

Sommaire Recherche et développement



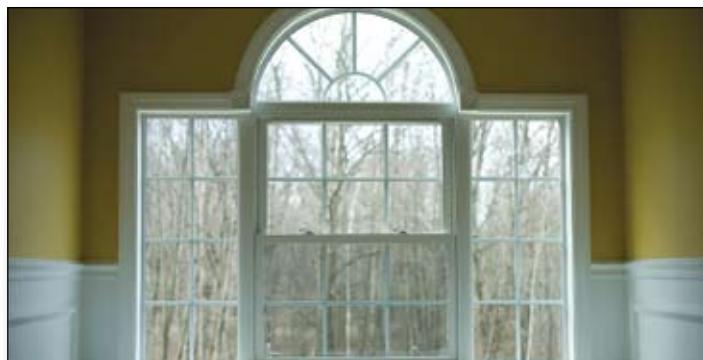
Valeur
au
bois

RDS 2009-08-F

Analyse du cycle de vie des fenêtres pour le marché résidentiel nord-américain

L'évaluation des impacts environnementaux des produits et procédés est devenue une mesure de plus en plus importante au cours des dernières années, en raison de la conscience environnementale accrue du public, des industries et des gouvernements. Beaucoup d'industries ont tenté de minimiser les impacts environnementaux de leurs activités en offrant des produits « verts » et en utilisant des procédés « verts ». Le secteur de la construction est particulièrement reconnu comme un important consommateur de ressources et générateur de déchets en Amérique du Nord. Au Canada, les bâtiments consomment un tiers de l'énergie et 50 % des ressources naturelles extraites, tout en générant 25 % des déchets et 35 % des gaz à effet de serre.

Les fenêtres sont un élément important d'un bâtiment, représentant de 10 à 25 % de sa surface exposée. Elles assurent de multiples fonctions au sein de l'enveloppe du bâtiment, agissant comme interface de transmission de la lumière, de circulation de l'air et offrant une vue sur l'extérieur. Même si elles sont offertes en différents styles et dimensions, les fenêtres comportent toutes les mêmes éléments principaux que sont le châssis, le cadre et le vitrage isolé. Les châssis de fenêtre peuvent être en bois, en PVC, en aluminium, en fibre de verre et en composites de bois, ou en une combinaison de ces matériaux. Les fenêtres ont une durée de vie assez longue, et elles peuvent être responsables d'au plus 25 % des déperditions thermiques d'un bâtiment résidentiel. Comme les fenêtres sont un composant important dans la conception d'un bâtiment, cette étude était axée sur les impacts environnementaux des différents types de fenêtres.



© 2009, L'Imagerie Corporation

L'évaluation des impacts environnementaux d'un produit doit être effectuée au moyen d'une méthode globale qui tient compte du cycle de vie complet du produit. L'évaluation du cycle de vie est une méthode quantitative permettant d'évaluer l'utilisation des ressources et les impacts environnementaux connexes d'un produit, du début jusqu'à la fin de sa vie. Elle tient compte de toutes les étapes d'un produit, à partir de l'extraction de la ressource et de la fabrication de la matière première, en passant par la fabrication secondaire, jusqu'à l'utilisation, l'entretien et la fin de vie. La figure 1 illustre le cycle de vie d'une fenêtre et de ses composants connexes.

Comme il n'existait aucune étude sur le cycle de vie des fenêtres en fibre de verre ou toute autre fenêtre conçue et fabriquée spécifiquement pour le marché résidentiel nord-américain, cette recherche a évalué et comparé les impacts environnementaux des fenêtres en bois revêtu d'aluminium, en PVC et

