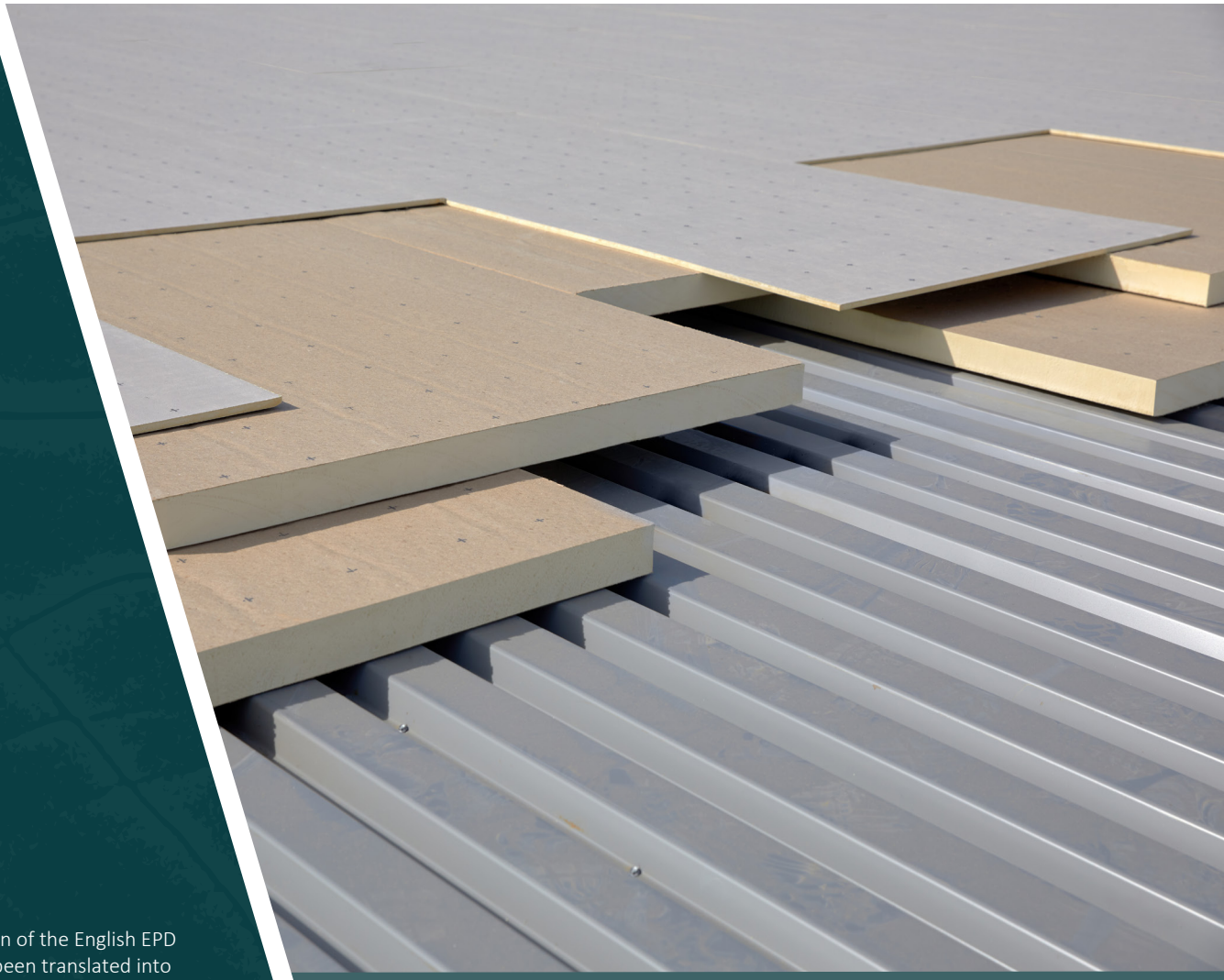
PIMA
POLYISOCYANURATE INSULATION MANUFACTURERS ASSOCIATION

Panneaux de recouvrement haute densité pour toiture en polyiso



This EPD is a translation of the English EPD verified by NSF. Ithas been translated into French by Vertima and has not been separately verified from the English version.

POLYISOCYANURATE INSULATION MANUFACTURERS ASSOCIATION

DÉCLARATION ENVIRONNEMENTALE DE PRODUIT

ISO 14025:2006 and ISO 21930:2017

NSF Certified Environmental Product Declaration www.nsf.org

La présente déclaration environnementale de produit (DEP) porte sur les panneaux de recouvrement haute densité pour toiture en polyiso de la Polyisocyanurate Insulation Manufacturers Association (PIMA). Elle est conforme à la norme ISO 14025 et ISO 21930, et a été vérifiée par NSF.

L'ACV et la DEP ont été préparées par Vertima inc. La DEP inclut les résultats de l'ACV du berceau à la tombe.

Pour plus de détails sur la PIMA, consultez le site www.polyiso.org.

Pour toute question concernant la présente DEP, veuillez vous adresser à l'opérateur de programme (voir ci-après).

1. INFORMATION GÉNÉRALE

RÈGLES DE CATÉGORIES DE PRODUIT (RCP)			
Règles de Catégories de Produit (RCP)	PCR Part B: Roof Cover Protection Board EPD Requirements (UL 10010-36), v.1.0 and its core PCR Part A: Life Cycle Assessment Calculation Rules and Report Requirements (UL 10010-36), v.4.0 UL Environment Novembre 2021 à novembre 2026 (période de validité du PCR Part B) 28 mars 2022 au 28 mars 2027 (période de validité du PCR Part A)		
La revue des RCP a été effectuée par:	*Jack Geibig (Chair)* *Ecoform, LLC* *jgeibig@ecoform.com*	*Angela Fisher, LCA CP* *Aspire Sustainability* *angela@aspiresustainability.com*	*Mike Ennis* *Ennis Associates* *m.ennis@mac.com*

DÉCLARATION ENVIRONNEMENTALE DE PRODUIT (DEP)		
Opérateur de programme	NSF 789 N. Dixboro Road Ann Arbor, Michigan, 48105, USA www.nsf.org	
Instructions générales relatives au programme	NSF International, NSF Certification Policies for Environmental Product Declarations (EPD), 2022	
Produit(s) visé(s)	**Panneaux de recouvrement haute densité pour toiture en polyiso avec revêtement de fibre de verre lié à un polymère (CGF)**	
Numéro d'enregistrement de la DEP DEP nº 11187	**Date d'émission de la DEP** 28 février 2026	**Période de validité de la DEP** 28 février 2026 au 28 février 2031
Entreprise propriétaire de la DEP	Polyisocyanurate Insulation Manufacturers Association 3101 Wilson Boulevard, Suite 500 Arlington, Virginia, 22201, USA	PIMA POLYISOCYANURATE INSULATION MANUFACTURERS ASSOCIATION

Type, champ d'étude et unité fonctionelle de la DEP	**Année des données de production du fabricant**
DEP de l'industrie du berceau à la porte avec options ayant une unité fonctionnelle de 1 m^2 de matériau de recouvrement haute densité pour toiture installé, incluant une perte de 7% à l'installation.	2023

Portée géographique	**Logiciel utilisé pour l'ACV**	**Bases de données ICV**	**Méthodologie ÉICV**
Amérique du Nord	OpenLCA v.2.03	Ecoinvent 3.9.1	TRACI 2.2, IPCC AR5, CML 4.8

L'analyse du cycle de vie (ACV) et la DEP ont été produites par :	Vertima Inc. www.vertima.ca
La DEP et l'ACV connexe ont été vérifiées en toute indépendance conformément aux normes ISO 14025:2006, ISO 14040:2006, ISO 14044:2006 et ISO 21930:2017, de même que la RCP de UL Environment "Part B: Building Envelope Thermal Insulation EPD Requirements (UL 10010-1) v.4.0", et RCP "Part A: Life Cycle Assessment Calculation Rules and Report Requirements (UL 10010), v.4.0." ☐ Interne ☒ Externe	Jack Geibig Ecoform, LLC

Le propriétaire de la déclaration est responsable des informations et des preuves sous-jacentes ; NSF ou ses affiliés ne sont pas responsables des informations du fabricant, des données d'évaluation du cycle de vie et des preuves.

2. MEMBRES PARTICIPANTS

Les données primaires de tous les membres de la PIMA fabricants des panneaux isolant en polyisocyanurate (polyiso) en 2023, quelle que soit leur taille, ont été utilisées pour l'analyse du cycle de vie sous-jacente. Selon les estimations du secteur et le nombre d'usines, les membres de la PIMA fabriquent plus de 90 % des panneaux isolant en polyisocyanurate installés en Amérique du Nord. Les résultats présentés dans cette déclaration correspondent à la moyenne pondérée combinée de la production des entreprises suivantes.

Amrize
26 Century Blvd., Suite 205
Nashville, TN 37214
www.amrize.com

Atlas Roofing Corporation
2100 Riveredge Parkway, Suite 600
Atlanta, GA 30328
www.atlasrwi.com

Carlisle Construction Materials
1285 Riner Highway
Carlisle, PA 17013
www.carlisleconstructionmaterials.com

GAF
1 Campus Drive
Parsippany, NJ 07054
www.gaf.com

IKO Industries Ltd.
40 Hansen Road South
Brampton, ON L6W 3H4
www.iko.com

Johns Manville
717 17th Street
Denver, CO 80202
www.jm.com

Sika Corporation
2075 Midway Road, Suite 100
Lewisville, TX 75056
www.rmax.com

SOPREMA
1688, Jean-Berchmans-Michaud
Drummondville, QC J2C 8E9
www.soprema.ca

3. MARQUES DE PRODUITS

Les membres de la PIMA fabricants des panneaux isolant en polyisocyanurate ont également 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

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

Elevate
26 Century Blvd., Suite 205
Nashville, TN 37214
www.elevatecommercialbp.com

GenFlex
26 Century Blvd., Suite 205
Nashville, TN 37214
www.genflex.com

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

Lexsuco Corporation
3275 Orlando Drive
Mississauga, ON L4V 1C5
www.lexsucocorporation.com

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

Sika Roofing & Waterproofing
100 Dan Road
Canton, MA 02021
www.usa.sika.com/roofing

Siplast
14911 Quorum Drive, Suite 600
Dallas, TX 75254
www.siplast.com

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

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

LIMITATIONS

Pour une même catégorie de produits, les déclarations issues de différents programmes peuvent ne pas être comparables [1].

