



Fiche technique n° 15

Analyse environnementale et économique du cycle de vie de l'isolation en polyuréthane dans les bâtiments basse consommation

Synthèse

Les performances concernant l'environnement et le prix constituent deux des critères principaux de sélection pour la spécification des produits de construction. Si on y ajoute enfin la donnée sociale, ces 3 critères représentent alors les trois piliers du développement durable.

Le législateur, l'industrie, les ONG et les utilisateurs finaux s'accordent sur le besoin pour l'industrie de la construction de s'orienter vers des concepts et des designs de bâtiments plus durables. La question qui fait encore débat est de savoir comment cette durabilité pourrait être correctement évaluée et quels outils pourraient guider les constructeurs, les concepteurs, les architectes et les législateurs dans le choix éclairé de matériaux.

La plupart des experts reconnaissent que la durabilité des produits de construction ne peut être évaluée qu'au niveau de l'unité fonctionnelle, c'est-à-dire du bâtiment ou, au moins, un des composants ou éléments du bâtiment. Cette approche est adoptée, entre autres, par le CEN/TC 350 – le comité technique chargé de développer les normes européennes harmonisées pour l'évaluation des bâtiments quant à leur durabilité.

D'autres préfèrent définir des normes de performances sur les produits ou matériaux composant le bâtiment, en partant du principe que l'on peut réaliser des bâtiments durables simplement en assemblant des produits dits « verts ». C'est le point de vue adopté dans la définition de la plupart des critères des écolabels et des achats publics verts concernant les produits de construction, ou pour établir des guides prêts à l'emploi pour influencer les choix des matériaux de construction. Cependant, il est

facile de démontrer que cette approche ne conduit finalement pas nécessairement aux meilleures solutions en pratique.

PU Europe a mandaté le BRE, l'Établissement de recherche du bâtiment au Royaume Uni, pour quantifier les coûts globaux environnementaux et économiques de l'isolation polyuréthane (PU) et d'autres matériaux isolants dans les bâtiments basse consommation.

L'étude arrive aux conclusions suivantes :

- **Dans nombre de conceptions de bâtiments basse consommation, l'isolation PU génère les coûts de cycle de vie les plus bas, grâce à des économies d'énergie plus élevées ou, à Valeur R égale, à une utilisation réduite de matériaux et des effets induits sur le bâtiment.**
- **Grâce à son efficacité élevée et aux faibles effets induits sur le bâtiment, la performance environnementale du cycle de vie de l'isolant polyuréthane (PU) dans les bâtiments basse consommation est comparable à celle des autres matériaux courants tels la fibre minérale ou le polystyrène expansé (PSE). Elle est parfois meilleure dans certaines applications.**
- La vraie durabilité des matériaux isolants ne peut être évaluée qu'au niveau du système, à savoir le bâtiment ou composant du bâtiment tout entier. La sélection des matériaux ne peut être isolée du contexte du bâtiment et des effets induits du choix du matériau isolant, et l'épaisseur résultant des composants peut devenir significative en termes de performance environnementale et économique.
- Les évaluations basées sur un seul indicateur (énergie incorporée, source bio) déconnectées du contexte du bâtiment et ne prenant pas toujours en compte toute la durée de vie du produit ne fournissent pas des informations appropriées utilisables.

- La part de l'isolation dans l'impact environnemental global d'un bâtiment (ou composant) est faible.
- D'avantage de recherches seront nécessaires pour inclure les effets environnementaux et économiques des bâtiments de plus grande dimension dans les modèles d'analyse de cycles de vie. Lorsque des matériaux isolants moins efficaces sont utilisés, l'impact d'une maison familiale isolée en PU peut aller jusqu'à un gain de 4 m².

Remarque:

L'industrie du PU est en train d'actualiser les écoprofiles de ses matières premières les plus importantes. Les premiers résultats indiquent que, dans toutes les catégories d'impacts, l'impact global sur l'environnement de l'isolation PU sera déjà considérablement inférieure aux chiffres utilisés dans cette étude. Par exemple, il se peut que le potentiel global de réchauffement des polyols ait diminué de 43 % ces dernières années. Les polyols représentent environ 20-30 % de l'ensemble des matières premières. La révision de l'écoprofil des MDI (55-65 % des matières premières) est également en cours.

Qu'est-ce qu'une ACV et son CCV ?

