

MAISONS À CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE NETTE ZÉRO

Les éléments de base
de l'efficacité énergétique
résidentielle

2021

Table des matières

Équipe de recherche.....	3
Avant-propos.....	4
Avis de non-responsabilité	5
Mise en contexte	6-8
La maison comme un système	9
Le design du bâtiment	10
La fondation.....	11
Les murs	12
Le grenier et la toiture	13
Les portes et fenêtres	14
Les systèmes mécaniques	15-16
L'énergie renouvelable.....	17
Les habitudes des occupants	18
Des ressources utiles	19
Sources de financement.....	20
Bibliographie.....	21-22

Équipe de recherche

KARINE GODIN, étudiante de maîtrise en études de l'environnement, Université de Moncton

ALEXANDRE GIRARD, urbaniste, Ville de Dieppe

ANDRÉ FRENETTE, directeur du service de planification et de développement, Ville de Dieppe

SERGE DUPUIS, professeur adjoint, département de génie civil, Université de Moncton (codirecteur de thèse)



UNIVERSITÉ DE MONCTON
EDMUNDSTON MONCTON SHIPPAGAN

EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE RÉSIDENIELLE

Avant-propos

En octobre 2018, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat a publié un rapport exprimant le besoin d'agir pour limiter le réchauffement climatique à 1,5 degré Celsius afin d'éviter les catastrophes environnementales qui risquent de découler d'un réchauffement plus important. À l'échelle mondiale, l'urgence d'agir devient plus évidente chaque année. Au Nouveau-Brunswick par exemple, les communautés qui vivent le long du littoral et qui dépendent de ses ressources ressentent déjà les effets du changement climatique comme l'élévation du niveau de la mer, l'érosion côtière et les tempêtes plus fréquentes.

Afin de répondre au changement climatique et de réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) des bâtiments, la Ville de Dieppe a décidé d'agir. En partenariat avec l'Université de Moncton, la municipalité a entrepris un projet de recherche afin d'identifier les obstacles à l'adoption de la construction de maisons à consommation énergétique nette zéro (CENZ) au Nouveau-Brunswick. Les maisons CENZ sont considérées comme une solution efficace pour répondre au changement climatique puisqu'elles sont construites selon un niveau élevé d'efficacité énergétique et elles produisent leur propre électricité à partir de sources renouvelables. Les résultats de cette étude permettront d'établir des pistes d'action afin d'augmenter l'efficacité énergétique des maisons de la municipalité et éventuellement, de la province.

Cette recherche fut basée sur une méthodologie diversifiée qui a permis d'en apprendre davantage sur la conception de maisons CENZ et les obstacles vécus par les propriétaires de maisons écoénergétiques et les experts dans le domaine de la construction. Une revue de littérature fut premièrement réalisée afin d'établir le champ des connaissances actuelles du domaine d'études. Par la suite, des visites de maisons CENZ ont été menées afin de comparer ce qui se fait en pratique dans la région avec ce qui est présenté dans la littérature. Finalement, des entrevues ont été dirigées avec des experts dans le domaine de la construction écoénergétique afin d'obtenir leurs perspectives sur les méthodes de construction les plus efficaces, les avantages des maisons CENZ et les obstacles à la construction écoénergétique.

Finalement, un volet important du projet de recherche fut le développement d'un guide sur la construction nette zéro. Ce guide présente les notions de base de la construction écoénergétique et permet aux lecteurs d'approfondir leurs connaissances concernant l'efficacité énergétique résidentielle.

Nous aimerions remercier sincèrement tous les participants qui ont partagé leur temps, leur expérience, et leur expertise pour la réalisation de ce projet.

Avis de non-responsabilité

Le contenu de ce document, incluant les textes et les graphiques (le matériel), de même que les adresses électroniques et les hyperliens qui y sont fournis (les services), a été conçu à l'intention du public à titre d'information. La Ville de Dieppe (la municipalité) veille à s'assurer de l'exactitude et de la fiabilité du matériel et des services contenus dans ce document. Toutefois, une partie du matériel et des services proviennent de sources externes et il se peut qu'ils soient devenus, par inadvertance, inexacts ou désuets. Par conséquent, la municipalité ne fait aucune représentation et n'offre aucune garantie, tant explicite qu'implicite, quant à l'exactitude, l'intégralité, l'actualité, la fiabilité et l'accessibilité du matériel et des services.

La municipalité se dégage de toute responsabilité concernant l'accès, l'exactitude, l'intégralité et l'actualité de quelque élément d'information résidant sur un site auquel ce document renvoie. La Loi sur le droit à l'information et la protection de la vie privée n'inclut pas ces sites. La municipalité n'assume donc aucune responsabilité à l'égard des pratiques de ces sites.

La municipalité ne saurait être tenue responsable de pertes ou de dommages directs ou indirects pouvant se produire ou résulter de l'utilisation ou du recours à tout matériel ou service.

EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE RÉSIDENIELLE



Les maisons du N.-B. gaspillent de l'énergie!

Au Nouveau-Brunswick, le secteur résidentiel **consomme 15 % de toute l'énergie** et génère des quantités importantes de **gaz à effet de serre (GES)**. De plus, la majorité des maisons à l'échelle de la province ne répondent pas aux exigences en matière d'isolation des greniers, des murs et des sous-sols prescrites par le Code national du bâtiment (CNB). D'ailleurs, seulement 6 % des maisons du Nouveau-Brunswick ont des greniers isolés selon les exigences du CNB.

Ce **manque d'isolation** se traduit évidemment en un **gaspillage énorme d'énergie et d'argent** pour la plupart des résidents à l'échelle de la province.

Il faut agir maintenant

Afin de limiter la fréquence des **catastrophes environnementales** causées par le changement climatique, nous avons besoin de **réduire nos émissions de GES**. Dans cet ordre, la Ville de Dieppe a établi un plan d'action visant une réduction des émissions de 6 % pour la collectivité en 2025. Atteindre cet objectif nécessite des **actions concrètes**, surtout dans les modes de **production** et de **consommation de l'énergie**.

Le processus de **transition énergétique**, c'est-à-dire la transition envers une production d'énergie propre et une consommation plus responsable, nécessite des avancements tant au niveau de la fiabilité des sources d'énergie renouvelable que dans l'**efficacité énergétique des bâtiments**.



EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE RÉSIDENIELLE



Qu'est-ce que c'est exactement?

Les maisons CENZ ont de **nombreux avantages** comme des **coûts opérationnels plus bas**, un niveau de confort élevé et une meilleure **qualité de l'air** intérieur. Elles comprennent plusieurs éléments qui leur assurent un niveau d'efficacité énergétique élevé.

Une maison CENZ débute habituellement avec une **enveloppe externe de qualité supérieure**. Les murs, la toiture et la fondation doivent tous être **bien isolés** et **étanches à l'air**.

Afin de réduire la demande en énergie, certaines considérations doivent être prises en compte, comme l'orientation du soleil pour profiter de **l'énergie solaire passive**, par exemple.

Les maisons nettes zéro comme solution

Les **maisons à consommation énergétique nette zéro** (CENZ) sont considérées comme une solution efficace pour réduire les émissions de GES provenant du secteur résidentiel puisqu'elles sont construites selon un niveau élevé d'**efficacité énergétique** et elles produisent leur propre électricité à partir de **sources renouvelables**.