Pour comparer les performances environnementales de différents produits, il faut tenir compte de l'utilisation et des impacts du produit dans l'ensemble du bâtiment considéré. Une DEP ne se prête pas à des comparaisons si l'on ne tient pas compte de la phase d'utilisation du bâtiment conformément aux présentes règles PCR. La conformité aux dites règles ne permet de comparer les DEP que si toutes les phases du cycle de vie sont prises en compte, que les produits sont conformes aux normes mentionnées, que les règles de la partie B relatives aux sous-catégories sont respectées et que les modes de construction s'équivalent. Selon le logiciel et les ensembles de données ICV utilisés pour mener l'ACV, les données déclarées ou les résultats des calculs peuvent varier en amont ou en aval des phases du cycle de vie considérées [2], [3].

La présente DEP repose sur les données recueillies en 2023 sur l'industrie nord-américaine du polyiso. De plus, elle ne concerne que les panneaux de recouvrement HD dont le revêtement est d'un certain type.

4. SYSTÈME DE PRODUCTION CONSIDÉRÉ

Depuis plus de 30 ans, la Polyisocyanurate Insulation Manufacturers Association (PIMA) défend les intérêts de l'industrie nord-américaine du polyiso rigide et pousse à la construction de bâtiments performants, sécuritaires, rentables, durables et écoénergétiques. La PIMA compte parmi les plus ardents promoteurs des pratiques et politiques d'efficacité énergétique.

La PIMA regroupe des fabricants de produits isolants en polyiso, des fournisseurs de matières premières et des entreprises effectuant les essais de manière indépendante pour les fabricants. Les membres de la PIMA produisent la majeure partie du polyiso utilisé aux États-Unis et au Canada pour les toitures et les murs des immeubles commerciaux ainsi que pour les bâtiments résidentiels, institutionnels ou industriels. PIMA représente l'industrie du polyiso rigide pour tout ce qui touche à l'élaboration des normes techniques, aux programmes de certification et à l'efficacité énergétique.

Active promotrice de l'efficacité énergétique des bâtiments, la PIMA a reçu de nombreux prix d'excellence en environnement : en 2007, l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis a salué le leadership dont elle fait preuve en matière d'efficacité énergétique et de limitation des émissions de GES. En 2002, l'EPA a également décerné à la PIMA le prix Stratospheric Ozone Protection Award pour les progrès qu'on lui doit en matière d'élimination progressive des CFC dans les produits isolants en polyiso, ainsi que pour tout ce qu'elle fait pour la protection de l'environnement dans son ensemble.

4.1. PRODUITS ANALYSÉS

Le polyisocyanurate ou « polyiso » est un isolant plastique en mousse rigide à alvéoles fermées. Les panneaux de recouvrement de toiture haute densité (HD) en polyiso[1] sont constitués d'une couche de mousse (« âme ») prise en sandwich entre deux revêtements (figure 1). La couche centrale est constituée d'un polymère thermodurcissable issu d'un prépolymère liquide visqueux. La réaction de base se produit entre le diisocyanate de diphénylméthane (MDI) et le polyol de polyester. Divers adjuvants sont utilisés : catalyseur, agent tensioactif, ignifugeant et pentane ou mélange de pentanes faisant office d'agent gonflant. Le pentane est un hydrocarbure au potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone (ACO) négligeable [7] et au faible potentiel de réchauffement planétaire (PRC) [8]. Depuis près de 20 ans, l'industrie du polyiso n'utilise que du pentane ou des mélanges de pentanes dans ses formulations. Après le mélange de tous ses constituants, le prépolymère est déposé entre les revêtements; la réaction génère des chaînes polymériques réticulées qui créent la structure cellulaire rigide et durable recherchée. Le revêtement est de type CGF (*Coated Glass Facer*). La résistance à la compression est habituellement de 80 psi.

Caractéristiques et avantages

Polyvalents et durables, les panneaux isolants en polyiso offrent de nombreux avantages :

- Excellente résistance aux impacts dus aux allées et venues des ouvriers, aux tempêtes et à la grêle
- Grande durabilité
- Excellente résistance à l'eau
- Légèreté (facilite l'installation)
- Découpe facile, ne nécessitant aucun outil spécial et ne produisant pratiquement pas de poussière
- Résistance à la moisissure

Figure 1. Panneau de recouvrement haute densité en polyiso de type CGF

[1] Répertoire normatif CSI/CSA MasterFormat®, entrée nº 07 22 16 (panneaux de toiture isolants)

4.2. CHAMPS D'APPLICATION

Les panneaux de recouvrement haute densité en polyiso entrent dans la construction ou la rénovation de bâtiments résidentiels, commerciaux ou industriels. Ils contribuent à la rigidité, à la solidité et à la résistance aux impacts des toitures. Polyvalents, ils peuvent s'utiliser avec les membranes de toiture monocouche en TPO, PVC ou EPDM et avec les systèmes en bitume modifié autocollantes ou appliquées à froid. Ils sont également compatibles avec différents types d'isolation. On les fixe ou les colle au-dessus des éléments d'isolation et au-dessous de la membrane de toiture (fig. 2). L'approche choisie dépend de nombreux facteurs; dans certains cas, des éléments supplémentaires (pare-air, pare-vapeur, barrière thermique...) peuvent s'avérer nécessaires.

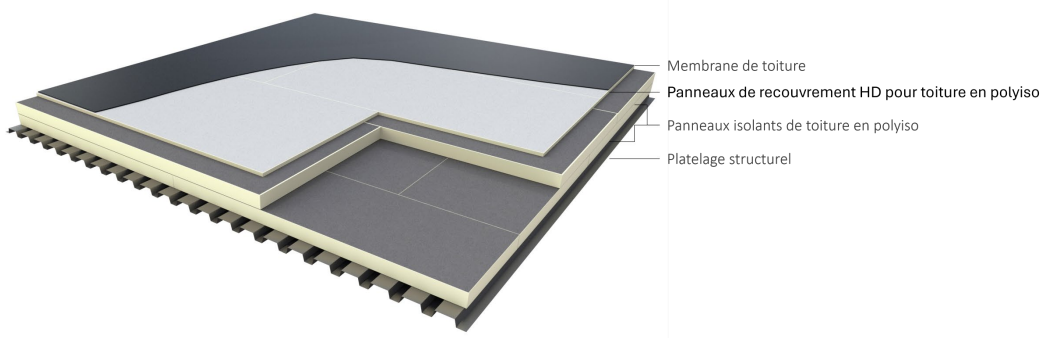


Figure 2. Installation type, avec panneaux de recouvrement intercalés entre isolation et membrane de toiture

4.3. COMPOSITION DU PRODUIT

Les panneaux de recouvrement haute densité en polyiso sont constitués d'une couche de mousse (« âme ») prise en sandwich entre deux revêtements. Le tableau 1 indique la composition de l'âme, en pourcentage du poids moyen. Plus de la moitié de la mousse est constituée de diisocyanate de diphénylméthane (MDI), qui réagit au contact du polyol de polyester; d'autres substances (agent gonflant, ignifugeant, agent tensioactif, catalyseur et eau) participent à la réaction. Le panneau ne contient pas d'autre adjuvant et aucun matériau secondaire ne demeure sur le produit. La réaction produit une mousse cellulaire rigide; une opération de durcissement suit. Le type de revêtement le plus courant est le CGF.

Tableau 1. Matériaux constitutifs des panneaux de recouvrement HD en polyiso et composition de la mousse

Élément		Composition (pourcentage massique) Revêtement : CGF 80 psi / 550 kPa
Revêtement		52,5 %
Âme		47,5 %
Composition de la mousse	MDI	61,8 %
	Polyol de polyester	29,8 %
	Agent gonflant (pentane)	2,4 %
	Ignifugeant (TCPP)	3,9 %
	Agent tensioactif	0,5 %
	Catalyseur	1,4 %
	Eau	0,1 %

4.4. DONNÉES TECHNIQUES

Les panneaux de recouvrement HD en polyiso sont fabriqués conformément aux spécifications et normes américaines et canadiennes qui font consensus dans l'industrie. Il faut toutefois savoir que la conformité aux codes du bâtiment types ne garantit pas toujours la conformité aux codes provinciaux ou municipaux, qui peuvent être des versions modifiées des premiers. On vérifiera donc systématiquement auprès des experts du code en jeu si les produits utilisés sont conformes. Le tableau 2 indique les caractéristiques physiques types des panneaux analysés ici.

- 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

Tableau 2. Caractéristiques types des panneaux de recouvrement HD en polyiso et exigences correspondantes des normes ASTM C1289 et CAN/ULC-704.1

Caractéristique	Norme de référence	ASTM C1289 (Type II, classe 4)	CAN/ULC-704.1 (Types 4, 5 et 6)
Résistance thermique (min.)		12,7 mm (0,5 po) : RSI 0,35 m²·K/W (valeur R 2,0 pi²·°F·h/Btu) Résistance thermique déterminée selon la norme ASTM C518 après conditionnement de 180 jours	12,7 mm (0,5 po) : RSI 0,4 m²·K/W (valeur R 2,0 pi²·°F·h/Btu) RTLT déterminée selon l'annexe B de la norme CAN/ULC-704.1
Résistance à la compression (min.)	ASTM D1621	Catégorie 1 : 80 psi (550 kPa) Catégorie 2 : 110 psi (760 kPa) Catégorie 3 : 140 psi (965 kPa)	Type 4 : 80 psi (550 kPa) Type 5 : 110 psi (760 kPa) Type 6 : 140 psi (965 kPa)
Résistance à la flexion (min.)	ASTM C203	400 psi (2 750 kPa) Cas des panneaux de 12 mm (0,5 po)	400 psi (2 750 kPa)
Résistance à la traction (min.)		2 000 psf (95 kPa) Selon ASTM C209	2 000 psf (95 kPa) Selon ASTM D1623
Stabilité dimensionnelle Variation linéaire (%) en épaisseur max.	ASTM D2126	-40 °F (-40 °C) / H.R. ambiante : 4,0 158 °F (70 °C) / H.R. à 97 % : 4,5 200 °F (93 °C) / H.R. ambiante : 4,0	Sans objet
Stabilité dimensionnelle Variation linéaire (%) en longueur et largeur max.	ASTM D2126	-40 °F (-40 °C) / H.R. ambiante : 1,0 158 °F (70 °C) / H.R. à 97 % : 1,0 200 °F (93 °C) / H.R. ambiante : 1,0	-20 °F (-29 °C) / H.R. ambiante : 2,0 158 °F (70 °C) / H.R. à 97 % : 2,0 176 °F (80 °C) / H.R. ambiante : 2,0
Absorption d'eau (%) par volume (max.)		4,0 Selon ASTM C1763, procédure B	3,5 Selon ASTM D2842, procédure B
Indice d'hydrofugation	ASTM E96/E96M (méthode du desséchant)	≤ 1,5 perm (≤ 85,8 ng/Pa·s·m²)	Classe 1 : ≤ 0,26 perm (≤ 15 ng/Pa·s·m²) Classe 2 : 0,26 < X ≤1,57 perm (15 < X ≤ 90 ng/Pa·s·m²) Classe 3 : > 1,57 perm (> 90 ng/Pa·s·m²)

Résistance thermique – Aux fins de l'efficacité énergétique, les codes du bâtiment types exigent une isolation continue des différents éléments des enveloppes de bâtiment, toiture y compris. La valeur R et la résistance thermique à long terme (RTLT) mesurent la résistance de l'enveloppe au transfert de chaleur pour une épaisseur de matériau donnée. La valeur R des panneaux isolants en polyiso s'établit sur panneau pleine épaisseur à l'aide d'une méthode normalisée décrite dans la norme ASTM C518 (« Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus »). La RTLT, elle, s'établit à l'aide des méthodes normalisées décrites 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 fermées ») ou dans la norme ASTM C1303/1303M (« Standard Test Method for Predicting Long-Term Thermal Resistance of Closed Cell Foam Insulation »).