L'**analyse du cycle de vie (ACV)** est une compilation et une évaluation des entrées, des sorties et des impacts potentiels environnementaux d'un système de produit tout au long de son cycle de vie, qui inclut l'extraction des matières premières, la fabrication, l'utilisation et la mise au rebut éventuelle des différents composants. Dans ce contexte, un bâtiment ou un système assemblé est considéré comme un "produit" ou une partie d'un « système produit ».¹

Pour cette étude, des évaluations ACV ont été menées pour déterminer les impacts environnementaux associés aux matériaux et à la consommation d'énergie pour les conceptions alternatives incluses dans le projet. L'objectif de ce travail consistait à comparer l'impact des matériaux entre eux, et leur impact sur la consommation d'énergie en phase d'utilisation.

L'expérience ACV a choisi une période d'étude sur 50 ans, afin de s'aligner sur la partie coût du cycle de vie du projet. Les résultats ont été présentés sous forme de données caractérisées et normalisées pour les catégories d'impact sur l'environnement :

- GWP Potentiel de réchauffement global (kg CO₂ eq)
- ODP Potentiel de destruction de l'ozone (kg CFC11 eq)
- EP Potentiel d'eutrophisation (kg PO₄)
- AP Potentiel d'acidification (kg SO₂ eq)
- POCP potentiel de formation photochimique d'ozone (kg éthène eq)

Ces indicateurs ont été utilisés car ils représentaient les indicateurs d'impact proposés dans le TC350² au moment où le projet a été démarré. Les données ont été standardisées en les ramenant aux impacts annuels d'un citoyen d'Europe de l'Ouest, représentant significatif de l'UE15 (plus la Norvège et la Suisse).

Le coût du cycle de vie (CCV) est une technique visant à établir le coût total d'exploitation. Cette approche structurée analyse tous les éléments de ce coût et on peut l'utiliser pour produire un profil de dépense du bien pendant sa durée de vie projetée. Par souci pratique, ces coûts sont habituellement regroupés en trois catégories : le coût initial, le coût opérationnel et le coût d'élimination (si applicable).

L'analyse LCC demande de diminuer les coûts d'année en année pour refléter la valeur temporelle de l'argent. La valeur dans le temps/présent est calculée comme suit : $X/(1+r)^n$.³

Prioriser pour atteindre le meilleur résultat possible :

- Bien que les ACV et LCC constituent sans aucun doute des considérations importantes, le but primordial d'une isolation est d'améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments, aussi les concepteurs devraient en premier lieu rechercher des solutions qui garantissent la conductivité thermique de l'enveloppe la plus basse possible, afin de minimiser la consommation d'énergie et maximiser les économies de CO₂ pendant la durée de vie du bâtiment.
- Deuxièmement, le bâtiment doit être conçu et ses composants choisis dans le but de maintenir la performance thermique de cette enveloppe pendant toute la durée de vie du bâtiment. Il est essentiel de réduire le risque d'échec et de choisir un matériau adapté à cet objectif, dans le détail. Il faut porter une attention particulière à la perméabilité à la vapeur, la sensibilité à la moisissure et à la condensation, à la ventilation et aux dégradations physiques possibles.
- Troisièmement, évaluer les coûts sur la durée de vie pour le composant ou le bâtiment tout entier en intégrant bien tous les coûts cachés et additionnels liés aux exigences d'installation spécifiques de l'isolation.
- Ce n'est qu'une fois ces trois précautions seront prises que les choix possibles devront être poussés plus loin en évaluant les différentes options de conception au niveau du cycle de vie du bâtiment.

Pourquoi faut-il évaluer les produits de construction au niveau du bâtiment ?

A son niveau le plus simple, l'ACV est capable de prendre en compte toute une gamme d'impacts environnementaux pour un seul produit du bâtiment. Cependant, pour établir des comparaisons valides, les concepteurs ont besoin d'informations sur un élément complet d'un bâtiment, tel qu'un mur, un toit ou un sol. Un élément de bâtiment est généralement fait de plusieurs produits et les écoprofiles en tiennent compte en ajoutant la contribution des parties composant la construction.

