également qu'il devrait y avoir plus d'incitatifs pour les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique.

### Autres caractéristiques d'efficacité énergétique et de durabilité

- **Dispositifs de commande** : capteurs de mouvement et de lumière à l'extérieur. Thermostats sans fil pour les plinthes chauffantes, que les propriétaires espèrent apprendre un jour à commander avec leur téléphone intelligent.
- **Éclairage** : 50 % de lampes à DEL (le reste sera graduellement converti aux DEL) et quelques lampes à halogène.
- **Électroménagers** : tous les appareils sont homologués ENERGY STARMD. Poêle-cuisinière au gaz avec four électrique.
- **Autres caractéristiques** : la plupart des fenêtres sont orientées vers le sud et l'ouest pour maximiser les gains solaires.

### Rendement de la consommation énergétique

La cote ÉnerGuide est une mesure du rendement énergétique d'une habitation. Le programme ÉnerGuide a été mis sur pied vers le milieu des années 1990. La cote est calculée au moyen d'une simulation informatique (HOT2000), qui utilise les paramètres réels du bâtiment, comme les valeurs de résistance thermique, l'efficacité des équipements mécaniques et l'étanchéité à l'air, ainsi que des paramètres standardisés d'occupation pour la charge des appareils électriques, la consommation d'eau chaude et les réglages du thermostat. La figure ci-dessous montre la répartition de la consommation énergétique de l'habitation présentée dans cette étude de cas.

Le programme R2000, créé dans les années 1980, est la référence en matière de construction résidentielle de haute efficacité énergétique au Canada. Il a été mis à jour dernièrement mais, dans la présente étude, l'habitation a été comparée à l'ancienne norme, selon laquelle une habitation jugée efficace obtient une cote ÉnerGuide de 80 ou plus.

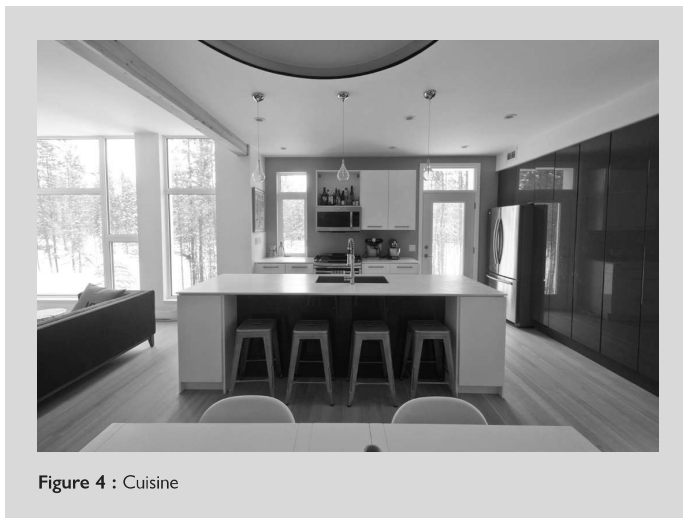
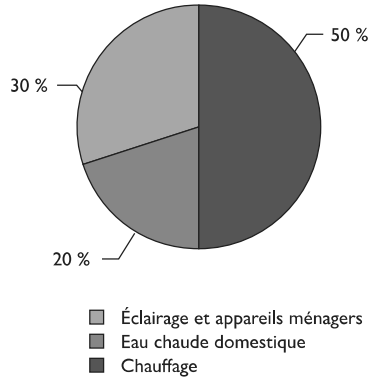


Figure 4 : Cuisine

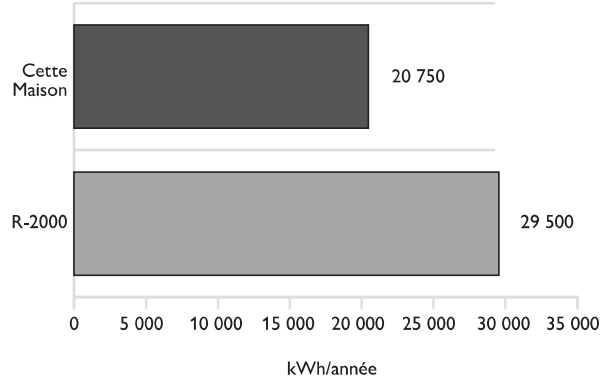


## COTE ÉNERGUIDE : 85

Consommation d'énergie par type d'utilisation finale



Consommation d'énergie annuel pour le chauffage des pièces et de l'eau



Latitude de l'habitation	60,5°N
Degrés-jours de chauffage par année	>6 000 DJC (°C)
Température moyenne en janvier	-16,2 °C (2,8 °F)
Température de calcul pour le chauffage en janvier	-41 °C (-43 °F)
Charge nominale du système de chauffage	15,5 kW (52 888) BTU/h)
Superficie chauffée, rez-de-chaussée et étages	171 m <sup>2</sup> (1 840 pi <sup>2</sup> )
Superficie chauffée, sous-sol fini	103 m <sup>2</sup> (1 104 pi <sup>2</sup> )
Aire habitable totale	274 m <sup>2</sup> (2 944 pi <sup>2</sup> )
Superficie au sol	124 m <sup>2</sup> (1 337 pi <sup>2</sup> )
Aire de fenêtrage	46 m <sup>2</sup> (496 pi <sup>2</sup> )
% de fenêtres face au sud	41 %
Taux de fuite d'air à -50 Pa (en fonctionnement réel)	0,7 RA/h
Surface de fuite équivalente à -10 Pa (en fonctionnement réel)	216 cm <sup>2</sup> (33,5 po <sup>2</sup> )
Consommation annuelle d'énergie par m <sup>2</sup>	107 kWh/m <sup>2</sup>
Consommation annuelle totale d'énergie projetée	29 423 kWh/an
Rendement réel comparativement aux factures des occupants	Données non disponibles – habitation occupée depuis moins d'un an au moment de la publication







# SuperGreen Maisons à Yukon

## Étude de cas #7 Chemin Takhini Hot Springs

**Résumé :** Cette étude de cas porte sur une maison construite par un propriétaire-occupant avec des panneaux structuraux isolés à haute efficacité. La maison, de conception simple (voir la figure 1), est située sur le chemin Takhini Hot Springs, à 15 km de Whitehorse. Le propriétaire-occupant a choisi de construire une maison à haute efficacité, même s'il n'y était pas contraint par les règlements sur le rendement thermique de la municipalité. La maison est chauffée au bois, et compte également un système de chauffage auxiliaire traditionnel à l'électricité

### POURQUOI SUPERGREEN<sup>1</sup>?

#### Commentaires du constructeur et des occupants

Le propriétaire-occupant a suivi un cours d'autoformation à l'intention des propriétaires-occupants et des constructeurs de la Société d'habitation du Yukon, qui comprenait une présentation sur les techniques de construction pour atteindre une très haute efficacité énergétique. Il était en train de concevoir sa « maison de retraite »; ses critères étaient la réduction au minimum des coûts d'occupation et d'entretien ainsi que la facilité d'utilisation. Les panneaux structuraux isolés (voir la figure 2) coûtaient globalement moins cher à installer, en plus de produire moins de déchets. Il souhaitait construire une maison à la fois écologique et abordable.

Le propriétaire et son épouse auraient aimé inclure des technologies à énergie renouvelable, mais ils préféraient attendre que leur rentabilité soit mieux éprouvée. Ils se sont donc concentrés sur l'isolation et l'étanchéité à l'air, ainsi que sur une architecture compacte. La maison a été bâtie avec des panneaux structuraux isolés, complétés d'une isolation supplémentaire, de fenêtres à quadruple vitrage et de portes extérieures doubles. La superficie de vitrage a été maximisée afin de tirer profit des gains solaires.



<sup>1</sup> SuperGreen est une norme de construction d'habitations à haut rendement énergétique de la Société d'habitation du Yukon.

Le propriétaire a consulté les informations tirées du cours de la Société d'habitation du Yukon, des spécialistes et des consultants en énergie de la région, les fabricants de fenêtres de la région, le fabricant des panneaux structuraux isolés, un inspecteur en bâtiment, un ingénieur civil, un concepteur de bâtiment et un charpentier.

## Emplacement

Cette maison SuperGreen est située dans une zone agricole près du chemin Takhini Hot Springs, à proximité de Whitehorse (Yukon).

## Équipe de conception et de construction

Le propriétaire et son épouse ont imaginé le concept et dessiné les plans. Ils ont remis ceux-ci au fabricant de panneaux structuraux isolés, qui a fait les devis d'ingénierie. Ils ont commencé par engager un ami charpentier. Ensemble, ils ont appris à assembler les panneaux structuraux isolés préfabriqués pour bâtir les murs et le toit, à partir des détails de construction fournis par le fabricant. Par exemple, ils ont utilisé de grosses attaches autobloquantes pour joindre les panneaux de manière étanche.

L'équipe était ouverte à l'expérimentation, à la résolution de problèmes et à la réflexion collective pour régler les détails. Le propriétaire et son charpentier ont effectué la plupart des travaux spécialisés et n'ont fait appel à des ouvriers qualifiés qu'en cas de nécessité.