Les maisons CENZ sont raccordées au réseau, leur assurant un approvisionnement énergétique constant quand les systèmes d'énergie renouvelable sont incapables de répondre à la demande.

Notez bien!

Avant de considérer l'ajout d'un système d'énergie renouvelable à sa maison, il faut s'assurer que toutes les autres mesures pour réduire la demande en énergie ont été prises. Sinon, le système d'énergie renouvelable ne pourra jamais satisfaire la demande du bâtiment.

Par la suite, des **systèmes mécaniques écoénergétiques** peuvent être intégrés au bâtiment. Les systèmes de ventilation de chauffage et d'eau chaude domestique sont aujourd'hui plus efficaces que jamais et contribuent à une réduction considérable de la demande en énergie par le bâtiment.

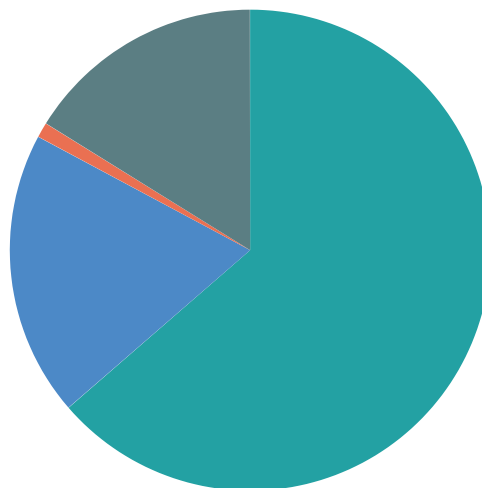
Finalement, un **système d'énergie renouvelable** peut être installé afin que la maison puisse produire sa propre électricité. Une consommation énergétique annuelle nette nulle est atteinte lorsque **la maison produit autant d'énergie qu'elle** consomme annuellement. Dans les maisons CENZ du Canada, on utilise habituellement des **systèmes d'énergie solaire**.

EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE RÉSIDENTIELLE

Consommation énergétique d'une maison typique

Comme expliqué, la plupart des maisons au Nouveau-Brunswick sont inefficaces, attribuable principalement au manque d'isolation dans les murs, le sous-sol et le grenier. Les fuites d'air dans l'enveloppe du bâtiment et les systèmes mécaniques énergivores contribuent également à l'inefficacité énergétique des maisons. D'ailleurs, dans les maisons typiques du Canada, plus de **80 %** de l'électricité est consacrée au **chauffage** et aux besoins en **eau chaude**.

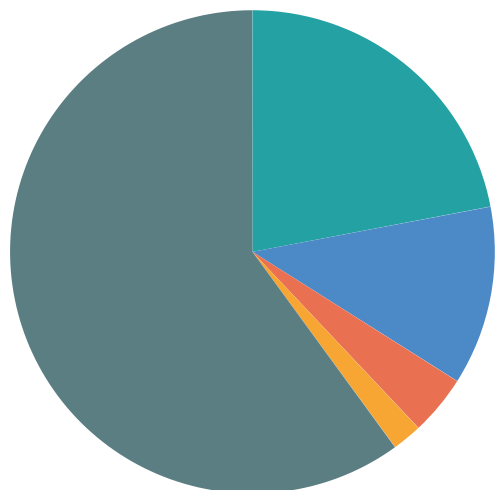
Maison typique



- Chauffage (63,64 %)
- Eau chaude (19,19 %)
- Air climatisé (1,01 %)
- Charge des occupants (16,16 %)

Ressources Naturelles Canada, Évolution de l'efficacité énergétique au Canada de 1990 à 2013.

Maison CENZ



- Chauffage (22 %)
- Eau chaude (12 %)
- Air climatisé (4 %)
- Ventilation (2 %)
- Charge des occupants (60 %)

Ressources naturelles Canada. (2019). Projet pilote sur le rendement énergétique net-zéro R-2000. *Moyenne des résultats

Consommation énergétique d'une maison CENZ

À cause de son enveloppe externe super-isolée et étanche à l'air, ainsi que les appareils mécaniques écoénergétiques, une maison CENZ ne consomme que **34 % de l'énergie pour le chauffage et les besoins en eau chaude**.

Puisque les maisons CENZ sont si efficaces, la **charge des occupants**, c'est-à-dire l'éclairage, les appareils ménagers et les nombreux appareils branchés, représente **60 %** de la consommation énergétique du bâtiment. Afin que la maison puisse atteindre une consommation énergétique annuelle nette zéro, les occupants doivent **participer activement** dans la **gestion de leur consommation** d'énergie.

EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE RÉSIDENTIELLE

LA MAISON COMME UN SYSTÈME

Auparavant, les différentes composantes des maisons, comme la fondation, l'éclairage, et les systèmes mécaniques étaient conçus et construits comme des parties distinctes les unes des autres. Aujourd'hui, les maisons CENZ remettent en question cette notion.

Puisque les maisons CENZ doivent atteindre un niveau d'efficacité énergétique optimal, **chaque composante** de la maison et son **influence** sur **les autres** doivent être prises en compte. Par exemple, si l'enveloppe du bâtiment, c'est-à-dire les murs, la toiture et la fondation, est étanche à l'air, il faut s'assurer d'installer un système de ventilation efficace afin de maintenir une haute qualité de l'air intérieur.

La maison doit donc être vue comme un **système** dont les différents éléments **interagissent** les uns avec les autres. De cette manière, il est possible d'**optimiser** le **rendement énergétique** de chaque composante et ainsi, de la maison au complet.

Ce que les propriétaires de maisons écoénergétiques disent...

«[C'est important que] ce soit balancé. J'ai réalisé que tu ne peux pas mettre tout écoénergétique, puis ensuite mettre une mauvaise porte parce que là, tu viens de perdre 80 % de l'effort que tu as mis.»

Les stratégies passives

L'efficacité énergétique d'une maison peut être assurée par l'intégration de stratégies passives ou actives. Les composantes passives sont celles qui ne comprennent aucun élément mécanique ou électrique comme de **l'isolation**, **l'étanchéité**, **l'orientation** de la maison sur le terrain, ainsi que plusieurs autres.

Employer des méthodes passives pour augmenter l'efficacité énergétique de la maison est **plus sûr** et souvent **plus abordable** que les méthodes actives.



Les stratégies actives

D'un autre côté, les stratégies actives sont celles qui comprennent un élément mécanique, comme les **systèmes** de chauffage, de ventilation et d'eau chaude. Ces composantes permettent d'économiser de l'énergie de façon active due à leur niveau d'**efficacité énergétique élevé**.

Les composantes actives sont habituellement **plus dispendieuses** que les composantes passives, mais permettent aux maisons d'atteindre une **efficacité énergétique nette zéro**. Afin d'optimiser le rendement énergétique de la maison et le coût de construction, il est important d'établir un **bon équilibre** entre les composantes passives et actives.

LE DESIGN DU BÂTIMENT

Quelques principes à respecter

Comme expliqué, il est essentiel de réduire la charge énergétique du bâtiment afin que le système d'énergie renouvelable puisse répondre à la demande. Différents facteurs liés au design du bâtiment peuvent avoir des incidences importantes sur sa consommation d'énergie.

