

## DÉCLARATION ENVIRONNEMENTALE DE PRODUIT

# Panneaux isolants de toiture en polyiso

Depuis plus de 30 ans, la Polyisocyanurate Insulation Manufacturers Association (PIMA) est la porte-parole de l'industrie du polyiso rigide en Amérique du Nord, en plus de promouvoir proactivement une construction immobilière à haut rendement qui soit sécuritaire, rentable, durable et éconergétique. PIMA compte parmi les plus ardents défenseurs de l'industrie en ce qui concerne les pratiques et politiques d'efficacité énergétique.

Les membres de PIMA sont des fabricants de produits isolants en polyiso, des fournisseurs de matières premières à l'industrie et des prestataires externes offrant des services de tests aux fabricants. Les membres de PIMA produisent la majeure partie du polyiso utilisé pour les applications de toiture et de mur à l'échelle commerciale, ainsi que pour la construction résidentielle, institutionnelle et industrielle dans l'ensemble des États-Unis et du Canada. PIMA représente l'industrie du polyiso rigide dans l'élaboration de normes techniques, de programmes de certification et de promotion de l'efficacité énergétique.

À titre d'ardent défenseur de l'efficacité énergétique de bâtiments, PIMA a reçu un grand nombre de prix d'excellence en environnement, notamment, en 2007, le Prix de la United States Environmental Protection Agency pour la protection du climat et pour son leadership dans la promotion de l'efficacité énergétique et la protection du climat. En 2002, PIMA a également reçu le Prix de la United States Environmental Protection Agency pour la protection de l'ozone stratosphérique, pour son leadership dans l'élimination progressive des CFC dans l'isolant de polyiso et en reconnaissance des contributions exceptionnelles à la protection environnementale en général.



Date d'émission : 4 novembre 2020  
Période de validité : 5 ans  
Numéro de la déclaration : EPD10465



**Certified  
Environmental  
Product Declaration**  
[www.nsf.org](http://www.nsf.org)

Des données primaires des membres manufacturiers suivants de PIMA ont été utilisées pour l'analyse du cycle de vie (ACV) sous-jacent. Les résultats indiqués dans la présente déclaration représentent la production moyenne pondérée combinée de ces membres.



**Atlas Roofing Corporation**  
2000 River Edge Parkway, Suite 800  
Atlanta, GA 30328  
[www.atlasroofing.com](http://www.atlasroofing.com)



**Carlisle Construction Materials**  
1285 Ritner Highway  
Carlisle, PA 17013  
[www.carlisleconstructionmaterials.com](http://www.carlisleconstructionmaterials.com)



**GAF**  
1 Campus Drive  
Parsippany, NJ 07054  
[www.gaf.com](http://www.gaf.com)



**Holcim**  
26 Century Blvd., Suite 205  
Nashville, TN 37214  
[www.holcimbe.com](http://www.holcimbe.com)



**IKO**  
40 Hansen Road South  
Brampton, Ontario, Canada L6W 3H4  
[www.iko.com](http://www.iko.com)



**Johns Manville**  
717 17th Street  
Denver, CO 80202  
[www.jm.com](http://www.jm.com)



**Rmax - A Sika Brand**  
13524 Welch Road  
Dallas, TX 75244  
[www.rmax.com](http://www.rmax.com)



**Soprema, Inc. (USA)**  
310 Quadral Drive  
Wadsworth, OH 44281  
[www.soprema.us](http://www.soprema.us)

Les membres manufacturiers de PIMA ont fourni des données primaires pour les produits commercialisés par les entreprises indiquées ci-après.



**Carlisle SynTec**  
1285 Ritner Highway  
Carlisle, PA 17013  
www.carlislesyntec.com



**Derbigum Americas Inc.**  
4800 Blue Parkway  
Kansas City, MO 64130  
www.derbigum.us



**Flex Membrane International Corp.**  
2670 Leiscz's Bridge Road, Suite 400  
Leesport, PA 19533  
www.flexroofingsystems.com



**Loadmaster Systems, Inc.**  
3100 E. Northwoods Place  
Peachtree Corners, GA 30071  
www.loadmaster.net



**Sika Sarnafil**  
100 Dan Road  
Canton, MA 02021  
usa.sika.com/sarnafil



**Tremco Incorporated**  
3735 Green Road  
Beachwood, OH 44122  
www.tremcoinc.com



**WeatherBond Roofing**  
P.O. Box 251  
Plainfield, PA 17081  
www.weatherbondroofing.com



**CertainTeed Corporation**  
20 Moores Road  
Malvern, PA 19355  
www.certainteed.com



**Duro-Last, Inc.**  
525 Morley Drive  
Saginaw, MI 48601  
www.duro-last.com



**Hunter Panels**  
15 Franklin Street  
Portland, ME 04101  
www.hunterpanels.com



**Mule-Hide Products Co., Inc.**  
1195 Prince Hall Drive  
Beloit, WI 53511  
www.mulehide.com



**Siplast**  
1000 Rochelle Blvd.  
Irving, TX 75062  
www.siplast.com



**Versico Roofing Systems**  
1285 Ritner Highway  
Carlisle, PA 17013  
www.versico.com



**Conklin Company Inc.**  
3951 N. Kimball Drive  
Kansas City, MO 64161  
www.conklin.com



**FiberTite/Seaman Corporation**  
1000 Venture Blvd.  
Wooster, OH 44691  
www.fibertite.com



**IB Roof Systems**  
8181 Jetstar Drive, Suite 150  
Irving, TX 75063  
www.ibroof.com



**Polyglass USA, Inc.**  
1111 W. Newport Center Drive  
Deerfield Beach, FL 33442  
www.polyglass.us







**Soprema, Inc. (USA)**  
310 Quadral Drive  
Wadsworth, OH 44281  
www.soprema.us



**Viking Products Group, Inc.**  
3812 E. 91st Street  
Cleveland, OH 44105  
www.vikingpg.com

INFORMATION GÉNÉRALE

Responsable du programme DEP 	NSF Certification, LLC 789 N. Dixboro Road Ann Arbor, Michigan, 48105, USA <a href="http://www.nsf.org">www.nsf.org</a>
Règles de catégorie de produits (RCP) - Référence	Product Category Rules for Building-Related Products and Services Part A: Life Cycle Assessment Calculation Rules and Report Requirements (UL 10010, Version 3.2), and Product Category Rule (PCR) Guidance for Building-Related Products and Services Part B: Building Thermal Insulation EPD Requirements (UL10010-1, Version 2.0), and ISO 21930: 2017
Détenteur de la Déclaration	Polyisocyanurate Insulation Manufacturers Association 3330 Washington Boulevard, Suite 200 Arlington, Virginia, 22201, USA <a href="http://www.polyiso.org">www.polyiso.org</a>
Auteur de l'Analyse du cycle de vie (ACV) et de la Déclaration	Shelly Severinghaus, LCACP Long Trail Sustainability 830 Taft Road, Huntington, Vermont, 05462, É.-U. <a href="http://www.ltexperts.com">www.ltexperts.com</a>
Numéro de la Déclaration	EPD10465
Produit	Panneaux isolants de toiture en polyisocyanurate
Applications et utilisation prévues	Construction de toitures commerciales, commerciales légères, résidentielles et industrielles
Marchés d'applicabilité	États-Unis et Canada
Description de la durée de vie documentée (RSL) du produit	40 ans
Produit déclaré et unité fonctionnelle	1 m <sup>2</sup> de matériau isolant installé avec une épaisseur donnant une résistance thermique moyenne R <sub>SI</sub> = 1 m <sup>2</sup> ·K/W (5,678 pi <sup>2</sup> ·°F·h/Btu) et avec une durée de vie utile du bâtiment de 75 ans (emballage inclus)
La vérification des RCP a été effectuée par:	– Partie A – Groupe consultatif technique UL – Partie B – Thomas Gloria, Ph. D. (président)
Date d'émission	4 novembre 2020
Période de validité	5 ans à partir de la date d'émission
Type de DEP	Moyenne de l'industrie
Portée de la DEP	Du berceau à la tombe
Étendue de variabilité du jeu de données	Moyenne de l'industrie
Année(s) de déclaration des données primaires des fabricants	2017
Achèvement de l'ACV	Analyse du cycle de vie de l'isolant en panneau rigide de mousse de polyisocyanurate, août 2020
Logiciel et numéro de version de l'AVC	SimaPro (version 9.0.0.35)
Bases de données LCI et numéro de version	ecoinvent v3.5, Cut-off at Classification (ecoinvent centre, 2018), É.-U. LCI (NREL, 2015 ) et DATASMART v2018.1 (Long Trail Sustainability, 2018)
Méthodologie de LCIA et numéro de version	TRACI 2.1 version 1.05
La présente DEP a été vérifiée de façon indépendante par NSF en conformité avec ISO 14025:2006 et ISO 21930:2017: <input type="checkbox"/> À l'interne <input checked="" type="checkbox"/> À l'externe	Tony Favilla <a href="mailto:afavilla@nsf.org">afavilla@nsf.org</a> 
La présente ACV a été effectuée en conformité avec ISO 14044: 2006, les RCP de référence et ISO 21930: 2017	Long Trail Sustainability <a href="mailto:shelly@ltexperts.com">shelly@ltexperts.com</a> 
L'évaluation de la présente ACV a été vérifiée de façon indépendante en conformité avec ISO 14044: 2006 et les RCP de référence par:	Terrie Boguski, P.E. – Harmony Environmental <a href="mailto:tboguski@harmonyenviron.com">tboguski@harmonyenviron.com</a> 
The EPD is the French-Canadian translation of the English-version EPD verified by NSF Certification, LLC. La présente DEP est la traduction en français canadien de la version EPD anglaise vérifiée par NSF Certification, LLC.	
Restrictions : les déclarations environnementales de différents programmes (ISO 14025) selon différentes RCP peuvent ne pas être comparables. La comparaison de la performance environnementale d'isolant thermique d'enveloppe du bâtiment utilisant l'information de la DEP doit être fonction de l'utilisation du produit et de ses effets au niveau du bâtiment; conséquemment, les DEP ne peuvent pas être utilisés aux fins de comparaison si la phase d'utilisation de l'énergie du bâtiment n'est pas prise en considération selon les instructions des présentes RCP. La conformité totale avec les RCP de l'isolant thermique d'enveloppe du bâtiment ne permet une comparabilité de la DEP que lorsque toutes les étapes du cycle de vie ont été considérées, lorsqu'ils se conforment à toutes les normes applicables, lorsqu'ils utilisent la même sous-catégorie des RCP et lorsqu'ils utilisent des scénarios équivalents en ce qui concerne les travaux de construction. Toutefois, des variations et des déviations sont possibles. Lorsque l'on compare des DEP créées à l'aide des présentes RCP, des variations et des déviations sont possibles. Des exemples de variations incluent différents logiciels d'ACV et jeux de données LCI de référence pouvant entraîner différents résultats en amont et en aval des étapes de cycle de vie faisant l'objet de déclaration.	

## RÉSUMÉ DE LA DÉCLARATION ENVIRONNEMENTALE DE PRODUIT (DEP)

La présente déclaration est une Déclaration environnementale de produit (DEP) moyenne de l'industrie, de Type III, par la Polyisocyanurate Insulation Manufacturers Association (PIMA), réalisée en conformité avec la norme ISO 14025. Les produits qui y sont présentés représentent la gamme de produits de tous les fabricants membres de PIMA, identifiés dans la présente étude. L'étude englobe 36 sites de fabrication de polyiso aux États-Unis et au Canada. Les données sur la consommation annuelle d'électricité, de gaz naturel et d'eau, de même que sur les eaux usées, l'emballage de polyiso (pellicule rétrécissante) et les déchets solides de chaque site ont été divisées par sa production annuelle en pieds-planche. Les informations spécifiques de chaque site, comme l'emplacement (aux fins de détermination de la provenance de l'énergie) et la gestion des émissions, ont aussi été incluses dans le calcul. Enfin, une moyenne pondérée de la production dans l'ensemble des sites de fabrication a été créée dans le but de représenter la moyenne de l'industrie pour la fabrication de polyiso.

Le présent document s'appuie sur l'Analyse du cycle de vie (ACV) élaborée par l'organisme Long Trail Sustainability pour PIMA en conformité avec les normes applicables de l'industrie : Product Category Rules for Building-Related Products and Services Part A: Life Cycle Assessment Calculation Rules and Report Requirements (UL 10010, Version 3.2), and Product Category Rule (PCR) Guidance for Building-Related Products and Services Part B: Building Thermal Insulation EPD Requirements (UL10010-1, Version 2.0), ISO 14040, ISO 14044 and ISO 21930. La présente DEP fournit aux utilisateurs l'information sur les impacts environnementaux des produits isolants de toiture en polyiso pendant leur cycle de vie.

## PORTÉE ET LIMITES DE L'ÉVALUATION DU CYCLE DE VIE

**Limites du système** : du berceau à la tombe

La présente Déclaration est de type « berceau à la tombe » et les étapes du cycle de vie suivantes font partie des limites du système : la production, la construction, l'utilisation, et la fin de vie utile. Chaque étape du cycle de vie comprend les modules suivants :

### Étape de la production

- **Approvisionnement en matières premières (A1)** : l'extraction, le traitement en amont et la production de matières premières et d'énergie associés à la production de panneaux isolants de toiture en polyiso.
- **Transport des matières premières (A2)** : le transport des matériaux (tous les intrants chimiques et matériels, y compris l'emballage) aux sites de fabrication de panneaux isolants de toiture en polyiso.
- **Fabrication des produits (A3)** : la production des panneaux isolants de toiture en polyiso (y compris les émissions qui y sont associées provenant des sites de fabrication).

### Étape de la construction

- **Transport de l'usine au site (A4)** : le transport des panneaux isolants de toiture en polyiso en paquets, des sites de fabrication aux sites de distribution du produit ou directement aux sites du projet.
- **Assemblage/installation (A5)** : l'installation des panneaux isolants de toiture en polyiso, y compris : le déchargement du camion ou du chariot élévateur à fourche tout terrain à l'aire d'entreposage sur le chantier avant de transporter les paquets sur le toit à l'aide d'une grue, l'enlèvement de l'emballage protecteur, le positionnement et la fixation des panneaux de toiture individuels sur le platelage par l'équipe de couvreurs, et enfin, l'enlèvement et le transport des rebuts d'installation vers un site d'enfouissement local.



## Étape de l'utilisation

- **Utilisation (B1)** : lors de l'installation, le produit reste en place dans le système de toiture et offre une résistance au transfert d'énergie à l'intérieur comme à l'extérieur du bâtiment. Il n'y a aucune activité liée à l'utilisation des panneaux isolants de toiture en polyiso.
- **Entretien (B2)** : les panneaux isolants de toiture en polyiso sont installés de façon permanente à l'intérieur d'une enveloppe de bâtiment extérieure protégée des intempéries. Par conséquent, aucun entretien n'est nécessaire pour conserver la performance fonctionnelle du produit.
- **Réparation (B3)** : lorsque les composants de protection contre les intempéries de l'enveloppe du bâtiment sont conçus et installés correctement et entretenus adéquatement, on peut raisonnablement s'attendre à ce que les panneaux isolants de toiture en polyiso ne soient pas endommagés jusqu'à nuire à leur performance. Par conséquent, il n'y a pas lieu de prévoir de réparations.
- **Remplacement (B4)** : la durée de vie du bâtiment telle qu'elle est définie dans le RCP est de 75 ans; comme il a été rationalisé dans la durée de vie documentée, un remplacement sera requis.
- **Remise à neuf (B5)** : les panneaux isolants de toiture en polyiso ne requièrent aucune activité de remise à neuf.
- **Utilisation d'énergie opérationnelle du système intégré au bâtiment lors de l'utilisation du produit (B6) et utilisation d'eau opérationnelle du système intégré au bâtiment lors de l'utilisation du produit (B7)** : les panneaux isolants de toiture en polyiso à eux seuls ne sont pas des systèmes techniques intégrés et n'ont aucune activité déclarée dans ces modules.