La maison a été conçue et construite de manière à ce que les occupants puissent en prendre soin eux-mêmes et maîtriser les coûts. Le couple cherchait d'abord et avant tout à se construire un logement adapté à ses besoins. Ils n'ont pas fait appel au programme du Système de cote ÉnerGuide. L'inspecteur en bâtiment leur a été d'un grand secours et leur a donné de précieux conseils pour régler les problèmes au fur et à mesure.

Le propriétaire estime que les entrepreneurs, les ouvriers qualifiés et les propriétaires-occupants tireraient tous profit de la formation offerte par SuperGreen (en particulier sur les panneaux structuraux isolés), et que les programmes incitatifs sont de bons véhicules de promotion.

Il observe que, comme le chauffage coûte très cher, il vaut la peine d'investir un peu plus au départ dans des éléments relativement peu coûteux comme l'isolant et l'étanchéité à l'air.

## Type d'habitation

Maison individuelle de taille modeste à deux étages reposant sur un vide sanitaire de 2 m (6,6 pi) de hauteur et ayant une superficie habitable de 214 m<sup>2</sup> (2 300 pi<sup>2</sup>). La maison ne possède ni garage ni appartement accessoire locatif. Une remise à bois est accolée à la maison. Le vide sanitaire offre 88 m<sup>2</sup> (952 pi<sup>2</sup>) d'espace pour le rangement et les installations techniques (réservoir à eau chaude, VRC).

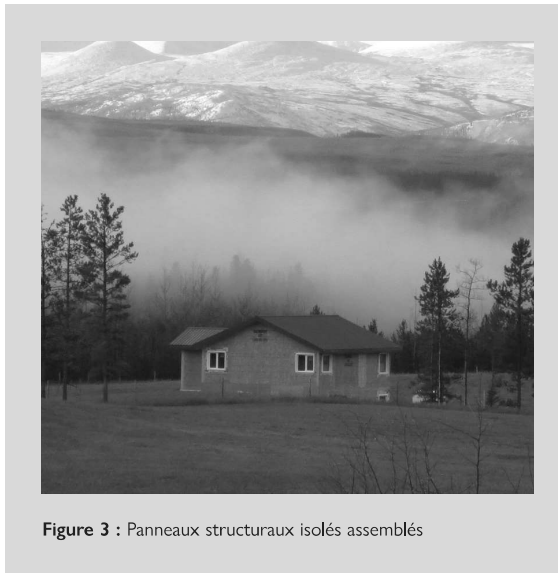


Figure 3 : Panneaux structuraux isolés assemblés

## DÉTAILS TECHNIQUES

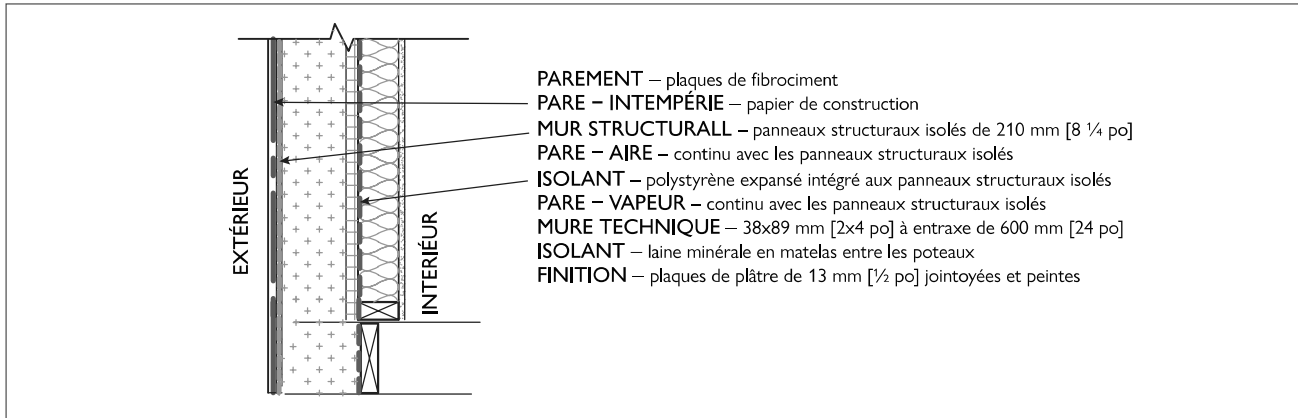


Figure 4 : Section de mur

### Enveloppe du bâtiment

- **Murs (voir la figure 4)** : panneaux structuraux isolés de 21 mm (8 ¼ po) RSI 6,4 (R36); mur intérieur en poteaux de 38x89 mm (2x4 po) contre les panneaux structuraux isolés, avec de l'isolant en matelas de fibre de verre. Valeur RSI effective de 9 (R51,5).
- **Plafonds** : plafond cathédrale de type « toit chaud » en panneaux structuraux isolés de 300 mm (12 po), valeur RSI effective de 9,2 (R52).
- **Fondations** : vide sanitaire en bois traité avec doubles poteaux décalés assis sur une semelle en béton. Les sections de mur de l'étage principal situées sous le niveau du sol sont construites de la même façon que les murs du vide sanitaire.
- **Plancher de fondations** : polystyrène expansé de type IV et polyéthylène de 0,15 mm (0,006 po) recouvert de gravier fin lavé.
- **Fenêtres** : fixes et à battants, à quadruple vitrage et lame d'argon et à faible émissivité (fabriquées dans la région).
- **Portes** : doubles portes en métal remplies de mousse de polyuréthane, avec vitrage, fabriquées dans la région.

### Systèmes mécaniques

- **Chauffage des locaux** : système primaire – poêles à bois EPA (un grand pour le chauffage principal, un plus petit pour chauffer la salle de séjour si nécessaire). Système secondaire – plinthes électriques.
- **Ventilation** : ventilateur récupérateur de chaleur (VRC) Vanee 1001, réseau complet de conduits, ERS de 67 % à -25 °C (-13 °F), équilibré à 66 L/s (140 pi<sup>3</sup>/min) à haut régime et à 35 L/s (75 pi<sup>3</sup>/min) à bas régime.
- **Eau chaude** : chauffe-eau électrique à réservoir.



## Leçons apprises

Le système mural a été choisi pour son efficacité énergétique et sa facilité de mise en œuvre. Bien que n'ayant aucune expérience des autres systèmes muraux de haute efficacité énergétique, le propriétaire s'est dit satisfait de la conception de la maison et des panneaux structuraux isolés. Selon lui, les constructeurs et les entrepreneurs sont réticents à utiliser des panneaux structuraux isolés parce qu'ils n'en ont jamais fait l'expérience et qu'ils doivent se le procurer hors de la région, ce qui n'est pas profitable pour eux. Il estime toutefois que pour un propriétaire-occupant, les panneaux structuraux isolés sont avantageux et s'installent rapidement.

Le propriétaire répéterait également l'expérience des murs de fondation construits sur place, qui se sont révélés peu coûteux et faciles à construire.

De l'isolant en matelas de fibre de verre a été utilisé pour les fondations en raison de son faible coût; l'autre solution aurait été de l'isolant en mousse projetée.

Des fenêtres à quadruple vitrage (voir la figure 5) ont été choisies pour leur efficacité énergétique supérieure. Elles présentaient une valeur R de 45 % supérieure à celle des fenêtres à triple vitrage avec pellicule à faible émissivité, pour une différence de coût de seulement 25 %. Le propriétaire opterait encore pour ces fenêtres, mais il admet que leur poids complique l'installation. Elles présentent l'avantage supplémentaire d'une meilleure insonorisation.

La porte d'entrée principale est une porte simple massive donnant sur un vestibule arctique. Le propriétaire a choisi d'installer des portes massives et de placer des fenêtres à quadruple vitrage juste à côté pour faire entrer la lumière, au lieu d'installer des portes à vitrage.

Les autres entrées sont dotées de portes doubles qui fonctionnent bien; le propriétaire craignait le gel entre les deux portes, mais le problème ne s'est pas manifesté jusqu'à présent. La formation d'un sas d'air nécessitait un compromis entre les impératifs esthétiques et pratiques. Il s'est avéré que l'épaisseur du mur (330 mm, ou 13 po) était idéale pour des portes doubles. La fermeture des portes chasse l'air entre les deux, ce qui permet de garder la porte intérieure plus chaude.

Le propriétaire ne changerait pas sa méthode d'isolation du plafond à voûtes (voir la figure 6). Efficace et peu coûteuse, elle a permis d'éviter en grande partie les problèmes de ventilation qui peuvent survenir dans le vide sous toit. Un pare-vapeur n'était pas nécessaire, puisque les panneaux structuraux isolés font office de pare-air/pare-vapeur, mais le propriétaire en a posé un quand même, par acquit de conscience.