4.5. FABRICATION

Le processus de fabrication des panneaux isolants en polyiso est schématisé à la figure 4. En voici le détail.

Processus de fabrication

- ***Déchargement et entreposage des matières premières.*** *Les matières premières sont livrées à l'usine en vrac, dans des wagons ou de grands bacs. Certaines d'entre elles sont ensuite entreposées dans de grandes cuves.*
- ***Débobinage du revêtement.*** *Les bobines sont chargées en amont de la ligne de contrecollage. Au nombre de deux, elles alimentent la contrecolleuse. Les deux faces des panneaux en seront issues.*
- ***Préparation des composants chimiques.*** *Les matières premières sont mélangées et chauffées afin de produire le polyol (composant B). L'isocyanate (composant A) est chauffé et acheminé à l'aide d'une conduite distincte.*
- ***Mélange et coulée.*** *Les composants A et B sont mélangés avec l'agent gonflant. Le mélange est ensuite étalé sur l'une des bandes de revêtement. La réaction chimique commence et la mousse se forme. La seconde bande est mise en contact avec elle à l'entrée de la contrecolleuse.*
- ***Contrecollage.*** *À l'intérieur de la contrecolleuse, la réaction chimique transforme le mélange liquide en une mousse rigide. La contrecolleuse contrôle l'épaisseur du produit fini, la formation des alvéoles, le durcissement de la mousse et l'adhésion des feuilles de revêtement.*
- ***Découpe.*** *La fabrication se faisant en continu, une opération de coupe s'impose à la sortie de la contrecolleuse. Une scie à débiter et une scie alternative entrent en scène afin de produire les panneaux de longueur de 4 ou 8 pieds standard.*
- ***Empileuse robotisée.*** *Les panneaux coupés aux dimensions voulues sont acheminés par un convoyeur vers l'empileuse. Un premier contrôle de la qualité a lieu en ce point.*
- ***Emballage.*** *Les lots de panneaux sont dirigés vers une autre machine qui les enveloppe un à un dans une pellicule de plastique qui les protégera pendant les opérations d'entreposage et de transport.*
- ***Mise sur cales et entreposage.*** *Une étiquette d'identification est collée sur chaque lot de panneaux. Un chariot élévateur les transporte ensuite de l'extrémité de la chaîne de production à l'entrepôt, où ils achèveront de mûrir.*

- ***Assurance et contrôle de la qualité.*** *Des échantillons subissent un certain nombre d'essais menés selon les normes pertinentes et les procédures de contrôle internes. On vérifie notamment la valeur R initiale, la résistance à la compression et la stabilité dimensionnelle.*
- ***Chargement et expédition.*** *Une fois leur qualité vérifiée, les lots sont transférés vers le quai de chargement, pour être placés dans des camions à plateforme qui les transporteront sur les chantiers ou dans les centres de distribution.*

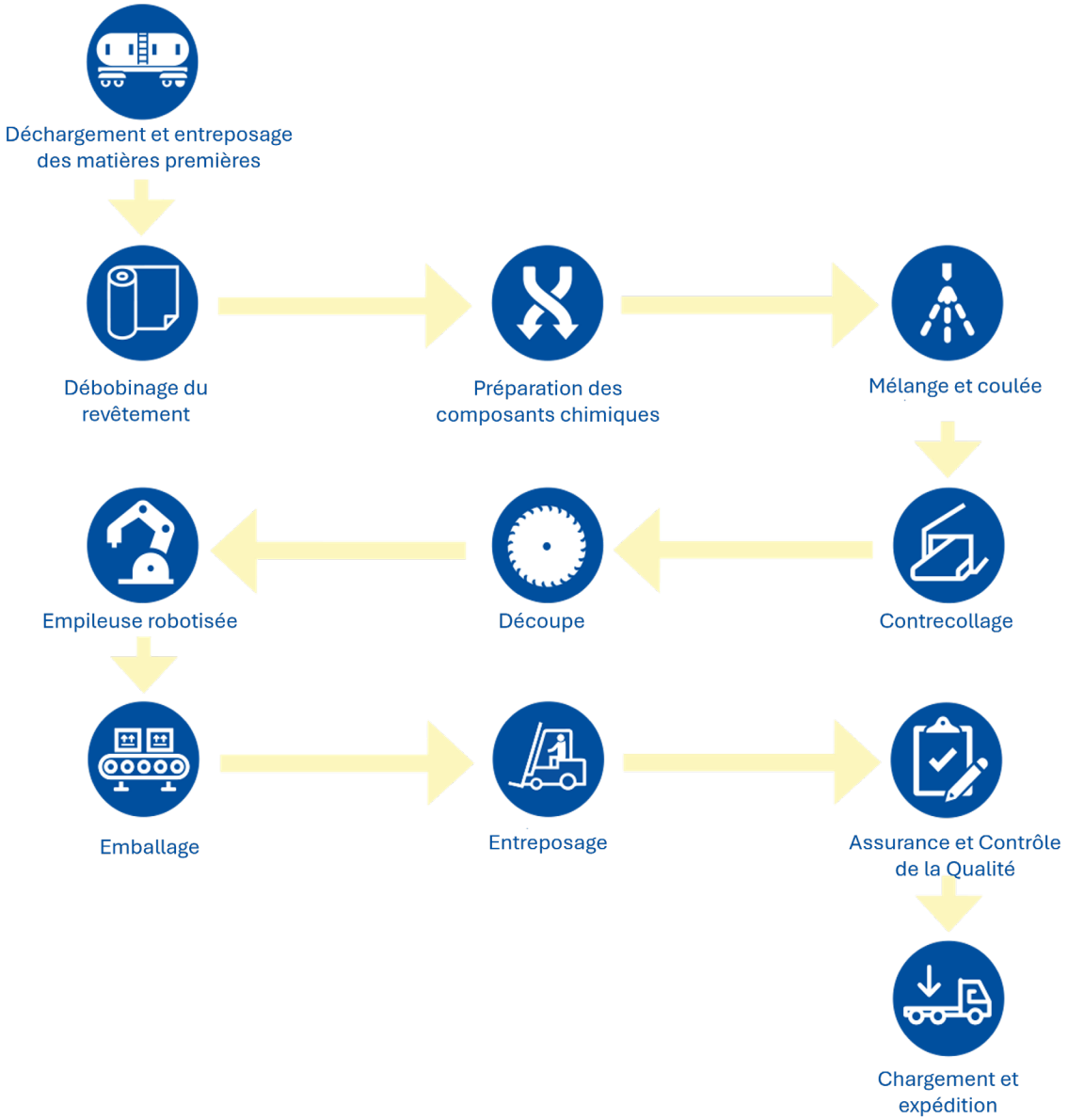


Figure 3. Fabrication des panneaux isolants en polyiso

4.6. CARACTÉRISTIQUES DES PRODUITS LIVRÉS

Les panneaux de recouvrement haute densité en polyiso sont habituellement livrés aux chantiers en lots emballés dans du plastique. Ils mesurent généralement 1,2 m sur 2,4 m (4 x 8 pi) ou 1,2 m sur 1,2 m (4 x 4 pi) et leur épaisseur habituelle est de 12,7 mm (0,5 po). Un lot comprend 42 à 96 panneaux.

4.7. EMBALLAGE

Avant de quitter l'usine, les lots de panneaux sont enveloppés dans des pellicules, placés dans de grands sacs ou protégés de ces deux façons à la fois. La matière utilisée est le polyéthylène basse densité (PEBD) extrudé.

Tableau 3. Quantité d'emballage nécessaire pour les panneaux de recouvrement HD en polyiso, selon la durée de vie de référence (DVR)*

	Panneaux de recouvrement CGF	
Matériau	80 psi	Unité
Polyéthylène	4,18E-02	kg/m^2

* Par durée de vie de référence, on entend ici la durée de vie totale, soit 40 ans dans le cas de panneaux de toiture.

4.8. TRANSPORT

Le transport des lots de panneaux – de l'usine de fabrication aux centres de distribution ou aux chantiers – se fait par camion à moteur diesel équipé d'une remorque à plateau. La distance parcourue en moyenne est de 643 km (400 milles). Pour plus de détails, consulter le tableau 9 de la section « Scénario de l'analyse du cycle de vie ».

4.9. MISE EN PLACE DU PRODUIT

Une fois le camion au chantier, on décharge les panneaux et on les monte sur le toit du bâtiment au moyen d'une grue ou d'un chariot élévateur à fourche tout-terrain; tout l'emballage est retiré et les couvreurs mettent les panneaux en place sur les éléments isolants. Les panneaux sont fixés par voie mécanique ou au moyen d'adhésifs; la membrane de toiture est posée par-dessus. Les rebuts sont transportés dans un centre d'enfouissement local. Conformément aux règles PCR, nous avons estimé que les rebuts correspondaient à des pertes de 7 % [2]. Pour plus de détails, consulter le tableau 10 de la section « Scénario de l'analyse du cycle de vie ».

4.10. UTILISATION

Une fois les panneaux installés, la phase « utilisation » débute. Les éléments isolants d'une toiture sont placés entre le platelage et la membrane. Si l'on fait appel aussi à des panneaux de recouvrement HD, ils sont placés entre les éléments isolants et la membrane. Installée et entretenue correctement, la membrane protégera les panneaux d'isolation et de recouvrement des agressions externes et des intempéries pendant la phase d'utilisation. Les panneaux de recouvrement HD protègent les panneaux isolants des impacts. Les panneaux d'isolation et de recouvrement ne sont pas censés subir de dommages nuisant à leur rendement; ils ne nécessitent donc pas d'entretien.