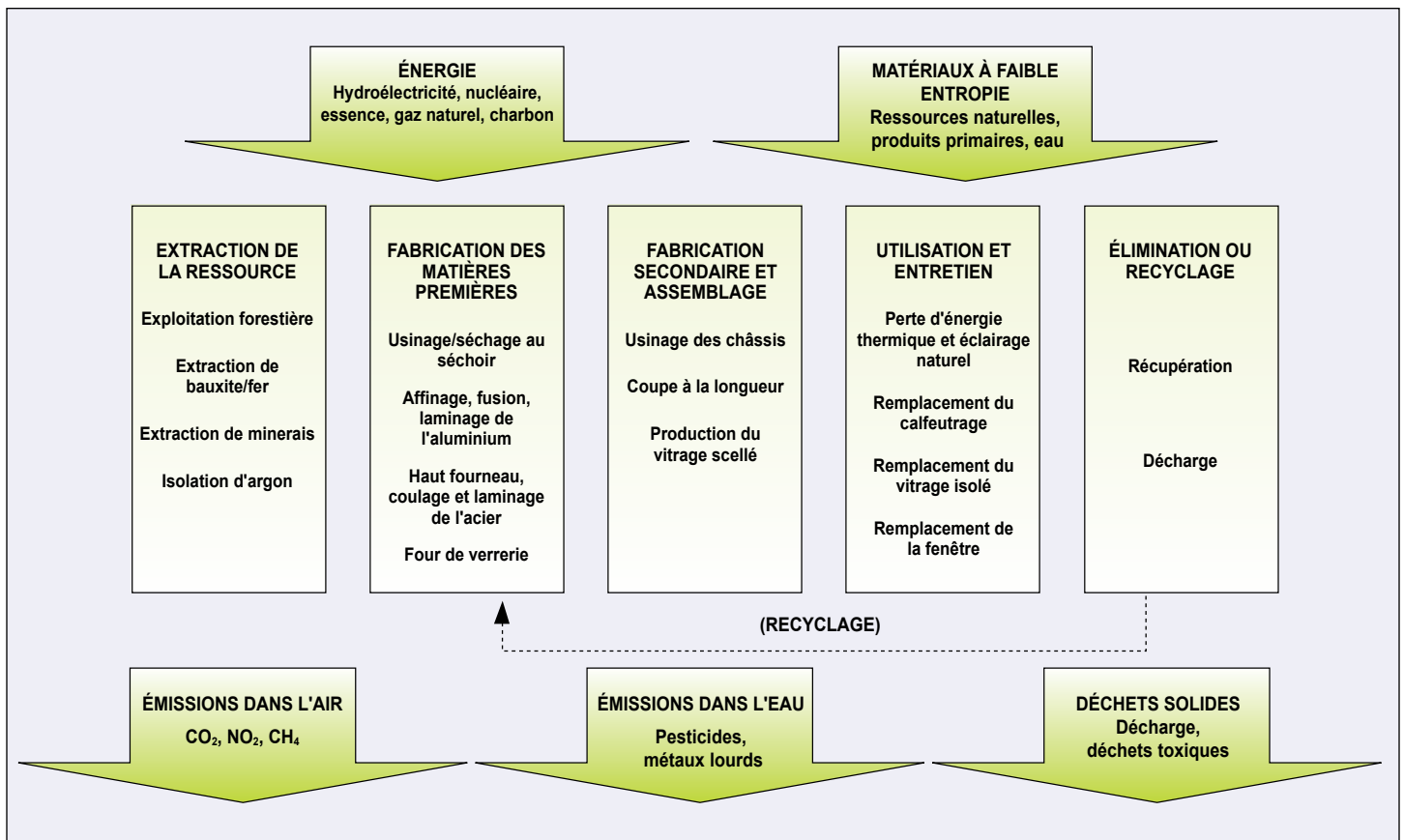


Figure 1 : Cycle de vie d'une fenêtre.

en fibre de verre destinées au marché résidentiel nord-américain au moyen d'une évaluation du cycle de vie. Pour ce faire, des données d'inventaire sur la fabrication de ces fenêtres ont été recueillies auprès de trois fabricants de fenêtres du Canada, et les ensembles de données disponibles ont été adaptés pour les autres étapes du cycle de vie afin de compléter les données sur le cycle de vie.

Puisque la fonction d'une fenêtre dépend de son installation dans un ouvrage complet, sa durée de vie durant le cycle de vie du bâtiment a été utilisée pour en déterminer les impacts. L'unité fonctionnelle a été établie à 75 ans de service pour une fenêtre de dimensions et de composantes courantes, décrite comme suit :

- Dimensions : 600 mm x 1 200 mm
- Style : à vantaux
- Vitrage : vitrage double scellé avec verre à faible émissivité
- Profilé du châssis : profilé de châssis standard pour le marché nord-américain
- Opérabilité :
- Durée de service : 75 ans
- Entretien : remplacement du vitrage et du calfeutrage

L'évaluation du cycle de vie comprenait toutes les étapes du cycle de vie, de l'extraction des matériaux bruts et de la fabrication des matières premières à la fabrication du produit, à son entretien et à son élimination en fin de vie.

Résultats

Le tableau 1 présente neuf catégories d'impact et le degré de contribution (en unités) de chaque type de fenêtre à cet impact durant son cycle de vie, de l'extraction des ressources, en passant par la fabrication jusqu'à sa fin de vie. Voici les catégories en question.