Figure 5 : Fenêtres à quadruple vitrage



Figure 6 : Plafond à voûtes

Pour le système de chauffage, les décisions du propriétaire ont été principalement motivées par l'abordabilité des plinthes électriques et des poêles à bois (voir la figure 7). Le bois est abondant et bon marché dans la région. Les plinthes chauffantes sont le choix le moins coûteux à l'installation, et les coûts de fonctionnement d'un poêle à bois sont faibles. Le thermostat des plinthes chauffantes est réglé à la température minimale de 10 degrés Celsius et il s'avère qu'elles chauffent rarement.

Pour que l'air chaud monte librement à l'étage par effet de convection, le retrait technique de la cheminée a été laissé ouvert. Le propriétaire transporte le bois de chauffage dans une « boîte à bois », comme à l'époque du charbon. La boîte à bois est attenante à la remise à bois, et on la remplit de l'extérieur. Le propriétaire a mûrement réfléchi son système d'entreposage et d'accès au bois de chauffage, afin de ne pas avoir à transporter du bois en passant par la maison. Il s'attend à brûler entre 3 et 3 ½ cordes de bois par année.

La norme SuperGreen a influé sur le choix de système de chauffage du propriétaire; celui-ci croit que la capacité d'utiliser le bois comme première source de chaleur est la solution de chauffage la plus économique. Pour l'avenir, il compte explorer d'autres systèmes de chauffage, comme une pompe à chaleur à air, pour optimiser l'efficacité énergétique du système de chauffage électrique.

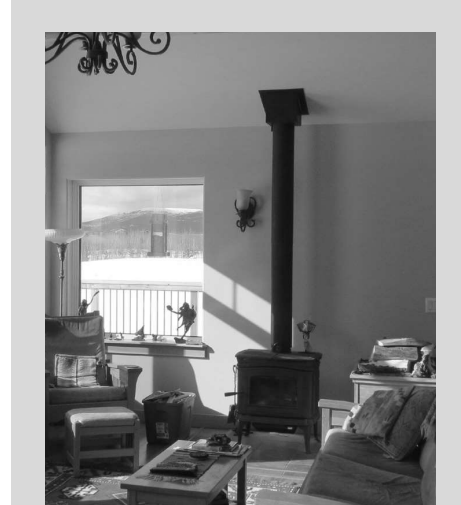


Figure 7 : Poêle à bois

### Autres caractéristiques d'efficacité énergétique et de durabilité

- **Éclairage** : lampes à DEL en majorité, et quelques lampes fluorescentes compactes.
- **Électroménagers** : tous les appareils sont homologués ENERGY STAR MD.
- **Autres caractéristiques** : quatre barils de récupération des eaux de pluie pour le jardin; cuisinière à induction; système simple de ventilation de haute efficacité utilisant le ventilateur de la salle de bains pour faire circuler l'air chaud du poêle à bois vers les autres pièces; ventilateur au plafond de la cage d'escalier pour faire circuler la chaleur. Les résidus de bois de construction ont été récupérés pour servir de bois d'allumage du poêle.

### Rendement de la consommation énergétique

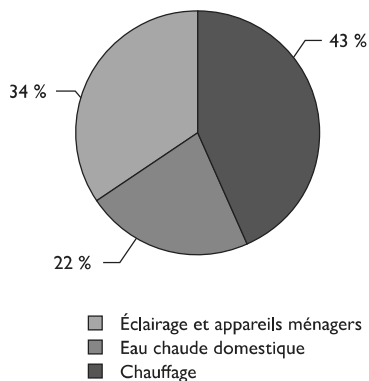
La cote ÉnerGuide est une mesure du rendement énergétique d'une habitation. Le programme ÉnerGuide a été mis sur pied vers le milieu des années 1990. La cote est calculée au moyen d'une simulation informatique (HOT2000), qui utilise les paramètres réels du bâtiment, comme les valeurs de résistance thermique, l'efficacité des équipements mécaniques et l'étanchéité à l'air, ainsi que des paramètres standardisés d'occupation pour la charge des appareils électriques, la consommation d'eau chaude et les réglages du thermostat. La figure ci-dessous montre la répartition de la consommation énergétique de l'habitation présentée dans cette étude de cas.

Le programme R2000, créé dans les années 1980, est la référence en matière de construction résidentielle de haute efficacité énergétique au Canada. Il a été mis à jour dernièrement mais, dans la présente étude, l'habitation a été comparée à l'ancienne norme, selon laquelle une habitation jugée efficace obtient une cote ÉnerGuide de 80 ou plus.

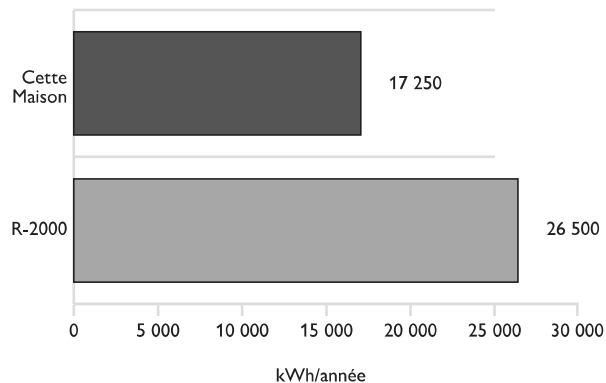


## COTE ÉNERGUIDE : 85

Consommation d'énergie par type d'utilisation finale



Consommation d'énergie annuel pour le chauffage des pièces et de l'eau



Latitude de l'habitation	60,5°N
Degrés-jours de chauffage par année	>6 000 DJC (°C)
Température moyenne en janvier	-16,2 °C (2,8 °F)
Température de calcul pour le chauffage en janvier	-41 °C (-43 °F)
Charge nominale du système de chauffage	10,5 kW (35 827 BTU/h)
Superficie chauffée, rez-de-chaussée et étages	185 m <sup>2</sup> (1 988 pi <sup>2</sup> )
Superficie chauffée du vide sanitaire	88 m <sup>2</sup> (952 pi <sup>2</sup> )
Aire habitable totale	185 m <sup>2</sup> (1 988 pi <sup>2</sup> )
Superficie au sol	100 m <sup>2</sup> (1 080 pi <sup>2</sup> )
Aire de fenêtrage	31,8 m <sup>2</sup> (342 pi <sup>2</sup> )
% de fenêtres face au sud	61 %
Taux de fuite d'air à -50 Pa (en fonctionnement réel)	1 RA/h
Surface de fuite équivalente à -10 Pa (en fonctionnement réel)	277 cm <sup>2</sup> (43 po <sup>2</sup> )
Consommation annuelle d'énergie par m <sup>2</sup>	140 kWh/m <sup>2</sup>
Consommation annuelle totale d'énergie projetée	25 936 kWh/an
Rendement réel comparativement aux factures des occupants	Données non disponibles – habitation occupée depuis moins d'un an au moment de la publication

# SuperGreen Maisons à Yukon

## Étude de cas #8 Chemin Nijmegen

**Résumé :** Cette étude de cas porte sur une maison jumelée (voir la figure 1) construite par un entrepreneur-concepteur qui a intégré des concepts éprouvés, simples et de haute qualité avec l'efficacité énergétique de la norme SuperGreen. Il s'agit du premier logement certifié Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) Canada pour les habitations au Yukon. L'habitation comporte un double mur en poteaux de 38x89 mm (2x4 po) dont les cavités sont remplies de mousse projetée de faible densité. Le bâtiment est chauffé à l'électricité, et comporte également un accumulateur thermique dans le plancher du sous-sol pour réduire les pointes de consommation d'électricité.

## POURQUOI SUPERGREEN<sup>1</sup>?

### Commentaires du constructeur et des occupants

Le point tournant, pour le concepteur-constructeur, a été l'affirmation « rien n'est plus simple » entendue lors d'une conférence sur une maison SuperGreen construite par la Société d'habitation du Yukon à Watson Lake. Il a alors pris la décision de construire une habitation à haute efficacité énergétique, pour sa durabilité et pour se prémunir des fluctuations des prix de l'énergie.

Il s'agit de deux maisons jumelées de deux étages avec sous-sol, sans garage chauffé attendant ni appartement accessoire. La construction du bâtiment répond à une volonté d'investir et de démontrer les bienfaits de l'efficacité énergétique.

### Emplacement

Cette habitation SuperGreen est située sur un terrain intercalaire du quartier Takhini North, à Whitehorse (Yukon).



Figure 1 : Maison SuperGreen, Whitehorse (Yukon)

<sup>1</sup> SuperGreen est une norme de construction d'habitations à haut rendement énergétique de la Société d'habitation du Yukon.

## Équipe de conception et de construction

Le concept est fondé sur les principes de conception de la Société d'habitation du Yukon, notamment une généreuse isolation. Un entrepreneur en petits projets de construction a accepté le mandat de construire cette habitation. L'entrepreneur n'avait aucune expérience en construction SuperGreen, mais il souhaitait innover et expérimenter de nouvelles méthodes.

Les ouvriers qualifiés affectés au projet avaient déjà travaillé en équipe sur d'autres chantiers résidentiels. Ils ont travaillé efficacement ensemble sous la supervision et la coordination du propriétaire-construteur, présent sur le chantier. Aucun des ouvriers n'avait préparé de dessins techniques avant les travaux, mais une réunion tenue lors de la mise en chantier a servi à anticiper les difficultés potentielles. Étant donné que la conception était basée sur la norme SuperGreen de la Société d'habitation du Yukon, le programme du Système de cote ÉnerGuide n'a pas été utilisé pour évaluer les différents choix de construction et scénarios possibles.