4.11. DVR DES PRODUITS ET DVE DES BÂTIMENTS DE MISE EN ŒUVRE

Comme l'indiquent les règles PCR, la durée de vie estimative (DVE) des bâtiments est fixée à 75 ans. Les mesures nécessaires pour assurer la protection contre les intempéries sont précisées dans les directives d'installation des fabricants et prescrites par les codes du bâtiment types. La durée de vie utile d'une membrane de toiture dépend de nombreux facteurs (conception de la toiture, qualité de l'installation, type et durabilité de la membrane, aménagement des éléments de toiture, entretien, conditions météorologiques...). Sous réserve que la conception et l'installation de la membrane et de la toiture ont été menées de manière satisfaisante, les éléments isolants joueront leur rôle pendant toute la durée de vie utile du bâtiment, soit 75 ans. Toutefois, il faudra refaire périodiquement la toiture; les propriétaires y veillent généralement et, de toute façon, il faut tenir compte de la durée de vie utile de la membrane.

Une première réfection peut s'imposer 15 à 30 ans après la pose de la toiture originale, par exemple si des infiltrations se produisent régulièrement malgré les réparations effectuées ici ou là sur la membrane. Il existe différentes façons de remplacer la membrane tout en laissant les éléments isolants en place. Les codes du bâtiment types tolèrent le recouvrement de la toiture existante par un nouveau revêtement (*roof recover*), ce qui évite d'arracher la toiture d'origine et les éléments isolants présents au-dessous. Un examen visuel et des contrôles appropriés s'imposent cependant, car il faut s'assurer qu'aucun élément de la toiture d'origine n'a subi de dommages ou ne s'est détérioré. Cette précaution prise, les éléments isolants en place pourront continuer de jouer leur rôle au lieu d'être dirigés vers un site d'enfouissement. L'approche est courante, elle est autorisée par les codes du bâtiment types et elle permet de prolonger la durée de vie de la toiture sans avoir à en refaire l'isolation. Toutefois, elle est rarement mentionnée dans les études portant sur la réfection des toitures et qui sont du domaine public; dans ces études, il est généralement question d'un remplacement complet de la toiture. Aux fins de la présente DEP, la PIMA estime que la durée de vie d'une membrane neuve est voisine de 20 ans et qu'un recouvrement de la toiture peut porter la durée de vie de cette dernière à 40 ans. De ce fait, et compte tenu des règles PCR, on peut établir à **40 ans** la DVR des panneaux de toiture isolants ou de recouvrement HD en polyiso. Aux États-Unis, les codes du bâtiment types ne permettent de recouvrir une toiture existante qu'une fois. Quand une toiture comprend déjà deux membranes, sa réfection doit consister en un remplacement complet (*roof replacement*), autrement dit en la mise à nu du platelage. Suivant l'état dans lequel ils se trouvent, les éléments isolants et les panneaux de recouvrement peuvent être réutilisés sur place, vendus sur le marché secondaire ou dirigés vers un site d'enfouissement. Toutefois, le triage des matériaux étant fastidieux, on préfère en général démolir la toiture. Plutôt que de faire des suppositions aventureuses, nous avons donc tenu pour acquis que la réfection complète des toitures entraîne la mise au rebut de tous les éléments isolants. La présente DEP portant sur toutes les phases du cycle de vie des panneaux de recouvrement haute densité en polyiso, elle prend en compte les impacts environnementaux associés à la construction du bâtiment, au recouvrement de la toiture au bout de 20 ans et à sa réfection complète au bout de 40 ans. On en déduit un facteur de remplacement de 0,9, la DVE du bâtiment étant de **75 ans** (75 / 40 - 1 = 0,9). Au Canada, les codes du bâtiment types ne régissent ni ne limitent le recouvrement des toitures existantes. Leur durée de vie peut dépasser 40 ans, mais nous avons tablé sur un cycle de remplacement de 40 ans, au Canada comme aux États-Unis.

4.12. RÉUTILISATION

Si les panneaux sont encore en bon état et n'ont pas dépassé leur DVR, ils peuvent resservir. Dans la présente DEP, aucun cas de réutilisation n'a cependant été envisagé.

4.13. ÉLIMINATION

Une fois le bâtiment en fin de vie, les panneaux sont présumés être dirigés vers un site d'enfouissement (leur hypothétique recyclage n'a pas été pris en considération ici). Ils y sont transportés par camion sur une distance établie à 161 km (100 milles). Pour plus de détails, consulter les tableaux de la section « Scénario de l'analyse du cycle de vie » associés aux modules C2 (Transport) et C4 (Élimination).

[photo : PIMA]

5. RÈGLES DE CALCUL UTILISÉES POUR L'ACV

5.1. UNITÉ FONCTIONNELLE ET FLUX DE RÉFÉRENCE

L'unité fonctionnelle (UF) est **un (1) mètre carré (m²)** de panneau de recouvrement installé, compte tenu de **pertes à l'installation égales à 7 %**. La durée de vie utile du bâtiment type a été fixée à **75 ans**; l'épaisseur de panneau prise en considération est de **12,7 mm (0,5 po)**. C'est, de loin, celle que l'on trouve le plus souvent dans le commerce.

Le tableau 4 indique les flux de référence nécessaires, compte tenu de l'UF choisie. La valeur RSI a été établie conformément à la méthode décrite dans la norme ASTM C518. Deux groupes de flux de référence sont indiqués, correspondant l'un à la durée de vie de référence (DVR) du produit, l'autre à la durée de vie estimative (DVE) du bâtiment. La masse de produit nécessaire compte tenu de sa DVR correspond à 1 m² de panneau, sans pertes à l'installation ni remplacements. Par contre, si l'on considère la DVE du bâtiment, les données sont toujours de 1 m² de panneau, mais avec prise en compte des pertes à l'installation et des remplacements.

Dans le cas des panneaux de recouvrement HD, le taux de perte à l'installation est de 7 % et il faut tenir compte aussi d'un taux de remplacement. Si l'on tient compte de la DVE du bâtiment, la masse de flux de référence nécessaire se calcule comme suit :

$$Poids\ du\ produit\ DVE\ (kg) = \frac{Poids\ du\ produit\ DVR\ (kg)}{(100\ \% - Pertes\ \text{à}\ l'installation\ (\%))} * (1 + Taux\ de\ remplacement)$$

Prenons l'exemple d'un panneau 80 psi; la formule devient :

$$Poids\ du\ produit\ DVE\ (kg) = \frac{1{,}818\ kg}{(100\ \% - 7\ \%)} * (1 + 0{,}9) = 3{,}714\ kg$$

Tableau 4. Flux de référence nécessaires selon la durée de vie de référence (DVR) du produit ou la durée de vie estimative (DVE) du bâtiment, en unités métriques et anglo-saxonnes

		Panneaux HD CGF		Panneaux HD CGF	
Flux de référence		80 psi	Unité	80 psi	Unité
DVR	**Poids**	1,818	kg/m²	0,372	lb/pi²
	Poids du revêtement	0,955	kg/m²	0,196	lb/pi²
	Poids de la mousse	0,863	kg/m²	0,177	lb/pi²
	Épaisseur	12,7	mm	0,50	po
	Valeur RSI ou R	0,44	m²·K/W	2,50	pi² °F·h/Btu
DVE	**Poids**	3,714	kg/m²	0,761	lb/pi²
	Pertes à l'installation	7,0 %	%	7,0 %	%
	Taux de remplacement (ESL/RSL-1)	0,9		0,9	

5.2. CHIFFRES DE PRODUCTION UTILISÉS

Tous les fabricants de produits en polyiso qui sont membres de la PIMA ont participé à la présente DEP. Une moyenne pondérée en fonction de la masse a été établie à partir des résultats d'ACV obtenus auprès de 39 usines de toutes tailles représentant huit fabricants et qui ont fourni leurs données de production se rapportant à l'ensemble de l'année 2023. Toutes les usines se trouvent en Amérique du Nord.

5.3. ESTIMATIONS ET HYPOTHÈSES

Voici les ensembles de données choisis aux fins de la présente DEP :

Tableau 5. Ensembles de données se rapportant aux matières premières entrant dans la fabrication des panneaux en polyiso

Matériau	Source des données	Année de référence
MDI	American Chemistry Council (ACC), ACV du berceau à la porte (2022) – Évaluation des impacts (LCIA), avec allocation massique et élémentaire	2015 - 2017
Polyol de polyester	Données primaires	2023
Agent gonflant	Ecoinvent 3.9.1 – pentane production | pentane | Cutoff, U - RoW	2001 - 2022
Ignifugeant	Base de données GABi sur le TCPP ou tris(2-chloroisopropyl)phosphate (É.-U.)	2018
Agent tensioactif	Ecoinvent 3.9.1 (pour 1 kg d'agent tensioactif) 0.4 kg polydimethylsiloxane production | polydimethylsiloxane | Cutoff, U – GLO 0.6 kg polyol production | polyol | Cutoff, U - RoW	2015 - 2022
Catalyseur	Ecoinvent 3.9.1 (pour 1 kg de catalyseur) 0.5 kg ethanolamine production | triethanolamine | Cutoff, U - RoW 0.29 kg potassium hydroxide production | potassium hydroxide | Cutoff, U - RoW USLCI* : 0.31 kg Acetic acid, at plant/kg/RNA	2000 - 2022 1998 - 2022 2002
Revêtement CGF	Données primaires	2023

* Pour composer avec les cas d'exclusion, nous avons utilisé les données ecoinvent.

5.4. FRONTIÈRES DU SYSTÈME

La présente DEP s'entend **« berceau à la porte, avec options »** (*cradle-to-gate with options)*, c'est-à-dire qu'elle porte sur les phases Production, Construction et Fin de vie ainsi que sur le module B4 [2]. Pour le type de produit considéré, les modules B1, B2, B3, B5, B6 et B7 sont sans objet. La figure 4 détaille les flux d'intrants et d'extrants associés aux panneaux de recouvrement HD en polyiso. La présente DEP ne tient pas compte d'éventuels crédits carbone ou crédits pour utilisation d'énergie renouvelable.