## Étape de la fin de vie utile

- **Déconstruction (C1)** : à la fin de leur vie utile, les panneaux isolants de toiture en polyiso sont retirés du platelage du toit. Bien que l'isolant puisse être récupéré du système de toiture et réutilisé, la présente étude ne tient pas compte de cette activité.
- **Transport (C2)** : le transport des panneaux isolants de toiture en polyiso vers un site d'enfouissement.
- **Traitement des déchets (C3)** : les panneaux isolants de mur en polyiso ne requièrent aucun traitement des déchets.
- **Mise au rebut (C4)** : la mise au rebut des panneaux isolants de toiture dans un site d'enfouissement.

**Méthode d'allocation** : la méthode d'allocation de masse a été utilisée dans le but d'attribuer des intrants/extrants à des sous-processus impliquant des coproduits. Aucune allocation n'était nécessaire pour la fabrication de revêtements et de la mousse polyiso qui composent les produits d'isolants de toiture, étant donné qu'il n'y a aucun coproduit pour ce type de matériaux. Les allocations sont déjà attribuées aux données secondaires (c.-à-d., les donnéesecoinvent) incluses dans la présente étude (centreecoinvent, 2019).

## DESCRIPTION DU PRODUIT

Le polyisocyanurate (polyiso) est un isolant plastique en mousse rigide à alvéoles fermés. Les panneaux isolants de toiture en polyiso sont constitués d'un noyau de mousse pris en sandwich entre deux revêtements (face et sous-face). Le noyau de mousse est constitué de polymère thermodurcissable qui durcit lors de la réaction (d'un prépolymère liquide visqueux). La mousse rigide est produite en faisant réagir du diisocyanate de méthylène et de diphényle avec du polyol de polyester. D'autres adjuvants, comme un catalyseur, un tensioactif, un retardateur de flamme et un agent gonflant (pentane ou mélanges de pentane) font partie de la formulation. Le pentane est un hydrocarbure au potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone négligeable (EPA É.-U., 2018) et au faible potentiel de réchauffement planétaire (EPA É.-U., 2020). Depuis près de 20 ans, l'industrie du polyiso n'utilise que du pentane ou des mélanges de pentane dans les formulations de son produit. Lors du mélange des composants, le prépolymère visqueux est déposé entre les revêtements et une réaction chimique génère des chaînes polymériques réticulées, crée une structure cellulaire rigide et durable. En ce qui concerne les applications de toiture, le revêtement le plus courant est le revêtement cellulosique renforcé de fibre de verre (GRF), provenant surtout de fibres recyclées post-consommation et/ou post-industrielles. L'isolant de toiture en polyiso est aussi fabriqué avec un revêtement de fibre de verre lié à un polymère (CGF), constitué d'une armature de fibre de verre enduite de polymères. Ces deux types de revêtement jouent un rôle crucial dans le maintien d'un processus de fabrication continue.

## Caractéristiques et avantages

Les panneaux isolants de toiture en polyiso, versatiles et durables, offrent les avantages suivants :

- Haute résistance thermique
- Isolation thermique continue
- Contrôle de la condensation
- Application directement sur platelage d'acier, sans barrière thermique
- Amélioration de la gestion de l'eau (isolant de pente)
- Compatibilité avec les adhésifs pour système de toiture
- Résistance à la circulation de chantier
- Légers et faciles à installer



**Image 1**

Panneau isolant de toiture en polyiso avec revêtement GRF



**Image 2**

Panneau isolant de toiture en polyiso avec revêtement CGF



## APPLICATION

Les panneaux isolants de toiture en polyiso peuvent être utilisés pour des projets de construction de toitures résidentielles, commerciales légères, commerciales et industrielles, sur de nouveaux bâtiments et sur des bâtiments existants nécessitant une réfection de toiture. Le polyiso est le type d'isolant le plus largement utilisé pour les applications de toiture commerciales au-dessus du platelage aux États-Unis et au Canada. En ce qui concerne les systèmes de toiture commerciale, une couche ou plus de polyiso est installée (avec joints de panneaux décalés) directement sur le platelage (acier, béton ou bois) et sous la membrane afin d'offrir une isolation continue. En ce qui concerne les applications de toiture à faible pente, le polyiso peut être installé comme matériau plat ou comme isolant de pente afin d'offrir une pente positive, améliorant un drainage plus efficace de l'eau de pluie. Le polyiso peut être fixé au platelage du toit à l'aide d'attaches mécaniques ou d'adhésifs afin d'obtenir la performance du système désirée. Le polyiso est un isolant versatile, compatible avec tous les types de revêtement de toiture pour toit à faible pente, notamment les systèmes de membrane monocouche (c.-à-d., TPO, PVC et EPDM), le système de bitume modifié, la toiture multicouche, la toiture en métal à joint debout et les panneaux de métal. Ces systèmes de toiture peuvent être attachés mécaniquement à travers l'isolant en polyiso, adhésifs ou maintenus en place avec du ballast. Un système de toiture type avec un platelage de métal est illustré ci-après. Bon nombre de facteurs et de considérations de conception influencent la sélection d'un système de toiture, et des composants additionnels, comme un pare-air, un pare-vapeur, une barrière thermique et un panneau de recouvrement, peuvent s'avérer nécessaires dans le cas de certaines applications. L'isolant en polyiso peut être installé directement sur le platelage sans barrière thermique et sans pare-ignition. En ce qui concerne les applications de toiture pour toit à forte pente, le polyiso peut être utilisé comme partie d'un système aéré clouable au-dessous de bardeaux d'asphalte, de métal et de composite, ainsi que de panneaux de métal.



**Illustration 1**

Assemblage de toiture type avec panneaux isolants de toiture en polyiso installés directement sur le platelage de métal

## EXIGENCES TECHNIQUES

Les panneaux isolants de toiture en polyiso sont fabriqués de manière à se conformer aux exigences des spécifications et normes de produits aux États-Unis et au Canada, faisant l'objet d'un consensus au sein de l'industrie. Cependant, la conformité aux codes de bâtiment types ne garantit pas toujours l'application de ces règles par les codes de bâtiment locaux des états ou des provinces, lesquels peuvent avoir leur propre version modifiée de ces codes types. Il importe donc de toujours vérifier auprès des autorités du code de bâtiment local afin de confirmer ladite conformité. Les propriétés physiques types des panneaux isolants de toiture en polyiso sont indiquées au Tableau 1.

- ASTM C1289 – Standard Specification for Faced Rigid Cellular Polyisocyanurate Thermal Insulation.
- CAN/ULC-S704.1 – Norme sur l'isolant thermique en polyuréthane et en polyisocyanurate : panneaux revêtus.
- Répertoire normatif du CSI et du CSA, référence 072200, Isolant de toit et de platelage.

**Tableau 1**

Propriétés physiques types de l'isolant de toiture en polyiso et exigences correspondantes répertoriées dans les normes ASTM C1289 et CAN/ULC-S704.1

PROPRIÉTÉ PHYSIQUE	NORME	ASTM C1289 (TYPE II, CLASSE 1 et 2)	CAN/ULC (TYPE 1, 2 et 3)								
Résistance thermique (valeur R ou résistance thermique à long terme) °F·pi <sup>2</sup> ·h/Btu (K·m <sup>2</sup> /W), min	→	<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;">Classe 1</td> <td style="text-align: center;">Classe 2</td> </tr> <tr> <td>Pour 1,0 po (25,4 mm) : 5,6 (0,97)</td> <td>5,3 (0,93)</td> </tr> <tr> <td>Pour 1,5 po (38,1 mm) : 8,4 (1,48)</td> <td>8,0 (1,41)</td> </tr> <tr> <td>Pour 2,0 po (50,8 mm) : 11,2 (1,97)</td> <td>10,6 (1,87)</td> </tr> </table> mesurée selon la norme ASTM C518 à 75°F (24°C) après conditionnement de 180 jours	Classe 1	Classe 2	Pour 1,0 po (25,4 mm) : 5,6 (0,97)	5,3 (0,93)	Pour 1,5 po (38,1 mm) : 8,4 (1,48)	8,0 (1,41)	Pour 2,0 po (50,8 mm) : 11,2 (1,97)	10,6 (1,87)	10,22 (1,80) pour 1,97 po (50 mm) d'épaisseur de panneau mesurée selon la norme CAN/ULC-S770, résistance thermique à long terme
Classe 1	Classe 2										
Pour 1,0 po (25,4 mm) : 5,6 (0,97)	5,3 (0,93)										
Pour 1,5 po (38,1 mm) : 8,4 (1,48)	8,0 (1,41)										
Pour 2,0 po (50,8 mm) : 11,2 (1,97)	10,6 (1,87)										
Résistance à la compression, psi (kPa), min	ASTM D1621	16 (110)	16 (110)								
Résistance à la flexion, psi (kPa), min	ASTM C203	40 (275)	24,7 (170)								
Résistance à la traction, psf (kPa), min	→	500 (24) mesurée selon la norme ASTM C209	500 (24) mesurée selon la norme ASTM D1623								
Stabilité dimensionnelle, % changement linéaire, épaisseur, max	ASTM D2126	-40°F (-40°C) / HR ambiante : 4,0 158°F (70°C) / HR97 % : 4,0 200°F (93°C) / HR ambiante : 4,0	Sans objet								
Stabilité dimensionnelle, % changement linéaire, longueur et largeur, max	ASTM D2126	-40°F (-40°C) / HR ambiante : 2,0 158°F (70°C) / HR97 % : 2,0 200°F (93°C) / HR ambiante : 2,0	-20°F (-29°C) / HR ambiante : 2,0 158°F (70°C) / HR97 % : 2,0 176°F (80°C) / HR ambiante : 2,0								
Absorption d'eau, % par volume, max	→	1,0 mesurée selon la norme ASTM C1763 – Procédure B	3,5 Mesurée selon la norme ASTM D2842 – Procédure B								
Perméabilité de la vapeur d'eau, perm (ng/Pa·s·m <sup>2</sup> )	ASTM E96/E96M Méthode du siccatif	Classe 1 : ≤1,5 (≤85,8) Classe 2 : ≤4,0 (≤228,8)	Classe 1 : ≤0,26 (≤15) Classe 2 : ≥0,26, ≤1,05 (≥15, ≤60) Classe 3 : > 1,05 (>60)								

**Performance thermique :** l'approche consensuelle reconnue pour évaluer la résistance thermique d'un isolant de mousse à alvéoles fermés avec revêtement perméable et agents gonflants captifs, comme du polyiso, s'appuie sur le concept de la résistance thermique à long terme (RTLTL), comme décrite dans la norme CAN/ULC-S770 « Méthode d'essai normalisée pour la détermination de la résistance thermique à long terme des mousses isolantes thermiques à alvéoles fermés » et dans la norme ASTM C1303/C1303M, « Standard Test Method for Predicting Long-Term Thermal Resistance of Closed-Cell Foam Insulation ». La RTLTL est évaluée selon une méthode effectuée en laboratoire servant à accélérer le vieillissement des produits isolants thermiques à alvéoles fermés contenant des agents gonflants captifs afin d'estimer la résistance thermique à long terme d'un échantillon vieilli. Cette approche est fondée sur une théorie scientifique de mousses plastiques vieillissantes avec des agents gonflants captifs, élaborée dans les années 1990, suivie par une évaluation précise de la méthodologie pilotée par Oak Ridge National Laboratory (Stovall, T., et. Al., 2012). L'industrie du polyiso a adopté la méthodologie de la RTLTL pour quantifier la résistance thermique des panneaux isolants de toiture en polyiso avec revêtement perméable. De l'information additionnelle concernant la méthodologie de la RTLTL se trouve sur le site Web de PIMA. ([www.polyiso.org](http://www.polyiso.org)).

## PROPRIÉTÉS DES PRODUITS DÉCLARÉS LIVRÉS

Les panneaux isolants de toiture en polyiso, fabriqués et mûris, sont habituellement expédiés et livrés aux chantiers empilés en paquets et protégés par un film plastique, dans un sac plastique ou les deux. La dimension des panneaux est généralement de 1,2 m sur 2,4 m (4 pi sur 8 pi) et les panneaux sont empilés les uns sur les autres pour former un paquet. Le nombre de panneaux en polyiso dans un paquet varie selon l'épaisseur du produit. Généralement, la hauteur des paquets est de 1,2 m (48 po). Par exemple, on peut empiler le double de panneaux d'une épaisseur de 2,54 cm (1,0 po) afin d'obtenir la même hauteur de paquet que les panneaux isolants d'une épaisseur de 5,08 cm (2,0 po). Habituellement, 48 panneaux d'une épaisseur de 2,54 cm (1,0 po), 24 panneaux d'une épaisseur de 5,08 cm (2,0 po) ou 16 panneaux d'une épaisseur de 7,62 cm (3,0 po) forment un paquet de panneaux isolants de toiture en polyiso.

## COMPOSITION DU MATÉRIAU

Les panneaux isolants de toiture en polyiso sont constitués d'un noyau de mousse et de deux revêtements (face et sous-face). Le noyau de mousse consiste en une formulation de la moyenne pondérée en masse indiquée au Tableau 2. Plus de la moitié de la formulation de la mousse est constituée de méthylène diisocyanate de phénylène, composé chimique réagissant au contact du polyol de polyester et contenant d'autres produits chimiques, notamment un agent gonflant, un retardateur de flammes, un catalyseur et de l'eau. La réaction chimique forme une structure de mousse cellulaire rigide, suivie d'un procédé de durcissement. Les deux types les plus courants de revêtements de l'isolant de toiture en polyiso et utilisés dans la présente étude sont : (1) le revêtement cellulosique renforcé de fibre de verre (GRF), et (2) le revêtement de fibre de verre lié à un polymère (CGF). Le revêtement GRF est constitué d'un feutre de fibres cellulosiques renforcé de fibre de verre et le revêtement CGF est constitué d'une armature de fibre de verre collée avec un liant de polymère organique et enduite de polymère.