- **Gaz à effet de serre** : gaz (comme le dioxyde de carbone, le méthane, la vapeur d'eau, l'oxyde nitreux, l'ozone et les halocarbures) qui emprisonnent la chaleur du soleil. Mesurés en kilogrammes de dioxyde de carbone.
- **Appauvrissement de la couche d'ozone** : catalyseurs de radicaux libres (y compris l'oxyde nitrique, l'hydroxyle, le chlore atomique et le brome atomique) qui peuvent nuire à la couche d'ozone, laquelle protège la terre des rayons ultraviolets. Mesuré en grammes de trichlorofluorométhane.
- **Acidification** : substances (comme le dioxyde de soufre et les oxydes d'azote) produites par la combustion de combustibles fossiles, qui contribuent aux dépôts acides (pluie acide).
- **Eutrophisation** : augmentation des éléments nutritifs chimiques d'un écosystème par des composés contenant de l'azote ou du phosphore, qui peut mener à une croissance excessive de plantes et à une putréfaction, à une réduction en oxygène et à une grave réduction de la qualité de l'eau et des populations de poissons et d'animaux. Mesurée en grammes de phosphate.

- **Métaux lourds** : métaux ayant une masse atomique relativement élevée (comme le plomb, le mercure, le chrome et le cadmium) et qui peuvent être toxiques à de faibles concentrations. Deux produits qui ne sont pas des métaux, l'arsenic et le sélénium, sont aussi considérés comme des métaux lourds.
- **Cancérogènes** : substances ou radiations directement responsables de la croissance du cancer. Mesurés en grammes de benzopyrène.
- **Smog d'hiver** : les particules causant le smog sont généralement produites par des produits de combustion incomplète (comme les émissions de véhicules et d'industries) et elles réagissent avec la lumière du soleil dans l'atmosphère pour former des polluants secondaires. Mesuré en kg de particules en suspension.
- **Smog d'été** : se forme lorsque la chaleur du soleil provoque l'accumulation d'ozone dans la troposphère, en combinant des oxydes d'azote et des composés organiques volatils. Mesuré en grammes d'éthylène.
- **Sources d'énergie** : énergie consommée, mesurée en gigajoules de la plus petite valeur calorifique.
- **Déchets solides** : matériaux incinérés ou envoyés dans des décharges.

L'analyse des résultats d'impact pour les différentes étapes du cycle de vie d'une fenêtre a révélé que plus d'un tiers des gaz à effet de serre produits par chaque fenêtre est lié à la consommation d'énergie durant l'étape de fabrication.

CATÉGORIE D'IMPACT	UNITÉ	FENÊTRE EN BOIS REVÊTU D'ALUMINIUM	FENÊTRE EN PVC	FENÊTRE EN FIBRE DE VERRE
Gaz à effet de serre	kg CO ₂	498	529	411
Appauvrissement de la couche d'ozone	g CFC ₁₁	0,046	0,031	0,036
Acidification	kg SO ₂	4,03	4,88	4,03
Eutrophisation	g PO ₄	428	551	433
Métaux lourds	g Pb	42,1	75,6	51,1
Cancérogènes	g B(a)P	0,004	0,004	0,005
Smog d'hiver	kg SPM	2,98	3,65	3,1
Smog d'été	g C ₂ H ₄	267	322	523
Sources d'énergie	GJ plus petite valeur calorifique	7,00	8,92	7,12
Déchets solides	kg	91,8	98,4	47,8

Tableau 1 : Impacts du début à la fin de la vie des fenêtres en bois revêtu d'aluminium, en PVC et en fibre de verre.

Les résultats d'impact indiquent qu'aucun type de fenêtre n'est supérieur dans toutes les catégories. La fenêtre en bois revêtu d'aluminium a le moins d'impact durant son cycle de vie par rapport à d'autres fenêtres en ce qui concerne les catégories suivantes : acidification, eutrophisation, métaux lourds, smog d'hiver, smog d'été et sources d'énergie. La fenêtre en fibre de verre présente un avantage par rapport aux autres fenêtres en termes de gaz à effet de serre, d'acidification et de déchets solides, et la fenêtre en PVC n'est supérieure que dans la catégorie appauvrissement de la couche d'ozone.

Différentes analyses de sensibilité ont été effectuées pour mesurer comment les résultats d'impact pourraient différer si l'on modifiait le matériau de revêtement, la durée de vie et l'énergie utilisée durant la fabrication.

Application des résultats

D'après les résultats obtenus, aucun type de fenêtre n'est supérieur aux autres dans toutes les catégories d'impact. L'analyse a démontré que plus du tiers des gaz à effet de serre générés durant le cycle de vie d'une fenêtre est lié à l'utilisation d'énergie durant l'étape de la fabrication. Par conséquent, les fabricants de fenêtres devraient trouver des moyens de réduire leur consommation d'énergie. Comme une partie importante de l'énergie utilisée par ces entreprises est destinée au chauffage, l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments est une question importante.

Selon les résultats des analyses de sensibilité, la durée de vie d'une fenêtre est un paramètre important du modèle de cycle de vie qui influence sur les résultats d'impact. Il est donc primordial de concevoir et de produire des fenêtres durables nécessitant moins d'entretien et moins de remplacement, ce qui aurait pour conséquence de réduire les impacts environnementaux des fenêtres.

