

# VITRAGES: LES FENÊTRES PERFORMANTES ET LA SANTÉ

CHRISTIAN OUELLET

**Concepteur de 30 maisons solaires, Christian Ouellet termine son troisième mandat à la tête de la Société d'énergie solaire du Canada.**

*Je dis souvent à la blague que l'architecte Christian Ouellet est mon «gourou». J'ai eu le plaisir de le rencontrer en 1989, alors que j'étais un jeune reporter, à Habitabec. Il m'a tout de suite épaté et converti aux maisons solaires, très économes en énergie et très bonnes pour la santé de leurs habitants.*

*Architecte, menuisier, maçon, ancien professeur d'architecture à l'université de Montréal, Christian Ouellet a déjà conçu une trentaine de maisons «bioclimatiques» (en fonction de notre santé et de notre climat). Certains le trouvent trop excentrique à leur goût! Mais je suis parmi ceux qui partagent ses craintes et sa volonté de prudence, face aux risques que pourraient présenter pour notre santé des doses répétées, et plus ou moins intenses, de champs électromagnétiques, de formaldéhyde, de radon, etc..*

*À 60 ans, M. Ouellet vient de terminer son troisième mandat à la tête de la Société d'énergie solaire du Canada. C'est l'organisme sans but lucratif qui fait la promotion de l'énergie la plus saine qui soit, à part celle du vent (éolienne). Sa bonne humeur, son flair pour la nouveauté, ses convictions profondes, son sens de l'écologie, ses vastes connaissances de l'habitat bioclimatique et ses dons de pédagogue, en font un des personnages les plus remarquables de l'industrie nord-américaine de l'habitat. Un travailleur acharné à qui l'on souhaite un peu de repos pour son cœur fragile.*

**A.F.**

En comparant les documents techniques des diverses compagnies de fenêtres, je cherche à obtenir les vitrages qui réduisent le moins les fonctions suivantes: transmission de la lumière, transmission de la vision, transmission de la chaleur solaire et transmission des rayons ultraviolets (UV).

D'abord, il faut savoir que les verres que l'on trouve dans le marché sont soit clairs, soit sélectifs ou à "faible émissivité" (verre énergétique com-

munément appelé Low-E ou à faible-É). Ces derniers sont traités en surface, au moyen d'un enduit métallique infiniment mince ayant la particularité de laisser passer les rayons solaires à courtes fréquences, puis de limiter le retour vers l'extérieur des ondes infrarouges à longues fréquences (du chauffage, des être vivants et des rayons solaires "chauds" transformés et dégagés par les objets). Il existe également des verres réfléchissants, teints. Il ne faut pas s'y méprendre, ceux-là ne font que réfléchir tout espèce de rayons. Ils n'offrent pas beaucoup d'avantages dans l'habitat.

À l'aide de verre clair ordinaire, on fabrique des unités scellées qu'on appelle souvent des verres thermos. Mais il faut savoir que ces vitrages ne sont pas plus éconergiques que des vitrages dans deux volets séparés. Sauf qu'ils contrôlent la "première" condensation, celle qu'il y a sur toutes les fenêtres doubles, même quand l'air intérieur est relativement sec.

## Verre énergétique

Comparativement aux unités scellées de verre ordinaire, celles de verre sélectif procurent typiquement les résultats suivants: résistance thermique accrue de 63%, perte de lumière visible (qui pénètre à l'intérieur) de 10%, et réduction de gains solaires de 8%. Si l'on remplace l'air par de l'argon, un gaz lourd sans danger pour la santé, l'efficacité thermique passe à 78%, les autres conditions demeurant inchangées.

L'intercalaire est un petit séparateur, généralement en aluminium, qui relie les deux verres, à une distance d'un demi pouce. Les nouveaux intercalaires efficaces, en butyle ou en silicone, n'ont pas d'influence majeure sur les pertes de chaleur. Le seul effet significatif est la réduction de la possibilité de condensation sur le verre, près du cadre.

Les fenêtres contribuent grandement à égayer la vie à domicile. Mais elles ont également un rôle vital à jouer, tant au niveau de la santé physique que psychologique, d'autant plus qu'à l'exception du monde rural, nous passons jusqu'à 98% de nos hivers à l'intérieur.

Mais en évaluant les liens entre les fenêtres et la santé, il est important de souligner qu'il n'y aura jamais rien - ni fenêtre performante, ni taux

d'humidité idéal, ni mur qui "respire" ou non - pour remplacer la vie à l'extérieur. Il faut oxygéner son corps de la meilleure qualité d'air possible. Bref, il est primordial de jouer, de travailler ou tout simplement de flâner à l'extérieur en toute saison (nos vêtements modernes le permettent).

### **Air climatisé et humidifié**

Je ne comprend pas les gens qui restent constamment dans leur maison au climat artificiel: air climatisé, l'été et humidifié, l'hiver. Et dire que des "médecins" prescrivent souvent un taux d'humidité élevé à l'intérieur, pour combattre les problèmes respiratoires... Souvent, ces problèmes sont causés par des matériaux polluants qui, sous l'effet d'un taux d'humidité plus élevé, dégagent davantage de vapeurs chimiques irritantes!