**Tableau 2**

Étendue de la formulation moyenne pondérée de mousse pour les panneaux isolants de toiture en polyiso

COMPOSANT	ÉTENDUE DE LA FORMULATION (% EN MASSE)
Méthylène diisocyanate de phénylène	57,4 – 57,8
Polyol de polyester	29,5 – 29,9
Agent gonflant (pentane)	6,9
Retardateur de flammes (TCPP)	3,8
Tensioactif	0,5
Catalyseur	1,7 - 1,9
Eau	0,1

*(Remarque : il se peut que le total des pourcentages ne fasse pas 100, les chiffres ayant été arrondis),*

## FABRICATION

Le présent module comprend la fabrication des panneaux isolants de toiture en polyiso, l’emballage, les déchets de fabrication et les rejets associés dans l’air, dans le sol, dans la nappe phréatique et dans l’eau de surface. Les matières premières transportées à l’usine de fabrication de polyiso sont constituées de produits chimiques liquides stockés dans des cuves ou des bacs sur le site. Les produits chimiques pour la partie « A » (méthylène diisocyanate de phénylène), la partie « B » (polyol polyester avec le catalyseur, le tensioactif et le retardateur de flammes) et l’agent gonflant (pentane) sont pompés dans les cuves de traitement à partir du lieu d’entreposage. La partie « B » et l’agent gonflant sont ensuite pompés dans un malaxeur, puis dans une tête malaxeuse où ils sont combinés à la partie « A » et injectés entre les revêtements de face et de sous-face sur la table de coulée. Les produits chimiques ainsi mélangés réagissent rapidement afin de former un panneau de mousse à alvéoles fermés doté d’un noyau de mousse pris en sandwich entre les revêtements de face et de sous-face. Le panneau de mousse rigide passe ensuite à travers une contrecolleuse chauffée qui contrôle l’épaisseur et contribue à la formation des cellules, au durcissement et à l’adhérence des revêtements. Le panneau sort ensuite de la contrecolleuse et est découpé par une scie à débiter qui le taille à la longueur désirée. Les panneaux rigides finis sont ensuite empilés, emballés avec une pellicule plastique, étiquetés, transportés par chariot élévateur dans un entrepôt où ils sont entreposés et, éventuellement, chargés dans des camions pour être expédiés. Le processus de fabrication pour les panneaux isolants de toiture en polyiso dans une usine de fabrication type est présenté dans l’Illustration 2. Les paquets de panneaux isolants de toiture en polyiso sont enveloppés et/ou emballés dans du plastique avant d’être expédiés à partir de l’usine de fabrication. L’emballage utilisé pour envelopper les paquets est un film de polyéthylène extrudé de basse densité. Des données ont été recueillies directement de chaque installation participant à la présente étude concernant l’évaluation de l’emballage (livre d’emballage par pied-planche). *(Remarque : un pied-planche est une unité de volume en usage aux États-Unis et au Canada. Il est égal au volume de : 1 pi (30,48 cm) de longueur, 1 pi (30,48 cm) de largeur et 1,0 po (2,54 cm) d’épaisseur.*

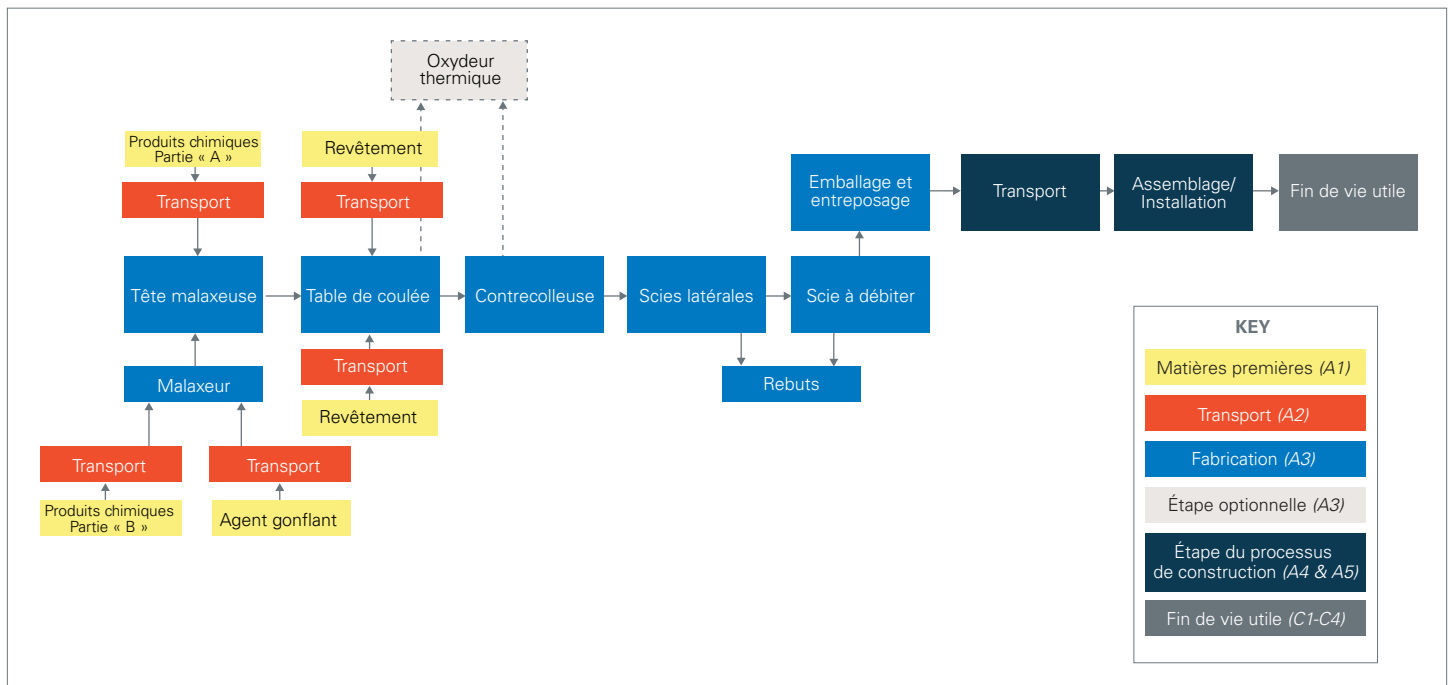


Illustration 2

Diagramme des opérations concernant l’isolant de toiture en polyiso  
*(Remarque : à l’heure actuelle, 44 % des usines de fabrication de polyiso participantes utilisent des oxydeurs thermiques pour contrôler les émissions de pentane.)*

## TRANSPORT

Le transport des paquets emballés de panneaux isolants de toiture en polyiso, de l'usine de fabrication aux sites de distribution ou directement aux chantiers, est effectué par camion à moteur diesel équipé d'une remorque à plateau. La distance moyenne de transport à partir de l'usine est de 645 km (401 miles). Des détails de transport additionnels sont indiqués au Tableau 3.

## INSTALLATION DU PRODUIT

Lorsque les paquets de panneaux isolants de toiture en polyiso sont livrés au chantier, ils sont déchargés du camion et montés sur le toit à l'aide d'une grue ou d'un chariot élévateur à fourche tout terrain; l'emballage est retiré en entier (on présume qu'il sera envoyé dans un site d'enfouissement) et les panneaux isolants de toiture individuels sont installés sur le platelage du toit par une équipe de couvreurs. Les panneaux isolants de toiture en polyiso sont ensuite fixés au platelage avant la pose de la membrane de toiture. Les rebuts de l'installation sont ramassés et transportés dans un centre d'enfouissement local pour être éliminés. L'élimination des rebuts d'installation dans un site d'enfouissement local a été modalisée à 1 % de pied-planche. Des détails additionnels sur l'installation sont indiqués au Tableau 4.

## UTILISATION ET DURÉE DE VIE DOCUMENTÉE

La phase de l'utilisation suit l'installation des panneaux isolants de toiture en polyiso. En ce qui concerne un système de toiture, l'isolant est installé sur le platelage, en dessous de la membrane de toiture. Quand elle est installée correctement et entretenue adéquatement, la membrane de toiture protège l'isolant des conditions environnementales externes et des intempéries pendant son utilisation. Par conséquent, le polyiso devrait normalement ne pas subir de dommages pouvant nuire à sa performance et à sa fonction, et ne pas nécessiter d'entretien. Selon la définition des RCP de référence, la durée de vie utile estimative (ESL) d'un bâtiment est de 75 ans. Les mesures nécessaires pour assurer une protection contre les intempéries sont précisées dans les directives d'installation du fabricant et sont prescrites par les codes modèles de construction. La durée de vie utile d'une membrane de toiture est influencée par un grand nombre de facteurs variables, notamment la conception du système de toiture, la qualité de l'installation, le type et la durabilité de la membrane, la configuration des composants du système de toiture et l'entretien, sans oublier les conditions et événements climatiques. Si l'on présume que l'on tient suffisamment compte de ces facteurs variables en ce qui concerne la conception et l'installation de la membrane et du système de toiture, l'isolant servira son rôle fonctionnel pour la durée de vie utile du bâtiment, à savoir 75 ans. Toutefois, compte tenu de scénarios réalistes, de tendances des propriétaires et de la durée de vie utile prévue des membranes de toiture, tout indique qu'une réfection de toiture sera effectuée au cours de la durée de vie utile estimative (ESL) de 75 ans d'un bâtiment.

Une réfection de toiture peut être jugée nécessaire de 15 à 30 ans après l'installation du système original, causée par des fuites dans le toit qui ne peuvent plus être réparées par rapiécage de la membrane. Des options se présentent alors pour changer la membrane de toiture sans devoir remplacer l'isolant. Les codes modèles de bâtiment décrivent le recouvrement d'une toiture comme pratique de réfection acceptable (un nouveau revêtement de toiture est installé par-dessus un système de toiture existant sans devoir enlever le recouvrement ou l'isolant). Selon les pratiques de l'industrie, pour recouvrir une toiture, il faut préalablement l'inspecter visuellement et effectuer les tests nécessaires pour s'assurer que tous les composants, particulièrement l'isolant, n'ont pas subi de dommages ou de détériorations. L'isolant peut alors être réutilisé au lieu d'être éliminé dans un site d'enfouissement. Cette méthode de recouvrement de toiture est une pratique courante dans l'industrie de la toiture. Les codes modèles de bâtiment la permettent, et la durée de vie utile estimative d'un système de toiture peut ainsi être prolongée (sans devoir en remplacer l'isolation). Cependant, même si le recouvrement de toiture est une pratique courante, il n'en est souvent pas fait mention dans les



études de réfection de toiture publiées dans le domaine public, lequel prévoit habituellement le remplacement total de la toiture. En rapport avec la présente Déclaration, PIMA reconnaît une durée de vie de 20 ans pour l'installation originale de la membrane, suivie par un recouvrement de toiture qui prolonge la durée de vie du système de toiture original à 40 ans. Cette pratique établit une durée de vie documentée (*RSL*) des panneaux d'isolant de toiture en polyiso à 40 ans. Les codes modèles de bâtiment des États-Unis permettent de recouvrir une toiture une seule fois. Lorsque deux membranes de toiture sont installées sur une toiture existante, un processus de réfection désigné comme « remplacement de toiture » est exigé, à savoir, le démontage de tous les composants de toiture jusqu'au platelage. Selon l'état de l'isolant ou du panneau de recouvrement, ces matériaux peuvent être réutilisés sur le chantier, revendus sur des marchés secondaires ou envoyés dans des sites d'enfouissement. Généralement, la démolition d'un toit est préférée afin d'alléger le travail impliquant la séparation des matériaux en vue de leur réutilisation. Par conséquent, la présente étude présume raisonnablement que les matériaux isolants sont tous envoyés dans un site d'enfouissement lors du remplacement d'une toiture. C'est pourquoi l'évaluation du berceau à la tombe des panneaux isolants de toiture en polyiso incorpore tous les impacts environnementaux des étapes du cycle de vie en rapport avec la construction originale du bâtiment, une exécution de travaux de recouvrement de toiture à 20 ans, ainsi que l'exécution de travaux de remplacement de toiture à 40 ans. Cela équivaut à 1,9 cycle de remplacement au cours des 75 ans de la durée de vie utile estimative du bâtiment (ESL) (75 ans ESL/ 40 ans RSL = 1,9 cycle de remplacement).

## FIN DE VIE UTILE

À la fin de la durée de vie utile du bâtiment et lors du remplacement de la toiture, les panneaux isolants de toiture en polyiso peuvent être réutilisés, récupérés ou éliminés. La présente étude ne prend pas en compte la réutilisation et la récupération, et présume que l'isolant est retiré lorsque le bâtiment est mis hors service et envoyé dans un site d'enfouissement. Au moment de la démolition du bâtiment, l'isolant est retiré manuellement ou par des grues et transporté sur une distance de 32 km (20 miles) à un site d'enfouissement par camion où il est éliminé (Pavlovich, et. al, 2011). Un jeu de données spécifique aux États-Unis pour l'enfouissement de déchets de plastique a été utilisé dans la présente analyse.

## RÈGLES D'EXCLUSION

Les critères d'exclusion utilisés pour les flux de matières et d'énergie dans la présente étude permettent de s'assurer que tous les impacts environnementaux pertinents y sont représentés. Conformément à la norme ISO 21930, Section 7.18, Criteria for the inclusion and exclusion of inputs and outputs, les règles d'exclusion appliquées dans la présente étude sont décrites comme suit (reformulées) :

- Tous les intrants et extrants d'un procédé sont inclus dans le calcul ... pour lequel les données sont disponibles.
- Pour les données manquantes, les estimations du pire cas avec des données substitutives ont été utilisées comme dans le cas des catalyseurs. Les hypothèses à la base de ces choix ont été documentées.
- Tous les flux de matières et d'énergie connus sont déclarés; aucun de ces flux n'a été exclu délibérément.
- Une attention particulière a été portée à l'inclusion des flux de matières et d'énergie connus pour contribuer aux émissions dans l'air, l'eau et le sol concernant les indicateurs environnementaux de la présente norme. Des hypothèses conservatrices combinées à des considérations de plausibilité et des avis d'experts peuvent être utilisés pour démontrer la conformité à ces critères.

Une exclusion de 1 % de la composition massique de la moyenne pondérée des produits a été utilisée pour calculer les ressources primaires renouvelables et non renouvelables avec le contenu énergétique utilisé comme paramètres des stocks de matières. Aucun flux connu n'a été exclu délibérément de la présente DEP.

## SOURCES DES DONNÉES

La présente étude utilise une combinaison de données primaires et secondaires. Les données primaires ont été recueillies auprès de fabricants et de sites spécifiques produisant le polyol de polyester, les revêtements GRF et CGF, ainsi que les panneaux isolants de toiture en polyiso. Lorsque des données primaires ne sont pas disponibles, les bases ecoinvent v3,5, Cut-off at Classification (ecoinvent centre, 2018), US LCI (NREL, 2015) et DATASMART v2018.1 (Long Trail Sustainability, 2018), contenant des données LCI évaluées par des pairs ont été utilisées.

## QUALITÉ DES DONNÉES

La qualité des données représente adéquatement les processus modélisés puisque les données primaires parviennent de la production quotidienne des panneaux isolants de toiture en polyiso. De l'information additionnelle sur la couverture temporelle, géographique et technologique est présentée ci-après :

**COUVERTURE TEMPORELLE** : les données primaires pour la production du polyol de polyester, des revêtements et des panneaux isolants de toiture en polyiso (incluant les intrants concernant l'énergie, l'eau et les matières premières, les distances et modes de transport pour les matières premières, les émissions directes, les eaux usées et les rebuts de fabrication) ont été recueillies en 2018 pour l'année de référence 2017.