L'industrie publie aussi des DEP relatives aux panneaux muraux ou de toiture isolants en polyiso. Elles reposent sur des règles PCR différentes, portant sur l'isolation thermique de l'enveloppe des bâtiments [9]. Ces règles exigent la déclaration des émissions d'agent gonflant générées pendant l'utilisation du produit (module B1). Par souci de cohérence entre les différentes DEP, le présent rapport fait également état de ces émissions.

Tableau 6. Phases du cycle de vie des produits et modules correspondants

PRODUCTION			CONSTRUCTION		UTILISATION							FIN DE VIE			
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4
Extraction et production amont	Transport à l'usine	Fabrication	Transport au lieu d'installation	Installation	Utilisation	Entretien	Réparation	Remplacement	Remise à neuf	Consommation d'énergie en exploitation	Consommation d'eau en exploitation	Déconstruction/démolition	Transport jusqu'au centre de traitement ou d'élimination des déchets	Traitement des déchets	Élimination des déchets
X	X	X	X	X	X*	X	X	X**	X	X	X	X	X	X	X

Légende : X = inclus; MHD = module hors déclaration (exclu).

* Requis pour les DEP relatives aux panneaux muraux ou de toiture. Pris en compte ici à titre indicatif.

** La durée de vie théorique des toitures étant de 40 ans et la durée de vie estimative des bâtiments, de 75 ans, nous avons tenu compte d'un taux de remplacement de 0,9.

Production (modules A1 à A3)

Extraction et production amont (module A1). Ce module porte sur l'extraction et la transformation des matières premières utilisées.

Transport à l'usine (module A2). Il s'agit du transport des matières premières entre les installations des fournisseurs et les usines de fabrication.

Fabrication (module A3). La fabrication des panneaux et l'éclairage, le chauffage ou le refroidissement des installations des usines impliquent la consommation d'eau, d'électricité, de gaz naturel, de diesel et de propane. Nous avons pris en compte les matériaux secondaires utilisés pour la fabrication des panneaux, le transport de ces matériaux entre les installations des fournisseurs et les usines, ainsi que les matériaux d'emballage requis. Le module A3 tient compte aussi des émissions d'agent gonflant causées par la fabrication des panneaux et leur découpe, ainsi que du transport des rebuts vers les centres de traitement et de leur traitement proprement dit. La plupart des déchets issus de la fabrication des panneaux sont dirigés vers des sites d'enfouissement.

Construction (modules A4 à A5)

Livraison et installation. Ces modules portent sur la livraison des panneaux aux clients et sur leur installation. À l'installation des panneaux de recouvrement HD, le taux de perte est de 7 % [2]. Les rebuts produits (pertes et emballages) sont présumés être dirigés vers des centres d'enfouissement. Leur transport et leur traitement sont pris en compte ici. Soulignons que la production (modules A1 à A3) et le transport (module A4) des produits perdus font l'objet du module A5.

Utilisation (modules B1 à B7)

Utilisation. Le module B1 porte sur les émissions de pentane générées par l'utilisation des panneaux et le module B4, sur leur remplacement. Aux fins de la présente DEP, les modules B2, B3, B5, B6 et B7 sont considérés comme étant nul.

Fin de vie (modules C1 à C4)

Fin de vie. Pour cette phase du cycle de vie, seuls les modules C2 et C4 sont pris en compte (transport des rebuts au site d'enfouissement et enfouissement proprement dit). Les modules C1 et C3 sont considérés comme étant nul.

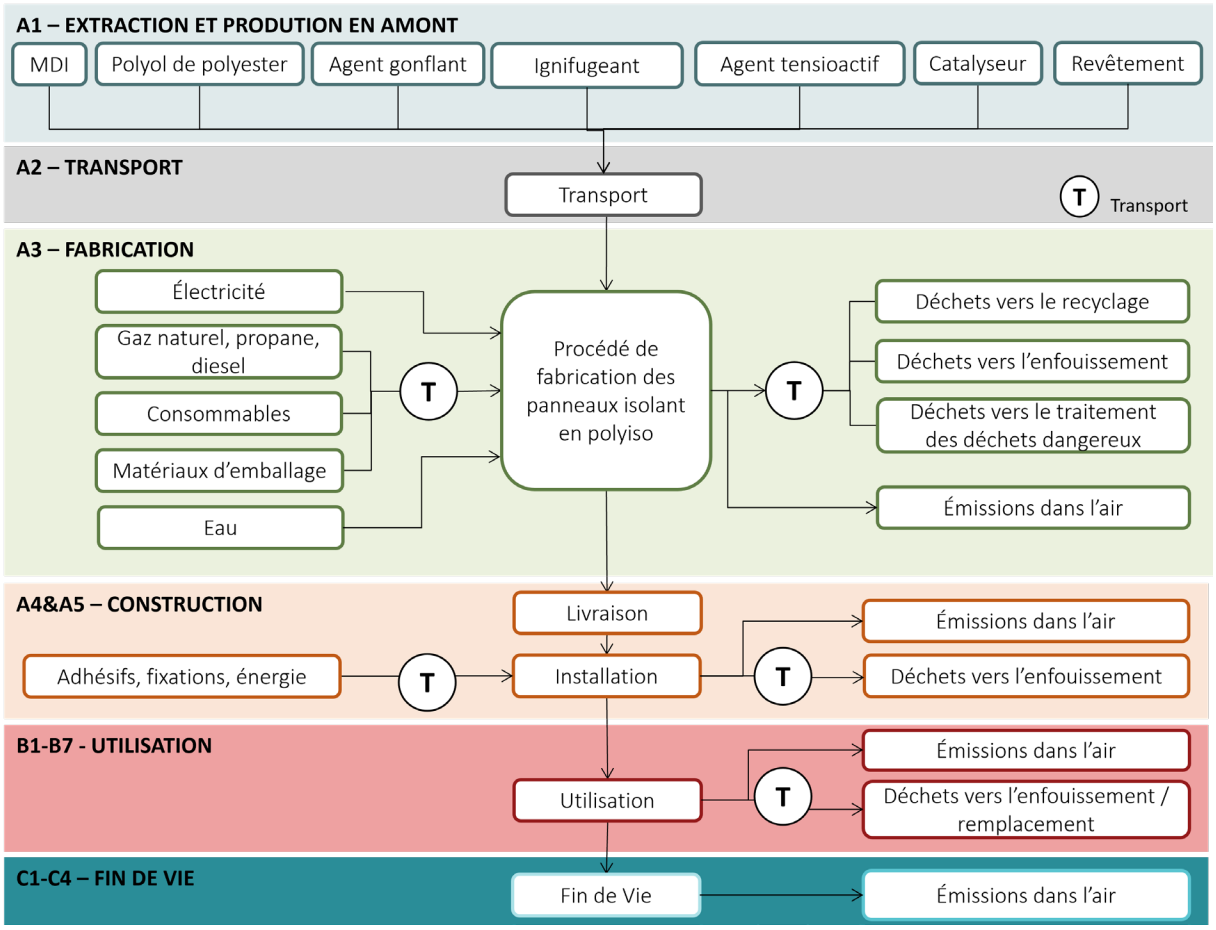


Figure 4. Frontières du système pris en compte pour l'ACV des panneaux en polyiso

5.5. CRITÈRES D'EXCLUSION

Selon la norme ISO 21930:2017, aucun critère d'exclusion ne doit être appliqué qui masquerait des données. Elles doivent toutes être prises en compte. Si certaines sont insuffisantes, les critères d'exclusion correspondent à 1 % de la consommation d'énergie ou à 1 % de la masse totale des intrants et à 1% des impacts environnementaux du processus unitaire considéré. Les flux d'intrants pouvant être exclus doit représenter un total d'au plus 5 % des impacts énergétiques, massiques ou environnementaux.

Aux fins de notre étude, aucun flux connu n'a été exclu délibérément.

Aucune donnée sur la construction, l'entretien ou le démantèlement des moyens de production, sur le transport quotidien des employés ou sur les tâches administratives, déplacements d'affaires et autres activités du personnel n'est entrée en ligne de compte. Le modèle utilisé ne portait que sur les processus associés aux infrastructures déjà prises en compte dans la base de données Ecoinvent.

5.6. ALLOCATION

Chaque fois que possible, il faut éviter de procéder à une allocation en recueillant de l'information sur le procédé en jeu ou en élargissant les frontières du système. Si cela n'est pas possible, la partie B des règles PCR UL recommande de procéder par allocation selon la masse [2].

Toutes les usines de fabrication sollicitées ayant fourni des données sur la consommation d'énergie, les matériaux secondaires et les matériaux d'emballage, c'est effectivement à une allocation massique que nous avons recouru. Aucune allocation à d'éventuels co-produits n'était nécessaire.

Le traitement des déchets associé aux flux de matières se prêtant au recyclage a été pris en compte jusqu'à l'étape où ils cessent d'être des déchets [6]; une approche dites « cut-off » a été utilisée, puisque le traitement ultérieur des matériaux recyclés s'inscrit dans la préparation des matières premières entrant dans la fabrication d'un autre produit (recyclage en boucle ouverte).

Les émissions d'agent gonflant (pentane) générées pendant le cycle de vie des produits ont été calculées à partir des données primaires et des facteurs d'allocation du PCR portant sur les isolants thermiques des enveloppes de bâtiment, par souci de préservation du bilan massique [9]. Les facteurs d'allocation des émissions d'agent gonflant sont indiqués dans le tableau qui suit.

Tableau 7. Facteurs d'allocation des émissions de pentane calculées, selon les modules considérés

	A3	A5	B1	C4	Pentane résiduel
Panneaux de recouvrement HD en polyiso	7,3 %	7 %	18,4 %	67,3 %	0 %

Les règles PCR concernant les panneaux de recouvrement ne précisent pas comment traiter les émissions de pentane lors de l'utilisation du produit et, en outre, définit le module B1 à zéro. Par souci de cohérence entre les ACV et DEP relatives aux différents types de panneau en polyiso, nous avons suivi, pour les panneaux de recouvrement HD, l'approche préconisée dans les règles relatives à l'isolation thermique des enveloppes de bâtiment.

5.7. MÉTHODE DE CALCUL

Nous avons utilisé le logiciel en code source ouvert OpenLCA version 2.03 [12] pour établir l'inventaire du cycle de vie et quantifier les impacts environnementaux potentiels associés.