Je reviens d'un colloque américain, où il a été question d'études démontrant qu'un taux d'humidité relative de 25 à 28% est tout-à-fait acceptable pour les humains. Seul un taux sous les 20% serait dommageable. De plus, il semble qu'au-delà de 30%, les humains ne perçoivent pas la différence entre 40, 50 ou 60% d'humidité relative intérieure, ces deux derniers taux étant dangereux, en hiver, car ils permettent la prolifération de bactéries et de champignons nocifs.

Souvent, on confond narines sèches et problèmes respiratoires. Personnellement, j'ai déjà réglé ce problème en badigeonnant mes narines d'un peu de Vaseline. Bref, une fenêtre performante ne devrait pas avoir pour but de permettre l'augmentation du niveau d'humidité intérieure, sans que le verre condense.

### **La lumière naturelle**

Autre point qui nous intéresse: les verres performants filtrent les rayons ultraviolets (UV). Bien que plus d'UV traversent notre couche d'ozone érodée, il m'apparaît normal d'en laisser pénétrer le plus possible au travers des fenêtres, justement parce que nous passons autant de temps à l'intérieur. Les autorités médicales ont peu étudié la quantité d'UV nécessaire à une bonne santé, depuis que la plupart des humains ne travaille plus à l'extérieur.

Il est bien connu que les rayons UV ont une fonction bactéricide. On l'utilise pour traiter l'eau potable et l'air des hôpitaux, notamment. Il est donc possible qu'ils équilibrent la prolifération des

bactéries, champignons et moisissures nécessaires et non nécessaires dans une maison.

Le verre clair laisse facilement passer 75% des UV par nombre de vitrage (le verre double, 60%, et le triple, 50%). Mais un verre sélectif à faible-É n'en laisse passer que 25%, tandis que l'unité "quadruple" (2 verres et 2 pellicules à faible-É), qu'un-demi pour-cent.

Il faut bien se rappeler que les rayons UV proviennent du soleil, donc principalement du sud. Or, si l'on tient compte de ce point de vue d'orientation, on mettrait des verres clairs au sud, au grand dam des vendeurs de verre énergétique qui prétendent sauver les meubles et tapis de la décoloration. En fait, le seul vitrage véritablement efficace à ce chapitre est l'unité quadruple (tel l'Isoverre). Cependant, ces unités coupent 60% des gains de chaleur solaire et 40 à 55% de la lumière visible.

On fait donc face à des questions d'arbitrage entre les différents objectifs de confort et de décoloration. Je suis d'accord avec les experts de musées, cités dans Energy Design Update il y a quelque années, qui disaient que la seule façon d'empêcher totalement la décoloration due au soleil, c'est de placer nos tableaux, nos meubles et nos tapis à l'abri des rayons solaires. De toute façon, à un tapis, je préfère de loin un plancher de bois franc, moins sensible aux UV et combien plus sain pour le corps humain!

Certains prétendent que leurs plantes ont arrêté de fleurir à cause du verre énergétique. Je n'ai pas vécu cette expérience. Ni Amory Lovins, le gourou de l'efficacité énergétique. Il fait pousser une forêt tropicale au Rocky Mountain Institute, dans les montagnes Rocheuses du Colorado, dans une serre vitrée de Caloriverre (Heat Mirror).

Mais, étant donné que le verre le plus réfléchissant réduise de moitié la lumière visible, on se demande si cela n'affecte pas la santé des gens plus vulnérables. Certaines personnes hypersensibles, à qui on a demandé de tester divers vitrages, sans savoir de quels types il s'agissait, ont paniqué en regardant à travers du verre énergétique. Il y a donc lieu de chercher à connaître l'effet des vitrages sur les humains. Comme tout nouveau produit dans la construction, on met une génération avant de connaître vraiment un matériau. En l'absence de données complètes, la prudence est donc de mise.

## Rendement énergétique des portes et fenêtres

(En watts de chaleur perdue par mètre carré de vitrage au cours d'un hiver)