**COUVERTURE GÉOGRAPHIQUE** : la couverture géographique de la présente étude englobe la fabrication, la distribution et l'installation des panneaux isolants de toiture en polyiso, aux États-Unis et au Canada.

**COUVERTURE TECHNOLOGIQUE** : la technologie des processus modélisés s'appuie sur les fabricants de polyiso, les fabricants de polyol de polyester et les fabricants de revêtements, aux États-Unis et au Canada. Les données primaires ont été recueillies pour la production de polyol de polyester ainsi que des revêtements GRF et CGF, et pour la fabrication des panneaux isolants de toiture en polyiso (incluant les intrants concernant l'énergie, l'eau et les matières premières, les distances et modes de transport pour les matières premières, les émissions directes, les eaux usées et les rebuts de fabrication).

## PÉRIODE DE RÉFÉRENCE

Les données primaires recueillies et utilisées dans la présente étude représentent la fabrication de polyol de polyester, des revêtements GRF et CGF et des panneaux isolants de toiture en polyiso pendant l'année civile 2017.

## ESTIMATIONS ET HYPOTHÈSES

Les intrants de matériaux et d'énergie pour la production de panneaux isolants de toiture en polyiso ont été modélisés à l'aide des données provenant des 36 sites de fabrication aux États-Unis et au Canada. Le MDI a été utilisé afin de modéliser les impacts du catalyseur et constituer une estimation du pire scénario. La quantité de MDI utilisée pour estimer chaque catalyseur est doublée; 1 kg de catalyseur est modélisé avec 2 kg de MDI comme approximation. Les rebuts d'installation envoyés au site d'enfouissement étaient estimés à 1 % du pied-planche. Les impacts associés à l'installation et à l'enlèvement des panneaux sur le toit du bâtiment ont été estimés à l'aide de données recueillies pour un projet d'analyse du cycle de vie (ACV) précédent, étant donné que les méthodes d'installation n'ont pas changé (Pavlovich, et. al, 2011); celles-ci sont décrites en de plus amples détails dans le rapport de l'ACV. À la fin de la durée de vie utile, la distance de transport des rebuts d'installation, du chantier au site d'enfouissement, a été estimée à 32 km (20 miles).

SCÉNARIOS DE L'ANALYSE DU CYCLE DE VIE (ACV) ET INFORMATION TECHNIQUE ADDITIONNELLE

L'information technique suivante a été prise en considération dans l'évaluation du cycle de vie.

**Tableau 3**  
Détails de transport au chantier (A4)

NOM	VALEUR	UNITÉ
Type de combustible	Carburant diesel	
Type de véhicule	Camion de marchandises non spécifié	
Distance de transport*	652	km
Poids des produits transportés	Dépendant du produit	
Volume des produits transportés	Dépendant du produit	
*Les données sur la distance de transport moyenne au chantier ont été recueillies à chaque site de production de polyiso. REMARQUE : les litres de combustible, l'utilisation de la capacité, la densité brute des produits transportés et le facteur de volume de l'utilisation de la capacité ont été déterminés par le processus de transport ecoinvent utilisé : <i>transport, marchandises, camion, non spécifié.</i>		

**Tableau 4**  
Installation sur le bâtiment (A5)

NOM	VALEUR	UNITÉ
Diesel pour équipement de construction	2,36E-04	Gallons diesel/pi <sup>2</sup>
Teneur en COV	S/O	µg/m <sup>3</sup>
Perte de produit par unité fonctionnelle	1	%
Extrants provenant du traitement des déchets de chantier, générés par les déchets d'emballage (présumés envoyés dans un site d'enfouissement)	0,00351	kg
<b>Produit : Panneau isolant de toiture en polyiso avec revêtement cellulosique renforcé de fibre de verre (GRF)</b>		
Déchets de chantier avant le traitement des déchets générés par l'installation du produit (présumés envoyés dans un site d'enfouissement)	0,00846	kg
<b>Produit : Panneau isolant de toiture en polyiso avec revêtement de fibre de verre lié à un polymère (CGF)</b>		
Déchets de chantier avant le traitement des déchets générés par l'installation du produit (présumés envoyés dans un site d'enfouissement)	0,00941	kg
Remarque	Les données concernant la teneur en COV ne sont pas disponibles et sont désignées par le symbole S/O.	

**Tableau 5**  
Durée de vie documentée

NOM	VALEUR	UNITÉ
RSL	40	années
Propriétés du produit déclaré (à la sortie de l'usine) et finis, etc.	1	m <sup>2</sup>
	1	R <sub>Si</sub>

**Tableau 6**  
Remplacement (B4)

NOM	VALEUR	UNITÉ
Cycle de remplacement	1	Nombre/RSL
Cycle de remplacement	1,9	Nombre/ESL

**Tableau 7**  
Élimination/Fin de vie utile (C1-C4).

NOM	VALEUR	UNITÉ
Site d'enfouissement	100	%

## RÉSULTATS D'ANALYSE DU CYCLE DE VIE (ACV)

**Unité fonctionnelle** : les RCP définissent l'unité fonctionnelle de l'isolation thermique pour l'enveloppe de bâtiment (Partie B, Section 3.1) comme suit : l'installation de 1 m<sup>2</sup> d'isolant d'une épaisseur procurant une résistance thermique de 1 m<sup>2</sup>-K/W et une durée de vie utile du bâtiment de 75 ans (emballage inclus). Aux États-Unis, la résistance thermique ( $R_{ip}$ ) est couramment rapportée en unité de mesure du système impérial (pi<sup>2</sup>·°F·h/Btu) avec 1 m<sup>2</sup>-K/W équivalent à 5,678 pi<sup>2</sup>·°F·h/Btu. La valeur R par pouce d'épaisseur des panneaux isolants de toiture en polyiso augmente légèrement selon l'épaisseur du produit. Parallèlement, l'influence des revêtements sur le profil d'impact du polyiso diminue selon l'augmentation de l'épaisseur du produit. Par conséquent, une épaisseur de produit intermédiaire fréquemment spécifiée est choisie afin que l'unité fonctionnelle représente les résultats de l'ACL. Les données pour une épaisseur de 0,666 m (2,6 po) des panneaux isolants de toiture en polyiso avec les revêtements GRF et CGF procurant une valeur R de 2,6 m<sup>2</sup>-K/W (15 pi<sup>2</sup>·°F·h/Btu) sont normalisées à une résistance thermique de 1 m<sup>2</sup>-K/W (5,678 pi<sup>2</sup>·°F·h/Btu). Le Tableau 8 indique les propriétés de l'unité fonctionnelle.

**Tableau 8**  
Propriétés de l'unité fonctionnelle

NOM	VALEUR	UNITÉ
Unité fonctionnelle	1 m <sup>2</sup> (10,76 pi <sup>2</sup> ) d'isolant installé, avec une épaisseur procurant une résistance thermique de 1 m <sup>2</sup> -K/W (5,678 pi <sup>2</sup> ·°F·h/Btu)	
<b>Panneau isolant de toiture en polyiso avec revêtement cellulosique renforcé de fibre de verre (GRF)</b>		
Masse	0,846 (1,87)	kg (lb)
Épaisseur requise pour obtenir l'unité fonctionnelle	0,025 (0,984)	m (po)
<b>Produit : Panneau isolant de toiture en polyiso avec revêtement de fibre de verre lié à un polymère (CGF)</b>		
Masse	0,941 (2,07)	kg (lb)
Épaisseur requise pour obtenir l'unité fonctionnelle	0,025 (0,984)	m (po)

Dans la présente déclaration du berceau à la tombe, tous les modules d’information sont déclarés. Comme discuté dans la section Portée et limites de l’évaluation du cycle de vie, les Modules B1, B2, B3, B5, B6, B7, C1 et C3 ne contribuent pas aux impacts et sont déclarés nuls (0). L’option du Module D, Avantages et charges au-delà des limites du système, n’a pas été incluse dans la présente Analyse du cycle de vie (ACV). Afin d’alléger le texte, les tableaux de résultats dans la présente section n’incluent pas ces modules.

**Tableau 9**

Description des modules indiquant les limites du système.

ÉTAPE DE PRODUCTION			ÉTAPE DU PROCESSUS DE CONSTRUCTION		ÉTAPE D’UTILISATION					ÉTAPE DE FIN DE DURÉE DE VIE UTILE				AVANTAGES ET CHARGES AU-DELÀ DES LIMITES DU SYSTÈME
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D
Approvisionnement en matières premières	Transport	Fabrication	Transport de l’usine au chantier	Assemblage/Installation	Utilisation	Entretien	Réparation	Remplacement	Remise à neuf	Déconstruction	Transport	Traitement des déchets	Élimination	Potentiel de réutilisation, de récupération, de recyclage
					B6	Utilisation d’énergie d’exploitation du bâtiment lors de l’utilisation du produit		X						
					B7	Utilisation d’eau d’exploitation du bâtiment lors de l’utilisation du produit		X						
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	MND

MND = module non déclaré

Les tableaux suivants indiquent en détail les résultats des produits de toiture par unité fonctionnelle RSI=1 m<sup>2</sup>.K/W, y compris les résultats de l’évaluation d’impact utilisant la méthode d’évaluation d’impact TRACI 2.1 et les mesures d’inventaire exigées par le RCP. Ces six catégories d’impact ont été jugées globalement assez bien établies pour être incluses dans les déclarations environnementales de Type III. D’autres catégories sont en voie d’être élaborées et définies et la pratique de l’Analyse du cycle de vie (ACV) continuera vraisemblablement à progresser dans leur élaboration. Toutefois, les utilisateurs de la Déclaration environnementale de produit (DEP) ne doivent pas utiliser des mesures additionnelles à des fins comparatives. Les résultats du LCIA sont des expressions relatives et ne prédisent pas les impacts sur les critères d’effets des catégories, le dépassement des seuils établis, les marges de sécurité ou les risques.



**Produit : Panneau isolant de toiture en polyiso avec revêtement cellulosique renforcé de fibre de verre (GRF)  
(Tableaux 10, 11, 12 and 13).**

**Tableau 10**

Catégories d'impact TRACI 2.1 – Unité fonctionnelle pour la totalité des étapes du cycle de vie

CATÉGORIE D'IMPACT	UNITÉ	VALEUR TOTALE
GWP : Potentiel de réchauffement planétaire	kg CO <sub>2</sub> eq	4.36E+00
ODP : Potentiel d'appauvrissement de l'ozone	kg CFC-11 eq	3.25E-07
AP : Potentiel d'acidification	kg SO <sub>2</sub> eq	2.14E-02
EP : Potentiel d'eutrophisation	kg N eq	3.22E-02
POCP : Potentiel de création d'oxydant photochimique	kg O <sub>3</sub> eq	2.49E-01
ADP <sub>fossil</sub> : Potentiel d'épuisement de ressources abiotiques des ressources énergétiques non renouvelables	MJ, LHV	1.23E+01

**Table 11.**

TRACI 2.1 Catégories d'impact – Unité fonctionnelle par module de limites du système

CATÉGORIE D'IMPACT	UNITÉ	A1	A2	A3	A4	A5	B4	C2	C4
GWP	kg CO <sub>2</sub> eq	1.86E+00	6.46E-02	1.84E-01	7.12E-02	2.35E-02	2.07E+00	3.72E-03	9.10E-02
ODP	kg CFC-11 eq	1.23E-07	1.38E-08	1.44E-08	1.77E-08	4.47E-11	1.54E-07	9.26E-10	1.63E-09
AP	kg SO <sub>2</sub> eq	9.61E-03	5.58E-04	3.17E-04	3.65E-04	3.10E-04	1.02E-02	1.91E-05	1.08E-04
EP	kg N eq	2.78E-03	1.16E-04	8.02E-04	8.53E-05	2.41E-05	1.52E-02	4.46E-06	1.31E-02
POCP	kg O <sub>3</sub> eq	8.64E-02	1.55E-02	6.61E-03	9.19E-03	1.00E-02	1.18E-01	4.81E-04	2.65E-03
ADP <sub>fossil</sub>	MJ, LHV	5.92E+00	1.25E-01	1.74E-01	1.59E-01	4.76E-02	5.81E+00	8.33E-03	2.37E-02

**Tableau 12**

Indicateurs d'utilisation des ressources – Unité fonctionnelle par module de limites du système

INDICATEUR DE RESSOURCES	UNITÉ	A1	A2	A3	A4	A5	B4	C2	C4
RPRE	MJ, LHV	9.63E-01	1.86E-02	8.33E-02	1.15E-02	7.27E-04	9.74E-01	6.00E-04	4.39E-03
RPRM	MJ, LHV	3.54E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.19E-01	0.00E+00	0.00E+00
NRPRE	MJ, LHV	2.47E+01	9.27E-01	1.95E+00	1.12E+00	3.22E-01	2.63E+01	5.83E-02	1.91E-01
NRPRM	MJ, LHV	1.95E+01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.75E+01	0.00E+00	0.00E+00
SM	kg	1.89E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.70E-01	0.00E+00	0.00E+00
FW	m <sup>3</sup>	7.84E-03	2.01E-04	4.77E-04	1.88E-04	2.93E <sup>E</sup> -05	8.07E-03	9.83E-06	2.30E-04
RSF	MJ	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
NRSF	MJ	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
RE	MJ	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
Abréviations	RPRE: Ressources primaires renouvelables utilisées comme vecteur d'énergie (combustible); RPRM : Ressources primaires renouvelables avec contenu énergétique utilisées comme matériaux; NRPRE : Ressources primaires non renouvelables utilisées comme vecteur d'énergie (combustible); NRPRM: Ressources primaires non renouvelables utilisées comme matériaux; SM : Matières secondaires; FW : Utilisation de ressources d'eau fraîche; RSF : Combustibles secondaires renouvelables; NRSF: Combustibles secondaires non renouvelables; RE : Énergie récupérée.								
Remarque	Les données pour les indicateurs de ressources suivants : RSF (Combustibles secondaires renouvelables), NRSF (Combustibles secondaires non renouvelables) et RE (Énergie récupérée), ne sont pas disponibles et sont désignées par le symbole S/O.								

**Tableau 13**

Déchets et autres extrants – Unité fonctionnelle par module de limites du système

FLUX DE SORTIE	UNITÉ	A1	A2	A3	A4	A5	B4	C2	C4
HWD	kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.12E-06	0.00E+00	4.58E-06
NHWD	kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.02E-03	0.00E+00	1.00E-02
MR	kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.78E-04	0.00E+00	1.98E-04
HLRW	kg	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
ILLRW	kg	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
CRU	kg	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
MER	kg	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
EE	MJ	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
Abréviations	HWD : Déchets dangereux éliminés; NHWD : Déchets non dangereux éliminés; MR : Matériaux pour recyclage; HLRW : Déchets radioactifs de forte activité éliminés; ILLRW : Déchets radioactifs d'activité moyenne et d'activité faible conditionnés, dans un dépôt définitif; CRU : Composants pour réutilisation; MER : Matériaux pour récupération d'énergie; EE : Énergie exportée.								
Remarque	Aucune substance devant être signalée comme étant dangereuse n'est associée avec la production du présent produit; toutefois, un faible pourcentage de déchets de fabrication est éliminé en tant que déchets dangereux. Les données pour les flux de sortie suivants : HLRW (Déchets radioactifs de forte activité éliminés), ILLRW (Déchets radioactifs d'activité moyenne et d'activité faible conditionnés, dans un dépôt définitif), CRU (Composants pour réutilisation), MER (Matériaux pour récupération d'énergie) et EE (Énergie exportée), ne sont pas disponibles et sont désignées par le symbole S/O.								