Toutefois, le concept final a fait l'objet d'une modélisation ÉnerGuide pour l'obtention de la certification LEED.

Type d'habitation : Maisons jumelées de deux étages reposant sur un sous-sol pleine hauteur non aménagé. Chaque logement a une superficie de 89 m<sup>2</sup> (960 pi<sup>2</sup>). Habitation construite sans commande et certifiée LEED Canada pour les habitations, niveau Or.

## DÉTAILS TECHNIQUES

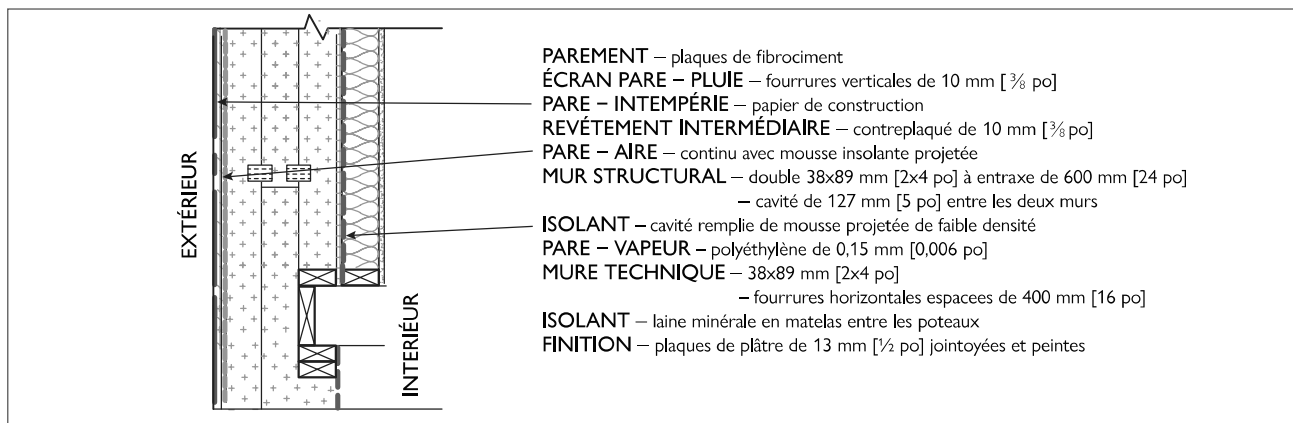


Figure 4 : Section de mur

## Enveloppe du bâtiment

- **Murs (voir la figure 2)** : double ossature en poteaux de 38x89 mm (2x4 po). Les cavités ont été remplies d'isolant en mousse de faible densité, et le pare-air/pare-vapeur en polyéthylène placé sur la face intérieure de ce mur double. Un mur intérieur en poteaux de 38x89 mm (2x4 po) isolé avec de la laine minérale a été ajouté pour les installations mécaniques et électriques. Valeur RSI effective de 9,2 (R52).
- **Plafonds** : vide sous toit ventilé, fermes à talons relevés, valeur RSI de 17,6 (R100), cellulose.
- **Fondations** : coffrages à béton isolants, valeur RSI de 6,9 (R39).
- **Plancher de fondations** : 6 pouces de mousse de polystyrène expansé de type IV (HS40) sous la dalle de béton, valeur RSI de 5,3 (R30).
- **Fenêtres** : en vinyle, fixes et à battants, à triple vitrage et lame d'argon et à faible émissivité (fabriquées dans la région).
- **Portes** : système arctique de doubles portes en métal isolées à la mousse de polyuréthane.





## Systèmes mécaniques

- **Chauffage des locaux** : plinthes électriques, chauffage par rayonnement dans la dalle du sous-sol pour le stockage de la chaleur. Les plinthes électriques ont été choisies pour leur faible coût et leur simplicité. Une habitation de haute efficacité énergétique consomme peu d'énergie; il n'est donc pas nécessaire d'y installer un système de chauffage coûteux. En outre, l'hydroélectricité est considérée comme une énergie renouvelable.
- **Ventilation** : ventilateur récupérateur de chaleur (VRC) Venmar EKO 1.5, avec moteur à commutation électronique et réseau complet de conduits, ERS de 64 % à -25 °C (-13 °F), équilibré à 57 L/s (120 pi<sup>3</sup>/min) à haut régime et à 28 L/s (60 pi<sup>3</sup>/min) à bas régime.
- **Eau chaude** : chauffe-eau électrique à réservoir avec dispositif de récupération de la chaleur des eaux ménagères sur le collecteur principal (voir la figure 3).
- **Système d'énergie renouvelable** : le bâtiment a été conçu pour recevoir des panneaux photovoltaïques et un chauffe-eau solaire, mais ces appareils n'avaient pas été installés au moment de l'étude. À cet effet, on a aménagé des retraits techniques pour le passage des canalisations d'eau chaude solaire du vide sous toit au sous-sol et on a prévu des câbles entre le vide sous toit et le panneau électrique pour une installation photovoltaïque future. L'axe long du bâtiment est orienté est-ouest, et la pente du toit fait face au sud pour optimiser l'installation de panneaux solaires photovoltaïques ou thermiques.



Figure 3 : Chauffe-eau

## Leçons apprises

S'il pouvait revenir en arrière, le propriétaire-constructeur perfectionnerait le système mural pour accélérer et faciliter les travaux de construction. Il utiliserait des solives de plancher plus profondes et planifierait plus minutieusement la disposition des conduits afin de réduire le nombre de retombées de plafond nécessaire pour faire passer ceux-ci.

Le constructeur préconise la pose de l'isolant par l'intérieur, qui permet un meilleur plan d'intégration des éléments du mur et du plafond.

Un autre défi a été de convaincre le plombier de ne pas perforer le pare-air/pare-vapeur pour faire un trou d'accès au vide sous toit. À la fin des travaux, c'est l'entrepreneur général qui doit colmater les fuites.

Pour un prochain projet, le constructeur emprunterait le même concept de murs de fondation, soit des coffrages isolants, qu'il a trouvés résilients, résistants, d'installation rapide et faciles à travailler (voir la figure 4). Il ne changerait pas sa méthode de construction du plancher non plus. La cellulose soufflée comme isolant de plafond, peu coûteuse à installer et efficace, a également donné des résultats très satisfaisants.

Les fenêtres ont été commandées auprès d'un fabricant de la région en raison de leur disponibilité, de leur rendement et de leur prix. Par contre, les cadres en vinyle ne sont pas isolés, mais peuvent l'être sur demande spéciale.



Figure 4 : Détails des coffrages isolants



## Autres caractéristiques d'efficacité énergétique et de durabilité

- **Dispositifs de commande** : un thermostat programmable dans chaque pièce.
- **Éclairage** : lampes fluorescentes compactes (LFC), à diodes électroluminescentes (DEL), à incandescence et à halogène. Quelques détecteurs de mouvement dans les placards.
- **Électroménagers** : tous les appareils sont homologués ENERGY STARMD.
- **Caractéristiques intérieures** : planchers durs (plus faciles à nettoyer et à dépoussiérer, et donc bénéfiques pour la qualité de l'air) et conditionnement de l'air efficace (les murs étant très bien isolés, la température demeure plus constante, ce qui rend le logement très confortable).
- **Pratiques de construction visant la réduction des déchets** : tri minutieux et réutilisation facilitée par l'usage d'une seule dimension de bois (38x89 mm, ou 2x4 po) pour les murs.

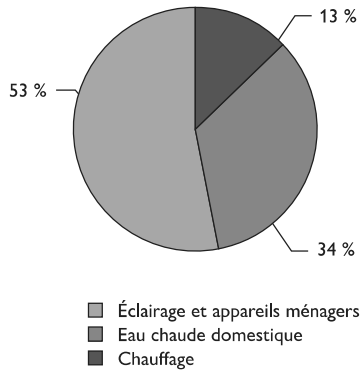
## Rendement de la consommation énergétique

La cote ÉnerGuide est une mesure du rendement énergétique d'une habitation. Le programme ÉnerGuide a été mis sur pied vers le milieu des années 1990. La cote est calculée au moyen d'une simulation informatique (HOT2000), qui utilise les paramètres réels du bâtiment, comme les valeurs de résistance thermique, l'efficacité des équipements mécaniques et l'étanchéité à l'air, ainsi que des paramètres standardisés d'occupation pour la charge des appareils électriques, la consommation d'eau chaude et les réglages du thermostat. La figure ci-dessous montre la répartition de la consommation énergétique de l'habitation présentée dans cette étude de cas.