Le fait de sélectionner simplement les composants ayant chacun un faible impact environnemental individuellement et en les assemblant ensemble ne donne pas nécessairement des résultats optimaux pour l'élément de construction global. Par exemple, un produit isolant à faible impact environnemental peut très bien offrir une performance médiocre, d'où un besoin d'une plus grande épaisseur pour atteindre les mêmes valeurs U qu'un meilleur produit du point de vue thermique ayant un impact environnemental plus élevé. L'épaisseur plus élevée du produit moins performant peut créer des effets induits sur la taille de la construction et la quantité d'autres matériaux nécessaires, augmentant de ce fait les impacts environnementaux tout autant qu'économiques de la construction globale.

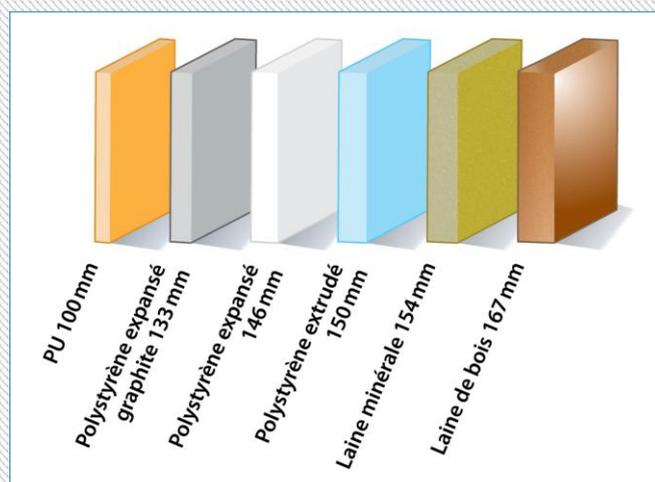


Figure 1 : Epaisseur de différents matériaux isolants à valeurs R égales

Dans certaines applications, le poids de la couche isolante peut varier d'un rapport de 1/6 à 1/10 pour une même valeur U de l'élément de bâtiment.

Ce contexte est par conséquent déterminant, munis de toutes les informations pertinentes, les concepteurs vont pouvoir alors établir des comparaisons valides entre les impacts environnementaux de différentes constructions d'une manière pratique et réaliste.

Objectifs de l'étude et établissement du bâtiment modèle

Les objectifs de l'étude :

L'objectif global de l'étude était de quantifier la contribution de l'isolation PU (PUR/PIR) sur la performance environnementale et économique dans les bâtiments basse consommation et de les comparer à l'utilisation de matériaux isolants alternatifs dans les applications étudiées. L'idée était de démontrer que les critères environnementaux au niveau du produit ou la comparaison de matériaux isolants sans connaître les exigences de la conception exacte du bâtiment ne menaient pas à des résultats significatifs.

L'élément innovant de l'étude était d'aller au-delà de la simple comparaison des impacts environnementaux par unité de poids ou Valeur R. Pour la première fois, une étude analysait également les effets induits des choix de matériaux sur le bâtiment lui-même (chevrons additionnels, fondations et toits plus larges, frais accessoires, etc.). C'est la raison pour laquelle les impacts des matériaux de construction diffèrent des différentes solutions d'isolation analysées par élément de bâtiment.

Bâtiment modèle :

Le BRE a retenu un bâtiment modèle et les composants du bâtiment, déterminé les solutions d'isolation et les choix des matériaux de construction dans ses propres bases de données. PU Europe a uniquement défini les valeurs U des composants du bâtiment sur la base des niveaux d'énergie des maisons basse consommation.

Le bâtiment modèle était une petite maison individuelle extraite du Rapport clients BRE : Logements standards pour la modélisation énergétique (CR444/98) de Peter Iles. La surface totale de plancher de cette maison d'un étage est de 104 m² avec un système de chauffage, d'éclairage constant, seule la sélection des matériaux d'isolation varie.

L'étude couvre trois zones climatiques : tempérée méditerranéenne, tempérée océanique et froide continentale. Le modèle de construction est courant et pertinent pour toutes les zones climatiques de l'étude.

Calculs d'émission d'énergie pour le chauffage de l'espace :

L'énergie utilisée pour le chauffage de l'espace a été calculée à l'aide d'une version de BRESAP amendée pour les différentes zones climatiques externes. La source d'énergie était le gaz naturel.

La consommation d'énergie pour le chauffage diffèrait évidemment entre les différents climats externes. Par exemple, en prenant la zone tempérée océanique pour référence de consommation, la consommation pour le chauffage dans les bâtiments neufs continentaux était plus élevée de 140 %.