1. La forme du bâtiment peut avoir un impact sur la demande en énergie pour le chauffage. Une **forme compacte et empilée** est la plus efficace dans les climats nordiques puisque la surface exposée au froid est réduite.
2. Un **plan ouvert et simple** est plus facilement ventilé et chauffé, surtout dans le contexte de l'énergie solaire passive. Par contre, des mesures pour atténuer le son et assurer un certain niveau de privé doivent être considérées.



Le design solaire passif

Profiter de l'énergie solaire passive peut réduire la demande en énergie requise pour chauffer un bâtiment de manière considérable. Lorsque bien conçu, jusqu'à **40 % des besoins en chauffage** peuvent être comblés par l'énergie rayonnante du soleil.

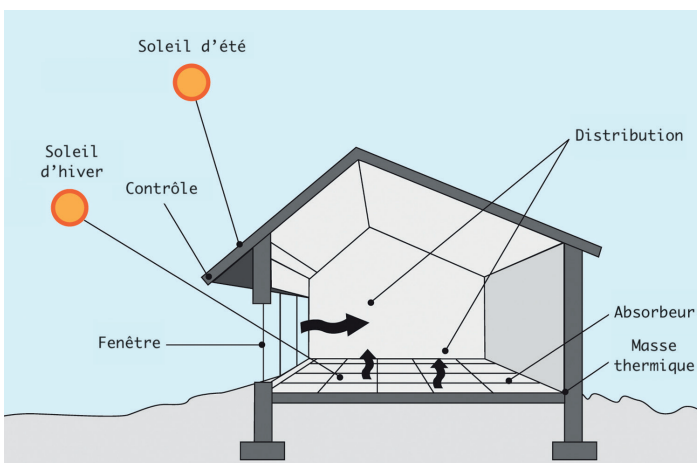


IMAGE : Green Energy Times, (s.d.)

Notez bien!

Dans certains cas, le design solaire passif peut surchauffer la maison. Il est donc important de faire évaluer ses plans par un conseiller en efficacité énergétique ou un consultant en design solaire passif afin d'assurer que les mesures adéquates sont prises pour minimiser ce risque.

Afin de profiter de l'énergie solaire passive, il faut :

1. **Orienter** la façade longitudinale de la maison vers le sud afin de maximiser l'exposition au soleil;
2. Installer de **nombreuses fenêtres** sur la façade **sud** et peu sur celle du nord;
3. Une **masse thermique** pour absorber la chaleur et la relâcher tout au long de la journée;
4. Une **méthode de contrôle** pour limiter la quantité de soleil qui entre dans la maison en été, comme les débords de toit, par exemple.

LA FONDATION

Une fondation écoénergétique

La fondation peut compter pour environ **20 % des pertes de chaleur** d'une maison due principalement à sa grande surface **sous-isolée** et aux **fuites d'air** qui peuvent se produire dans les diverses jonctions.

Puisqu'elles sont en **contact direct avec le sol**, les fondations sont susceptibles à l'infiltration d'eau, à l'accumulation d'humidité et aux pertes de chaleur. Ces obstacles font en sorte que des mesures supplémentaires doivent être prises afin de **contrôler le niveau d'humidité et les fluctuations de température** dans les sous-sols.

1. Il est essentiel de **bien isoler la dalle de béton et les murs** afin de minimiser les pertes de chaleur. Même sous la ligne du gel, le sol est plus froid que la température intérieure et peut mener à des pertes de chaleur importantes si cette partie n'est pas isolée.
2. **L'infiltration d'eau et d'humidité** dans les murs de la fondation doit être **limitée** en installant une membrane d'étanchéité et un pare-vapeur, et en s'assurant que les espaces sont proprement ventilés.
3. Les **fuites d'air doivent être minimisées** en prenant des mesures adéquates pour rendre les jonctions entre le bois et le béton étanches à l'air

Exemple A

Les composantes d'une fondation

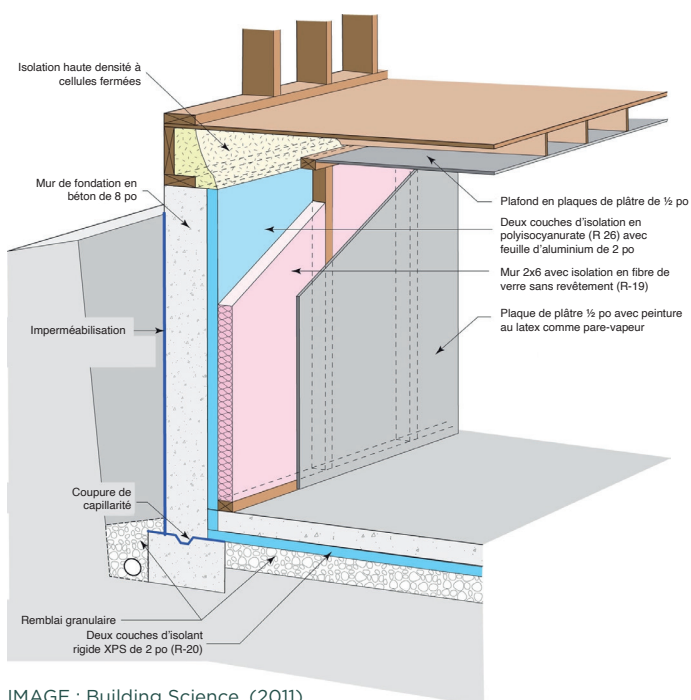


IMAGE : Building Science, (2011)

Comment isoler la fondation?

1. L'isolation peut être placée sur la façade **extérieure** des murs. De cette manière, les murs de la fondation ne sont jamais exposés au froid et restent à une température plus constante. Par contre, l'isolation est exposée au sol, aux insectes, à l'humidité et au gel.
2. Installer l'isolation sur la façade **intérieure** des murs est une pratique standard qui peut se faire avec différents types d'isolation. Par contre, il y a un risque de condensation causé par l'air chaud du sous-sol qui entre en contact avec le béton exposé au froid.
3. Isoler **les deux côtés** de la fondation peut minimiser les risques associés avec en isoler seulement un. Par contre, cette méthode peut être plus dispendieuse.

Il n'existe pas de recette parfaite pour isoler sa fondation puisque les conditions sont différentes pour chaque site. La méthode d'isolation est habituellement déterminée par le **climat**, les **caractéristiques du sol**, les **objectifs** visés et le **budget**.

LES MURS

Comment choisir l'assemblage idéal?

Il existe une **multitude de différents assemblages** de murs atteignant un niveau élevé d'efficacité énergétique. Le choix peut être déterminé par différents facteurs comme la **disponibilité des matériaux** et le **budget**. Il existe toutefois quelques règles à respecter lors de la construction des murs :

1. Les murs doivent être **étanches à l'air**. Une portion importante de la chaleur dans un bâtiment est perdue à travers les fuites d'air.
2. Le mouvement de **vapeur d'eau** à travers l'enveloppe doit être **contrôlé** afin de réduire le risque d'accumulation d'humidité et de moisissure dans les cavités des murs.
3. Les murs doivent être **bien isolés** afin de réduire les transferts thermiques entre l'intérieur et l'extérieur. Combiner différents types d'isolation permet de créer **plusieurs barrières isolantes** et de minimiser les pertes de chaleur.

Est-il vraiment nécessaire d'installer différentes couches d'isolation?