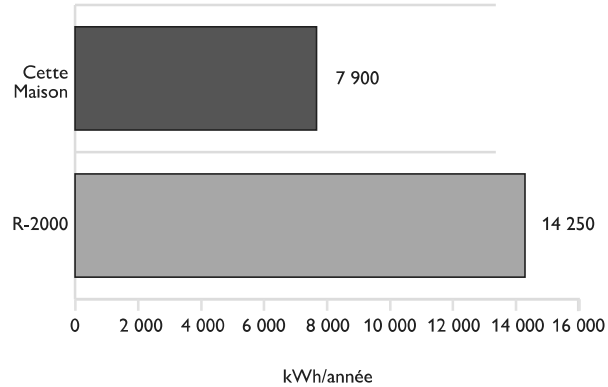
Le programme R2000, créé dans les années 1980, est la référence en matière de construction résidentielle de haute efficacité énergétique au Canada. Il a été mis à jour dernièrement mais, dans la présente étude, l'habitation a été comparée à l'ancienne norme, selon laquelle une habitation jugée efficace obtient une cote ÉnerGuide de 80 ou plus.

## COTE ÉNERGUIDE : 87

Consommation d'énergie par type d'utilisation finale



Consommation d'énergie annuel pour le chauffage des pièces et de l'eau



Latitude de l'habitation	60,5°N
Degrés-jours de chauffage par année	>6 000 DJC (°C)
Température moyenne en janvier	-16,2 °C (2,8 °F)
Température de calcul pour le chauffage en janvier	-41 °C (-43 °F)
Charge nominale du système de chauffage	4,5 kW (15 354 BTU/h)
Superficie chauffée, rez-de-chaussée et étages	74 m <sup>2</sup> (792 pi <sup>2</sup> )
Superficie chauffée, sous-sol	37 m <sup>2</sup> (396 pi <sup>2</sup> )
Aire habitable totale	111 m <sup>2</sup> (1 188 pi <sup>2</sup> )
Superficie au sol	45 m <sup>2</sup> (480 pi <sup>2</sup> )
Aire de fenêtrage	12,4 m <sup>2</sup> (134 pi <sup>2</sup> )
% de fenêtres face au sud	29 %
Taux de fuite d'air à -50 Pa (en fonctionnement réel)	0,62 RA/h
Surface de fuite équivalente à -10 Pa (en fonctionnement réel)	59 cm <sup>2</sup> (9,2 po <sup>2</sup> )
Consommation annuelle d'énergie par m <sup>2</sup>	150 kWh/m <sup>2</sup>
Consommation annuelle totale d'énergie projetée	16 644 kWh/an
Rendement réel comparativement aux factures des occupants	Consommation réelle annuelle 20 % inférieure à la consommation projetée sur la période de 2 ans en raison des habitudes de vie des occupants (les deux logements affichent la même tendance)



# SuperGreen Maisons à Yukon

## Étude de cas #9 Phoenix Rising

**Résumé :** Cette étude de cas porte sur les premiers logements Habitat pour l'humanité (HPH) SuperGreen construits au Yukon. Ce triplex a été commencé après la construction des premières habitations SuperGreen de la Société d'habitation du Yukon (SHY). HPH est un organisme sans but lucratif qui construit des maisons pour les familles dans le besoin qui ne sont pas admissibles à un prêt hypothécaire ordinaire. Pour être admissible au programme, la famille doit vivre au Yukon depuis un an.

Situé sur le site d'une ancienne maison de trafiquants de drogue, ce bâtiment – nommé avec à-propos Phoenix Rising (« Renaissance du phénix ») – avait pour but d'insuffler un peu d'énergie positive dans la propriété.

En plus d'employer des ouvriers qualifiés de la région, l'ensemble résidentiel Phoenix Rising comportait certains aspects bénéfiques pour la communauté. Par exemple, le Collège du Yukon y a donné des cours pratiques sur les techniques de construction SuperGreen en charpenterie, en plomberie et en électricité. Le Centre correctionnel de Whitehorse a fourni des équipes de travail. Les futurs propriétaires, à l'instar des bénévoles réguliers, ont également mis la main à la pâte.

Les murs sont composés de poutrelles murales verticales non porteuses en poteaux de 38x70 mm (2x3 po) du côté extérieur et d'un mur structural intérieur en poteaux de 38x89 mm (2x4 po).

Les cavités sont remplies d'isolant en cellulose de haute densité. Le triplex est chauffé avec des plinthes électriques traditionnelles pour simplifier l'entretien et en réduire le coût.

## POURQUOI SUPERGREEN<sup>1</sup>?

### Commentaires du constructeur et des occupants

Le principal constructeur-concepteur, qui administre également le programme de charpenterie au Collège du Yukon, a toujours été intéressé par l'efficacité énergétique. Phoenix Rising était un projet-vitrine du programme de charpenterie offrant aux étudiants la chance de se familiariser avec la SHY et HPH dans un contexte de travail.

En termes de conception, l'accent a été mis sur l'enveloppe du bâtiment, l'isolation et les fenêtres. Le système de murs a été conçu à partir des informations tirées des publications du Conseil canadien du bois, sous la supervision de la SHY, qui a participé étroitement au projet.



Figure 1: Maison SuperGreen, Whitehorse (Yukon)

<sup>1</sup> SuperGreen est une norme de construction d'habitations à haut rendement énergétique de la Société d'habitation du Yukon.

Le constructeur-concepteur estime que les coûts et la nécessité de former les ouvriers sont les facteurs qui limitent l'adoption à grande échelle de la norme SuperGreen. Phoenix Rising a fait l'objet d'une activité intense de promotion; le triplex a été présenté au public avec des analyses coûts-avantages faciles à comprendre.

## Emplacement

Ce triplex SuperGreen est situé dans un secteur urbain résidentiel, rue Wheeler, au centre-ville de Whitehorse (Yukon).

## Équipe de conception et de construction

Plusieurs personnes expérimentées en conception et en construction résidentielle composaient l'équipe du projet, mais il n'y avait pas de concepteur en chef. Un comité technique, composé de personnes qualifiées rémunérées ou bénévoles, dont des représentants de la SHY, des services municipaux de Whitehorse et de la Direction générale de l'énergie, ainsi que des entrepreneurs, a été formé pour formuler des commentaires et des recommandations sur les divers éléments du bâtiment. Les décisions finales étaient prises par le conseil d'administration d'HPH.

Un instructeur du programme de charpenterie du Collège du Yukon a supervisé le chantier à l'étape de la mise en place de l'enveloppe. Cette tâche consistait à coordonner tous les corps de métier, les spécialistes, les étudiants en charpenterie et les bénévoles, qui ont été appelés à venir donner de l'aide au besoin. La plupart de ces personnes n'avaient jamais travaillé ensemble auparavant. Cependant, selon la pratique courante dans le programme de charpenterie du Collège du Yukon, tous se réunissaient régulièrement pour discuter des problèmes et de la marche à suivre.

Les ouvriers rémunérés avaient les plans de la maison à leur disposition, et on comptait sur eux pour s'en servir afin de montrer aux étudiants du Collège du Yukon les endroits où passer les fils électriques et la plomberie.

## Type d'habitation

Triplex de taille modeste à deux étages reposant sur un vide sanitaire de 1,2 m (4 pi) de hauteur; espace habitable de chaque logement : 130 m<sup>2</sup> (1 400 pi<sup>2</sup>). Aucun appartement additionnel.

## DÉTAILS TECHNIQUES

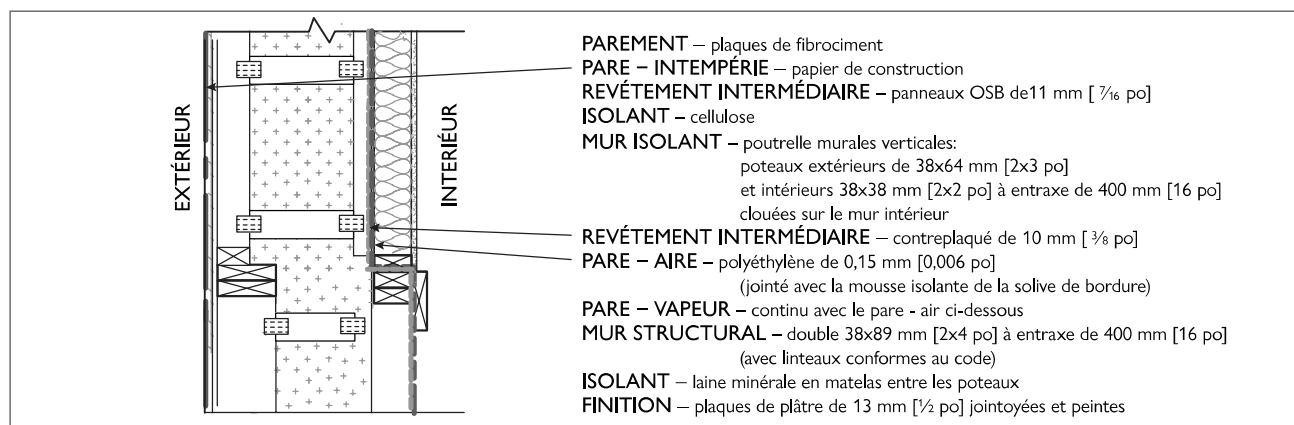


Figure 2 : Section de mur

## Enveloppe du bâtiment

- **Murs (voir la figure 2)** : poutrelles murales verticales hybrides faites sur mesure, espace de 360 mm (14 po) à partir de la face extérieure d'un mur intérieur en poteaux de 38x89 mm (2x4 po). Valeur RSI effective de 9,9 (R56).
- **Plafonds** : fermes à talons relevés, vide sous toit ventilé avec cellulose soufflée, valeur RSI de 14 (R80).
- **Fondations** : murs de fondation semblables à ceux du rez-de-chaussée, mais en bois traité sous le niveau du sol.
- **Plancher de fondations** : 2 pouces de polystyrène expansé de type IV sur le sol, valeur RSI de 1,8 (R10).
- **Fenêtres** : fixes et à battants, à quadruple vitrage et lame d'argon et à faible émissivité (fabriquées dans la région).
- **Portes** : portes doubles – deux portes extérieures isolées au polyuréthane, une à l'intérieur du mur, l'autre à l'extérieur du mur.