Source: Stephen Carpenter, Emermodal Engineering

Source: Conseil national de recherches du Canada

| Type de fenêtre         |                      |                       | À battant    |           | Fenêtres ouvrantes         |                 |                     |                |
|-------------------------|----------------------|-----------------------|--------------|-----------|----------------------------|-----------------|---------------------|----------------|
| <u>Vitrage</u>          | <u>Châssis</u>       | <u>Intercalaire</u>   | <u>RE</u>    | <u>RE</u> | <u>Vitrage</u>             | <u>Châssis</u>  | <u>Intercalaire</u> | <u>RE</u>      |
| SIMPLE Clair            | Aluminium            | Aluminium bris therm. | - 89         | - 83      | MUR ISOLÉ                  |                 |                     | - 5            |
| DOUBLE Clair            | Alum. bris thermique | Aluminium             | - 38         | - 21      | VITRAGE DOUBLE Clair       | Vinyle          | Aluminium           | - 23,2         |
| Low-E                   | Bois/vinyle          | Aluminium             | - 25         | - 15      | Low-E                      | Vinyle          | Aluminium           | - 12,5         |
| Low-E argon             | Bois/vinyle          | Aluminium             | - 12         | + 1       | VITRAGE TRIPLE Clair       | Bois            | Aluminium           | -11,6          |
| Low-E argon             | Bois/vinyle          | Isolé                 | - 8          | + 5       | VITRAGE DOUBLE Low-E argon | Vinyle isolé    | Aluminium Isolé     | - 9,7<br>- 5,4 |
| TRIPLE clair            | Bois/vinyle          | Isolé                 | - 7          | + 2       | argon                      | Vinyle isolé    | Isolé               | - 2,5          |
| 2 Low-E, argon          | Bois/vinyle          | Isolé                 | - 2          | + 11      | VITRAGE TRIPLE Low-E argon | Vinyle isolé    | Isolé               | 1,9            |
| QUADRUPLE 2 Low-E argon | Bois/vinyle          | Isolé                 | - 5          | + 8       | 2 Low-E argon              | Vinyle isolé    | 2 isolés            | 3              |
| <u>Vitrage</u>          | <u>Châssis</u>       | <u>Intercalaire</u>   | <u>RE</u>    | <u>RE</u> | 2 Low-E argon              | Fibres de verre | 2 isolés            | 5,4            |
| Porte battante          |                      |                       | Vitrage Sans | Plein     |                            |                 |                     |                |
| Double                  | Acier isolé          | Aluminium             | - 25         | - 18      |                            |                 |                     |                |
| Double Low-E argon      | Acier isolé          | Aluminium             | - 25         | - 8       |                            |                 |                     |                |

### Performance d'une unité de verre double scellé

1-) 25,4 mm ou une pouce d'épaisseur  
(Source: ABP/Southwall Technologies)

| Produit                                   | Transmission<br>Lumière visible | Transmission<br>Rayons UV | Facteur R (1) | Gain<br>thermique<br>solaire (2) |
|---|---------------------------------|---------------------------|---------------|----------------------------------|
| Caloriverre 88 rempli d'argon             | 71%                             | 0,5%                      | 4,76          | 0,67                             |
| Caloriverre 55 rempli d'argon             | 45%                             | 0,5%                      | 5,26          | 0,35                             |
| Isoverre (2x HM88) 60% argon, 40% krypton | 62%                             | 0,5%                      | 7,14          | 0,52                             |

2-) 19 mm: 2 feuilles 3 mm, espace d'air 13 mm.  
(Source: Cardinal Glass)

| Produit   | Transmission<br>Lumière visible | Transmission<br>Rayons UV | Facteur R | Gain<br>thermique<br>solaire |
|---|---------------------------------|---------------------------|-----------|------------------------------|
| Pyrolitique moyenne émissivité (Low-E 0,2 rempli d'argon) | 82%                             | 58%                       | 2,04      | 0,78                         |
| Unité scellée Low-E 2 0,04 remplie d'argon                | 75%                             | 47%                       | 3,33      | 0,72                         |
|   | 72%                             | 16%                       | 4,17      | 0,41                         |

(1) Résistance thermique au centre du vitrage

(2) Plus le chiffre est grand, plus les gains solaires sont élevés.

### Classification de transmission du bruit

Verre 6 mm, espace d'air de 12,7 mm (1/2")  
(Source: Southwall Technologies et Unicel)

|  | Données CTB |
|--|-------------|
| Verre simple                           | 31          |
| Verre double ordinaire                 | 35          |
| Caloriverre (2 espaces d'air)          | 38          |
| Brique de 4" (surfaces scellées)       | 41          |
| Caloriverre (verre intérieur laminé)   | 42          |
| Vision Control (lames ouvertes)        | 43          |
| Vision Control (lames fermées)         | 44          |
| Caloriverre (verres int./ext. laminés) | 45          |

### Exigences minimales du programme d'efficacité énergétique Power Smart (de BC Hydro et dont Hydro-Québec est membre)

A-3 (infiltration d'air)  
B-3 (infiltration d'eau)  
C-3 (résistance structurale)

### RÉ minimal, portes coulissantes et fenêtres

(Code énergétique, serait en vigueur au Québec en 1997)

| Zone                                 | RE        |
|--------------------------------------|-----------|
| <u>Zone A (Montréal)</u>             | <u>RE</u> |
| Vitrage ouvrant ou fixe avec châssis | - 13      |
| Vitrage fixe sans châssis            | - 3       |
| <u>Zone B (Québec)</u>               | <u>RE</u> |
| Vitrage ouvrant ou fixe avec châssis | - 10      |
| Vitrage fixe sans châssis            | 0         |

# PUBLIREPORTAGE: LES FENÊTRES DANS LES MAISONS R-2000



La maison R-2000:

bien plus que des économies d'énergie

**E**n avril 1994, le Programme fédéral de la maison R-2000 a mis à jour les critères de qualité de l'air et d'efficacité énergétique de ce genre de résidence écologique. Entre autres choses, elles doivent maintenant contenir des matériaux sains et des produits économiseurs d'eau.

La Maison R-2000 est confortable, car très bien ventilée mais sans l'infiltration d'air froid. Mais on la connaît surtout pour son économie d'énergie. Dorénavant, pour être certifiée R-2000 par Ressources naturelles Canada, une maison doit consommer 15% de moins d'énergie de chauffage qu'une Maison R-2000 construite avant 1994. Une nouvelle maison R-2000 est donc encore jusqu'à 50% plus éconergique qu'une nouvelle maison conventionnelle.