Le bois agit comme un excellent conducteur de chaleur et représente environ 20 % de la composition des murs d'une maison typique. Cela veut dire que même avec de l'isolant de haute qualité entre les montants, **20 % des murs restent sous-isolés**.

Une **couche continue d'isolation rigide** sur la façade extérieure des murs (no.4, exemples B et C) permet donc de réduire de manière importante les pertes de chaleur par les montants. Cette deuxième couche **augmente considérablement la performance thermique** de l'assemblage au complet.

Ce que les experts disent...

«Moi, je mets du R-20 à l'intérieur puis R-5 d'isolation rigide à l'extérieur. C'est vraiment facile à vendre à mes clients parce que ça me coûte de 2 000 \$ à 5 000 \$, dépendant de la taille de la maison.»

Exemple B

Valeur R: 29.00

Valeur RSI: 5.11

1. Filme d'air extérieur
2. Revêtement en bois
3. Espace d'air 3/4"
4. 3" Isolant en laine minérale
5. Pare-air
6. Revêtement en contreplaqué 1/2"
7. Montants 2x6 @ 16" c.c. / isolant semi-rigide R24
8. Pare-vapeur intelligent
9. Panneau de gypse 1/2"
10. Fini : peinture latex
11. Filme d'air intérieur

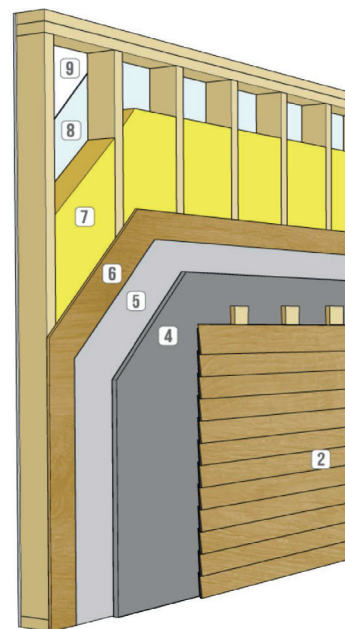


IMAGE : CWC, Effective R Calculator, wall I.D.: 4642

Exemple C

Valeur R: 37.21

Valeur RSI: 6.56

1. Filme d'air extérieur
2. Revêtement en vinyle
3. Papier asphalté
4. 4" Isolant rigide en polystyrène extrudé type 3/4
5. Revêtement en contreplaqué 1/2"
6. Montants 2x6 @ 16" c.c. / isolant semi-rigide R22
7. Pare-vapeur intelligent
8. Panneau de gypse 1/2"
9. Fini : peinture latex
10. Filme d'air intérieur

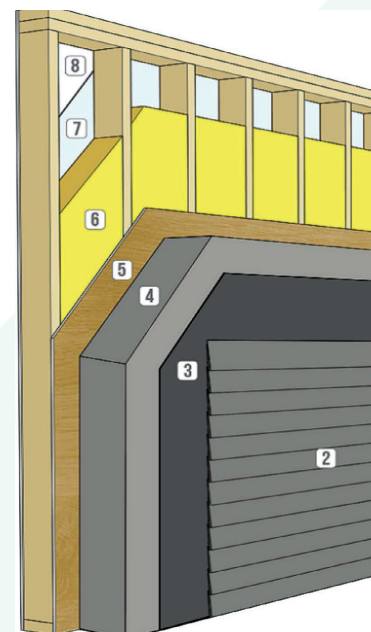


IMAGE : CWC, Effective R Calculator, wall I.D.: 12578

EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE RÉSIDENIELLE

LE GRENIER ET LA TOITURE

Un grenier écoénergétique

Le grenier, tout comme les autres composantes de l'enveloppe du bâtiment, doit être adéquatement **isolé et étanche à l'air** afin de minimiser les pertes de chaleur.

Par contre, il est indispensable d'assurer que le grenier soit **correctement ventilé** puisqu'il est beaucoup plus vulnérable à l'**infiltration d'eau et d'humidité** que le reste de l'enveloppe.

L'**accumulation d'humidité** dans le grenier, due à l'infiltration de pluie et de vapeur d'eau, peut entraîner des problèmes de **moisissure**, réduisant l'efficacité de l'isolation et nuisant à la structure de bois. L'**exemple D** démontre comment une toiture peut être ventilée, tout en restant étanche à l'air et correctement isolée.

Prévoir pour les panneaux solaires

Puisque les **panneaux solaires** sont fréquemment placés sur la **toiture**, il est important de prendre plusieurs facteurs en compte lors de la planification de la maison afin d'**optimiser** le **rendement** du système d'énergie renouvelable

1. Afin de maximiser l'exposition des panneaux solaires au soleil, il est essentiel qu'ils soient orientés vers le **sud**, à un angle entre **15°** et **56°**.
2. Afin d'assurer que la **toiture** puisse **accommoder** un **système** capable de répondre à la demande en énergie du bâtiment, il est important de faire une modélisation énergétique afin d'estimer le **nombre de panneaux solaires** requis. Ensuite, la toiture peut être conçue afin d'accommoder le nombre de panneaux nécessaires.
3. La **forme** de la toiture doit être assez **simple** en **minimisant les arrêtes de toit** afin d'éviter de créer des zones ombragées sur la toiture.

Exemple D

Une toiture écoénergétique

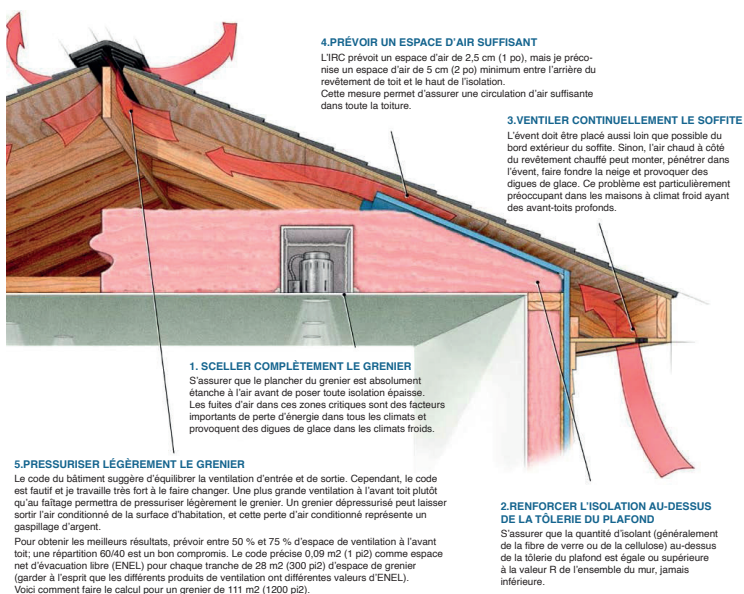


IMAGE : Hartman, J. (2011)

Pendant une nouvelle construction, faites le nécessaire d'**installer les conduits et le panneau électrique** conçus pour les panneaux solaires photovoltaïques, même si vous ne prévoyez installer le système qu'ultérieurement. Un conduit passant à travers la toiture et le grenier jusqu'au panneau électrique est **plus facilement installé** lorsque les murs et le grenier sont encore ouverts.