L'étude s'est répartie sur trois facteurs :

Partie 1 : l'impact de l'isolation en bâtiment neuf du point de vue du bâtiment global.

Partie 2 : l'impact de l'isolation en cas de rénovation lorsque l'épaisseur est restreinte.

Partie 3 : l'impact de l'isolation en neuf dans le cas de toiture terrasse

Modèle de coût du cycle de vie :

La spécification pour les éléments et le coût de tous les composants ont été définis pour représenter les coûts typiques contractés par les propriétaires de bâtiment. Les graphiques CCV montrent le coût cumulé après 50 ans de service, à un taux d'intérêt de 3,5 %.

Des évaluations CCV ont été entreprises à l'aide du modèle de coûts de BRE, respectant la norme BS/ISO 15686 Part 5⁴, qui définit ainsi le coût du cycle de vie : le coût d'un bien ou de ses parties tout au long de son cycle de vie, tout en satisfaisant ses exigences de performance. Les coûts du cycle de vie ont donc inclus la maintenance normale et le remplacement prévisible des composants usés selon les cas.

Résultats de l'étude

Partie 1 : l'impact de l'isolation dans le neuf du point de vue du bâtiment complet, impact de la conductivité thermique

Dans l'étude du premier cas, l'ensemble du nouveau bâtiment – une maison indépendante de deux étages à trois chambres – a été analysé. Les valeurs U pour les différents composants du bâtiment ont été fixées comme suit :

Toit incliné :	0,13 W/m ² ·K
Murs creux :	0,15 W/m ² ·K
Sol rez-de-chaussée :	0,18 W/m ² ·K
Fenêtres :	2,10 W/m ² ·K

Une perte de chaleur associée à un pont thermique :
γ-value = 0,08 W/m²·K.



L'objectif était d'évaluer la performance de chaque conception, en utilisant une isolation différente à base de PU, de laine de roche et de laine de verre. Du fait de leurs différents niveaux de conductivité thermique, ils ont été utilisés à des épaisseurs différentes pour atteindre les mêmes valeurs U. En fait, pour atteindre une valeur U de 0,15 W/m²·K pour le mur creux, il a suffi de 180 mm d'isolant PU, tandis que les solutions en laine de roche et laine de verre ont nécessité une couche isolante de 270 mm. Les solutions pour le toit incliné ont utilisé 190 mm de PU, 300 mm de laine de verre et 310 mm de laine de roche.

Isolation	Polyuréthane		Laine de roche		Laine de verre	
	Mur creux	Toit incliné	Mur creux	Toit incliné	Mur creux	Toit incliné
Épaisseur mm	180	90* 100**	270	220* 90**	270	300*
Densité kg/m³	32	32	39	45* 145**	17	17
Poids Kg/m²	5,76	5,76	10,53	22,95	4,59	4,59
Lambda W/mk	0,022	0,023	0,037	0,038	0,032	0,037
Valeur U W/m²K	0,15	0,13	0,15	0,13	0,15	0,13