## Vitrage plus chaud

L'usage de fenêtres à haut rendement énergétique est un élément essentiel pour respecter le nouveau «budget» énergétique R-2000. Elles font appel à un vitrage à faible émissivité, au moins deux fois plus isolant qu'un vitrage ordinaire. Puisqu'il demeure chaud, il élimine les courants d'air froid qui descendent le long des fenêtres ordinaires ainsi que la condensation au bas de la vitre intérieure.

Ce type de vitrage est «sélectif». Il permet à la majorité des ondes solaires courtes de le pénétrer. Mais il réfléchit vers l'intérieur les ondes de chaleur émises par les corps et les objets. On parle de faible émissivité car seulement 10% de la chaleur radiante intérieure est émise vers l'extérieur.

La performance accrue de ces vitrages est due à trois facteurs. L'unité scellée, de deux ou trois vitrages, est remplie d'un gaz inerte isolant, tel l'argon. Les vitrages sont séparés par un intercalaire non-conducteur (INC) de chaleur (c'est-à-dire non complètement métallique). Enfin, l'unité de vitrage est dotée d'au moins un enduit métallique transparent, à faible émissivité (faible-É), appliqué sur le vitrage ou sur une pellicule plastique, également transparente et suspendue entre les vitrages.

Il y a divers types de vitrage à faible-É. Les vitrages à faible-É peuvent de plus être utilisés pour réduire les besoins de climatisation. On fait appel alors à une autre caractéristique du vitrage: le coefficient d'ombrage ou coefficient de gains de chaleur solaire. Par exemple, sur un toit de solarium ou dans une grande baie vitrée située à l'ouest et non ombragée par des arbres feuillus, on utilisera un vitrage ayant un plus faible coefficient (tel 0,5 au lieu de 0,8), permettant à moins de rayons solaires de pénétrer.

## Maximiser les gains au sud

Les dépenses énergétiques dans les maisons canadiennes étant davantage dues au chauffage plutôt qu'à la climatisation, on cherche à maximiser les gains solaires qui sont gratuits. Il n'est donc pas recommandé d'installer du vitrage ayant un trop faible coefficient de gain solaire sur une façade sud. Un avant-toit en surplomb et des arbres à feuillage caduque permettront de profiter pleinement des gains solaires en hiver, tout en ombrageant le soleil du midi en été, alors plus élevé dans le ciel qu'en hiver.

L'impact des fenêtres à haute performance est très important dans les maisons R-2000, explique le spécialiste des fenêtres François Dubrous, de Ressources naturelles Canada. «Puisque ces maisons sont bien isolées et économes en énergie, les gains solaires contribuent à une plus grande part du chauffage.»

## L'analyse énergétique

Pour être accréditée par le Programme de la maison R-2000, une maison doit réussir divers tests. Le premier est fait au niveau de la conception, lors de l'analyse énergétique effectuée à l'aide de HOT-2000, le logiciel développé pour le Programme. Il s'agit de vérifier, en incorporant les composantes de la maison et leurs dimensions (isolants, fenêtres, revêtements), si la facture énergétique totale évaluée par HOT-2000 est en deçà du niveau R-2000 maximum permis par le logiciel pour cette maison.

M. Normand Bigras compte parmi les consultants qui effectuent ces analyses pour l'Association provinciale des constructeurs d'habitations du Québec (APCHQ), l'organisme responsable du Programme de la maison R-2000 au Québec. «Des entrepreneurs R-2000 ne nous ont pas encore demandé d'optimiser le design solaire passif de leurs maisons, explique M. Bigras, mais nous tentons de leur faire prendre conscience de l'impact des divers types de vitrages posés sur diverses orientations. Évidemment, il faut d'abord composer avec les goûts des clients et les règlements de zonage. Certaines municipalités exigent que les garages soient tous du même côté de la maison. Situé sur une façade nord, un garage est une excellente zone tampon du point de vue thermique. Mais s'il est au sud, il compromet la possibilité de chauffer la maison à l'aide du soleil.» Un problème résolu par la nouvelle tendance à construire le garage légèrement en retrait de la maison.

## Varié les vitrages

M. Steve Allard, qui effectue les analyses énergétiques sur HOT-2000 pour le Réseau Polycrète, qui promeut la Maison de Béton/R-2000, affirme que toutes ses maisons sont dotées de fenêtres à haute performance. On a varié les types de vitrage dans une de ces maisons, présentement construite à Rawdon par Michel Deslongchamps, des Constructions Jimi. Conçue par l'architecte Christian Ouellet, on l'avait d'abord construite il y a un an, au Stade olympique, dans le cadre du Salon national de l'Habitation 1994.

Cette maison est dotée de vitrage à haute performance sur toutes ses façades sauf au sud, où il y a un solarium. On y a pris soin d'utiliser du vitrage rempli d'argon (gaz isolant), mais sans enduit à faible-É qui réduirait les gains solaires. En général, on ne chauffera pas ce solarium la nuit, ni en hiver. Pour éviter alors de refroidir la maison, on l'isolera du solarium en fermant une porte étanche et isolée.