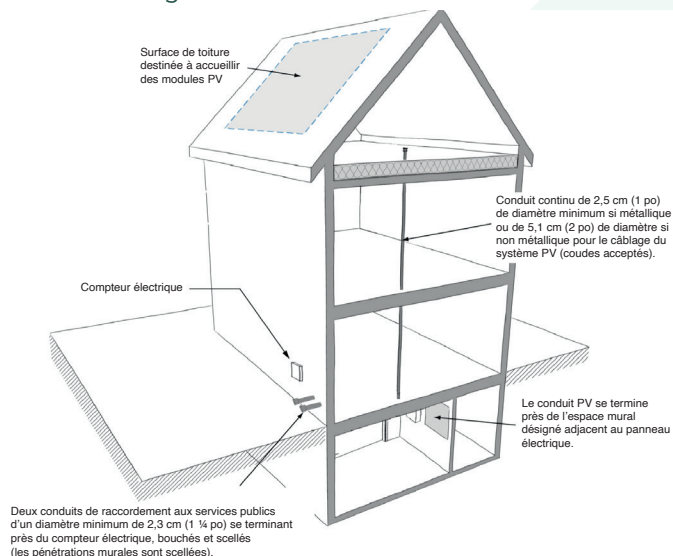


IMAGE : Ressources naturelles Canada, (2018)

EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE RÉSIDENIELLE

LES PORTES ET FENÊTRES

L'importance des portes et fenêtres écoénergétiques

Les portes et les fenêtres sont les points les plus faibles dans l'enveloppe du bâtiment et peuvent compter pour environ 35 % des pertes de chaleur d'une maison typique. Des **pertes de chaleur** peuvent se produire de différentes manières à travers les composantes d'une porte ou d'une fenêtre comme le **cadre** ou le **vitrage**.

Les portes et fenêtres écoénergétiques réduisent au minimum les pertes de chaleur en ayant des **cadres** bien **isolés** et **étanches à l'air**, et en étant composées de **matériaux non conducteurs**.

Comment choisir?

Il est important de sélectionner des **fenêtres écoénergétiques** et d'assurer leur **installation minutieuse**. Sinon, on pose le risque de **neutraliser tous les efforts** mis pour augmenter l'efficacité énergétique du bâtiment.

Il existe aujourd'hui plusieurs différents types de fenêtres, chacun présentant des avantages et des désavantages particuliers. Les fenêtres à double et à triple vitrage qui contiennent du **gaz inerte entre les vitrages** ont une valeur isolante plus élevée. Des films à **faible émissivité** peuvent être appliqués sur les fenêtres, permettant de limiter la quantité de chaleur qui s'échappe des fenêtres en reflétant la chaleur à l'intérieur de la maison.

Le **choix** des fenêtres peut être **dicté par leur emplacement** sur la maison. Par exemple, des fenêtres à **triple vitrage** placées sur la façade **nord** de la maison peuvent limiter les pertes de chaleur due à leur valeur isolante élevée.

Les pertes de chaleur dans une fenêtre typique

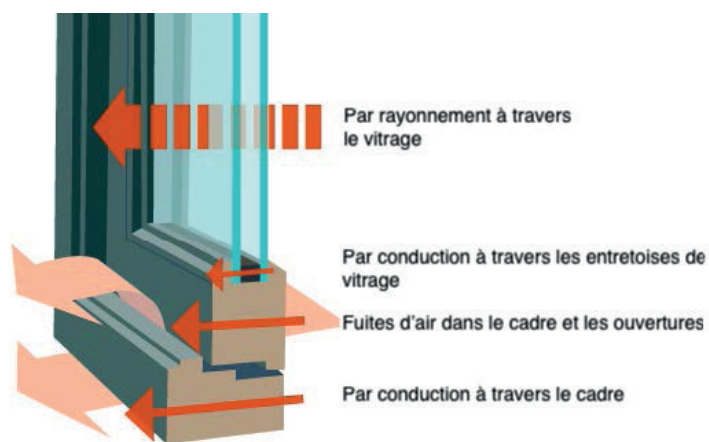


IMAGE : GreenSpec, (s.d.)

D'autre part, afin de profiter de l'**énergie solaire passive**, des fenêtres à **faible émissivité** peuvent être placées sur la façade **sud** afin de maintenir la chaleur dans le bâtiment.

Enfin, il est toujours recommandé de consulter un **spécialiste** et de leur expliquer les objectifs du projet et les caractéristiques de la maison afin de faire un **choix optimal**.

Il est également important de noter que l'installation minutieuse des portes et fenêtres est essentielle afin de minimiser les pertes de chaleur.

Ce que les experts disent...

Afin de choisir des portes et fenêtres qui répondent aux exigences de maisons CENZ, il faut s'assurer qu'elles atteignent un rendement énergétique optimal. Heureusement, les portes et fenêtres étiquetées ENERGY STAR indiquent qu'elles répondent à des exigences strictes en matière d'efficacité énergétique.

LES SYSTÈMES MÉCANIQUES

Comment chauffer sa maison?

Les maisons dans les climats froids, comme ici au Nouveau-Brunswick, dépendent beaucoup d'énergie pour le chauffage et les maisons CENZ n'en sont aucune exception. Même si la demande en énergie pour le chauffage est réduite drastiquement dans les maisons CENZ à cause de leur enveloppe super-isolée et étanche à l'air, un **système de chauffage** est toujours nécessaire pour maintenir l'intérieur à une **température confortable**.

Afin d'atteindre une consommation énergétique annuelle nette zéro, il est essentiel que le système de chauffage soit le plus **efficace possible**. Il existe différentes manières de chauffer une maison, mais les plus répandus dans le domaine de la construction écoénergétique sont les **thermopompes à air** et les **pompes géothermiques**.



IMAGE : Geo Cool, (2016)

Thermopompes à air

Au lieu de générer de la chaleur à partir d'électricité ou d'un combustible, une thermopompe **extraît la chaleur** présente dans l'**air** extérieur. À cause d'avancées technologiques, les thermopompes à air peuvent même fonctionner à des températures basses. Pendant l'été, la thermopompe peut extraire la chaleur de l'air intérieur et la rejeter à l'extérieur.

Les mini-thermopompes bibloc sans conduites sont aujourd'hui largement adoptées dans le domaine de la construction. Elles sont **efficaces**, faciles à installer et relativement **abordables** et peuvent augmenter l'efficacité énergétique de maisons déjà dotées d'un système de chauffage. Les mini-thermopompes sont donc idéales pour les **rénovations**.

Ce que les experts disent...

«L'avantage d'une pompe géothermique est qu'il n'y a pas de composantes mécaniques ou électriques à l'extérieur. Tout est à l'intérieur ou enfouis dans la terre, donc le système aura moins tendance à se briser.»

Pompes géothermiques

Une pompe géothermique est un système de chauffage qui utilise la **chaleur du sol** afin de réchauffer les locaux en hiver.

Alternativement, pendant l'été, le système peut évacuer la chaleur de la maison et la stocker dans le sol.

Les pompes géothermiques sont composées de deux parties principales :

1. Un réseau de **tuyaux souterrains** situé à l'extérieur de la maison et;
2. Une **thermopompe** à l'intérieur de la maison.

Les pompes géothermiques ont plusieurs avantages, mais le principal est certainement son rendement énergétique. Puisque la **température du sol fluctue moins** pendant l'hiver que la température de l'air, le système fonctionne de manière beaucoup **plus constante**. Les pompes géothermiques sont extrêmement efficaces et peuvent faciliter l'atteinte d'une efficacité énergétique nette zéro.