5.8. SOURCE DES DONNÉES ET EXIGENCES EN MATIÈRE DE QUALITÉ

Catégorie de données ou critère de qualité	Source des données et observations
Données de production (« primaires »)	Les données de production (portant sur l'année 2023) ont été recueillies auprès de 8 fabricants; les 39 usines sondées se trouvent en Amérique du Nord. Description – Masse totale produite par les usines pendant l'année considérée; composition des produits; matières premières et combustibles entrant dans la fabrication des produits (intrants); distance sur laquelle les intrants ont été transportés; consommation d'électricité et d'eau; émissions des usines; emballages.
Données secondaires	MDI : American Chemistry Council (ACC), ACV du berceau à la porte (2022) – Évaluation des impacts (LCIA), avec allocation massique et élémentaire Polyol de polyester et revêtement : données primaires Ignifugeant : GaBi Catalyseur : ecoinvent 3.9.1 et US LCI Pentane, agent tensioactif, consommation d'énergie, transport, traitement des déchets et emballages : ecoinvent 3.9.1
Représentativité géographique	La consommation d'électricité a été évaluée au regard des bouquets énergétiques des régions nord-américaines où se trouvent les usines; la consommation de gaz naturel a été évaluée en tenant compte du marché canadien ou américain de distribution du gaz sous haute pression. La corrélation géographique de l'approvisionnement en matières premières et les ensembles de données choisis sont largement représentatifs de la même région. Quand cela n'était pas possible, nous avons opté pour des ensembles de données correspondant à une région plus vaste.
Représentativité temporelle	Les données primaires ont été recueillies auprès des fabricants de polyiso et de leurs usines; elles portent sur l'ensemble de l'année 2023. Les ensembles de données choisis remontent presque tous à moins de dix ans.
Représentativité technologique	Les données primaires obtenues auprès des fabricants sont représentatives des technologies et matériaux auxquels ils recourent.
Exhaustivité	Toutes les étapes pertinentes des processus ont été prises en compte et modélisées conformément à l'objectif et à la portée de l'étude. Aucun flux connu n'a été exclu.
Cohérence	Ce sont les mêmes questions qui ont été posées dans les différentes usines; les données ont été traitées de la même façon dans tous les cas et une moyenne pondérée en fonction de la masse a été établie à partir des résultats d'ACV obtenus auprès des 39 établissements. Autrement dit, on a suivi un seul et même modèle, ce qui garantit un niveau de cohérence élevé.
Reproductibilité	Compte tenu de la qualité des données primaires (fournies par toutes les usines et vérifiées), un spécialiste indépendant aboutirait aux mêmes résultats, puisque le présent rapport indique les règles de calcul utilisées et détaille les modèles dont on s'est servi.

6. SCÉNARIO L'ANALYSE DU CYCLE DE VIE

6.1. TRANSPORT JUSQU'AU LIEU D'INSTALLATION (MODULE A4)

En ce qui concerne le transport des panneaux jusqu'aux chantiers ou aux distributeurs, les données primaires pertinentes (distance et moyens utilisés) ont été recueillies auprès de chaque fabricant. Une petite partie des panneaux n'est pas livrée par camion, mais la contribution des autres modes de transport aux impacts environnementaux représente moins de 4,3 % de des retombées liées au module A4. Pour des raisons de confidentialité le tableau ci-dessous n'en fait pas mention.

Tableau 8. Paramètres relatifs au transport vers les chantiers (module A4)

Paramètre	Panneaux fabriqués	Unité
Type de carburant	Diesel	
Type de véhicule*	Camion gros porteur de 53 pi	
Trajet parcouru**	643	km
Taux d'utilisation de la capacité disponible (voyages à vide compris)	50	%
Densité brute des produits transportés	143,1	kg/m³
Facteur d'utilisation de la capacité d'emport	1	

* Modélisé à l'aide de l'ensemble de données ecoinvent 3.9.1 « transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO6 | transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO6 | Cutoff, U – RoW ».

** Moyenne pondérée en fonction de la masse et calculée à l'aide des données primaires.

6.2. INSTALLATION (MODULE A5)

La partie B des règles PCR UL prescrit les paramètres à utiliser pour les pertes qu'entraîne l'installation des produits [2]. Par souci d'harmonisation avec les autres DEP concernant les produits en polyiso, les paramètres qui entourent ici les matériaux secondaires, la consommation d'électricité et la consommation de diesel sont ceux que prescrivent les règles PCR au sujet de l'isolation thermique de l'enveloppe des bâtiments [9]. Pour plus de détails, voir le tableau ci-dessous. Rebuts et emballages sont considérés comme des déchets non dangereux transportés par camion vers un site d'enfouissement, sur une distance de 161 km. Les emballages représentent une faible fraction des rebuts produits lors de la construction ou de la démolition des bâtiments; ils sont difficiles à trier et à récupérer, aussi avons-nous tenu pour acquis qu'ils se retrouveraient dans un site d'enfouissement [10]. Aucun carbone biogénique n'est considéré comme émis par les emballages en PEBD et, à l'exception du pentane, aucune autre émission de COV n'est associée au module A5 (aucun test n'a toutefois été effectué).

Tableau 9. Paramètres relatifs à l'installation des produits (module A5)

Paramètre	Panneaux fabriqués	Unité
Matériaux secondaires	0,0012 (fixations) 0,0012 (adhésif)	kg
Consommation d'électricité	0,012	kWh
Diesel alimentant les génératrices embarquées	0,37	MJ
Pertes de produit	7 %	%
Émissions de pentane	0,00171	kg
Déchets produits en chantier (avant traitement), du fait de l'installation	0,137	kg
Déchets constitués par les emballages en PEBD	0,045	kg

6.3. UTILISATION (MODULE B1)

La phase Utilisation ne porte que sur les émissions de pentane. La partie B des règles PCR UL [9] établit à 21,5 % la proportion de pentane contenu dans les éléments d'isolation des bâtiments qui est émise pendant la phase Utilisation; le reste le serait au moment de l'élimination des produits (module C4).

6.4. REMPLACEMENT (MODULE B4)

La durée de vie de référence (DVR) des éléments de toiture étant de 40 ans, leur taux de remplacement est de 0,9. La durée de vie estimative (DVE) des bâtiments est de 75 ans. Dans le tableau ci-dessous, le taux de remplacement indiqué représente 1) la quantité supplémentaire à produire lors de la phase Fabrication (modules A1 à A3) pour que les panneaux d'origine puissent être remplacés pendant la DVE des bâtiments, 2) le transport des nouveaux panneaux vers les chantiers, 3) leur installation et 4) la mise au rebut des anciens panneaux.

Tableau 10. Remplacement (module B4)

Paramètre	Éléments de toiture	Unité
Durée de vie estimative (DVE) du bâtiment	75	années
Durée de vie de référence (DVR)	40	années
Taux de remplacement*	0,9	s.o.

* Le taux de remplacement se calcule comme suit : (DVE/DVR) - 1. Le résultat est arrondi à la décimale supérieure.

6.5. FIN DE VIE (MODULES C1 À C4)

En fin de vie, les panneaux de recouvrement HD en polyiso sont enlevés et transportés vers un site d'enfouissement.

Ils ne donnent pas lieu à des opérations de traitement des déchets. Les impacts environnementaux potentiels associés à leur enlèvement sont considérés comme négligeables, comparés à ceux qu'entraîne la déconstruction des bâtiments; le module C1 est donc considéré comme étant nul.

Tableau 11. Fin de vie (modules C1 à C4)

Paramètre		Panneaux fabriqués	Unité
Transport		161	km
Collecte*	En même temps que les autres débris	1,813	kg
Élimination**	Mise au rebut finale (en totalité dans un dépotoir)	1,797	kg
Émissions d'agent gonflant		0,016	kg

* Avec prise en compte de la perte de masse due au dégazement associé au module B1. Valeurs selon la durée de vie de référence (DVR) du produit.

** Avec prise en compte de la perte de masse due à la libération du pentane associée aux modules B1 et C4 (les seuls concernés). Valeurs selon la durée de vie de référence (DVR) du produit.

[photo : PIMA]

7. RÉSULTATS DE L'ANALYSE DU CYCLE DE VIE

7.1. TABLEAUX DES RÉSULTATS

Les résultats de l'évaluation des impacts du cycle de vie sont relatifs et ne permettent pas de prévoir les impacts absolus par catégorie, le dépassement des seuils, les marges de sécurité ou les risques.

Les six catégories d'impact retenues sont considérées comme suffisamment éprouvées pour figurer dans une déclaration environnementale de type III. D'autres catégories sont à l'étude et les analyses du cycle de vie iront toujours en s'affinant. Cependant, il est déconseillé aux lecteurs de la présente DEP d'utiliser des mesures additionnelles aux fins de comparaison.

Les tableaux qui suivent résument l'évaluation des impacts de l'ACV par une unité fonctionnelle du produit pendant toute sa durée de vie, selon la méthodologie TRACI 2.2 (ou respectivement IPCC AR5 et CML 4.8 pour les indicateurs PRC et ARA^{foss}), des indicateurs de consommation des ressources renouvelables ou non renouvelable et de l'eau consommées, ainsi que des déchets générés. L'EPA a mis à jour la méthodologie TRACI en 2021 afin qu'elle prenne en compte les facteurs d'eutrophisation propres à chaque site. Les autres indicateurs sont restés les mêmes; c'est pourquoi la présente DEP mentionne, à titre indicatif, l'indicateur PE de la version 2.1 (dit « supplémentaire » ici). Il est à noter que, mis à part le cas des panneaux de toiture, dont le remplacement est pris en compte dans le module B4, les impacts associés aux modules B2 à B7 sont considérés comme nuls; il en est de même pour les modules C1 et C3.