Steve Allard affirme que les acheteurs de Maisons R-2000 optent facilement pour les vitrages à haute performance. «Avec R-2000, on parle d'économie d'énergie, mais aussi de contrôle de la qualité. Les gens qui adhèrent à cette idée optent facilement pour du vitrage de qualité supérieure.» François Dubrous ajoute que, dans une maison R-2000, la qualité de l'installation

des fenêtres est supérieure à la moyenne. «L'installation est importante pour garantir les gains thermiques des fenêtres à haute performance. Dans une Maison R-2000, on assure la continuité du lien entre le pare-air et les fenêtres.»

## Tout est dans la conception

Normand Bigras nous a simulé l'impact de divers types de vitrage à l'aide du logiciel HOT-2000. La simulation est basée sur des cadres de PVC, dont le facteur isolant est comparable à celui des cadres en bois, et sur la Maison R-2000 modèle construite par Philippe Dufour Construction, à Saint-Lazare.

L'ampleur des économies générées par de très bonnes fenêtres dépend de la consommation totale de la maison, des types de fenêtre, de leurs dimensions et de leur orientation, explique M. Bigras.

Surtout, un bon design de fenêtre et de bons coupe-bises sont des facteurs plus importants que le type de matériau utilisé pour le cadre. Par design, on entend: conception du profil, type de fenêtre et style de vitrage (large ou à multiples unités). Ainsi, pour réduire les pertes de chaleur, il est préférable d'utiliser une grande fenêtre au design monocoque, plutôt que composée d'un ensemble de petits modules à travers lesquels l'air pourrait s'infiltrer. «S'il y a plusieurs cadres et intercalaires (moins isolants que le vitrage), explique M. Bigras, HOT-2000 traite chaque carreau comme une fenêtre à part entière.»

Les fenêtres fixes sont les plus étanches et les plus sécuritaires, tandis que les fenêtres coulissantes perdent le plus de chaleur. Pour limiter les fuites d'air, ces dernières requièrent des joints à brosse épais, munis d'une languette en plastique encastree dans la brosse. Les garnitures en caoutchouc (Néoprène ou EPDN) de type à compression, qui suivent le mouvement du volet créé par les écarts de température et le vent, sont préférables pour les autres types de fenêtres ouvrantes.

Les intercalaires non-conducteur (INC), standards chez certains manufacturiers, sont de plus en plus en demande. Les INC protègent la qualité de l'air intérieur en réduisant la condensation au bas du vitrage, souligne François Dubrous. On sait que l'humidité excessive favorise la prolifération de moisissures potentiellement néfastes.

## Tableau 1

Le scénario 2 démontre que dans cette Maison R-2000 un INC permet d'économiser une vingtaine de dollars de chauffage par an, comparativement à une fenêtre à battant standard dotée d'un intercalaire d'aluminium. Il faut noter que cette maison coûte moins de 500\$ à chauffer annuellement. Dans une maison moins éconergique, les économies seraient plus importantes. Au scénario 3, le vitrage de la fenêtre #2 est doté d'un enduit à faible émissivité (faible-É). Ce genre de fenêtre pourrait être exigé dans le Code national de l'Énergie de 1995, pour la zone A du Québec (Montréal), explique Normand Bigras. L'ajout d'un gaz isolant à cette fenêtre avec enduit et intercalaire isolant, au scénario 4, représente le genre de fenêtre qui serait requis par le Code pour la zone B (région de Québec), plus au nord. Ce genre de fenêtre est utilisé dans plusieurs Maisons R-2000.

Au scénario 5, on s'aperçoit qu'une pellicule Heat Mirror 88 réduit davantage les gains solaires qu'un enduit à faible E, «mais compense grandement en procurant une réduction plus grande des pertes de chaleur», explique M. Bigras. Mais au scénario 6, on voit que, d'un point de vue strictement énergétique, il n'est pas avantageux d'installer une deuxième pellicule HM 88 sur toutes les orientations, et particulièrement au sud. En effet, les coûts de chauffage sont supérieurs à ceux du scénario 5, car les

gains solaires ont diminué davantage que les pertes thermiques. «Pour cette maison là, ce ne serait pas rentable car les deux pellicules, les gaz isolants et l'intercalaire non-conducteur peuvent faire doubler le prix de la fenêtre», précise M. Bigras.

## Tableau 2

Les scénarios 7 et 8 démontrent qu'une fenêtre fixe augmente les gains solaires, car le cadre est moins large que celui d'une fenêtre ouvrante. Par contre, puisqu'un bon cadre de PVC est plus isolant qu'un vitrage double ordinaire (clair), le cadre moins large diminue la résistance thermique totale de la fenêtre. À l'inverse, ce type de cadre est souvent moins isolant qu'un vitrage à haute performance. Dans ce cas-ci, la valeur R totale de la fenêtre fixe sera supérieure (scénarios 9 et 10). Pour cette maison en particulier, le type de fenêtre du scénario 10 (fenêtre fixe, un film HM88, 13 mm d'argon, intercalaire isolant) est la meilleure du point de vue énergétique. Puisque aucune maison ne peut être dotée exclusivement de fenêtres fixes, le scénario 11, surtout avec fenêtres à battant, a été préféré pour la maison modèle R-2000 de Philippe Dufour Construction.

Aux scénarios 12 et 13, on a installé du verre clair, puis à faible émissivité, au sud, et le vitrage le plus performant (HM88) aux autres orientations. De cette façon, on économise sur le coût du vitrage performant au sud, tout en augmentant les gains solaires.