## Systèmes mécaniques

- **Chauffage des locaux** : plinthes électriques, pour des raisons d'économie.
- **Ventilation (logement A)** : ventilateur récupérateur de chaleur (VRC) Eneready 2000 Diamond E, réseau complet de conduits, ERS de 70 % à -25 °C (-13 °F), équilibré à 57 L/s (120 pi<sup>3</sup>/min) à haut régime et à 24 L/s (50 pi<sup>3</sup>/min) à bas régime.
- **Eau chaude** : Chauffe-eau électrique à réservoir.
- **Système d'énergie renouvelable** : gain solaire passif seulement.

## Leçons apprises

La phase de conception ayant connu quelques faux départs, le projet a finalement été confié au programme de charpenterie du Collège du Yukon et à la SHY, qui ont saisi l'occasion de collaborer et de construire une habitation SuperGreen pour HPH. Le principal obstacle était l'absence d'un véritable concepteur dans l'équipe. Cela a occasionné de nombreux problèmes, notamment lors de l'intégration des systèmes mécaniques, de l'électricité et de la plomberie (voir la figure 3).

L'électricité, la plomberie et le VRC ont été entièrement installés par les étudiants en métiers du collège; il était donc indispensable qu'un plan de travail parfaitement clair soit préalablement établi.

Les travaux de finition ont été réalisés par une autre équipe; les détails du travail n'étaient pas toujours connus de toutes les équipes. Le projet a survécu aux nombreux écueils rencontrés en cours de route, dus notamment à la nature et au calendrier de réalisation, à la coordination d'ouvriers qualifiés professionnels et à la participation d'une institution dans le projet. Les autorités municipales ont accordé une dérogation permettant au bâtiment de dépasser les limites de la propriété.

En cours de chantier, la SHY a exécuté des simulations à partir du modèle ÉnerGuide, et l'équipe a incorporé certains changements en fonction des résultats, pour des raisons économiques ou autres.

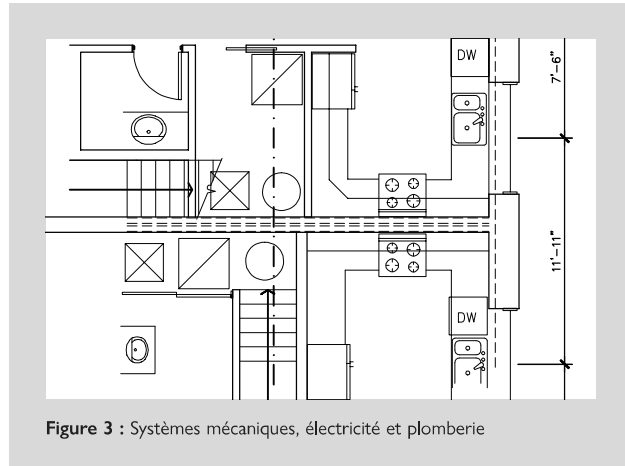


Figure 3 : Systèmes mécaniques, électricité et plomberie

Un système de poutrelles murales verticales (voir la figure 4) a été choisi, dans le but d'envelopper entièrement le bâtiment d'une couche continue d'isolant à base de cellulose, sans pont thermique. Avec le recul, même si le constructeur aime le concept pour un petit bâtiment de forme carrée, il estime que les murs étaient peut-être trop épais, et que la réussite dépend aussi de l'expérience de la personne qui applique la cellulose.

La cellulose s'est tassée dans le mur, laissant un espace non isolé dans le haut qu'il a fallu remplir ultérieurement. En raison des pratiques de construction préconisées par HPH – notamment le recours à des travailleurs bénévoles – et de l'imprévisibilité du tassement de la cellulose à long terme, ce système mural a été abandonné. La construction a duré un peu plus longtemps qu'un chantier ordinaire, en partie à cause du nombre de personnes qui y ont travaillé et de l'inégalité de leur expérience.

La conception de murs de fondation en bois traité assez solides pour supporter les charges latérales du sol s'est avérée difficile. Cette méthode ne serait pas employée dans un projet futur et, si les moyens le permettaient, les fondations seraient construites en coffrages isolants. L'ossature des plafonds a été jugée satisfaisante et ne serait pas modifiée. Le chauffage électrique a été choisi pour des raisons d'économie de coûts d'installation et de fonctionnement dans une maison superisolée.

Le constructeur principal (un instructeur en charpenterie du Collège du Yukon) a déjà mis en place plusieurs types de murs, mais n'a aucune préférence; selon lui, le choix dépend du contexte. Sa propre maison a des murs en poteaux de 38x140 mm (2x6 po) seulement, et il regrette que les murs ne soient pas plus épais. L'un de ses amis, influencé par Phoenix Rising, a tenté de construire une maison SuperGreen, mais l'expérience a très mal tourné parce que le constructeur n'avait pas une bonne connaissance du système mural.

L'emploi de doubles portes extérieures (une à l'intérieur et une à l'extérieur) doit être perfectionné; une porte devrait avoir une petite ouverture pour évacuer la pression d'air. On croit également qu'en raison de l'épaisseur du mur les portes sont trop éloignées l'une de l'autre et que cela occasionne des problèmes d'humidité (gel des serrures).

### Autres caractéristiques d'efficacité énergétique et de durabilité

- **Électroménagers** : tous les appareils sont homologués ENERGY STAR MD.
- **Autres caractéristiques** : dispositif de récupération de la chaleur des eaux ménagères sur le collecteur principal. Ce triplex a reçu la première production de fenêtres à quadruple vitrage du fabricant de la région.

### Rendement de la consommation énergétique (logement A)

La cote ÉnerGuide est une mesure du rendement énergétique d'une habitation. Le programme ÉnerGuide a été mis sur pied vers le milieu des années 1990. La cote est calculée au moyen d'une simulation informatique (HOT2000), qui utilise les paramètres réels du bâtiment, comme les valeurs de résistance thermique, l'efficacité des équipements mécaniques et l'étanchéité à l'air, ainsi que des paramètres standardisés d'occupation pour la charge des appareils électriques, la consommation d'eau chaude et les réglages du thermostat. La figure ci-dessous montre la répartition de la consommation énergétique de l'habitation présentée dans cette étude de cas.

Le programme R2000, créé dans les années 1980, est la référence en matière de construction résidentielle de haute efficacité énergétique au Canada. Il a été mis à jour dernièrement mais, dans la présente étude, l'habitation a été comparée à l'ancienne norme, selon laquelle une habitation jugée efficace obtient une cote ÉnerGuide de 80 ou plus.