*Entre les chevrons

**Par-dessus les chevrons

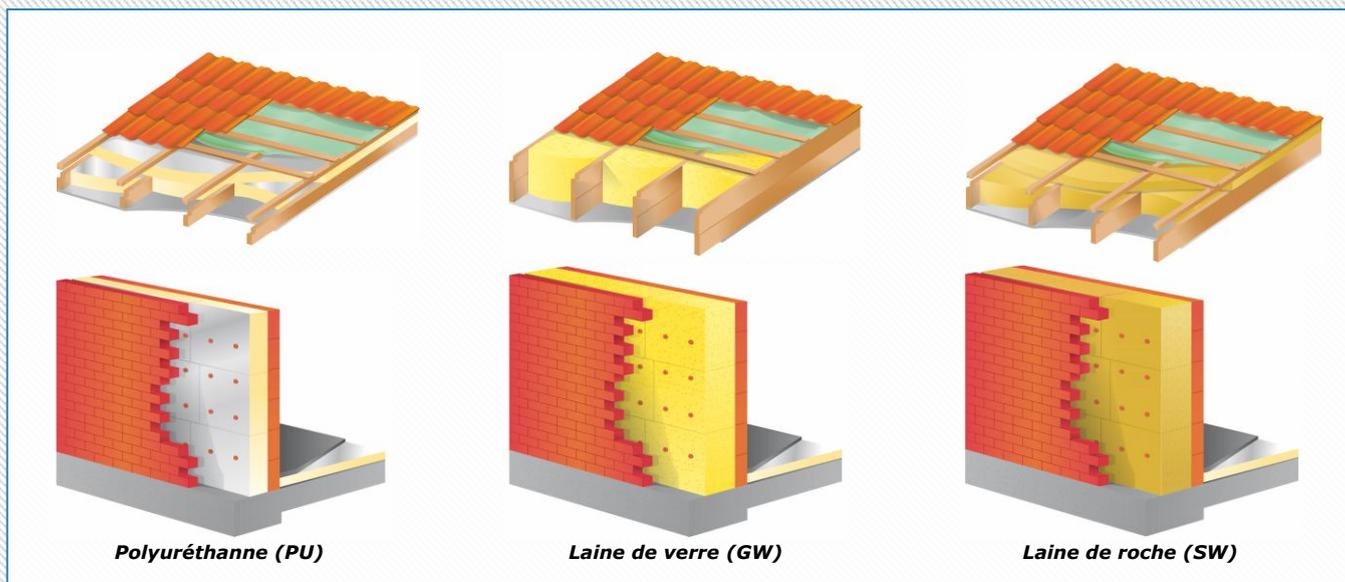


Figure 2 : Solutions pour l'isolation du toit incliné et du mur creux montrant l'épaisseur proportionnelle de la couche d'isolation

Dans la mesure où la surface et le volume habitables devaient être maintenus constants, la conception du bâtiment a dû être adaptée pour tenir compte des différences d'épaisseur des composants (Figure 2).

Analyse du cycle de vie :

La Figure 3 montre l'impact environnemental normalisé avec les cinq indicateurs sélectionnés (GWP, AP, POCP, EP et ODP) pour l'isolation en PU, en laine de verre (GW) ou en laine de roche (SW).

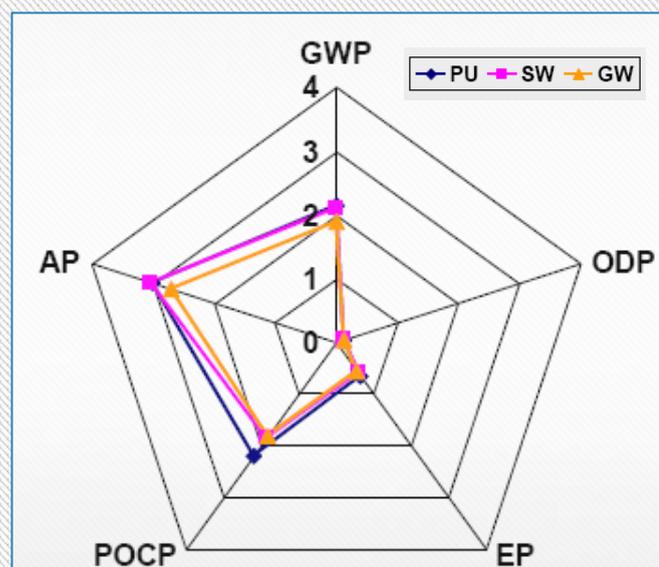


Figure 3 : Bâtiment global : impacts environnementaux normalisés par catégorie d'impact (climat tempéré océanique)

Les données normalisées fournissent une comparaison de

la taille relative de chaque catégorie d'impact environnemental. Les résultats excluent la contribution à l'impact environnemental provenant de l'énergie consommée lors de la phase d'utilisation, car elle est comparable dans les trois solutions.

La "toile d'araignée" montre clairement qu'au niveau du bâtiment, il n'y a pas de différences significatives dans les niveaux de performances. Les résultats sont similaires pour les trois zones climatiques.

Il faut noter que, pour les trois cas, le sol du rez-de-chaussée était isolé avec du PU à une valeur U constante de 0,18 W/m²·K. Un chapitre séparé a étudié l'utilisation du PSE à la place du PU pour ce même sol, ce qui arrive aux mêmes conclusions : les performances environnementales des deux matériaux ne sont pas fondamentalement différentes.