Enfin, aux scénarios 14 et 15, Normand Bigras a fait la même chose mais en augmentant, à 70%, la part du vitrage orienté au sud. «Ainsi, on a enlevé une quarantaine de pieds carrés de fenêtres plus dispendieuses à l'ouest, à l'est et au nord, et on a compensé en augmentant d'autant la superficie du vitrage au sud, pour augmenter les gains solaires.» C'est le scénario 14 qui permet la plus grande fraction de chauffage solaire de la maison, soit de 25,4%, comparativement à 21%, en moyenne, pour les autres scénarios.

Cette étude montre que le choix des fenêtres et leur orientation jouent un rôle critique dans la conception d'une maison agréable et éconergique, conclut François Dubrous. Enfin, il est aussi possible de faire un "bon" choix parmi tous les produits proposés sur le marché.»

**Pour de plus amples informations, composez le 1-800-38R-2000.**

## Impact de diverses fenêtres sur la charge de chauffage

Simulation sur HOT-2000, version 6.02, par Normand Bigras, Normtech Inc., à partir de la maison de démonstration R-2000 de Philippe Dufour Construction Inc., à Saint-Lazare, Québec. Isolation nominale: murs R-28, entretoit R-50, fondation R-17,6 et sous dalle de fondation (trois pieds le long du mur) R-5,5. Étanchéité sous 1,5 changement d'air à l'heure à 50 Pa et ventilateur récupérateur à haute efficacité.

Note: exclut le chauffage de l'eau, qui représente 5 125,6 kWh (323\$ au Québec) en moyenne, pour une famille de deux adultes et de deux enfants, selon HOT-2000. Garder en tête qu'il s'agit ici d'une simulation informatisée, très précise mais ne pouvant refléter parfaitement la réalité. Par contre, la comparaison des options est valable puisqu'elle repose sur les mêmes bases dans tous les cas. En fait, les fenêtres fixes (bien posées) sont encore plus performantes, car elles peuvent éliminer toute infiltration d'air.

**Tableau 1: Impact énergétique de la modification des caractéristiques de l'ensemble des fenêtres à battant en PVC**

**Hypothèse: 213,8 pieds carrés (incluant porte patio): 46% au sud, 5% à l'est, 30% au nord et 19% à l'ouest.**

| Résistance thermique (1)  | Gains solaires<br>milliers BTU | Pertes de chaleur<br>milliers BTU | Chauffage électrique<br>kWh/an | Écart  | Coût  |
|---|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--------|-------|
| #1. Référence: Double vitrage clair, 13 mm d'air, intercalaire métallique<br>R-2,09     | 13 207                         | 24 055                            | 7 699                          | -      | 485\$ |
| #2. #1 + intercalaire non conducteur<br>R-2,25  | 12 965                         | 22 331                            | 7 311                          | - 5%   | 461\$ |
| #3. #2 + enduit à faible émissivité ("faible-É .35, Hardcoat 2")<br>R-2,61              | 11 938                         | 19 220                            | 6 792                          | -11,8% | 428\$ |
| #4. #3 + 13 mm de gaz argon<br>R-2,82   | 11 757                         | 17 828                            | 6 480                          | -15,8% | 408\$ |
| #5. #4, mais pellicule Caloriverre 88 au lieu d'un enduit à faible émissivité<br>R-4,28 | 10 585                         | 11 734                            | 5 249                          | -31,8% | 331\$ |
| #6. #5 + une deuxième pellicule Caloriverre 88<br>R-5,02                                | 8 472                          | 10 063                            | 5 444                          | -29,3% | 343\$ |

**Tableau 2: Comparaisons de fenêtres à battant et fixes en PVC**

|   |        |        |       |         |       |
|---|--------|--------|-------|---------|-------|
| #7. Référence: Double vitrage clair, 13 mm d'air, intercalaire métallique, volet à battant<br>R-2,09                                | 13 207 | 24 055 | 7 699 | -       | 485\$ |
| #8. #7 mais fixe<br>R-1,95  | 14 443 | 25 723 | 7 782 | + 1,1%  | 490\$ |
| #9. Vitrage double clair avec 1 Caloriverre 88 rempli de 13 mm d'argon, intercalaire non-conducteur (INC), volet à battant<br>R-4,3 | 10 585 | 11 734 | 5 250 | - 23,6% | 331\$ |
| #10. #9 mais fixe<br>R-4,2  | 11 411 | 11 963 | 5 065 | -34,2%  | 319\$ |
| #11. Double vitrage, un enduit faible-É .35, 13 mm d'argon, INC, volet à battant<br>R-2,8   | 11 757 | 17 828 | 6 480 | -15,8%  | 408\$ |

**Tableau 3: Modifier les caractéristiques de fenêtres en PVC en fonction de l'orientation, mais sans changer les dimensions**