L'utilisation de matériaux recyclés pour la fabrication de fenêtres permet de réduire les déchets. Notre analyse démontre que l'utilisation d'aluminium recyclé pour le revêtement des fenêtres en bois réduit grandement les impacts suivants : gaz à effet de serre, acidification, eutrophisation, smog d'hiver et sources d'énergie. L'utilisation d'un revêtement de PVC ou de fibre de verre sur les fenêtres en bois diminue considérablement les impacts du cycle de vie. Les résultats pour les fenêtres en PVC étaient grandement influencés par le calendrier de remplacement plus fréquent estimé. Les résultats indiquaient aussi que les fenêtres en PVC produisaient plus d'émissions de métaux lourds que les deux autres types de fenêtres, une conséquence directe du procédé de fabrication du PVC, qui produit des émissions de plomb et de mercure.

Les fenêtres en fibre de verre s'avèrent l'option à moins forte intensité énergétique durant tout leur cycle de vie, et ce, en raison de la faible quantité d'énergie requise pour leur production et de leur durabilité qui fait en sorte que ces fenêtres nécessitent moins de remplacements que les fenêtres en PVC. Les fenêtres en fibre de verre sont aussi celles qui produisent le moins de déchets solides du début à la fin de leur cycle de vie; toutefois, elles génèrent plus de smog d'été que les autres types de fenêtres en raison de l'utilisation de polystyrène durant le procédé de pultrusion.

Il est à noter que les conclusions de cette étude sont fondées sur les données et les hypothèses



utilisées dans le modèle du cycle de vie. On a abordé les incertitudes à l'aide de différentes analyses de sensibilité. La présente étude n'a pris en compte que le procédé de fabrication de trois installations utilisant des procédés différents. Des résultats d'étude plus concluants pourraient être obtenus en effectuant un vaste sondage auprès de l'industrie afin d'utiliser les moyennes obtenues pour établir les flux de matériaux et d'énergie durant l'étape de fabrication du cycle de vie.

Remerciements

Le soutien financier fourni par Ressources naturelles Canada dans le cadre du programme Valeur au bois est grandement apprécié. Nous tenons également à remercier ATHENA™ Sustainable Materials Institute et trois fabricants de fenêtres canadiens de leur collaboration. Nous remercions spécialement MM. Clyde Loewen (chef du projet), Tom Duffy et Richard Lipman (agents de liaison du projet).

Bibliographie

ⁱ Lucuik, M., Trusty, W., Larsson, N., Charette, R. 2005. A business case for green buildings in Canada – A report presented to Industry Canada. Consulté le 11 avril 2007 (anglais seulement). <http://www.athenasmi.ca/publications/index.html>

ⁱⁱ Recio, J.M.B, Narvaez, R.P., Guerrero, P.J. 2005. Estimate of energy consumption and CO₂ emission associated with the production, use and final disposal of PVC, aluminium, and wooden windows. Department de Projectes d'Enginyeria, Universitat Politècnica de Catalunya, Environmental Modelling Laboratory Barcelona, Espagne.

ⁱⁱⁱ Office de l'efficacité énergétique. 2007. Amélioration du rendement énergétique des fenêtres. Consulté le 25 avril 2007. <http://oe.nrcan.gc.ca/residentiel/personnel/rendement-fenetres.cfm?attr=4>.

Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec :

Taraneh Sowlati, ingénieur (Ph.D.) 2931-2424 Main Mall
University of British Columbia Vancouver (C.-B.) V6T 1Z4
Department of Wood Science Courriel : taraneh.sowlati@ubc.ca
Tél. : 604 822-6109

This R&D Summary is also available in English.

Partenaires du programme de recherche *Valeur au bois*



^{MC}FPIinnovations, son logo et Forintek sont des marques de commerce de FPIinnovations



**Valeur
au
bois**

Dans le cadre du programme *Valeur au bois*, financé par Ressources naturelles Canada, les conseillers industriels de Forintek offrent des services techniques aux entreprises de valeur ajoutée partout au Canada. Informez-vous des ateliers prévus dans votre région en consultant www.valeuraubois.ca, ou passez par le site (Support technique) pour toute demande de renseignement technique en rapport avec la transformation du bois.

Pour commander le rapport complet, adressez-vous à :

Marielle Martel
FPIinnovations – Division Forintek
Région de l'Est
publications.forintek@fpinnovations.ca
Tél. : 418 659-2647
Télé. : 418 659-2922

Helen Ramsay
FPIinnovations – Division Forintek
Région de l'Ouest
publications.forintek@fpinnovations.ca
Tél. : 604 224-3221
Télé. : 604 222-5690