L'étude a également permis de comparer l'impact environnemental dans la construction et les matériaux d'isolation en intégrant l'utilisation de l'énergie du bâtiment dans les trois zones climatiques (Figure 4).

La Figure 4 montre que les matériaux de construction et d'isolation de la maison modèle représentent seulement un tiers du GWP total, deux tiers environ provenant de la consommation d'énergie des bâtiments. Ceci contredit quelque peu les affirmations selon lesquelles, dans les conceptions de basse consommation, l'impact environnemental des matériaux de construction excéderait celui de la phase d'utilisation du bâtiment.

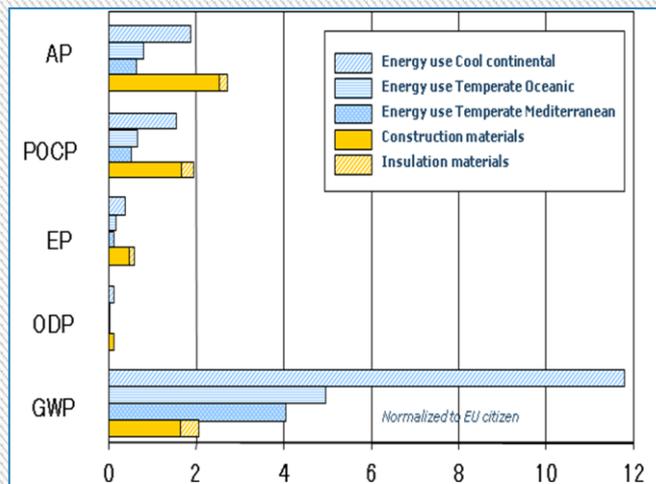


Figure 4 : Données normalisées – consommation d’énergie, matériaux de construction et d’isolation (l’impact des matériaux de construction et d’isolation est la moyenne des trois solutions)

D’un autre côté, les AP, POCP et EP des matériaux de construction et d’isolation étaient plus élevés que ceux correspondant à l’utilisation du bâtiment.

Une autre conclusion importante est que la part des matériaux d’isolation dans l’impact environnemental total d’un bâtiment est très faible.

Les coûts du cycle de vie :

L’analyse CCV de l’élément du mur et de l’élément du toit a montré que, pour toutes les zones climatiques et dans chaque cas, la solution PU était plus économique sur le cycle de vie de 50 ans de l’élément du bâtiment.

Notamment, le toit incliné en PU s’est avéré 20 % moins cher (figure 5). Le sol n’a pas été analysé car l’isolant utilisé était du PU dans tous les cas.

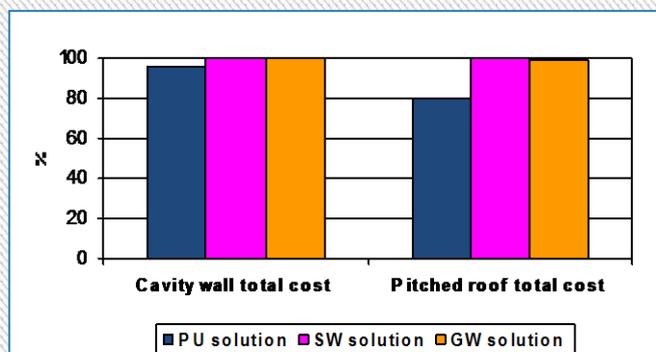


Figure 5 : CCV du mur creux et du toit incliné pour le climat tempéré océanique (coûts cumulés sur 50 ans, taux d’intérêt de 3,5 %)

Les coûts globaux supérieurs pour la laine de verre et la laine de roche peuvent s’expliquer par les quantités différentes d’isolant nécessaires pour atteindre les valeurs U requises et les effets induits de l’épaisseur de l’isolant sur le bâtiment lui-même. Davantage de mur de briques externe, des crochets plus longs et une fondation plus large ont été nécessaires dans le cas du mur creux. Les résultats du toit incliné ont été affectés par la nécessité de chevrons plus profonds et une surface de couverture plus importante.



Un mur creux plus épais impacte des besoins additionnels pour le toit et le sol. Pour un site de construction important, cela peut affecter la densité ou le nombre de propriétés pouvant être bâties sur le site, par exemple, au pire des cas, 4,00 m² de plus en surface du toit pour chaque maison implique que l’on ne pourra construire que 9 bâtiments dans ce terrain qui aurait pu en accueillir 10 si les murs extérieurs étaient moins épais. Le coût potentiel et l’impact environnemental de cet aspect n’a pas été pris en compte dans l’étude actuelle mais pourrait faire l’objet d’une recherche dans le futur.