**Produit : Panneau isolant de toiture en polyiso avec revêtement de fibre de verre lié à un polymère (CGF)  
(Tableaux 14, 15, 16 and 17).**

**Tableau 14**

Catégories d'impact TRACI 2.1– Unité fonctionnelle pour la totalité des étapes du cycle de vie

CATÉGORIE D'IMPACT	UNITÉ	VALEUR TOTALE
GWP : Potentiel de réchauffement planétaire	kg CO <sub>2</sub> eq	5.96E+00
ODP : Potentiel d'appauvrissement de l'ozone	kg CFC-11 eq	4.39E-07
AP : Potentiel d'acidification	kg SO <sub>2</sub> eq	2.83E-02
EP : Potentiel d'eutrophisation	kg N eq	3.79E-02
POCP : Potentiel de création d'oxydant photochimique	kg O <sub>3</sub> eq	3.37E-01
ADP <sub>fossil</sub> : Potentiel d'épuisement de ressources abiotiques des ressources énergétiques non renouvelables	MJ, LHV	1.37E+01

**Tableau 15**

Catégories d'impact TRACI 2.1– Unité fonctionnelle par module de limites du système

CATÉGORIE D'IMPACT	UNITÉ	A1	A2	A3	A4	A5	B4	C2	C4
GWP	kg CO <sub>2</sub> eq	2.70E+00	6.46E-02	1.84E-01	7.12E-02	2.35E-02	2.83E+00	3.72E-03	9.10E-02
ODP	kg CFC-11 eq	1.83E-07	1.38E-08	1.44E-08	1.77E-08	4.47E-11	2.08E-07	9.26E-10	1.63E-09
AP	kg SO <sub>2</sub> eq	1.32E-02	5.58E-04	3.17E-04	3.65E-04	3.10E-04	1.34E-02	1.91E-05	1.08E-04
EP	kg N eq	5.79E-03	1.16E-04	8.02E-04	8.53E-05	2.41E-05	1.79E-02	4.46E-06	1.31E-02
POCP	kg O <sub>3</sub> eq	1.33E-01	1.55E-02	6.61E-03	9.19E-03	1.00E-02	1.59E-01	4.81E-04	2.65E-03
ADP <sub>fossil</sub>	MJ, LHV	6.67E+00	1.25E-01	1.74E-01	1.59E-01	4.76E-02	6.49E+00	8.33E-03	2.37E-02

**Tableau 16**

Indicateurs d'utilisation des ressources – Unité fonctionnelle par module de limites du système

INDICATEUR DE RESSOURCES	UNITÉ	A1	A2	A3	A4	A5	B4	C2	C4
RPRE	MJ, LHV	1.65E+00	1.86E-02	8.33E-02	1.15E-02	7.27E-04	1.59E+00	6.00E-04	4.39E-03
RPRM	MJ, LHV	3.54E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.19E-01	0.00E+00	0.00E+00
NRPRE	MJ, LHV	3.65E+01	9.27E-01	1.95E+00	1.12E+00	3.22E-01	3.70E+01	5.83E-02	1.91E-01
NRPRM	MJ, LHV	1.95E+01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.75E+01	0.00E+00	0.00E+00
SM	kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
FW	m <sup>3</sup>	1.33E-02	2.01E-04	4.77E-04	1.88E-04	2.93E-05	1.30E-02	9.83E-06	2.30E-04
RSF	MJ	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
NRSF	MJ	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
RE	MJ	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
Abréviations	RPRE: Ressources primaires renouvelables utilisées comme vecteur d'énergie (combustible); RPRM : Ressources primaires renouvelables avec contenu énergétique utilisées comme matériaux; NRPRE : Ressources primaires non renouvelables utilisées comme vecteur d'énergie (combustible); NRPRM: Ressources primaires non renouvelables utilisées comme matériaux; SM : Matières secondaires; FW : Utilisation de ressources d'eau fraîche; RSF : Combustibles secondaires renouvelables; NRSF: Combustibles secondaires non renouvelables; RE : Énergie récupérée.								
Remarque	Les données pour les indicateurs de ressources suivants : RSF (Combustibles secondaires renouvelables), NRSF (Combustibles secondaires non renouvelables) et RE (Énergie récupérée), ne sont pas disponibles et sont désignées par le symbole S/O.								

**Table 17**

Déchets et autres extrants – Unité fonctionnelle par module de limites du système

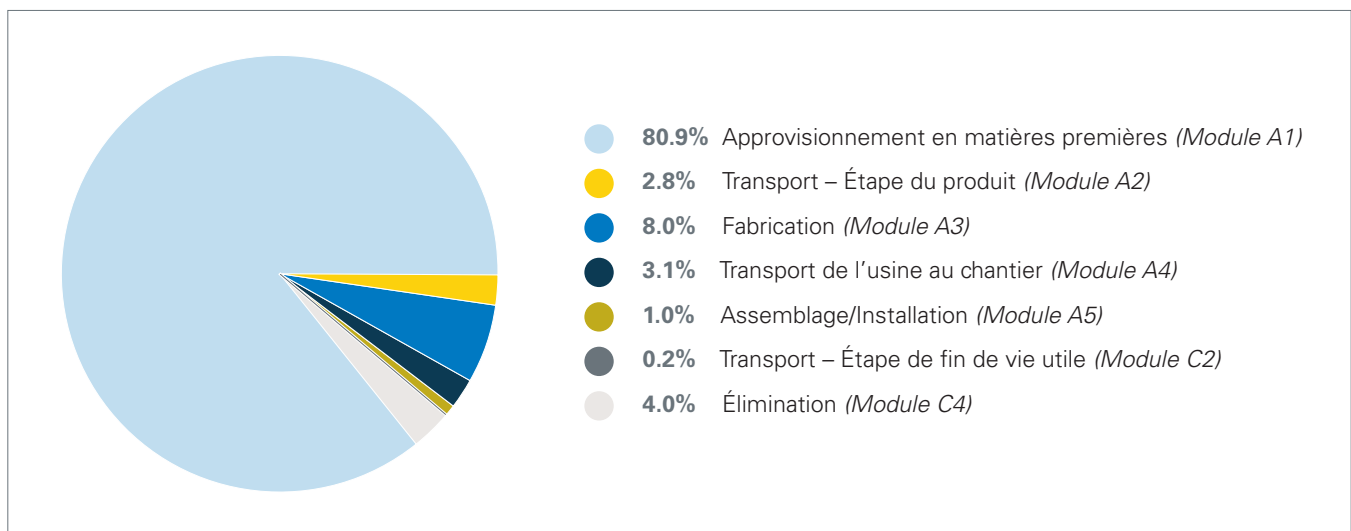
FLUX DE SORTIE	UNITÉ	A1	A2	A3	A4	A5	B4	C2	C4
HWD	kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.12E-06	0.00E+00	4.58E-06
NHWD	kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.02E-03	0.00E+00	1.00E-02
MR	kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.78E-04	0.00E+00	1.98E-04
HLRW	kg	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
ILLRW	kg	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
CRU	kg	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
MER	kg	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
EE	MJ	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
Abréviations	HWD : Déchets dangereux éliminés; NHWD : Déchets non dangereux éliminés; MR : Matériaux pour recyclage; HLRW : Déchets radioactifs de forte activité éliminés; ILLRW : Déchets radioactifs d'activité moyenne et d'activité faible conditionnés, dans un dépôt définitif; CRU : Composants pour réutilisation; MER : Matériaux pour récupération d'énergie; EE : Énergie exportée.								
Remarque	Aucune substance devant être signalée comme étant dangereuse n'est associée avec la production du présent produit; toutefois, un faible pourcentage de déchets de fabrication est éliminé en tant que déchets dangereux. Les données pour les flux de sortie suivants : HLRW (Déchets radioactifs de forte activité éliminés), ILLRW (Déchets radioactifs d'activité moyenne et d'activité faible conditionnés, dans un dépôt définitif), CRU (Composants pour réutilisation), MER (Matériaux pour récupération d'énergie) et EE (Énergie exportée), ne sont pas disponibles et sont désignées par le symbole S/O.								

## INTERPRÉTATION DE L'ANALYSE DU CYCLE DE VIE (ACV)

### Analyse de l'impact des modules

Les résultats de l'analyse du cycle de vie informent les utilisateurs sur le profil environnemental des panneaux isolants de toiture en polyiso, du début à la fin de leur cycle de vie. Comme mentionné dans la section « Utilisation et durée de vie documentée » de la présente Déclaration, tous les impacts environnementaux des étapes de cycle de vie pour le polyiso sont liés à la construction du bâtiment original, comprenant des activités de recouvrement de toiture après 20 ans et des activités de remplacement de toiture après 40 ans, ce qui représente 1,9 cycle de remplacement pendant la durée de vie utile estimative (ESL) de 75 ans. Le remplacement complet des panneaux isolants de toiture en polyiso installés à l'origine (Module B4, « Remplacement de toiture ») comprend une grande portion des impacts du profil environnemental. Les impacts associés à la production des matières premières représentent une part importante du profil environnemental pour l'installation d'origine et les activités de remplacement de la toiture. Le profil environnemental pour les 40 premières années d'installation des panneaux isolants de toiture en polyiso est représenté dans les Modules A1 à A5, C2 et C4. Cette distinction permet un examen plus approfondi des impacts des modules individuels sur l'ensemble du profil environnemental des panneaux isolants de toiture en polyiso.

Lors de l'analyse des profils environnementaux des produits, la catégorie Potentiel de réchauffement planétaire (GWP) est importante. L'impact relatif des modules sur le GWP pour les panneaux isolants de toiture en polyiso est indiqué à l'illustration 3. Le Module A1 (matières premières) est dominant, comptant pour 81 % des impacts. Le Module A3 (fabrication du polyiso) compte pour 8 %. Les autres modules, A2, A4, A5, C2 et C4, comptent chacun pour moins de 5 %.

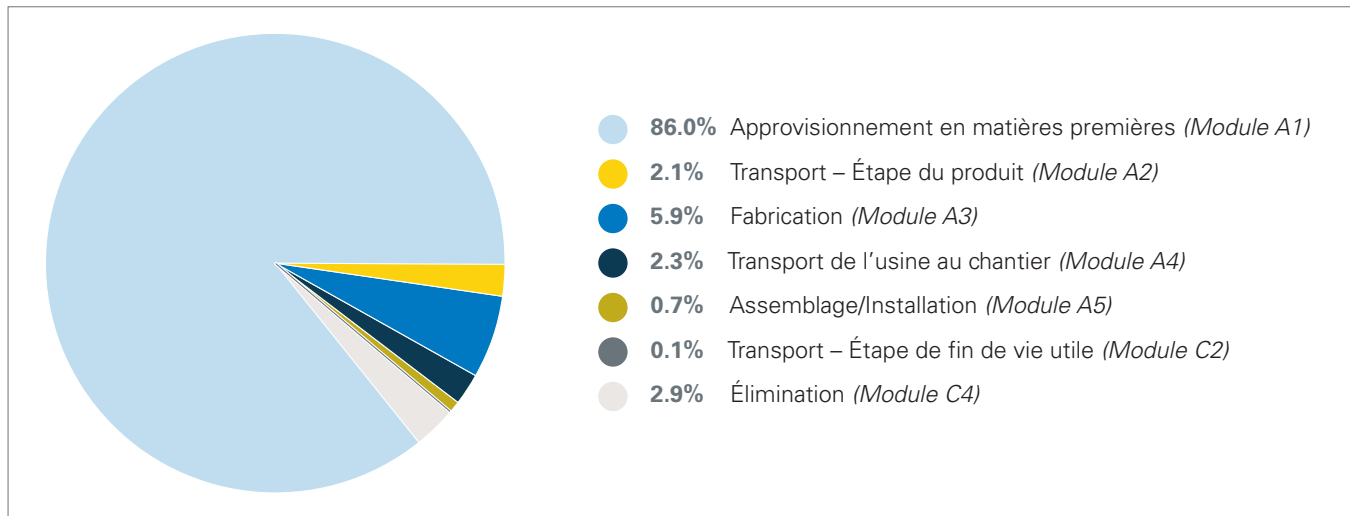


**Illustration 3**

Impact relatif des modules sur le potentiel de réchauffement planétaire (GWP) en ce qui concerne les panneaux isolants de toiture en polyiso avec revêtement GRF



L'impact relatif des modules sur le GWP a aussi été examiné pour les panneaux isolants de toiture en polyiso avec le revêtement CGF, et les résultats sont indiqués à l'illustration 4. De même, le Module A1 (matières premières) est dominant, comptant pour 86 % des impacts. Le Module A3 (fabrication du polyiso) compte pour 5,9 %. Les autres modules, A2, A4, A5, C2 et C4, comptent chacun pour moins de 3 %. Les impacts légèrement plus élevés dans le Module A1 (matières premières) sont attribués au type de revêtement.



**Illustration 4**

Impact relatif des modules sur le potentiel de réchauffement planétaire (GWP)  
en ce qui concerne les panneaux isolants de toiture en polyiso avec revêtement CGF

L'analyse des Tableaux 10 à 17 indique que le Module A1 (matières premières) domine le profil environnemental des panneaux isolants de toiture en polyiso. Les données cumulatives primaires et secondaires indiquent que l'extraction et le traitement des matières premières ont l'impact le plus important. L'industrie du polyiso se distingue par un grand nombre d'usines fabriquant les panneaux isolants de toiture en polyiso à travers les États-Unis et le Canada. De nombreuses usines sont établies à proximité de grands centres de population où les activités de remplacement de toitures et de construction de nouvelles toitures sont importantes, réduisant ainsi les impacts causés par le transport.