**Référence: Fenêtre standard (#7 et #1): 7 699 kWh (485\$) de chauffage**

|  |        |        |       |       |       |
|--|--------|--------|-------|-------|-------|
| # 12, Sud: Vitrage double clair, 13 mm d'air, INC, fixe: R-2,07<br>Est, nord et ouest: vitrage double clair, deux HM 88, argon, INC, battant:<br>R-4,6                               | 12 091 | 16 969 | 6 157 | -20%  | 388\$ |
| # 13: Sud: Vitrage double, 1 faible-É .35 (Hard2), 13 mm d'argon, INC, fixe: R-2,71<br>Est, nord et ouest: Vitrage double, 1 film HM88, 13 mm argon, INC, à battant: R-4,1<br>11 781 | 15 112 | 5 766  | - 25% | 363\$ |       |

**Tableau 4: Modifier les dimensions de fenêtres en PVC en fonction de l'orientation (Hypothèse: 202,6 pi<sup>2</sup>, 70% au sud, 5% à l'est, 15% au nord, 10% à l'ouest)**

|   |        |       |        |       |
|---|--------|-------|--------|-------|
| #14. Sud: Vitrage double clair, 13 mm d'air, INC, fixe: R-2,05<br>Est, nord et ouest: Vitrage double clair, 1 HM88, argon, INC, battant: R-3,82.<br>15 060            | 19 971 | 6 134 | -20,3% | 386\$ |
| # 15. Sud: Vitrage double, 1 enduit faible-É .35, argon, INC, fixe: R-2,73<br>Est, nord et ouest: Vitrage double clair, 2 HM88, argon, INC, battant: R-4,1.<br>13 462 | 15 741 | 5 496 | -28,6% | 346\$ |

(1) Valeur R moyenne pondérée en fonction de la superficie totale des fenêtres

# LES SUPER-FENÊTRES DES MAISONS PERFORMANTES

Construites en 1992, les 10 Maisons performantes canadiennes consomment environ 70% de moins d'énergie qu'une maison ordinaire. Par exemple, au lieu de 2 400\$, la facture annuelle typique de ces maisons est de 800\$ par année, dont environ la moitié pour le chauffage.

Dans cinq de ces 10 maisons, les fenêtres à haute-performance réduisent les besoins de chauffage de moitié! Environ 85% de cette économie est dû aux fenêtres elles-mêmes et 15% au fait qu'au moins la moitié de la fenestration est orientée au sud. C'est ce qu'a conclu le rapport Rendement des fenêtres utilisées dans le cadre du Programme des maisons performantes, de Ressources naturelles Canada (RNCan).

Cette étude, réalisée par les consultants Enermodal Engineering, de Waterloo, en Ontario, a également découvert qu'il est rentable d'utiliser du verre énergétique (à faible émissivité ou faible-É) double sur un mur orienté au sud, au lieu du verre quadruple (deux pellicules à faible-É suspendues à l'intérieur d'un vitrage double). Le verre énergétique double n'a augmenté la consommation énergétique que minimalement, par rapport au verre quadruple. Ce dernier est plus isolant, mais il réduit davantage le chauffage solaire et il coûte beaucoup plus cher à l'achat.

## Le défi: 50% mieux que R-2000

Le concours national des Maisons performantes visait à démontrer qu'il est possible de construire des maisons consommant 50% de moins d'énergie que n'en consomment des maisons construites selon la norme R-2000 de 1983. Le programme du même nom continue d'évaluer les nouvelles technologies et approches de construction qui seront de plus en plus utilisées dans les Maisons R-2000 et, plus tard, dans les maisons ordinaires.

En fait, le programme des Maisons performantes a permis de rendre plus exigeante, de 15%, la cible d'efficacité énergétique des Maisons R-2000, en avril dernier. Ainsi, en plus de répondre à des critères de qualité de l'air et de responsabilité environnementale, une Maison R-2000 consomme encore jusqu'à 50% de moins d'énergie qu'une maison neuve ordinaire, dont l'efficacité énergétique croissante s'inspire des Maisons R-2000. Enermodal, qui a conçu la Maison performante Waterloo Green Home, a analysé les données techniques fournies par les 10 équipes à



La Maison performante de l'APCHQ

l'aide de HOT-2000, le logiciel d'analyse énergétique développé par le Programme de la maison R-2000.

Les Maisons performantes ont coûté trop cher pour être rentables. C'est normal, car elles sont des maisons-laboratoires. Mais plusieurs de leurs composantes, dont certaines fenêtres, sont déjà rentables.

## Investissement rentable

La superfenêtre de base est dotée d'un vitrage double rempli d'argon (un gaz isolant), d'une pellicule à faible émissivité (réfléchissant la chaleur), d'un cadre, de barrures et de coupe-bises bien conçus. Ce genre de fenêtre coûte de 10 à 15% plus cher à l'achat. Mais ce coût additionnel est généralement récupéré en moins de cinq ans d'économies de chauffage.

En moyenne, chaque mètre carré de fenêtre utilisé dans les Maisons performantes a réduit la charge de chauffage (déjà très minimale) de 174 kilowattheures par année. Au Québec, pour une fenestration typique de 30 mètres carrés, cela représente une économie annuelle de 340\$.

## Les préférences

Les cadres en bois, moins coûteux et très efficaces, ont été préférés par cinq équipes; ceux de vinyle, par trois équipes; et ceux de fibre de verre, les plus performants et les plus dispendieux, par deux équipes.