Un chapitre séparé a étudié les solutions à base de PU et PSE pour atteindre les valeurs U requises de 0,18 W/m².K pour le sol de rez-de-chaussée. Les résultats ont montré que le coût du cycle de vie de l’isolation PU de 95 mm était environ 7 % inférieur dans toutes les zones climatiques par rapport à celui d’un polystyrène expansé (PSE) de 185 mm.

Conclusions pour la partie 1 :

• **ACV**

L'analyse montre que, au niveau du bâtiment, toutes les solutions obtiennent une performance environnementale similaire. On pourrait aussi démontrer que la contribution des matériaux isolants au poids environnemental du bâtiment est très limitée. Même en cas de bâtiments basse consommation, l'énergie consommée lors de la phase d'utilisation du bâtiment contribue bien davantage au réchauffement de la planète que les matériaux de construction et d'isolation qui ont été utilisés. D'autre part, les coefficients AP, EP et POCP des matériaux dépassaient ceux provoqués par l'utilisation du bâtiment.

• **CCV**

De toutes les solutions couvertes par l'étude BRE, le PU a montré un coût de cycle de vie le moins élevé. Bien que ce résultat ne puisse pas être étendu à toutes les conceptions possibles de bâtiment, c'est un indicateur clair de la compétitivité des coûts des produits en PU.

Partie 2 : L'impact de l'isolation sur les bâtiments existants – L'impact des restrictions sur l'épaisseur

Dans cette 2^{ème} partie, un cas de rénovation typique a été examiné. La manière envisagée d'isoler le mur existant a été d'ajouter un isolant sur la face interne des murs (revêtement intérieur) et on a supposé que les propriétaires/utilisateurs du bâtiment ne voulaient pas sacrifier d'espace à l'intérieur. Par conséquent, l'épaisseur de la couche isolante a été restreinte à 50 mm. Au total, il fallait isoler une surface de mur de 134 m² dans la maison modélisée.

La contrainte imposée à l'épaisseur a entraîné des valeurs U différentes pour les diverses solutions en fonction des matériaux étudiés. Ceci occasionne des niveaux de consommation d'énergie différents dans la phase d'utilisation du bâtiment, la solution PU offrant les meilleures économies d'énergie.

L'efficacité globale du bâtiment modèle était inférieure à celle du bâtiment neuf analysé en partie 1, avec les valeurs U suivantes utilisées :

- Toit incliné : 0,40 W/m².K
- Sol : 0,67 W/m².K
- Fenêtres : 2,7 W/m².K
- Perte de chaleur associée avec le pont thermique : γ -value = 0,15 W/m².K.

Isolation	Solution PU	Solution PSE	Solution SW	Solution GW
Épaisseur mm	50	50	50	50
Densité kg/m³	32	30	39	24
Lambda W/mk	0,023	0,034	0,037	0,035
Valeur U W/m²K	0,36	0,47	0,54	0,54
Surface murs m²	134	134	134	134

Le BRE a proposé deux installations techniques différentes dans la modélisation, qui reflétaient les pratiques courantes lorsque l'on utilise les différents matériaux isolants. Les matériaux d'installation utilisés sont un plâtre adhésif pour le PU et PSE, et une structure en charpente pour la laine de verre et la laine de roche (voir figure 6).