### Profils environnementaux pour les configurations courantes d'épaisseurs de polyiso

Les panneaux isolants de toiture en polyiso comportant les revêtements GRF et CGF sont offerts en valeurs  $R_{ip}$  incrémentielles de 5,7  $pi^2 \cdot ^\circ F \cdot h/Btu$  à 27  $pi^2 \cdot ^\circ F \cdot h/Btu$ . En ce qui concerne la présente Déclaration, les profils environnementaux du début à la fin du cycle de vie utile ont été calculés d'après trois épaisseurs populaires pour les deux types de revêtement : 1,8 po ( $R_{ip} - 10,3 pi^2 \cdot ^\circ F \cdot h/Btu$ ), 2,6 po ( $R_{ip} - 15 pi^2 \cdot ^\circ F \cdot h/Btu$ ) et 3,5 po ( $R_{ip} - 20,5 pi^2 \cdot ^\circ F \cdot h/Btu$ ). L'International Energy Conservation Code (IECC) exige que l'isolant de toiture soit installé en couches multiples avec les joints décalés afin de renforcer la performance thermique du système de toiture. Ces exigences n'existent pas dans le Code national de l'énergie pour les bâtiments au Canada. Afin que les utilisateurs du présent document puissent avoir la possibilité d'évaluer les configurations courantes de l'isolant de toiture, les paramètres des impacts et des indicateurs sont indiqués pour toutes les étapes du cycle de vie et pour quatre combinaisons bicouches correspondant aux exigences minimales de valeur R de l'IECC et de la norme ASHRAE 90.1 concernant l'isolation exclusivement sur platelage, dans toutes les zones climatiques de l'ensemble des États-Unis et du Canada. Les données pour un panneau simple et les combinaisons bicouches sont fournies aux Tableaux 18 à 22. **Les valeurs des impacts et des indicateurs sur tout produit dont l'épaisseur est de 1,8 po à 3,5 po peuvent être calculées par extrapolation linéaire à partir des données de ces tableaux.**

Tableau 18

Impacts/Indicateurs pour toutes les étapes du cycle de vie des épaisseurs courantes du produit de toiture

Produit : Panneaux isolants de toiture avec revêtement cellulosique renforcé de fibre de verre (GRF)								
CATÉGORIE D'IMPACT / D'INDICATEUR ENVIRONNEMENTAL		UNITÉ	Épaisseur 1,8 po RIP: 10,3		Épaisseur 2,6 po RIP: 15		Épaisseur 3,5 po RIP: 20.5	
			Par 1 pi <sup>2</sup>	Par 1 m <sup>2</sup>	Par 1 pi <sup>2</sup>	Par 1 m <sup>2</sup>	Par 1 pi <sup>2</sup>	Par 1 m <sup>2</sup>
TRACI 2.1 CATÉGORIES D'IMPACT	GWP : Potentiel de réchauffement planétaire	kg CO <sub>2</sub> eq	7.64E-01	8.23E+00	1.07E+00	1.15E+01	1.43E+00	1.54E+01
	ODP : Potentiel d'appauvrissement de l'ozone	kg CFC-11 eq	5.74E-08	6.18E-07	7.98E-08	8.59E-07	1.06E-07	1.14E-06
	AP : Potentiel d'acidification	kg SO <sub>2</sub> eq	3.73E-03	4.02E-02	5.26E-03	5.67E-02	7.03E-03	7.57E-02
	EP : Potentiel d'eutrophisation	kg N eq	5.86E-03	6.31E-02	7.89E-03	8.49E-02	1.02E-02	1.10E-01
	POCP : Potentiel de création d'oxydant photochimique	kg O <sub>3</sub> eq	4.46E-02	4.80E-01	6.10E-02	6.57E-01	8.04E-02	8.65E-01
	ADP <sub>fossil</sub> : Potentiel d'épuisement de ressources abiotiques des ressources énergétiques non renouvelables	MJ, LHV	2.11E+00	2.27E+01	3.01E+00	3.24E+01	4.06E+00	4.37E+01
INDICATEURS D'UTILISATION DES RESSOURCES	RPR <sub>E</sub> : Ressources primaires renouvelables utilisées comme vecteur d'énergie (combustible)	MJ, LHV	3.64E-01	3.92E+00	5.05E-01	5.43E+00	6.81E-01	7.33E+00
	RPR <sub>M</sub> : Ressources primaires renouvelables avec contenu énergétique utilisées comme matériaux	MJ, LHV	1.15E-01	1.23E+00	1.65E-01	1.78E+00	2.27E-01	2.45E+00
	NRPR <sub>E</sub> : Ressources primaires non renouvelables utilisées comme vecteur d'énergie (combustible)	MJ, LHV	9.75E+00	1.05E+02	1.36E+01	1.47E+02	1.83E+01	1.97E+02
	NRPR <sub>M</sub> : Ressources primaires non renouvelables utilisées comme matériaux	MJ, LHV	6.24E+00	6.72E+01	9.07E+00	9.76E+01	1.23E+01	1.32E+02
	PED : Demande totale en énergie primaire	MJ, LHV	1.65E+01	1.77E+02	2.34E+01	2.52E+02	3.15E+01	3.39E+02
	SM : Matières secondaires	kg	8.83E-02	9.51E-01	8.83E-02	9.51E-01	8.83E-02	9.51E-01
	FW : Utilisation de ressources d'eau fraîche	m <sup>3</sup>	3.00E-03	3.23E-02	4.18E-03	4.50E-02	5.67E-03	6.10E-02
SORTIE DES DÉCHETS	HWD : Élimination de déchets dangereux	kg	1.47E-06	1.59E-05	2.14E-06	2.30E-05	2.89E-06	3.11E-05
	NHWD : Élimination de déchets non dangereux	kg	3.23E-03	3.48E-02	4.67E-03	5.03E-02	6.34E-03	6.83E-02
	MR : Matériaux pour recyclage	kg	6.38E-05	6.87E-04	9.24E-05	9.95E-04	1.25E-04	1.35E-03

Tableau 19

Impacts/Indicateurs pour toutes les étapes du cycle de vie des configurations courantes de toiture bicouche

Produit : Panneaux isolants de toiture avec revêtement cellulosique renforcé de fibre de verre (GRF)										
CATÉGORIE D'IMPACT / D'INDICATEUR ENVIRONNEMENTAL	UNITÉ	2 couches de 1,8 po d'épaisseur RjP: 20.6		1 couche de 1.8 po d'épaisseur et 1 couche de 2,6 po d'épaisseur RjP: 25.3		2 couches de 2,6 po d'épaisseur RjP: 30.0		1 couche de 2,5 po d'épaisseur et 1 couche de 3,5 po d'épaisseur RjP: 35.5		
		Par pi <sup>2</sup>	Par m <sup>2</sup>	Par pi <sup>2</sup>	Par m <sup>2</sup>	Par pi <sup>2</sup>	Par m <sup>2</sup>	Par pi <sup>2</sup>	Par m <sup>2</sup>	
TRACI 2.1 CATÉGORIES D'IMPACT	GWP : Potentiel de réchauffement planétaire	kg CO <sub>2</sub> eq	1.53E+00	1.65E+01	1.84E+00	1.98E+01	2.14E+00	2.31E+01	2.50E+00	2.69E+01
	ODP : Potentiel d'appauvrissement de l'ozone	kg CFC-11 eq	1.15E-07	1.24E-06	1.37E-07	1.48E-06	1.60E-07	1.72E-06	1.86E-07	2.00E-06
	AP : Potentiel d'acidification	kg SO <sub>2</sub> eq	7.46E-03	8.04E-02	9.00E-03	9.68E-02	1.05E-02	1.13E-01	1.23E-02	1.32E-01
	EP : Potentiel d'eutrophisation	kg N eq	1.17E-02	1.26E-01	1.38E-02	1.48E-01	1.58E-02	1.70E-01	1.81E-02	1.95E-01
	POCP : Potentiel de création d'oxydant photochimique	kg O <sub>3</sub> eq	8.91E-02	9.59E-01	1.06E-01	1.14E+00	1.22E-01	1.31E+00	1.41E-01	1.52E+00
	ADP <sub>fossil</sub> : Potentiel d'épuisement de ressources abiotiques des ressources énergétiques non renouvelables	MJ, LHV	4.22E+00	4.55E+01	5.12E+00	5.51E+01	6.02E+00	6.48E+01	7.07E+00	7.61E+01
INDICATEURS D'UTILISATION DES RESSOURCES	RPR <sub>E</sub> : Ressources primaires renouvelables utilisées comme vecteur d'énergie (combustible)	MJ, LHV	7.28E-01	7.83E+00	8.69E-01	9.35E+00	1.01E+00	1.09E+01	1.19E+00	1.28E+01
	RPR <sub>M</sub> : Ressources primaires renouvelables avec contenu énergétique utilisées comme matériaux	MJ, LHV	2.29E-01	2.47E+00	2.80E-01	3.01E+00	3.30E-01	3.55E+00	3.93E-01	4.23E+00
	NRPR <sub>E</sub> : Ressources primaires non renouvelables utilisées comme vecteur d'énergie (combustible)	MJ, LHV	1.95E+01	2.10E+02	2.34E+01	2.52E+02	2.73E+01	2.93E+02	3.19E+01	3.44E+02
	NRPR <sub>M</sub> : Ressources primaires non renouvelables utilisées comme matériaux	MJ, LHV	1.25E+01	1.34E+02	1.53E+01	1.65E+02	1.81E+01	1.95E+02	2.14E+01	2.30E+02
	PED : Demande totale en énergie primaire	MJ, LHV	3.29E+01	3.55E+02	3.98E+01	4.29E+02	4.67E+01	5.03E+02	5.48E+01	5.90E+02
	SM : Matières secondaires	kg	1.77E-01	1.90E+00	1.77E-01	1.90E+00	1.77E-01	1.90E+00	1.77E-01	1.90E+00
	FW : Utilisation de ressources d'eau fraîche	m <sup>3</sup>	6.00E-03	6.46E-02	7.18E-03	7.73E-02	8.37E-03	9.01E-02	9.85E-03	1.06E-01
SORTIE DES DÉCHETS	HWD : Élimination de déchets dangereux	kg	2.95E-06	3.17E-05	3.61E-06	3.88E-05	4.27E-06	4.60E-05	5.02E-06	5.41E-05
	NHWD : Élimination de déchets non dangereux	kg	6.47E-03	6.96E-02	7.91E-03	8.51E-02	9.35E-03	1.01E-01	1.10E-02	1.19E-01
	MR : Matériaux pour recyclage	kg	1.28E-04	1.37E-03	1.56E-04	1.68E-03	1.85E-04	1.99E-03	2.17E-04	2.34E-03

Tableau 20

Impacts/Indicateurs pour toutes les étapes du cycle de vie des épaisseurs courantes du produit de toiture

Produit : Panneaux isolants de toiture en polyiso avec revêtement de fibre de verre lié à un polymère (CGF)								
CATÉGORIE D'INDICATEUR ENVIRONNEMENTAL		UNITÉ	Épaisseur de 1,8 po R <sub>IP</sub> : 10.3		Épaisseur de 2,6 po R <sub>IP</sub> : 15		Épaisseur de 3,5 po R <sub>IP</sub> : 20.5	
			Par 1 pi <sup>2</sup>	Par 1 m <sup>2</sup>	Par 1 pi <sup>2</sup>	Par 1 m <sup>2</sup>	Per 1 pi <sup>2</sup>	Par 1 m <sup>2</sup>
TRACI 2.1 CATÉGORIES D'IMPACT	<b>GWP : Potentiel de réchauffement planétaire</b>	kg CO <sub>2</sub> eq	1.16E+00	1.25E+01	1.46E+00	1.58E+01	1.82E+00	1.96E+01
	<b>ODP : Potentiel d'appauvrissement de l'ozone</b>	kg CFC-11 eq	8.54E-08	9.19E-07	1.08E-07	1.16E-06	1.34E-07	1.44E-06
	<b>AP : Potentiel d'acidification</b>	kg SO <sub>2</sub> eq	5.42E-03	5.83E-02	6.95E-03	7.48E-02	8.71E-03	9.38E-02
	<b>EP : Potentiel d'eutrophisation</b>	kg N eq	7.26E-03	7.82E-02	9.29E-03	1.00E-01	1.16E-02	1.25E-01
	<b>POCP : Potentiel de création d'oxydant photochimique</b>	kg O <sub>3</sub> eq	6.61E-02	7.12E-01	8.26E-02	8.89E-01	1.02E-01	1.10E+00
	<b>ADP<sub>fossil</sub> : Potentiel d'épuisement de ressources abiotiques des ressources énergétiques non renouvelables</b>	MJ, LHV	2.46E+00	2.65E+01	3.36E+00	3.62E+01	4.41E+00	4.75E+01
INDICATEURS D'UTILISATION DES RESSOURCES	<b>RPR<sub>E</sub> : Ressources primaires renouvelables utilisées comme vecteur d'énergie (combustible)</b>	MJ, LHV	6.82E-01	7.34E+00	8.23E-01	8.86E+00	1.00E+00	1.08E+01
	<b>RPR<sub>M</sub> : Ressources primaires renouvelables avec contenu énergétique utilisées comme matériaux</b>	MJ, LHV	1.15E-01	1.23E+00	1.65E-01	1.78E+00	2.27E-01	2.45E+00
	<b>NRPR<sub>E</sub> : Ressources primaires non renouvelables utilisées comme vecteur d'énergie (combustible)</b>	MJ, LHV	1.53E+01	1.64E+02	1.92E+01	2.06E+02	2.38E+01	2.56E+02
	<b>NRPR<sub>M</sub> : Ressources primaires non renouvelables utilisées comme matériaux</b>	MJ, LHV	6.24E+00	6.72E+01	9.07E+00	9.76E+01	1.23E+01	1.32E+02
	<b>PED : Demande totale en énergie primaire</b>	MJ, LHV	2.23E+01	2.40E+02	2.92E+01	3.14E+02	3.73E+01	4.02E+02
	<b>SM : Matières secondaires</b>	kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	<b>FW : Utilisation de ressources d'eau fraîche</b>	m <sup>3</sup>	5.54E-03	5.96E-02	6.72E-03	7.24E-02	8.21E-03	8.84E-02
SORTIE DES DÉCHETS	<b>HWD : Élimination de déchets dangereux</b>	kg	1.47E-06	1.59E-05	2.14E-06	2.30E-05	2.89E-06	3.11E-05
	<b>NHWD : Élimination de déchets non dangereux</b>	kg	3.23E-03	3.48E-02	4.67E-03	5.03E-02	6.34E-03	6.83E-02
	<b>MR : Matériaux pour recyclage</b>	kg	6.38E-05	6.87E-04	9.24E-05	9.95E-04	1.25E-04	1.35E-03

Tableau 21

Impacts/Indicateurs pour toutes les étapes du cycle de vie des configurations courantes de toiture bicouche