LES SYSTÈMES MÉCANIQUES

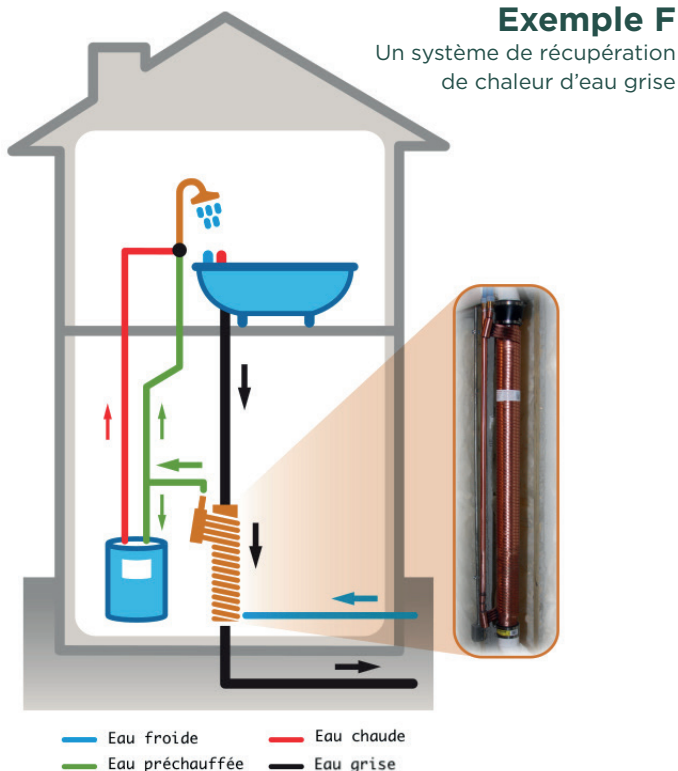
Réduire pour gagner

Les systèmes mécaniques d'une maison CENZ doivent fonctionner de manière optimale afin de minimiser la demande en énergie par le bâtiment. Cependant, les systèmes mécaniques, comme les systèmes de chauffage, sont fréquemment surdimensionnés, et donc consomment beaucoup plus d'énergie que ce qui serait habituellement demandé par le bâtiment.

Puisque les **maisons CENZ** sont super-isolées et étanches à l'air, il est essentiel de faire le **calcul de la demande en énergie** afin que les systèmes mécaniques puissent être **correctement dimensionnés**. Un système de bonne taille fonctionne de manière plus régulière, est plus efficace, à une durée de vie plus longue, est plus abordable.



IMAGE : Delbert, C. (s.d.)



Des ajouts simples qui économisent beaucoup

Il existe aujourd'hui divers systèmes mécaniques qui peuvent être facilement intégrés à une maison pour augmenter son rendement énergétique. En voici quelques exemples :

1. Il est possible de **récupérer la chaleur** provenant de l'eau de drain pour **réchauffer de l'eau fraîche** (exemple F). Ce tuyau de cuivre enroulé peut être raccordé au système de plomberie. Cet appareil coûte entre 600 \$ à 800 \$ et permet de **réduire la demande** en énergie pour chauffer l'eau de **20 %**.
2. Certains systèmes de ventilation peuvent également **récupérer la chaleur** afin de **réchauffer l'air frais** qui entre dans la maison. Le ventilateur-récupérateur de chaleur (VRC) dans une maison CENZ devrait atteindre un seuil d'**efficacité de 67 % à 84 %**.
3. Un **chauffe-eau thermodynamique** (thermopompe) utilise l'air chaud intérieur pour réchauffer l'eau. Un chauffe-eau thermodynamique doit être installé dans une salle mécanique avec un espace libre assez grand, mais peut être jusqu'à **61 % plus efficace** qu'un chauffe-eau électrique.

EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE RÉSIDENTIELLE

L'ÉNERGIE RENOUVELABLE

Comment choisir le système optimal?

Même s'il existe de nombreuses sources d'énergie renouvelable applicables dans le contexte résidentiel, **l'énergie solaire** est certainement devenue le standard avec les maisons CENZ au Canada. Malgré les obstacles rencontrés en hiver comme le froid, les journées plus courtes et l'accumulation de neige, les systèmes d'énergie solaire peuvent produire tellement d'énergie pendant le reste de l'année que **l'énergie consommée du réseau en hiver est vite récupérée**.

Afin que le système d'énergie solaire puisse répondre à la demande du bâtiment, il est essentiel de **bien comprendre le profil de la consommation énergétique**. Le profil des besoins en énergie peut être modélisé par des professionnels à l'aide de logiciels spécialisés comme HOT2000, mais la manière la plus sûre est certainement de mesurer la consommation d'énergie pendant une période d'un an, lorsque la maison est habitée.

L'énergie solaire photovoltaïque (PV)

La capacité de générer sa propre électricité à partir de sources renouvelables est l'élément qui distingue les bâtiments CENZ des autres types de construction écologique. Les **panneaux solaires PV** produisent de l'électricité en **convertissant l'énergie du soleil en courant électrique utilisable** par le bâtiment.

Des **batteries** peuvent être utilisées afin de **stocker** une portion de **l'électricité générée**. Pendant le soir ou les journées moins lumineuses, l'électricité stockée dans les batteries peut alimenter la maison. Cependant, se fier aux batteries pour répondre aux besoins en énergie demande des **sacrifices** de la **part des occupants**, comme limiter l'utilisation des appareils non essentiels comme la télévision, ou éviter de prendre des douches chaudes. De plus, un système de batterie est un **investissement important**.



IMAGE : Voyer, (s.d.)

Il est toutefois possible d'installer un système d'énergie renouvelable **sans batterie**, ce qui **allège le coût** du système de manière considérable. Pendant les périodes moins lumineuses, l'énergie requise par la maison est consommée du réseau énergétique. Lorsque la maison produit un surplus d'électricité, cette énergie peut être renvoyée au réseau. Le programme de **mesurage net** d'Énergie NB offre des crédits pour l'énergie envoyée au réseau, qui peuvent être appliqués envers les factures d'électricité.

Ce que les propriétaires de maisons écoénergétiques disent...

«Les batteries c'est un gros investissement qui ne va jamais être rentable, peu importe les conditions. Les batteries peuvent être utiles pour les pannes de courant [...] et aussi peut-être dans les cas où le prix de l'énergie fluctue au cours de la journée, mais ce n'est pas le cas présentement.»

EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE RÉSIDENTIELLE

CHARGE DES OCCUPANTS + GESTION DE L'ÉNERGIE

L'impact de nos habitudes

Même après avoir mis un effort considérable pour minimiser la demande en énergie par le bâtiment en employant diverses stratégies, atteindre une consommation énergétique annuelle nette zéro demande que les **occupants participent activement** dans la **gestion** de leur consommation **d'énergie**. Puisque la charge des occupants représente plus de **60 %** de la consommation énergétique d'une maison CENZ, les **habitudes des occupants** ont un **impact significatif** sur la demande en énergie du bâtiment.

D'ailleurs, plusieurs recherches démontrent qu'une maison CENZ ne peut **atteindre une consommation énergétique nette nulle** que si les occupants adoptent des **habitudes écoénergétiques**.