Indicateurs TRACI 2.2
PRC : potentiel de réchauffement climatique; **ARA_{foss} :** potentiel d'appauvrissement des ressources abiotiques par les sources d'énergie non renouvelables (fossiles); **PA :** potentiel d'acidification; **PE_d :** potentiel d'eutrophisation – eau douce; **PE_m :** potentiel d'eutrophisation – eaux marines; **ACO :** potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone; **PFS :** potentiel de formation de smog.
Utilisation des ressources
$RPR_É$: ressources primaires renouvelables utilisées comme vecteur énergétique (combustibles); **RPR_M :** ressources primaires renouvelables à teneur énergétique utilisées comme matériaux; **RPR_T :** ressources primaires renouvelables (total); **$RPNR_É$:** ressources primaires renouvelables utilisées comme vecteur énergétique (combustibles); **$RPNR_M$:** ressources primaires non renouvelables à teneur énergétique utilisées comme matériaux; **$RPNR_T$:** ressources primaires non renouvelables (total); **MS :** matières secondaires; **CSR :** combustibles secondaires renouvelables; **CSNR :** combustibles secondaires non renouvelables; **ÉR :** énergie récupérée; **ED :** utilisation des ressources en eau douce.
Catégories d'extrants et de déchets
DDÉ : déchets dangereux éliminés; **DNDÉ :** déchets non dangereux éliminés; **DHR :** déchets hautement radioactifs (conditionnés, pour dépôt final); **DFMR :** déchets faiblement ou moyennement radioactifs (conditionnés, pour dépôt final); **CRU :** composants réutilisables; **MR :** matériaux destinés au recyclage; **MRÉ :** matériaux destinés à la récupération d'énergie; **ÉE :** énergie exportée.
Indicateur supplémentaire (TRACI 2.1)
PE : potentiel d'eutrophisation

Tableau 12. Résultats de l'ACV portant sur 1 m² de panneaux de recouvrement HD en polyiso installés (type CGF 80 psi), en supposant des pertes à installation de 7 % et une DVE de 75 ans pour le bâtiment

Indicateur		Unité	A1	A2	A3	A4	A5	B1*	B4	C2	C4
			(par m²)	(par m²)	(par m²)	(par m²)	(par m²)	(par m²)	(par m²)	(par m²)	(par m²)
IPCC AR5 et TRACI 2.2	PRC[1]	kg éq. CO_2	4,11E+00	1,99E-01	4,70E-01	1,18E-01	4,38E-01	0,00E+00	5,22E+00	3,65E-01	9,86E-03
	PRC_{foss}[1]	kg éq. CO_2	4,08E+00	1,98E-01	4,69E-01	1,18E-01	4,35E-01	0,00E+00	5,19E+00	3,65E-01	9,86E-03
	$PRC_{biogène}$[1]	kg éq. CO_2	7,09E-03	5,91E-05	4,32E-04	3,50E-05	6,20E-04	0,00E+00	7,46E-03	3,71E-05	4,00E-06
	$PRC_{LU\&LUT}$[1]	kg éq. CO_2	2,65E-02	1,19E-04	5,93E-04	6,12E-05	2,08E-03	0,00E+00	2,65E-02	4,59E-05	5,85E-06
	ARA_{foss}[2]	MJ, Pci	8,38E+01	2,77E+00	7,93E+00	1,79E+00	8,17E+00	0,00E+00	9,95E+01	4,73E+00	2,44E-01
	PA	kg éq. SO_2	1,37E-02	1,55E-03	9,60E-04	2,89E-04	1,70E-03	0,00E+00	1,85E-02	1,82E-03	6,64E-05
	PE_f	kg éq. P	7,74E-04	1,56E-05	1,15E-04	9,48E-06	7,60E-05	0,00E+00	8,99E-04	6,41E-06	7,71E-07
	PE_m	kg éq. N	9,45E-03	1,36E-03	6,18E-04	2,20E-04	1,42E-03	0,00E+00	1,43E-02	2,22E-03	7,23E-05
	ACO	kg éq. CFC-11	2,68E-06	3,40E-09	2,86E-09	2,17E-09	2,04E-07	0,00E+00	2,61E-06	6,02E-09	3,02E-10
	PFS	kg éq. O_3	2,41E-01	3,46E-02	1,83E-02	6,15E-03	3,88E-02	1,12E-02	3,96E-01	6,04E-02	2,13E-02
Utilisation des ressources	$RPR_É$[3]	MJ, Pci	2,80E+00	4,65E-02	5,70E-01	2,57E-02	2,86E-01	0,00E+00	3,38E+00	2,09E-02	2,36E-03
	RPR_M[4]	MJ, Pci	1,00E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,56E-04	0,00E+00	9,72E-03	0,00E+00	0,00E+00
	RPR_T	MJ, Pci	2,81E+00	4,65E-02	5,70E-01	2,57E-02	2,87E-01	0,00E+00	3,39E+00	2,09E-02	2,36E-03
	$RPNR_É$[5]	MJ, Pci	4,86E+01	2,80E+00	9,19E+00	1,80E+00	5,63E+00	0,00E+00	6,68E+01	4,72E+00	2,45E-01
	$RPNR_M$[6]	MJ, Pci	3,98E+01	0,00E+00	2,57E-04	0,00E+00	3,03E+00	0,00E+00	3,86E+01	0,00E+00	0,00E+00
	$RPNR_T$	MJ, Pci	8,85E+01	2,80E+00	9,19E+00	1,80E+00	8,66E+00	0,00E+00	1,05E+02	4,72E+00	2,45E-01
	MS	kg	3,13E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,36E-03	0,00E+00	3,03E-02	0,00E+00	0,00E+00
	CSR	MJ, Pci	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
	CSNR	MJ, Pci	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
	ÉR	MJ, Pci	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
	ED[7]	m³	2,96E-02	3,80E-04	3,13E-03	2,58E-04	2,77E-03	0,00E+00	3,31E-02	2,30E-04	2,59E-04
Catégories d'extrants et de déchets	DDÉ[8]	kg	2,67E+00	8,40E-02	6,05E-01	5,17E-02	2,93E-01	0,00E+00	3,37E+00	3,42E-02	4,11E-03
	DNDÉ[9]	kg	5,32E-01	1,63E-01	4,39E-02	1,52E-01	1,49E-01	0,00E+00	2,76E+00	2,30E-02	1,62E+00
	DHR[10]	m³	5,88E-09	3,52E-11	1,89E-09	2,13E-11	6,30E-10	0,00E+00	7,64E-09	1,89E-11	1,92E-12
	DFMR[11]	m³	4,57E-08	1,87E-10	5,00E-09	1,12E-10	4,03E-09	0,00E+00	4,97E-08	9,66E-11	1,03E-11
	CRU	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	0,00E+00
	MR	kg	4,61E-02	0,00E+00	7,42E-03	0,00E+00	4,03E-03	0,00E+00	5,18E-02	0,00E+00	0,00E+00
	MRÉ	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	0,00E+00
	ÉE	MJ, Pci	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Indicateur supplémentaire (TRACI 2.1)											
	PE	kg éq. N	1,08E-02	2,12E-04	9,91E-04	1,03E-04	1,01E-03	0,00E+00	1,20E-02	1,90E-04	1,14E-05

* Requis pour les DEP relatives aux panneaux muraux ou de toiture. Pris en compte ici à titre indicatif.

Notes

(1) Sont exclues les extractions et émissions de CO_2 biogéniques, c'est-à-dire associées aux bioproduits ou aux emballages d'origine biologique; les facteurs GWP 100 se trouvent dans le cinquième rapport d'évaluation (AR5) 2013 du GIEC. L'indicateur $PRC_{biogène}$ porte sur les émissions de méthane biogène dans l'air; l'indicateur $PRC_{LU/LUT}$ porte sur les émissions de CO_2 dans l'air – dues à telle ou telle utilisation des terres (*land use*) – et dans le sol ou les gisements de biomasse, ainsi que sur les émissions de méthane dans l'air air provenant du sol ou des gisements de biomasse.

(2) Potentiel d'appauvrissement des ressources abiotiques par les sources d'énergie non renouvelables (fossiles). L'indicateur ARA_{foss} s'exprime en MJ, avec calcul du pouvoir calorifique inférieur (Pci), d'après la norme CML version 4 (août 2016) sur les niveaux de référence.

(3) $RPR_É = RPR_T - RPR_M$, RPR_T étant la valeur de l'énergie renouvelable obtenue selon la méthodologie CED (Cumulative Energy Demand), avec calcul du pouvoir calorifique inférieur (Pci).

(4) Calculé selon la directive de l'ACLCA relative à la norme ISO 21930, section 6.2 (« Renewable primary resources with energy content used as a material, RPR_M »).

(5) $RPNR_É = RPNR_T - RPNR_M$, $RPNR_T$ étant la valeur de l'énergie non renouvelable obtenue selon la méthodologie CED (Cumulative Energy Demand), avec calcul du pouvoir calorifique inférieur (Pci).

(6) Calculé selon la directive de l'ACLCA relative à la norme ISO 21930, section 6.4 (« Non-renewable primary resources with energy content used as a material, $NRPR_M$ »).

(7) Consommation nette d'eau douce calculée d'après les résultats de l'analyse du cycle de vie. Méthode utilisée : ReCiPe Midpoint (E) 2016.

(8) Calculé à partir de l'inventaire extractions-émissions et des ensembles de données marqués « treatment and disposal of hazardous waste ». Le fabricant considéré ici ne produit pas de déchets dangereux.

(9) Calculé à partir de DEP publiées antérieurement et des données sur les cycles de vie provenant des ensembles autres que « hazardous » et « radioactive ».

(10) Calculé à partir de l'inventaire extractions-émissions et des flux de déchets marqués « high-level radioactive waste for final repository » dans Ecoinvent. Le fabricant considéré ici ne produit pas de déchets radioactifs.

(11) Calculé à partir de l'inventaire extractions-émissions et des flux de déchets marqués « low-level radioactive waste for final repository » dans Ecoinvent. Le fabricant considéré ici ne produit pas de déchets radioactifs.

7.2. INTERPRÉTATION

La présente section détaille la contribution des différentes phases du cycle de vie du produit considéré aux impacts environnementaux potentiels et à l'utilisation des ressources. Comme le montre la figure qui suit, c'est le module B4 (Remplacement) qui contribue le plus aux dits impacts (toutes catégories confondues, mis à part le potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone ou ACO), ainsi qu'à la consommation des ressources renouvelables ou non renouvelables. On notera toutefois que les impacts associés au module B4 se calculent en multipliant par le facteur de remplacement la somme des impacts associés aux modules A1 à A5 et C1 à C4; c'est donc le module A1 (Extraction et production amont) qui, en fait, contribue le plus aux dits impacts (toutes catégories confondues) ainsi qu'à la consommation des ressources renouvelables ou non renouvelables.

Une analyse de sensibilité indique par ailleurs que les variations de densité de la mousse ou du revêtement et les quantités de MDI, de polyol ou d'agent tensioactif utilisées influent sur les impacts environnementaux dans l'une ou l'autre des catégories considérées ou dans plusieurs à la fois. Ces paramètres jouent en effet sur les quantités de matières premières requises, qui sont les principales responsables des impacts observés dans plusieurs catégories.

Toute modification des ensembles de données choisis pour caractériser les intrants en question (revêtements, MDI, polyol et agents tensioactifs, notamment) peut donc influer sur les résultats. Par conséquent, on ne peut comparer une DEP spécifique d'un fabricant donné et une DEP portant sur l'ensemble du secteur que si les critères de modélisation retenus sont parfaitement identiques. De plus, les exigences de la section 10.2 de la partie A des règles PCR UL doivent être satisfaites.