Produit : Panneaux isolants de toiture en polyiso avec revêtement de fibre de verre lié à un polymère (CGF)										
CATÉGORIE D'IMPACT / D'INDICATEUR ENVIRONNEMENTAL		UNITÉ	2 couches de 1,8 po d'épaisseur Rip: 20.6		1 couche de 1,8 po et 1 couche de 2,6 po d'épaisseurs Rip: 25.3		2 couches de 2,6 po d'épaisseur Rip: 30.0		1 couche de 2,6 po et 1 couche de 3,5 po d'épaisseurs Rip: 35.5	
			Par pi <sup>2</sup>	Par m <sup>2</sup>	Par pi <sup>2</sup>	Par m <sup>2</sup>	Par pi <sup>2</sup>	Par m <sup>2</sup>	Par pi <sup>2</sup>	Par m <sup>2</sup>
TRACI 2.1 CATÉGORIES D'IMPACT	GWP : Potentiel de réchauffement planétaire	kg CO <sub>2</sub> eq	2.31E+00	2.49E+01	2.62E+00	2.82E+01	2.93E+00	3.15E+01	3.29E+00	3.54E+01
	ODP : Potentiel d'appauvrissement de l'ozone	kg CFC-11eq	1.71E-07	1.84E-06	1.93E-07	2.08E-06	2.16E-07	2.32E-06	2.42E-07	2.60E-06
	AP : Potentiel d'acidification	kg SO <sub>2</sub> eq	1.08E-02	1.17E-01	1.24E-02	1.33E-01	1.39E-02	1.50E-01	1.57E-02	1.69E-01
	EP : Potentiel d'eutrophisation	kg N eq	1.45E-02	1.56E-01	1.66E-02	1.78E-01	1.86E-02	2.00E-01	2.09E-02	2.25E-01
	POCP : Potentiel de création d'oxydant photochimique	kg O <sub>3</sub> eq	1.32E-01	1.42E+00	1.49E-01	1.60E+00	1.65E-01	1.78E+00	1.85E-01	1.99E+00
	ADP <sub>Fossil</sub> : Potentiel d'épuisement de ressources abiotiques des ressources énergétiques non renouvelables	MJ, LHV	4.93E+00	5.31E+01	5.83E+00	6.27E+01	6.72E+00	7.24E+01	7.77E+00	8.37E+01
INDICATEURS D'UTILISATION DES RESSOURCES	RPR <sub>E</sub> : Ressources primaires renouvelables utilisées comme vecteur d'énergie (combustible)	MJ, LHV	1.36E+00	1.47E+01	1.51E+00	1.62E+01	1.65E+00	1.77E+01	1.82E+00	1.96E+01
	RPR <sub>M</sub> : Ressources primaires renouvelables avec contenu énergétique utilisées comme matériaux	MJ, LHV	2.29E-01	2.47E+00	2.80E-01	3.01E+00	3.30E-01	3.55E+00	3.93E-01	4.23E+00
	NRPR <sub>E</sub> : Ressources primaires non renouvelables utilisées comme vecteur d'énergie (combustible)	MJ, LHV	3.06E+01	3.29E+02	3.44E+01	3.71E+02	3.83E+01	4.12E+02	4.30E+01	4.62E+02
	NRPR <sub>M</sub> : Ressources primaires non renouvelables utilisées comme matériaux	MJ, LHV	1.25E+01	1.34E+02	1.53E+01	1.65E+02	1.81E+01	1.95E+02	2.14E+01	2.30E+02
	PED : Demande totale en énergie primaire	MJ, LHV	4.46E+01	4.80E+02	5.15E+01	5.55E+02	5.84E+01	6.29E+02	6.65E+01	7.16E+02
	SM : Matières secondaires	kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	FW : Utilisation de ressources d'eau fraîche	m <sup>3</sup>	1.11E-02	1.19E-01	1.23E-02	1.32E-01	1.34E-02	1.45E-01	1.49E-02	1.61E-01
SORTIE DES DÉCHETS	HWD : Élimination de déchets dangereux	kg	2.95E-06	3.17E-05	3.61E-06	3.88E-05	4.27E-06	4.60E-05	5.02E-06	5.41E-05
	NHWD : Élimination de déchets non dangereux	kg	6.47E-03	6.96E-02	7.91E-03	8.51E-02	9.35E-03	1.01E-01	1.10E-02	1.19E-01
	MR : Matériaux pour recyclage	kg	1.28E-04	1.37E-03	1.56E-04	1.68E-03	1.85E-04	1.99E-03	2.17E-04	2.34E-03

## INFORMATION ENVIRONNEMENTALE ADDITIONNELLE

**Résistance au feu :** la performance au feu des assemblages de toiture à faible pente est évaluée à l'aide d'essais d'assemblage (du platelage jusqu'au recouvrement de toiture) relativement à l'exposition à un feu tant externe qu'interne. Les essais simulent le type d'exposition au feu pouvant survenir dans un toit pendant sa durée de vie utile, y inclus les feux de bâtiment à l'intérieur ou causés par des dangers extérieurs. La résistance d'un système de toiture à une exposition d'un feu externe est évaluée à l'aide de la norme ASTM E108 « Standard Test Methods for Fire Tests of Roof Coverings », la norme UL 790 « Standard Test Methods for Fire Tests of Roof Coverings » ou la norme équivalente canadienne, CAN/ULC-S107 « Méthodes normalisées d'essai de résistance au feu des matériaux de couverture ». Les méthodes d'essai fournissent une base de comparaison pour les assemblages de toiture lors d'une simulation de feu extérieur. Les assemblages de toiture limités aux platelages non combustibles n'ont pour exigence qu'un essai de résistance à la propagation des flammes, alors que les assemblages de toit utilisés sur des platelages combustibles sont évalués en fonction d'un essai de résistance à la propagation des flammes, d'un essai d'inflammation par flammes intermittentes et d'un essai d'inflammation par brandons. Les assemblages de toiture peuvent être de Classe A (résistance à l'exposition d'essai de feu relativement intense), Classe B (résistance à l'exposition d'essai de feu d'intensité relativement moyenne) ou Classe C (résistance à l'exposition d'essai de feu d'intensité relativement faible).

Les feux peuvent aussi provenir de l'intérieur d'un bâtiment. La résistance de la toiture à l'exposition au feu provenant de l'intérieur d'un bâtiment peut être évaluée à l'aide des normes suivantes : NFPA 276 « Standard Method of Fire Test for Determining the Heat Release Rate of Roofing Assemblies with Combustible Above-Deck Roofing Components », FM Approval 4470 « Single-Ply, Polymer-Modified Bitumen Sheet, Built-Up Roof (BUR) and Liquid Applied Roof: Assemblies for Use in Class 1 and Noncombustible Roof Deck Construction », UL 1256 « Fire Test of Roof Deck Construction », ou CAN/ULC-S126 « Méthode normalisée d'essai de propagation des flammes sous les platelages de toits ». Le critère de passage est établi par une limite de la contribution de combustible au cours d'une période spécifique. Le polyiso demeure le seul isolant de toiture en mousse plastique ayant l'approbation FM de Classe 1 pour les applications directement sur le platelage d'acier, lorsqu'il fait l'objet d'essai conformément à FM Approval 4470. De plus, le polyiso a été classé par UL 1256 pour les applications directement sur le platelage d'acier tant avec les recouvrements monocouches qu'avec les recouvrements à base d'asphalte.

## Avantages environnementaux pour l'étape d'utilisation du bâtiment

**Résumé de la démonstration :** la faible conductivité thermique du polyiso limite la consommation d'énergie d'exploitation du bâtiment ainsi que les impacts environnementaux qui y sont associés. Il est important de quantifier la réduction d'énergie pour le chauffage, la climatisation et la ventilation d'une conception spécifique d'un bâtiment quand le polyiso est utilisé par rapport à une conception de base, afin d'en démontrer les avantages concernant les impacts environnementaux. À cette fin, des analyses approfondies ont été effectuées à l'aide de simulations d'énergie pour les bâtiments, à savoir des scénarios de remplacement de toiture à 22 endroits répartis dans les zones climatiques des États-Unis et à 10 endroits répartis dans les régions géographiques du Canada. Le protocole de cette étude exhaustive est conforme aux directives établies dans les RCP (Partie B, Section 7.2), notamment l'utilisation de l'outil de simulation d'énergie pour l'ensemble du bâtiment, EnergyPlus, le prototype du bâtiment commercial PNNL Strip Mall (conforme à la norme ASHRAE 90.1-2004) et les scénarios de base de comparaison.

**Contexte du remplacement de toiture :** la réfection de toiture est l'un des projets de modification les plus courants pour n'importe quel bâtiment commercial existant; les activités de recouvrement ou de remplacement de toiture y sont exécutées plusieurs fois pendant la durée de vie utile du bâtiment. Il est reconnu que les toitures de bâtiments âgées de 20 ans ou plus ne sont vraisemblablement pas isolées selon les normes actuelles et selon les exigences minimales

du code énergétique. Dans le contexte de l'unité déclarée du produit d'isolation de toiture en polyiso installé sur un toit donné, le remplacement de toiture est exécuté 40 ans après la construction d'origine du bâtiment. Qui plus est, le contexte présume (prudemment) que tout le polyiso est remplacé par du nouveau produit qui demeurera en place pour le reste de la durée de vie utile estimative (ESL) du bâtiment, soit 35 ans de plus. Le profil environnemental du début à la fin du cycle de vie du nouveau produit est pris en compte dans sa totalité dans l'étape d'utilisation, Module 4B, Remplacement.

**Protocole de modélisation :** dans la présente démonstration, trois (3) modèles de référence de matériau de toiture monocouche originalement fixé mécaniquement de RIP-10, RIP-12,5 et RIP-15 ont été simulés pour chaque emplacement. Un quatrième modèle d'assemblage de toiture, constitué d'une deuxième couche de polyiso adhérente à la couche originale, est conforme, aux États-Unis, aux versions actuelles des normes de l'IECC et de l'ASHRAE 90.1 en ce qui concerne les remplacements de toiture selon la zone climatique. Au Canada, ce quatrième modèle, qui est constitué d'une deuxième couche, augmente la valeur R à RIP-30 (RSI5,3), étant donné qu'à l'heure actuelle, il n'y a pas d'exigence minimale concernant les remplacements de toiture. Consulter les Tableaux 22 et 23 pour obtenir plus de détails sur les scénarios modélisés pour les États-Unis et le Canada, respectivement. Par conséquent, chaque simulation fournit une évaluation des économies d'énergie de la couche d'isolant additionnelle qui est installée, comparativement à certains aspects extrapolés des Tableaux 19 et 20 pour le produit isolant en polyiso avec revêtement GRF.

**Descriptions des paramètres pour mesurer les résultats :** les résultats des analyses sont présentés pour la **demande en énergie primaire (PED) et le potentiel de réchauffement planétaire (GWP)**. Les valeurs exprimées représentent les comparaisons de base de remplacements de toiture spécifiques ou les moyennes dans un groupe de comparaisons. Les termes utilisés sont décrits ci-après :

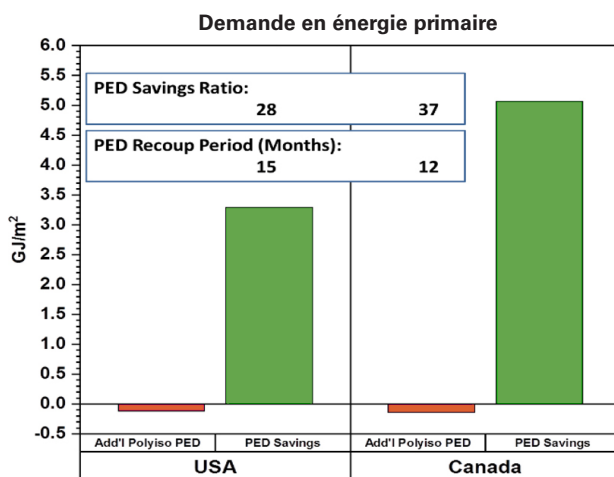
- **PED du polyiso ajouté** – PED du début à la fin du cycle de vie inclus dans le cycle de vie total du produit isolant de toiture en polyiso avec revêtement GRF en ajout (GJ/m<sup>2</sup> de la superficie du toit).
- **Économies en PED** – Les économies en PED pour le bâtiment au cours du cycle de vie de 35 ans du produit isolant de toiture en polyiso avec revêtement GRF ajouté (GJ/m<sup>2</sup> de la superficie du toit).
- **Ratio d'économies en PED** – Il s'agit du ratio des économies en PED par rapport au PED du polyiso ajouté. Plus élevé le ratio, plus l'ajout de polyiso est avantageux au niveau de la consommation des ressources énergétiques.
- **Période de récupération de PED** – Le temps estimatif pour récupérer le PED du polyiso ajouté, après un recouvrement de toiture dans le cadre d'économies en PED (mois).
- **CO<sub>2</sub> du polyiso ajouté** – Les émissions de GWP du berceau à la tombe du produit isolant de toiture en polyiso avec revêtement GRF ajouté durant tout son cycle de vie (kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> de la superficie du toit).
- **Prévention de CO<sub>2</sub>** – La prévention d'émissions de GWP, associée aux économies énergétiques d'exploitation de bâtiment au cours du cycle de vie de 35 ans du produit isolant de toiture en polyiso avec revêtement GRF ajouté (kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> de la superficie du toit).
- **Ratio de prévention de CO<sub>2</sub>** – Il s'agit du ratio de prévention de CO<sub>2</sub> par rapport au CO<sub>2</sub> du polyiso ajouté. Plus élevé le ratio, plus l'ajout de polyiso est avantageux au niveau de la réduction des émissions de carbone.
- **Période de récupération de CO<sub>2</sub>** – Le temps estimatif pour récupérer le CO<sub>2</sub> du polyiso ajouté, après un recouvrement de toiture dans le cadre de prévention d'émissions de CO<sub>2</sub> (mois).



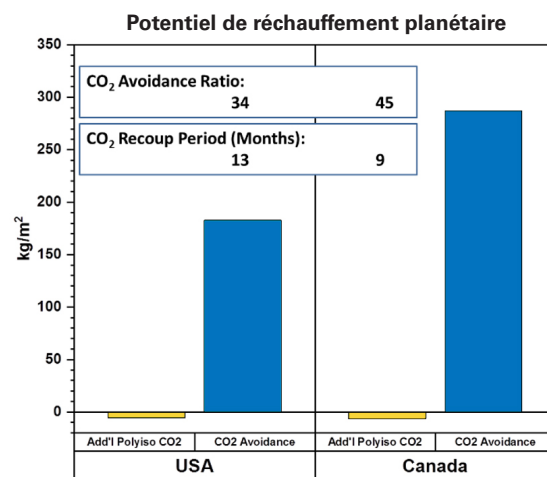
**Moyennes nationales :** les résultats de la moyenne nationale de la demande en énergie primaire (PED) et du potentiel de réchauffement planétaire (GWP) pour les États-Unis et le Canada sont indiqués dans les Illustrations 5 et 6, respectivement. Les moyennes ont été calculées pour chaque zone climatique des États-Unis et pour chaque région du Canada en faisant la moyenne des trois (3) résultats des économies de base pour chaque endroit et en prenant la moyenne de tous les endroits à l’intérieur de chaque zone ou région. Les moyennes nationales ont été calculées en pondérant chaque zone ou région selon une superficie de plancher commerciale estimative. Il est à noter qu’au Canada, la superficie de plancher de bâtiments existants accorde une plus grande pondération à la région des Grands Lacs (54 %).

Les ratios d’économies en demande en énergie primaire et les périodes de récupération sont indiqués à l’Illustration 5. Un ratio de 28 et une période de récupération d’à peine 15 mois d’exploitation du bâtiment démontrent les avantages environnementaux du polyiso pour les remplacements de toiture. Le climat généralement plus froid du Canada fournit une preuve encore plus grande de ces avantages, avec un ratio de 37 et une récupération d’un an. Cet argument probant, les économies d’énergie et cette opportunité unique qu’est la réfection de toitures existantes constituent une perspective importante pour le concepteur, le propriétaire et le fonctionnaire public sensibilisés à l’importance de la durabilité.