Conseils écoénergétiques

La **gestion de la consommation d'énergie** peut être facilitée en installant des systèmes **intelligents**. Dans les maisons intelligentes, il est possible de contrôler la température, l'éclairage, les serrures et même certains appareils ménagers à partir d'un téléphone intelligent ou d'une tablette. Différents paramètres peuvent être programmés, permettant de **régler automatiquement** la température et l'éclairage pour répondre adéquatement aux besoins des occupants.

En plus de se fier à l'automatisme pour la gestion de l'énergie, il est important d'employer des **habitudes écoénergétiques**. En voici quelques-unes :

1. Il est important de **faire confiance** aux **systèmes mécaniques**. Par exemple, même avec un système de ventilation d'intégré à la maison, certaines personnes ouvriront les fenêtres pour fournir de l'air frais aux locaux ce qui peut réduire la température intérieure et mettre en marche le système de chauffage. Il est donc important de **comprendre le rôle et le fonctionnement** des différentes composantes afin d'assurer que nos habitudes ne nuisent pas à l'efficacité énergétique de la maison.



IMAGE : EdelmanInc. (2018)

2. **L'eau chaude** est un autre grand consommateur d'énergie, même lorsque des systèmes écoénergétiques sont mis en place. Il est donc recommandé de **limiter son usage** en prenant des douches plus courtes à une température plus basse et en faisant la lessive à l'eau froide.
3. Même les appareils ménagers écoénergétiques peuvent consommer **beaucoup d'énergie**. Il est donc important de réduire la fréquence à laquelle ces appareils sont utilisés. Démarrez seulement le lave-vaisselle lorsqu'il est rempli et laissez la vaisselle sécher à l'air. Faites de pleines brassés de lessive et utilisez la corde à linge dans la mesure du possible.

Ce que les propriétaires de maisons écoénergétiques disent...

«On aime beaucoup le thermostat qui est venu avec notre thermopompe. Ça nous montre exactement combien d'énergie on consomme en kWh. C'est un peu comme regarder ta pile de bois diminuer au fil de l'année.»

EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE RÉSIDENIELLE

RESSOURCES UTILES

Voici une banque de **ressources indispensables** qui vous permettront d'approfondir vos connaissances sur les différents aspects de la construction écoénergétique :

Ressources naturelles Canada

Ressources naturelles Canada offre des ressources utiles pour la planification et la **construction de maisons nette zéro**. On peut trouver sur leur site différents rapports sur l'efficacité énergétique résidentielle. De plus, les études de cas du projet pilote net zéro R-2000 sont une excellente ressource puisqu'elles présentent le design de diverses maisons CENZ ainsi que les différentes composantes utilisées.

<https://www.rncan.gc.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-pour-les/acheter-une-maison-ecoenergetiqu/net-zero-futures-normes-matiere-construction/20582>

Ressources naturelles Canada - Produits ENERGY STAR

Sur cette page on peut trouver une banque de produits ENERGY STAR **testés au Canada et approuvés pour l'utilisation** dans les **maisons CENZ**. Ces produits (les fenêtres tous comme les appareils électroménagers) sont garants d'atteindre un certain niveau d'efficacité énergétique.

<https://www.rncan.gc.ca/efficacite-energetique/energy-star-canada/energy-star-produits/12520>

Conseil canadien du bois - Outils de conception

Le site web du Conseil canadien du bois offre des **outils de conception très utiles** pour les designers de bâtiments et les constructeurs d'habitations, ainsi que pour le public intéressé. L'outil «**Effective R Calculator**» permet de **calculer la valeur isolante** de différents assemblages de murs. À partir des paramètres désirés, l'utilisateur peut choisir l'assemblage idéal. Cet outil présente la valeur isolante de l'assemblage choisi et détermine s'il est conforme aux exigences du CNB pour les différentes régions du Canada.

<http://cwc.ca/fr/design-tools-2/effective-r-calculator/>

Canadian Home Builders Association (CHBA) - Net Zero Home

L'Association canadienne des constructeurs d'habitations (ou CHBA) à un **volet dédié entièrement aux maisons CENZ**. Elle a récemment développé un programme d'accréditation de maisons CENZ qui garantit la performance des maisons étiquetées et contribue continuellement à l'avancement de la construction nette zéro au Canada.

<https://www.chba.ca/NZE>

Building Science

Building Science est un site web où l'on peut retrouver une **variété d'articles et de guides** sur la construction de maisons en Amérique du Nord. Des **professionnels** et des **chercheurs en construction du bâtiment** y contribuent régulièrement en publiant divers articles intéressants sur divers aspects de la construction.

<https://www.buildingscience.com>

EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE RÉSIDENTIELLE

SOURCES DE FINANCEMENT

La construction d'une maison CENZ est habituellement **plus dispendieuse** qu'une construction typique, attribuable principalement aux **matériaux supplémentaires** et aux **systèmes mécaniques écoénergétiques nécessaires** pour rendre la maison plus efficace. Afin d'**alléger le coût des maisons CENZ**, divers organismes et gouvernements offrent des **incitatifs** sous différentes formes, comme des **subventions** et des **crédits d'impôt**, par exemple. Les sources de financement peuvent varier d'année en année, donc il est important de vérifier régulièrement avant le début d'un projet afin d'assurer que le financement nécessaire sera disponible. Voici quelques sources de financement potentielles disponibles au Nouveau-Brunswick :

Énergie Nouveau-Brunswick

Énergie NB offre **divers incitatifs** pour la construction écoénergétique au Nouveau-Brunswick. Le Programme écoénergétique pour les maisons et pour les nouvelles maisons sont les incitatifs principaux offerts dans la province pour les rénovations et les nouvelles constructions, mais il existe également d'autres programmes spécialisés comme celui pour les ménages à faible revenu. Le montant disponible change selon le **type de rénovation** ou les éléments incorporés dans la maison, ainsi que le **niveau d'efficacité énergétique** atteint.

<https://www.saveenergynb.ca/fr/save-energy/>

Société canadienne d'hypothèques et de logement

Afin de rendre la construction écoénergétique plus accessible, la Société canadienne d'hypothèque et de logement offre un remboursement de **15 % à 25 %** sur la prime d'assurance de leur prêt hypothécaire lorsque vous **construisez** ou **achetez** une **maison écoénergétique**.

<https://www.cmhc-schl.gc.ca/fr/finance-and-investing/mortgage-loan-insurance/the-resource/energyefficient-housing-made-more-affordable-with-mortgage-loan-insurance>

Sagen (Genworth Canada)

Sagen, autrement nommé Genworth Canada, offre un incitatif semblable à celui de la société canadienne d'hypothèques et de logement. Pour l'**achat** ou la **construction** d'une **maison écoénergétique**, les acheteurs peuvent recevoir un remboursement de **jusqu'à 25 % sur l'assurance d'hypothèque**. Le montant du remboursement est déterminé par le niveau d'efficacité énergétique atteint.

<https://www.sagen.ca/fr/produits-et-services/habitations-econergetiques/>

Vos gouvernements

Bien qu'il n'existe pas encore d'incitatif offert par les gouvernements, il se peut que du financement soit **disponible prochainement**. Informez-vous auprès de votre municipalité, des gouvernements provincial et fédéral régulièrement afin d'assurer que vous **profitez** de toutes les **sources de financement disponibles**.