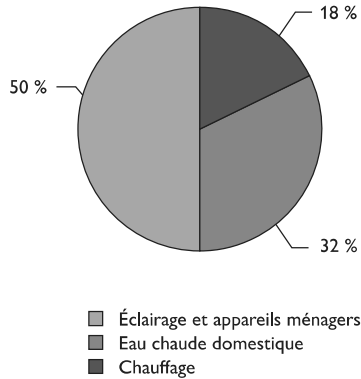


Figure 4 : Poutrelles murales verticales

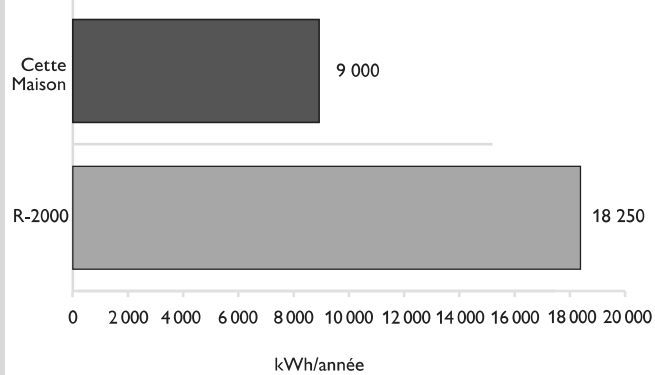


## COTE ÉNERGUIDE : 87

Consommation d'énergie par type d'utilisation finale



Consommation d'énergie annuel pour le chauffage des pièces et de l'eau



Latitude de l'habitation	60,5°N
Degrés-jours de chauffage par année	>6 000 DJC (°C)
Température moyenne en janvier	-16,2 °C (2,8 °F)
Température de calcul pour le chauffage en janvier	-41 °C (-43 °F)
Charge nominale du système de chauffage	5,5 kW (18 766 BTU/h)
Superficie chauffée, rez-de-chaussée et étages	130 m <sup>2</sup> (1 404 pi <sup>2</sup> )
Superficie chauffée du vide sanitaire	65 m <sup>2</sup> (702 pi <sup>2</sup> )
Aire habitable totale	130 m <sup>2</sup> (1 404 pi <sup>2</sup> )
Superficie au sol (triplex complet)	217,7 m <sup>2</sup> (2 344 pi <sup>2</sup> )
Aire de fenêtrage	21,2 m <sup>2</sup> (228 pi <sup>2</sup> )
% de fenêtres face au sud	38 %
Taux de fuite d'air à -50 Pa (en fonctionnement réel)	1,1 RA/h
Surface de fuite équivalente à -10 Pa (en fonctionnement réel)	136,1 cm <sup>2</sup> (21,1 po <sup>2</sup> )
Consommation annuelle d'énergie par m <sup>2</sup>	136 kWh/m <sup>2</sup>
Consommation annuelle totale d'énergie projetée	17 726 kWh/an
Rendement réel comparativement aux factures des occupants	Consommation 2 % inférieure à la consommation moyenne projetée sur une période de 4 ans



# SuperGreen Maisons à Yukon

## Étude de cas #10 K̄ K̄t̄the Ǟq

**Résumé :** Cette étude de cas porte sur un triplex dans le lotissement de Takhini River construit par Habitat pour l'humanité Yukon (HPHY) en partenariat avec les Premières Nations de Champagne et d'Aishihik (PNCA).

Le concept consiste en un mur structural extérieur et un mur technique intérieur. La cavité entre les deux a été remplie de laine minérale et de mousse isolante projetée de 2 lb. Ce système a permis d'atteindre une résistance thermique élevée et de maximiser le recours à des travailleurs bénévoles sans que cela ait des répercussions sur la qualité des détails de finition du pare-air/pare-vapeur. Le triplex est chauffé avec des plinthes électriques pour simplifier l'entretien et en réduire le coût.

## POURQUOI SUPERGREEN<sup>1</sup>?

### Commentaires du constructeur et des occupants

HPHY s'est engagé à construire des habitations SuperGreen dans le but d'offrir des logements abordables à ses clients. La PNCA préconise la défense de l'environnement en utilisant des techniques et technologies de construction à haute efficacité énergétique favorisant le développement durable. La volonté d'atteindre des objectifs communs a motivé la formation de ce partenariat.

L'un des objectifs des dirigeants de la PNCA est l'autosuffisance, par le truchement de la propriété et de la formation dans les métiers. Cette habitation SuperGreen, nommée K̄ K̄t̄the Ǟq (« première maison »), est un effort collectif réunissant de nombreuses organisations.

Le chef de la PNCA a donné tout son appui à cette collaboration : « Ce projet est fondé sur les valeurs traditionnelles de notre peuple, qui avait l'habitude de s'entraider pour assurer sa survie. Ce genre de coopération est une valeur qui s'est perdue au fil du temps, et je crois que K̄ K̄t̄the Ǟq nous aidera à la retrouver. »



Figure 1: Maison SuperGreen, Whitehorse (Yukon)

<sup>1</sup> SuperGreen est une norme de construction d'habitations à haut rendement énergétique de la Société d'habitation du Yukon.

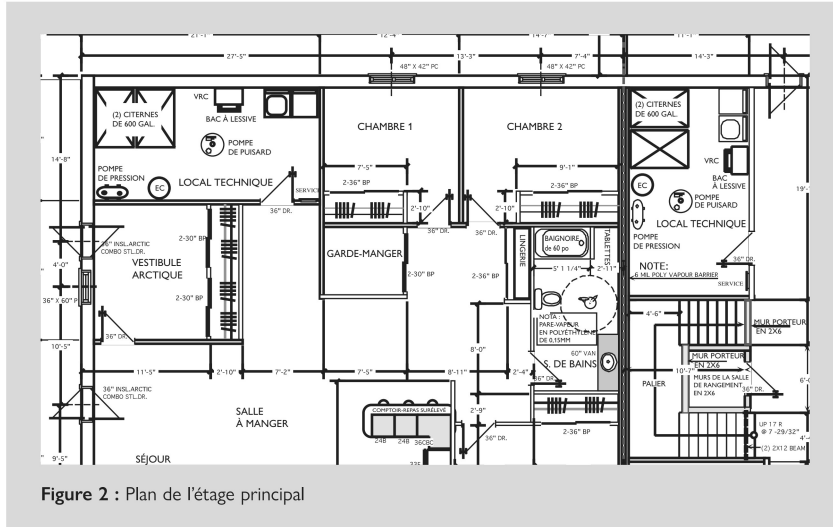


Figure 2 : Plan de l'étage principal

## Emplacement

Cette habitation SuperGreen est située dans le lotissement de Takhini River, à 50 km à l'est de Whitehorse (Yukon).

## Équipe de conception et de construction

Fort d'une expérience dans la construction de plusieurs bâtiments SuperGreen, HPHY a mis sur pied un comité de construction qui compte des spécialistes et des experts de la norme SuperGreen dans divers secteurs de produits et de technologies éconergétiques. Son objectif est que chacune de ses habitations atteigne une cote ÉnerGuide d'au moins 86.

La construction de ce triplex a été une initiative hautement collaborative basée sur le bénévolat. Le chantier a accueilli un nombre considérable de bénévoles, dont des citoyens, des employés et dirigeants de la PNCA, des chefs d'autres Premières Nations du Yukon, le directeur exécutif, le président et des membres du conseil d'administration d'HPHY, plusieurs représentants du programme national Village global d'Habitat pour l'humanité, le directeur du Programme de logement visant les Autochtones d'Habitat pour l'humanité, des députés du gouvernement du Yukon, des membres de la GRC, ainsi que des représentants du Collège du Yukon, de la Société d'habitation du Yukon et de la Société canadienne d'hypothèques et de logement.

Durant une semaine de construction particulièrement productive, le chef de l'Assemblée des Premières Nations et d'autres dignitaires des Premières Nations ainsi que l'équipe de direction nationale d'Habitat pour l'humanité sont venus à Whitehorse pour donner un coup de main sur le chantier de Kų Kătthe Ā'ą. On compte même le gouverneur général du Canada parmi les travailleurs bénévoles.

On a fourni aux ouvriers qualifiés un ensemble complet de plans pour guider leur travail sur le chantier. Ils étaient en outre responsables de coordonner et de gérer en permanence le travail des bénévoles.

## Type d'habitation

Kų Kătthe Ā'ą est un triplex composé de deux logements d'un étage à trois chambres encadrant un logement à deux étages de quatre chambres. Contrairement à la plupart des maisons en rangée ou en copropriété, les entrées des deux logements latéraux sont situées sur les côtés du bâtiment pour maximiser l'intimité.

De nombreuses caractéristiques pratiques permettent d'adapter facilement le logement à l'évolution des styles de vie, comme des halls et des entrées plus larges et des espaces suffisants pour faire pivoter un fauteuil roulant dans la salle de bains et la cuisine. Dans le logement central, des armoires surdimensionnées ont été aménagées afin de réserver un espace suffisant pour l'éventuelle installation d'un ascenseur. Le rez-de-chaussée compte amplement d'espace polyvalent pour l'aménagement d'une chambre additionnelle. Le bâtiment repose sur une dalle sur terre-plein.