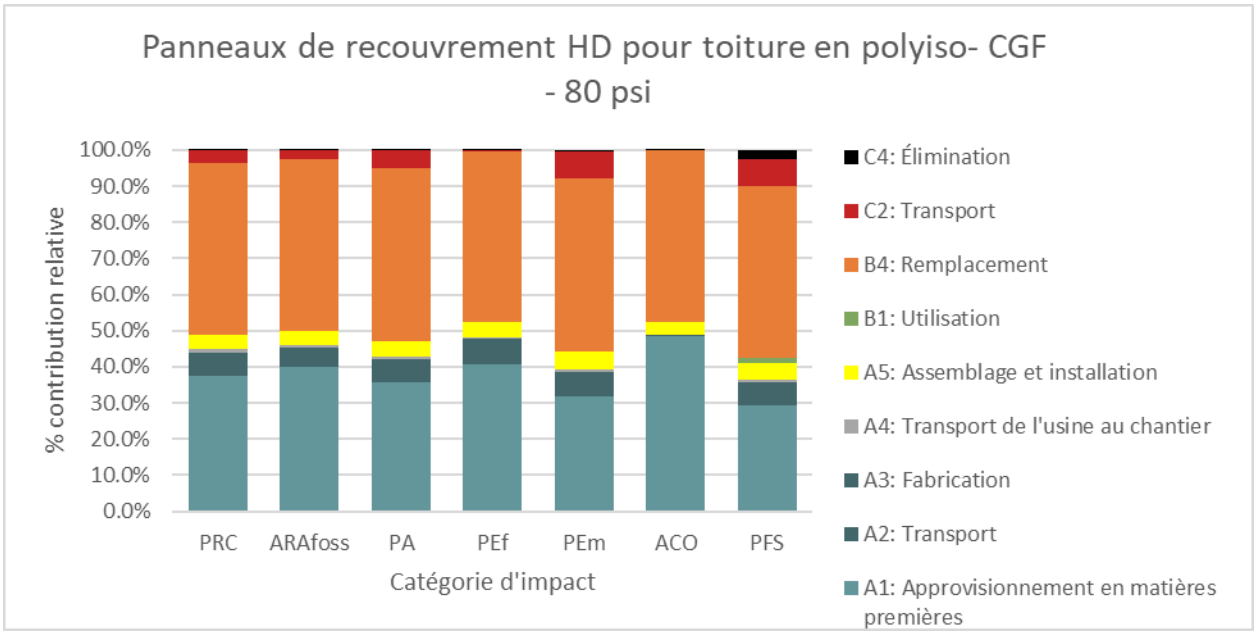


Figure 5. Contribution des différents modules du cycle de vie aux impacts environnementaux potentiels de 1 m² de panneau de recouvrement HD en polyiso installé (type CGF 80 psi), pendant 75 ans

7.3. VARIATIONS ASSOCIÉES AUX MODULES A1 À A3

Les tableaux qui suivent résument, en moyenne pondérée (MP), les impacts environnementaux potentiels liés aux modules A1 à A3, pour chaque indicateur et chaque type de produit. Les tableaux indiquent aussi le coefficient de variation (CV). Cette grandeur statistique précise la dispersion relative de l'écart-type pondéré, en pourcentage de la moyenne (CV = Écart-type pondéré / Moyenne pondérée). Le coefficient de variation quantifie l'écart entre les données et la moyenne. Aux fins de son calcul, une valeur fixe a été attribuée à la densité du revêtement. Une densité de 10 % ferait croître les résultats de 0,1 % à 4,2 %, selon la catégorie d'impacts considérée (dans le cas de PRC, l'augmentation serait de 4,0 %).

Tableau 13. Impacts environnementaux potentiels des panneaux de recouvrement HD en polyiso type CGF, berceau à la porte (modules A1 à A3) et selon la résistance à la compression, en moyenne pondérée et avec indication du coefficient of variation (CV)

Indicateur		Unité	Panneaux de recouvrement HD	
			MP (par m²)	CV (par m²)
IPCC AR5 et TRACI 2.2	PRC[1]	kg éq. CO_2	4,78E+00	8 %
	ARA_{foss}[2]	MJ, Pci	9,45E+01	8 %
	PA	kg éq. SO_2	1,62E-02	10 %
	PE_f	kg éq. P	9,05E-04	13 %
	PE_m	kg éq. N	1,14E-02	11 %
	ACO	kg éq. CFC-11	2,69E-06	27 %
	PFS	kg éq. O_3	2,94E-01	10 %

8. AUTRES INFORMATIONS

8.1. TENEUR EN SUBSTANCES DANGEREUSES RÉGLEMENTÉES

Les produits en polyiso contiennent 2,4 % de pentane ou d'un mélange de pentanes qui joue le rôle d'agent gonflant.

8.2. REJET DE SUBSTANCES DANGEREUSES CONTENUES DANS LES PRODUITS

Pendant l'utilisation et l'élimination des produits en polyiso, le pentane et les mélanges de pentanes (qui servent d'agent gonflant) sont censés s'échapper très lentement au fil des années ou des décennies. Le gonflement ou le chauffage initial de la mousse peut libérer un peu de pentane; étant plus lourd que l'air, ce gaz combustible peut s'accumuler jusqu'à atteindre une concentration dangereuse si le panneau est enfermé dans une enceinte hermétique ou un lieu clos. De même, quand on découpe les panneaux ou qu'on les fixe par voie mécanique, il peut y avoir dégazement. On doit donc prévoir une ventilation suffisante pour que la concentration locale de pentane ne dépasse pas la limite inférieure d'inflammabilité. La manipulation sécuritaire des produits passe par une bonne tenue du chantier et par un dépoussiérage régulier.

Tenue au feu – Pour évaluer la tenue au feu d'une toiture à faible pente, on procède à des essais globaux (portant à la fois sur le platelage et sur tout ce qui le surplombe) selon des scénarios d'exposition au feu par l'intérieur et l'extérieur; pendant sa durée de vie, un bâtiment est en effet exposé à des risques d'incendie internes et externes. Dans le cas des risques externes, la tenue au feu s'évalue à l'aide des normes ASTM E108 (« Standard Test Methods for Fire Tests of Roof Coverings ») et UL 790 (« Standard Test Methods for Fire Tests of Roof Coverings »), ou de la norme canadienne équivalente CAN/ULC-S107 (« Méthodes normalisées d'essai de résistance au feu des matériaux de couverture »). Les méthodes préconisées permettent de comparer la tenue de différentes toitures exposées à un incendie extérieur fictif. Les toitures qui ne peuvent être montées que sur des platelages non combustibles ne nécessitent qu'un essai de résistance à la propagation des flammes; si le platelage est combustible, il faut évaluer aussi la résistance à l'inflammation par flammes intermittentes et à l'inflammation par brandons. Les essais permettent de répartir les toitures en trois catégories – les classes A, B et C, correspondant respectivement à une bonne résistance aux feux intenses, modérés ou légers.

Un incendie peut aussi se déclarer à l'intérieur du bâtiment. La tenue au feu de la toiture doit donc être évaluée aussi au moyen de la norme NFPA 276 (« Standard Method of Fire Test for Determining the Heat Release Rate of Roofing Assemblies with Combustible Above-Deck Roofing Components »), de l'approbation FM 4470 de la mutuelle des manufacturiers (« 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 »), de la norme UL 1256 (« Fire Test of Roof Deck Construction ») ou de la norme CAN/ULC-S126 (« Méthode normalisée d'essai de propagation des flammes sous les platelages de toit »). Le critère à satisfaire est la vitesse maximale de combustion pendant une période donnée. Le polyiso est encore le seul isolant de toiture à base de mousse plastique qui soit approuvé en classe 1 par la mutuelle des manufacturiers dans le cas d'une pose directe sur platelage métallique, sous réserve d'essais conformes à l'approbation FM 4470. En vertu de la norme UL 1256, le polyiso est également homologué pour pose directe sur platelage métallique avec recouvrement monocouche ou bitumineux.

8.3. COMPLÉMENT D'INFORMATION

Pour plus de détails, consulter le site Web de la Polyisocyanurate Insulation Manufacturers Association (https://www.polyiso.org/).

9. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

[1] International Organization for Standardization (ISO), "ISO 14025 Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations - Principles and procedures," 2006.

[2] UL Solutions, *Part B : Roof Cover Protection Board EPD Requirements, UL 10010-36, First Edition*. 2021.

[3] UL Environment, "Product Category Rule (PCR) Guidance for Building-Related Products and Services Part A: Life Cycle Assessment Calculation Rules and Report Requirements, UL 10010 (v.4.0)," 2022[Online]. Available: https://www.ul.com/services/product-category-rules-pcrs#uledev.

[4] International Organization for Standardization (ISO), "ISO 14040:2006/AMD 1:2020 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework," 2020.

[5] International Organization for Standardization (ISO), "ISO 14044:2006/AMD1:2017/AMD 2:2020 Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines," 2006.

[6] International Organization for Standardization (ISO), "ISO 21930:2017(E) Sustainability in buildings and civil engineering works — Core rules for environmental product declarations of construction products and services," 2017.

[7] United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA), "Basic Ozone Layer Science," 2025. [Online]. Available: https://www.epa.gov/ozone-layer-protection/basic-ozone-layer-science. [Accessed: 17-Jul-2025].

[8] United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA), "Substitutes in Rigid Polyurethane and Polyisocyanurate Laminated Boardstock," 2025. [Online]. Available: https://www.epa.gov/snap/substitutes-rigid-polyurethane-and-polyisocyanurate-laminated-boardstock#self. [Accessed: 17-Jul-2025].

[9] UL Solutions, "Part B: Building Envelope Thermal Insulation EPD Requirements, UL 10010–1, Edition 4," 2025[Online]. Available: https://www.ul.com/resources/product-category-rules-pcrs.

[10] CEC, "Milestone Study on Plastics Waste Management in the US and Canada," Montreal, Canada, 2024[Online]. Available: https://www.cec.org/wp-content/uploads/Plastics_Full-Study.pdf.

[11] NSF International, "NSF Certification Policies for Environmental Product Declarations (EPD)," 2022.

[12] Vertima, "PIMA Life Cycle Assessment of Rigid Polyisocyanurate Foam Board Insulation," 2025.

POLYISOCYANURATE INSULATION MANUFACTURERS ASSOCIATION

3101 Wilson Blvd., Suite 500

Arlington, Virginia

22201, USA

www.polyiso.org

This LCA and EPD were prepared by Vertima Inc.

EPD

604 Saint Viateur Street
Quebec, QC
(418) 990-2800
G2L 2K8 CANADA

vertima
Environmental certification experts
vertima.ca