Les gouvernements, les corporations et les individus à l’échelle de la planète sont engagés à réduire les émissions de carbone. Le polyiso, tant dans les murs et toitures de nouvelles constructions que dans les toitures de bâtiments existants, joue un rôle clé dans la réalisation de ces engagements. L’Illustration 6 démontre en quoi l’ajout d’isolant lors d’un remplacement de toiture contribue à prévenir les émissions associées à l’énergie d’exploitation de bâtiments, grâce à son potentiel relativement faible de réchauffement planétaire. Les moyennes nationales, tant pour les États-Unis que pour le Canada, affichent des résultats environnementaux encore plus avantageux en ce qui concerne les réductions d’émissions de gaz à effet de serre. Le ratio de prévention de CO<sub>2</sub> est de 34 et la période de récupération de CO<sub>2</sub> est de 13 mois. Pour le Canada, le ratio indique que pour chaque mètre carré de superficie de toiture remplacée, les émissions évitées sont de 45 kg d’équivalents de CO<sub>2</sub> fois celles de l’impact grevé du début à la fin du cycle de vie de chaque mètre carré d’ajout d’isolant de toiture en polyiso avec revêtement GRF. Par conséquent, les émissions de l’isolant au cours de son cycle de vie sont égalées par celles qui ont été évitées du fait des économies énergétiques dans les neuf (9) premiers mois des 35 années restantes du cycle de vie du bâtiment.



**Illustration 5**  
Résultats de la moyenne nationale quant à la demande en énergie primaire



**Illustration 6**  
Résultats de la moyenne nationale quant au potentiel de réchauffement planétaire.

**Résumé des endroits sélectionnés aux États-Unis :** Sconsulter l’Illustration 7 indiquant les résultats d’endroits sélectionnés aux États-Unis pour évaluer le potentiel de réchauffement planétaire. À noter : les ratios de prévention de CO<sub>2</sub> sont représentés par le diagramme de dispersion, et les périodes de récupération de CO<sub>2</sub> sont représentées par les barres. La performance thermique d’un remplacement de toiture pour les 22 endroits sélectionnés aux États-Unis pour ces analyses de modélisation s’appuyait sur les exigences minimales des codes énergétiques modèles pour l’isolation de toiture. Ces codes varient entre RIP-20 dans la zone climatique 1 et RIP-35 dans les zones climatiques 7 et 8, ce qui crée une certaine discontinuité des tendances dans les données. Mais généralement, le ratio diminue légèrement d’un climat très chaud (CZ-1) à un climat modéré (CZ-4). Bien que les résultats des émissions de ces villes soient très bénéfiques, les scénarios de référence de R-15 pour Philadelphie et New York ont tout de même enregistré le ratio le plus faible (25), et la période de récupération la plus élevée (17 mois) des 66 scénarios modélisés. En commençant par la zone climatique froide 5, la tendance indique assez clairement et rapidement l’augmentation du ratio et la diminution de la période de récupération au fur et à mesure qu’augmentent les degrés-jours de chauffage. Pour tous les endroits, la condition de base R-10 démontre les bénéfices les plus élevés en ce qui concerne la limitation des émissions de carbone pour un projet de remplacement de toiture. Avec R10 comme condition de base, International Falls, au Minnesota, a enregistré le ratio le plus élevé (55) et la période de récupération la plus faible (8 mois).

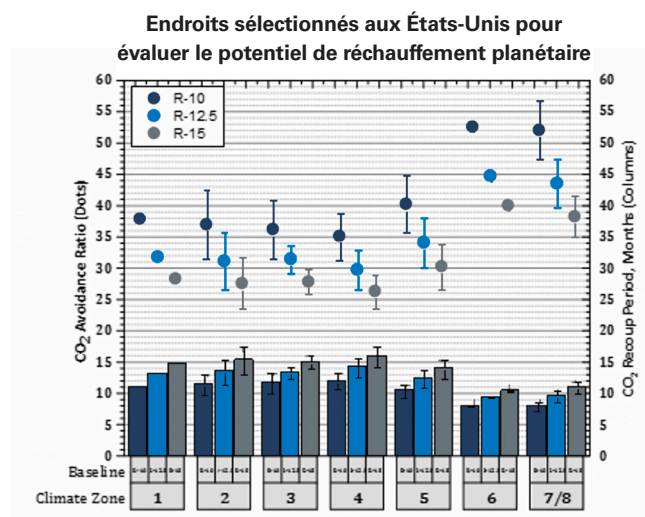


Illustration 7

Résultats des endroits sélectionnés aux États-Unis pour évaluer le potentiel de réchauffement planétaire

**Résumé des endroits sélectionnés au Canada :** consulter l’Illustration 8 indiquant les résultats d’endroits sélectionnés au Canada pour évaluer le potentiel de réchauffement planétaire. Les ratios d’évitement de CO<sub>2</sub> sont représentés par le diagramme de dispersion, et les périodes de récupération de CO<sub>2</sub> sont représentées par les barres. La performance thermique d’un remplacement de toiture pour les 10 endroits sélectionnés au Canada pour comparer les scénarios de modélisation est de RSI-5.3 (RIP-30). Comme il a été indiqué plus haut, les codes énergétiques canadiens n’incluent, à l’heure actuelle, aucune exigence minimale pour l’isolation de toiture, si ce n’est le maintien des niveaux de valeur R existants pour un projet de remplacement de toiture. **Les résultats de cette analyse démontrent clairement que la mise en œuvre d’une réglementation par le Canada et ses provinces imposant des niveaux d’isolation pour des travaux de réparation de toiture sur des bâtiments existants est critique afin d’appuyer une politique nationale agressive visant la réduction des émissions de gaz à effet de serre.**

Les dix endroits sélectionnés sont groupés géographiquement avec chevauchement climatique. Le Canada affiche un climat principalement froid à très froid pour ce qui est de la superficie de plancher des bâtiments commerciaux. Les résultats suivent de près la tendance d’augmentations de ratios et de diminutions de périodes de récupération au fur et à mesure qu’augmentent les degrés-jours de chauffage. Seulement deux (2) sur les trente (30) scénarios (la condition de

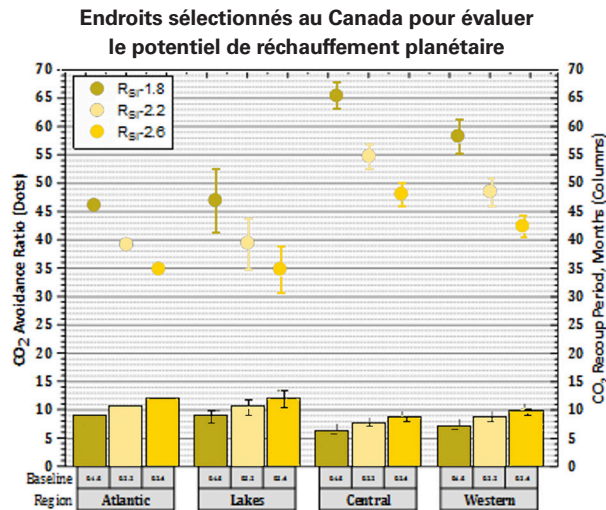


Illustration 8

Résultats d’endroits sélectionnés au Canada pour évaluer le potentiel de réchauffement planétaire.

Tableau 22

Exigences minimales d’isolation de toiture pour un remplacement de toiture – 22 endroits aux États-Unis modélisés par zone climatique

Endroit : Miami, FL
Zone climatique 2 - Valeur R du remplacement de toiture de R <sub>IP</sub> -25
Endroits : Tampa, FL; Dallas, TX.
Zone climatique 3 - Valeur R du remplacement de toiture de R <sub>IP</sub> -25
Endroits : Montgomery, AL; Atlanta, GA; Charlotte, NC.
Zone climatique 4 - Valeur R du remplacement de toiture de R <sub>IP</sub> -30
Endroits : Richmond, VA; Louisville, KY; Philadelphie, PA; New York, NY; Kansas City, KS; Indianapolis, IN.
Zone climatique 5 - Valeur R du remplacement de toiture de R <sub>IP</sub> -30
Endroits : Pittsburgh, PA; Hartford, CT; Chicago, IL; Buffalo, NY; Lansing, MI; Madison, WI.
Zone climatique 6 - Valeur R du remplacement de toiture de R <sub>IP</sub> -30
Endroits : St. Paul, MN; Rochester, MN.
Zone climatique 7/8 - Valeur R du remplacement de toiture de R <sub>IP</sub> -35
Endroits : Duluth, MN; International Falls, MN.
*Les endroits sont répertoriés selon l’augmentation de la valeur de degrés-jours de chauffage de 65°F (HDD65)

Tableau 23

10 endroits au Canada modélisés par région

Région : Atlantique - Valeur R du remplacement de toiture de R <sub>IP</sub> -30
Endroit : St. Johns, NB
Région : Grand Lacs - Valeur R du remplacement de toiture de R <sub>IP</sub> -30
Endroits : Windsor, ON; Toronto, ON; Montréal, QC; Ottawa, ON; Ville de Québec, QC
Région : Centre du Canada - Valeur R du remplacement de toiture de R <sub>IP</sub> -30
Endroits : Regina, SK; Winnipeg, MB
Région : Ouest du Canada - Valeur R du remplacement de toiture de R <sub>IP</sub> -30
Endroits : Calgary, AB; Edmonton, AB

## RÉFÉRENCES ET NORMES

1. ASHRAE. (2019). Standard 90.1-2019 – Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings.
2. ASTM C203 – Test Methods for Breaching Load and Flexural Properties of Block-Type Thermal Insulation.
3. ASTM C209 – Standard Test Method for Cellulosic Fiber Insulating Board.
4. ASTM C518 – Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus.
5. ASTM C1289 – Standard Specification for Faced Rigid Cellular Polyisocyanurate Thermal Insulation Board.
6. ASTM C1303/C1303M – Test Method for Predicting Long-Term Thermal Resistance of Closed-Cell Foam Insulation.
7. ASTM C1763 – Test Method for Water Absorption by Immersion of Thermal Insulation Materials.
8. ASTM D1621 – Test Method for Compressive Properties of Rigid Cellular Plastics.
9. ASTM D1623 – Standard Test Method for Tensile and Tensile Adhesion Properties of Rigid Cellular Plastics.
10. ASTM D2126 – Test Method for Response of Rigid Cellular Plastics to Thermal and Humid Aging.
11. ASTM D2842 – Standard Test Method for Water Absorption of Rigid Cellular Plastics.
12. ASTM E96/E96M – Test Method for Water Vapor Transmission of Materials.
13. ASTM E108-17 / UL790-08 Standard Test Methods for Fire Tests of Roof Coverings.
14. CAN/ULC-S102 – Méthode normalisée d'essai sur les caractéristiques de combustion superficielles des revêtements de sol et des divers matériaux et assemblages.
15. CAN/ULC-S107 – Méthodes normalisées d'essai de résistance au feu des matériaux de couverture.
16. CAN/ULC-S126 – Méthode normalisée d'essai sur la propagation des flammes sous les platelages de toits.
17. CAN/ULC-S704.1 – Norme sur l'isolant thermique en polyuréthane et en polyisocyanurate : panneaux revêtus.
18. CAN/ULC-S770 – Méthode d'essai normalisée pour la détermination de la résistance thermique à long terme des mousses isolantes thermiques à alvéoles fermés.
19. Ecoinvent centre. (2018). ecoinvent. Retrieved 2019, from ecoinvent 3.5: <https://www.ecoinvent.org/database/older-versions/ecoinvent-35/ecoinvent-35.html>.
20. Ecoinvent center. (2019). Allocation cut-off by classification. Zurich, Switzerland: ecoinvent center. Retrieved 2019, from <https://www.ecoinvent.org/database/system-models-in-ecoinvent-3/cut-off-system-model/allocation-cut-off-by-classification.html>.
21. EN15804. (2012). EN15804-2012. Contribution des ouvrages de construction au développement durable – Déclarations environnementales sur les produits – Règles régissant les catégories de produits de construction.
22. FM Approval 4470 – Single-Ply, Polymer-Modified Bitumen Sheet, Built-Up Roof (BUR) and Liquid Applied Roof: Assemblies for Use in Class 1 and Noncombustible Roof Deck Construction
23. International Code Council. (2018). 2018 International Energy Conservation Code.
24. ISO 14025. (2006). ISO 14025-2006 Marquages et déclarations environnementaux — Déclarations environnementales de Type III — Principes et modes opératoires. Organisation internationale de normalisation.
25. ISO 14040. (2006). ISO 14040-2006 Gestion environnementale – Analyse du cycle de vie – Exigences et lignes directrices. Organisation internationale de normalisation.

26. ISO 14044. (2006). ISO 14040-2006 Gestion environnementale – Analyse du cycle de vie – Exigences et lignes directrices. Organisation internationale de normalisation.
27. ISO 21930. (2017). ISO 21930-2017 Développement durable dans les bâtiments et les ouvrages de génie civil – Règles principales pour les déclarations environnementales des produits de construction et des services. Organisation internationale de normalisation.
28. Long Trail Sustainability. (2018). DATASMART Life Cycle Inventory. Retrieved from: <https://ltsexperts.com/services/software/datasmart-life-cycle-inventory>
29. Lei, X. et. al., PNNL-29787 (June 2020). Development of National New Construction Weighting Factors for the Commercial Building Prototype Analyses (2003-2018).
30. Ressources naturelles Canada - Office de l'efficacité énergétique (Décembre 2012). Enquête sur l'utilisation commerciale et institutionnelle d'énergie 2009.
31. NFPA 276 – Standard Method of Fire Test for Determining the Heat Release Rate of Roofing Assemblies with Combustible Above-Deck Roofing Components.
32. NREL. (2015). United States Life Cycle Inventory Database. Retrieved from: <https://www.nrel.gov/lci/>
33. Pavlovich, et. al., (2011). Life Cycle Assessment of Polyiso Insulation for Polyisocyanurate Insulation Manufacturers Association (PIMA). PIMA.
34. PE INTERNATIONAL, Inc. (2014). Addendum to PIMA LCA for Updated EPDs.
35. Phelan, J. (2019). Improved Prediction and Optimization of Building Envelope Thermal Performance. 2019 Buildings XIV International Conference, December 2019.
36. PNNL/U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy (April 17, 2020 updated). Commercial Prototype Building Models. [https://www.energycodes.gov/development/commercial/prototype\\_models](https://www.energycodes.gov/development/commercial/prototype_models).
37. Stovall et al. (2012). Evaluation of Experimental Parameters in the Accelerated Aging of Closed-Cell. Oak Ridge National Laboratory.
38. UL. (2018).. Product Category Rules for Building-Related Products and Services Part A: Life Cycle Assessment Calculation Rules and Report Requirements (UL 10010, Version 3.2).
39. UL. (2018). Product Category Rule (PCR) Guidance for Building-Related Products and Services Part B: Building Thermal Insulation EPD Requirements (UL10010-1, Version 2.0).
40. UL-790 – Standard for Standard Test Method for Fire Tests of Roof Coverings.
41. UL-1256 – Standard for Fire Test of Roof Deck Constructions.
42. U.S. EPA. (2016). Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impact (TRACI). For more information, visit: <https://www.epa.gov/chemical-research/tool-reduction-and-assessment-chemicals-and-other-environmental-impacts-traci>
43. U.S. EPA. (2018). Ozone depletion potential, or ODP, is a relative measure of substance's contribution to the degradation of the ozone layer. For more information, visit: <https://www.epa.gov/ozone-layer-protection/basic-ozone-layer-science>.
44. U.S. EPA. (2020). United States Environmental Protection Agency assigns pentane (isopentane) a GWP value of < 10. See EPA SNAP approved substitute list for polyisocyanurate (available at: <https://www.epa.gov/snap/substitutes-rigid-polyurethane-and-polyisocyanurate-laminated-boardstock#self>).