## DÉTAILS TECHNIQUES

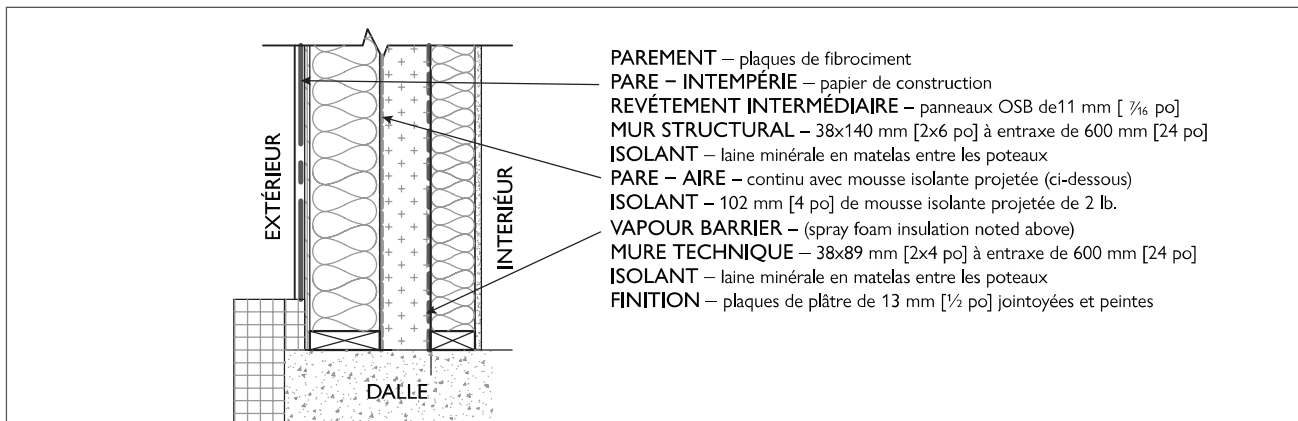


Figure 3 : Section de mur

### Enveloppe du bâtiment

- **Murs (voir la figure 3)** : mur structural en poteaux de 38x140 mm (2x6 po) isolé avec de la laine minérale, espacé de 100 mm (4 po) d'un mur intérieur en poteaux de 38x89 mm (2x4 po), aussi isolé avec de la laine minérale. L'espace entre les deux murs a été rempli d'isolant en mousse projetée de 2 lb.
- **Plafonds** : fermes à talons relevés avec isolant de cellulose, valeur RSI de 17,6 (R100).
- **Fondations** : dalle sur terre-plein coulée sur une couche d'isolant en mousse de valeur RSI de 3,5 (R20).
- **Fenêtres** : en vinyle, fixes et à battants, à quadruple vitrage, à lame d'argon et à faible émissivité (sauf sur le côté sud pour maximiser le gain solaire), fabriquées dans la région.
- **Portes** : doubles portes (intérieure et extérieure) en métal isolées au polyuréthane, fabriquées dans la région.



Figure 4 : Vue intérieure

### Systèmes mécaniques

- **Chauffage des locaux** : plinthes électriques.
- **Ventilation** : ventilateur récupérateur de chaleur (VRC) Venmar EKO 1.5, réseau complet de conduits, ERS de 64 % à -25 °C (-13 °F), équilibré à 57 L/s (120 pi<sup>3</sup>/min) à haut régime et à 28 L/s (60 pi<sup>3</sup>/min) à bas régime.
- **Eau chaude** : chauffe-eau électrique à réservoir.
- **Système d'énergie renouvelable** : panneaux photovoltaïques de 14 kW reliés au réseau de distribution électrique qui alimente les trois logements.



## Leçons apprises

Le système mural de ce bâtiment était assez simple pour permettre d'en faire construire une bonne partie par des travailleurs bénévoles, et sa résistance thermique est élevée. HPHY en a fait son nouveau modèle de choix pour ces raisons. Pour réduire le nombre de dimensions et de types de matériaux différents, seule de la laine minérale isolante en matelas épais a été commandée. Lorsque des matelas plus minces étaient nécessaires pour le mur intérieur, il a suffi de les amincir avec un couteau à pain. Cette méthode efficace a permis de simplifier la commande des matériaux.

Le système de portes doubles est bien adapté à ce type de mur et pose très peu de problèmes de gel.

Le choix de recourir à de simples plinthes électriques a été fait dans un souci d'éviter l'entretien régulier et les coûts d'entretien associés aux générateurs d'air chaud et aux chaudières.

Le terrain permettait d'orienter le mur le plus fenêtré directement face au sud pour maximiser les gains solaires passifs. Pour accentuer encore cet effet, le vitrage des fenêtres du côté sud n'a pas de pellicule à faible émissivité.

Les panneaux solaires sont placés sur le toit du triplex. La toiture est délibérément asymétrique et dans une orientation nord-sud pour optimiser l'angle des capteurs solaires sans augmenter la charge du vent et de la neige sur les structures.

ATCO Electric Yukon a apporté une contribution financière à l'installation des panneaux photovoltaïques de 14 kW. Le directeur exécutif d'HPHY a obtenu la donation de modules solaires par une entreprise de l'Ontario. Un autre fabricant ontarien a offert un rabais pour les onduleurs de ligne.

## Autres caractéristiques d'efficacité énergétique et de durabilité

- **Éclairage** : lampes fluorescentes compactes.
- **Électroménagers** : tous les appareils sont homologués ENERGY STARMD.
- **Autres caractéristiques** : panneaux solaires reliés au réseau électrique avec onduleurs de ligne pouvant fournir un peu d'électricité en cas de panne d'électricité régionale.

## Rendement de la consommation énergétique

La cote ÉnerGuide est une mesure du rendement énergétique d'une habitation. Le programme ÉnerGuide a été mis sur pied vers le milieu des années 1990. La cote est calculée au moyen d'une simulation informatique (HOT2000), qui utilise les paramètres réels du bâtiment, comme les valeurs de résistance thermique, l'efficacité des équipements mécaniques et l'étanchéité à l'air, ainsi que des paramètres standardisés d'occupation pour la charge des appareils électriques, la consommation d'eau chaude et les réglages du thermostat. La figure ci-dessous montre la répartition de la consommation énergétique de l'habitation présentée dans cette étude de cas.

Le programme R2000, créé dans les années 1980, est la référence en matière de construction résidentielle de haute efficacité énergétique au Canada. Il a été mis à jour dernièrement mais, dans la présente étude, l'habitation a été comparée à l'ancienne norme, selon laquelle une habitation jugée efficace obtient une cote ÉnerGuide de 80 ou plus.

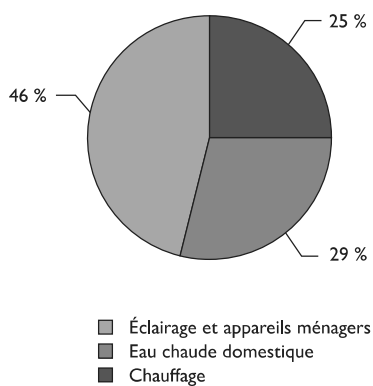


**COTE ÉNERGUIDE : 86**

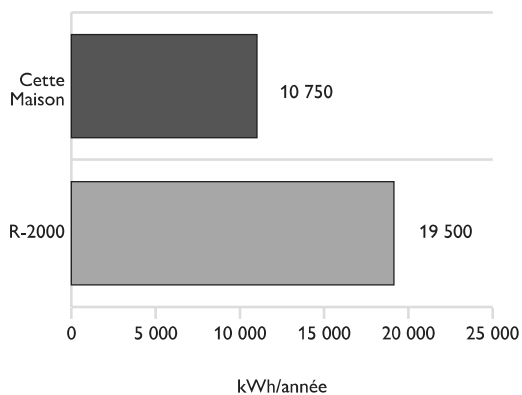
Sans les panneaux solaires photovoltaïques (90 avec ceux-ci)

(Toutes les données ci-dessous excluent l'utilisation des panneaux solaires photovoltaïques)

Consommation d'énergie par type d'utilisation finale



Consommation d'énergie annuel pour le chauffage des pièces et de l'eau



Latitude de l'habitation	60,5°N
Degrés-jours de chauffage par année	>6 000 DJC (°C)
Température moyenne en janvier	-16,2 °C (2,8 °F)
Température de calcul pour le chauffage en janvier	-41 °C (-43 °F)
Charge nominale du système de chauffage	6,5 kW (22 179 BTU/h)
Superficie chauffée, rez-de-chaussée et étages (logement A)	183 m <sup>2</sup> (1 974 pi <sup>2</sup> )
Aire habitable totale	183 m <sup>2</sup> (1 974 pi <sup>2</sup> )
Superficie au sol (logement A)	196 m <sup>2</sup> (2 112 pi <sup>2</sup> )
Aire de fenêtrage	12,9 m <sup>2</sup> (139 pi <sup>2</sup> )
% de fenêtres face au sud	55 %
Taux de fuite d'air à -50 Pa (en fonctionnement réel)	0,8 RA/h
Surface de fuite équivalente à -10 Pa (en fonctionnement réel)	141 cm <sup>2</sup> (21,9 po <sup>2</sup> )
Consommation annuelle d'énergie par m <sup>2</sup>	107 kWh/m <sup>2</sup>
Consommation annuelle totale d'énergie projetée	19 604 kWh/an
Rendement réel comparativement aux factures des occupants	Données non disponibles – habitation occupée depuis moins d'un an au moment de la publication

**Directeur de projet à la SCHL** : Catherine Soroczan  
**Consultant pour le projet**  
**de recherche** : Energy Solutions Centre

### **Recherche sur le logement à la SCHL**

Aux termes de la partie IX de la *Loi nationale sur l'habitation*, le gouvernement du Canada verse des fonds à la SCHL afin de lui permettre de faire de la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et d'en publier et d'en diffuser les résultats.

Le présent Point en recherche fait partie d'une série visant à vous informer sur la nature et la portée du programme de recherche de la SCHL.

Pour consulter d'autres feuillets *Le Point en recherche* et pour prendre connaissance d'un large éventail de produits d'information, visitez notre site Web au

**[www.schl.ca](http://www.schl.ca)**

ou communiquez avec la

Société canadienne d'hypothèques et de logement  
700, chemin de Montréal  
Ottawa (Ontario)  
K1A 0P7

Téléphone : 1-800-668-2642

Télécopieur : 1-800-245-9274

©2017, Société canadienne d'hypothèques et de logement  
Imprimé au Canada  
Réalisation : SCHL

03-02-17

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.