Bibliographie

- ASAE, S. R., V. I. UGURSAL et I. BEAUSOLEIL-MORRISON. « Development and analysis of strategies to facilitate the conversion of Canadian houses into net zero energy buildings », *Energy Policy*, vol. 126, 2019, p. 118-130. Sur Internet : <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.10.055>
- ASSOCIATION CANADIENNE DES CONSTRUCTEURS D'HABITATIONS. *Builders' Manual*, Association canadienne des constructeurs d'habitations, 2013.
- DOIRON, M., W. O'BRIEN et A. ATHIENITIS. « Energy performance, comfort, and lessons learned from a near net zero energy solar house », *ASHRAE Transactions*, vol. 117, 2011, p. 585-596.
- ÉNERGIE NB. « Mesurage net », s.d. Sur Internet (12 juin 2019) : <https://www.nbpower.com/fr/products-services/net-metering/>
- GUPTA, R., M. KAPSALI et A. HOWARD. « Evaluating the influence of building fabric, services and occupant-related factors on the actual performance of low energy social housing dwellings in the UK », *Energy and Buildings*, vol. 174, 2018, p. 548-562. Sur Internet : <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.06.057>
- HEMSATH, T. L. et K. ALAGHEBAND BANDHOSSEINI. « Sensitivity analysis evaluating basic building geometry's effect on energy use », *Renewable Energy*, vol. 76, 2015, p. 526-538. Sur Internet : <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.11.044>
- INSTITUT CANADIEN DES ÉVALUATEURS. « Approches passives au logement abordable basse consommation – Une introduction aux bénéfiques, technologies, coûts et pratiques exemplaires », *Évaluation immobilière au Canada*, vol. 61, t. 3, 2017, p. 20-22.
- IPCC. *Special Report: Global warming of 1.5 degrees Celsius (summary for policy makers)*, 2018. Sur Internet : https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_SPM_version_report_LR.pdf
- LI, H. X., Y. CHEN, M. GÜL, H. YU et M. AL-HUSSEIN. « Energy performance and the discrepancy of multiple NetZero Energy Homes (NZEHS) in cold regions », *Journal of Cleaner Production*, vol. 172, 2018, p. 106-118. Sur Internet : <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.157>
- LI, Y., H. YU, T. SHARMIN, H. AWAD et M. GÜL. « Towards energy-efficient homes: Evaluating the hygrothermal performance of different wall assemblies through long-term field monitoring », *Energy and Buildings*, vol. 121, 2016, p. 43-56. Sur Internet : <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.03.050>
- LOWE, R., L. F. CHIU et T. ORESZCZYN. « Socio-technical case study method in building performance evaluation », *Building Research & Information*, vol. 46, no 5, 2018, p. 469-484. Sur Internet : <https://doi.org/10.1080/09613218.2017.1361275>
- LSTIBUREK, J. « A crash course in roof venting: Understand when to vent your roof, when not to, and how to execute each approach successfully », *Fine Homebuilding*, 2011, p. 68-72.
- MARUEJOLS, L., D. L. RYAN et D. YOUNG. « Eco-houses and the environment: A case study of occupant experiences in a cold climate », *Energy and Buildings*, vol. 62, 2013, p. 368-380. Sur Internet : <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.03.018>
- MELINE, L. et S. KAVANAUGH. « Geothermal heat pumps—Simply efficient », *ASHRAE Transactions*, vol. 125, no 2, 2019, p. 576-586.
- OH, J., T. HONG, H. KIM, J. AN, K. JEONG et C. KOO. « Advanced strategies for net-zero energy building: Focused on the early phase and usage phase of a building's life cycle », *Sustainability*, vol. 9, no 12, 2017, p. 2272. Sur Internet : <https://doi.org/10.3390/su9122272>
- RÉGIE DE L'ÉNERGIE DU CANADA. « Profils énergétiques des provinces et territoires : Nouveau-Brunswick », 30 septembre 2020. Sur Internet : <https://www.cer-rec.gc.ca/fr/donnees-analyse/marches-energetiques/profils-energetiques-provinces-territoires/profils-energetiques-provinces-territoires-nouveau-brunswick.html>

Bibliographie

RESSOURCES NATURELLES CANADA et CANMETÉNERGIE. Prêt pour le photovoltaïque : Lignes directrices, 2018, p. 23. Sur Internet : http://epe.lac-bac.gc.ca/100/201/301/weekly_acquisitions_list-ef/2018/18-17/publications.gc.ca/collections/collection_2018/rncan-nrcan/M154-122-2018-fra.pdf

RESSOURCES NATURELLES CANADA. « Caractéristiques principales et conseils pratiques pour les fenêtres, les portes et les puits de lumière », Ressources naturelles Canada, 13 décembre 2013. Sur Internet : <https://www.rncan.gc.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-pour-les/information-sur-les-produits/portes-fenetres-puits-de-lumiere/caracteristiques-principales-et-conseil-pratiques-pour-les-fenetres-les-portes-et>

RESSOURCES NATURELLES CANADA. « Maison à consommation énergétique nette zéro (CENZ) », Ressources naturelles Canada, 1^{er} décembre 2008. Sur Internet : <https://www.rncan.gc.ca/energie/efficacite/donnees-recherche-et-connaissance-sur-lefficacite-energetique/innovation-du-secteur-residentiel/maison-consommation-energetique-nette-zero-cenz/5132>

RESSOURCES NATURELLES CANADA. « Pompes géothermiques : Systèmes à énergie du sol », Ressources naturelles Canada, 20 avril 2009 [2009a]. Sur Internet : <https://www.rncan.gc.ca/efficacite-energetique/propos-denergy-star-canada/annonces-relatives-au-programme/publications/le-chauffage-le-refroidissement/pompes-geothermiques-systemes-energie-du-sol/6834>

RESSOURCES NATURELLES CANADA. « Projet pilote sur le rendement énergétique net zéro R-2000 », Ressources naturelles Canada, 2 février 2018. Sur Internet : <https://www.rncan.gc.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-pour-les/acheter-une-maison-ecoenergetiqu/net-zero-futures-normes-matiere-construction/20582>

RESSOURCES NATURELLES CANADA. « Thermopompes à air », Ressources naturelles Canada, 20 avril 2009 [2009b]. Sur Internet : <https://www.rncan.gc.ca/efficacite-energetique/propos-denergy-star-canada/annonces-relatives-au-programme/publications/le-chauffage-le-refroidissement/thermopompes-air/6832>

RESSOURCES NATURELLES CANADA. Emprisonnons la chaleur, 2012, p. 156. Sur Internet : https://www.rncan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/pdf/habitations/Emprisonnons-la-chaleur_F.pdf

RESSOURCES NATURELLES CANADA. Évolution de l'efficacité énergétique résidentielle de 1990 à 2013, 2016, p. 57. Sur Internet : <https://www.rncan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/pdf/evolution2013.pdf>

SCARWELL, H.-J., D. LEDUCQ et A. GROUX. Réussir la transition énergétique, Presses universitaires du Septentrion, 2015.

THOMAS, W. D. et J. J. DUFFY. « Energy performance of net-zero and near net-zero energy homes in New England », Energy and Buildings, vol. 67, 2013, p. 551-558. Sur Internet : <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.08.047>

UDOVIČENKO, A. et L. ZHONG. « Application of air-source heat pump (ASHP) technology for residential buildings in Canada », IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 609, no 052006, 2019. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/609/5/052006>