Cinq équipes ont utilisés des vitrages triples, quatre des vitrages quadruples et une seule a utilisé un verre double clair. Huit équipes ont utilisé deux enduits à faible émissivité, une équipe en a choisi

trois et une équipe en a choisi un seul. Cinq équipes ont rempli leur unité de vitrage de gaz krypton, superisolant mais plus coûteux, quatre ont utilisé l'argon et une équipe a utilisé l'air. Enfin, cinq équipes ont utilisé des intercalaires de vitrage en mousse silicone, quatre ont choisi la combinaison mousse et métal, et une a utilisé un autre type d'intercalaire.

Toutes les équipes ont choisi une combinaison de fenêtres fixes (les plus performantes) et ouvrables. Aucune d'entre elles n'a choisi de fenêtres coulissantes, qui permettent davantage de fuites d'air.

Les gains solaires moyens furent de 20 kWh par mètre carré de surface habitable. Deux équipes ont accru les gains solaires en mettant du vitrage double au sud et quadruple aux autres élévations. La Maison performante de l'APCHQ, à Laval, a le plus de fenestration orientée au sud: 67% du total de 32 mètres carrés. (Avec ses 197 mètres carrés de surface habitable, c'est la plus petite Maison performante.)

### **Rendement énergétique positif**

Les fenêtres ont été évaluées selon leur rendement énergétique (RÉ) total dans un hiver, décrit dans la norme CSA A440.2. Exprimé en watts/mètre carré de fenêtre, le RÉ est le bilan énergétique dans le climat hivernal canadien moyen et selon la moyenne des quatre points cardinaux. (Pour les maniaques de l'efficacité énergétique, il est possible de calculer le Rendement énergétique spécifique (RÉS) d'une fenêtre installée à une orientation et dans une ville données.) Concrètement, le RÉ exprime les gains de chaleur solaire, moins les pertes de chaleur par transmission et par infiltration. Le RÉ de la plupart des fenêtres est négatif, c'est à dire qu'elles perdent plus de chaleur qu'elles n'en gagnent grâce au soleil. Mais certaines fenêtres, surtout fixes (non ouvrantes), sont de vrais radiateurs: orientées ailleurs qu'au nord, elles produisent de la chaleur nette, au cours d'un hiver.

Le Code du bâtiment ontarien de 1993 exige l'installation de fenêtres à haute performance dans toute maison neuve chauffée à l'électricité (le mode de chauffage le plus cher, utilisé dans 90% des nouvelles maisons québécoises). En Ontario, le gaz naturel, beaucoup moins dispendieux, prédomine comme source de chauffage résidentiel. D'ailleurs, le Code national de l'énergie de 1995 (qui doit être mis en vigueur au Québec en 1997) devrait imposer les fenêtres haute performance.

Quelles sont les meilleures et les moins bonnes superfenêtres des maisons performantes ? Au

niveau des fixes: les meilleures sont les Pollard, au RÉ de +12, installées dans l'Innova House d'Ottawa. Elles sont en bois recouvert de vinyle, dotées de trois vitrages rempli de krypton, et dotées de deux enduits à faible émissivité et d'un intercalaire isolant (Super Spacer). Une mention d'honneur revient également aux fenêtres fixes Dorwin, cotées +11, de la Maison performante de Waterloo: leur cadre est en fibre de verre, tandis que leur vitrage et leur intercalaire sont les mêmes que dans les Pollard, sauf qu'on a utilisé du gaz argon. Les fenêtres fixes les moins performantes sont les Fenergic, cotées -1, installées volontairement sur la façade sud de la Maison performante de l'APCHQ, car elles sont moins coûteuses; et les Solaris, de la Maison Novtec de Laval, ainsi que les Martin, de l'Envirohome de Nouvelle-Écosse, toutes cotées +2, soit le minimum exigé par le Code ontarien.

Quant aux fenêtres ouvrantes: les Dorwin, de la Waterloo Green Home, sont les plus performantes, avec une cote extraordinaire de +4. Elles sont bati en fibre de verre, trois vitrages remplis d'argon, deux enduits à faible émissivité et un intercalaire isolant Super Spacer. Les Martin, cotées -14, de l'Envirohome, ainsi que les Visionwall et Solaris des maisons de l'Île-du-Prince-Édouard et Novtec, cotées -13, ne rencontrent pas la norme minimale ontarienne, de -11.

Enfin, rappelons que les fenêtres les moins performantes sont en général - mais pas toujours - les plus abordables. Et qu'une fenêtre fixe standard a un RÉ de -18 et qu'une fenêtre ouvrante standard est cotée -29, ce qui occasionne d'importantes pertes de chaleur. Par exemple, pour cette dernière:  $29$  (points de RE)  $\times 20$  (m<sup>2</sup> de fenêtres)  $\times 5$  (kWh par point de RÉ)  $\times 0,063$  (prix de l'électricité au Québec, taxes incluses) = 183\$, sans compter les inévitables hausses du coût de l'énergie.

**On peut obtenir copie du rapport Rendement des fenêtres utilisées dans le cadre du Programme des maisons performantes (M91-7/277-1994E) en écrivant à: Rudy Lubin, CANMET, Direction de la technologie de l'énergie, Ministère des Ressources naturelles du Canada, 580, rue Booth, 9e étage, Ottawa, Ontario, K1A 0E4.**