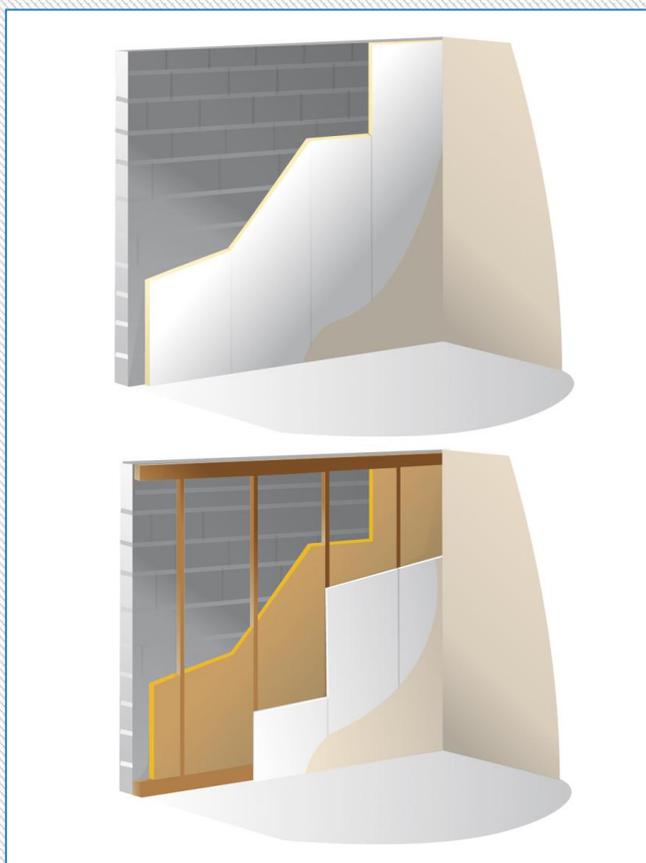


Figure 6 : Les installations techniques utilisées pour le PU et PSE (ci-dessus), et la laine de verre et la laine de roche (ci-dessous)

Analyse du cycle de vie :

L'ACV a examiné non seulement les impacts environnementaux des matériaux de construction/isolation, mais également les impacts causés par la consommation d'énergie au cours de la phase d'utilisation du bâtiment. Cette phase était nécessaire, car les différentes solutions isolantes résultaient en des valeurs U différentes et, de ce fait, en niveaux de consommation d'énergie différents.

Pour les trois zones climatiques, l'analyse a montré à nouveau un impact environnemental global similaire pour toutes les solutions couvertes (voir figure 7).

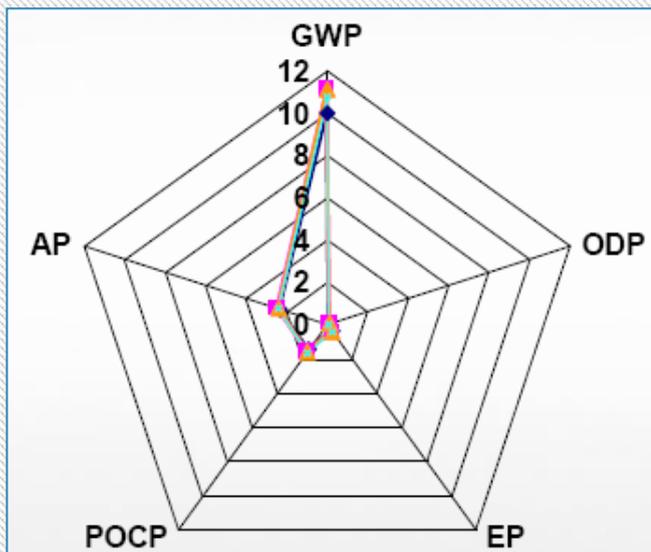


Figure 7 : Revêtement intérieur : impacts environnementaux normalisés par catégorie d'impact (climat tempéré océanique)

L'étude a également comparé la contribution de consommation d'énergie, pour les matériaux de revêtement intérieur et pour l'isolation séparément. Elle a mesuré pour chaque indicateur environnemental, et a exprimé les résultats en tant que données caractérisées, c'est-à-dire en pourcentage de la valeur maximale dans chaque catégorie d'impact (Figure 8). On peut tirer les conclusions suivantes :

- En examinant les résultats globaux, les différences entre les diverses solutions pour chacune des catégories d'impact ne sont pas significatives. La variation la plus importante se trouve dans les contributions au réchauffement de la planète, qui sont d'environ 9 % inférieures pour la solution PU par rapport à la plus mauvaise solution. D'un point de vue ACV, cette variation n'est toutefois pas significative.
- A l'exception du potentiel d'acidification (AP), les matériaux d'installation du revêtement intérieur ont une contribution faible à négligeable envers l'impact total du composant de bâtiment. L'impact environnemental des matériaux isolants est négligeable dans toutes les catégories d'impact.
- La partie agrandie de la Figure 8 démontre que, tandis que la solution PU génère un impact environnemental élevé pour certains indicateurs, il s'avère que la solution PU globale a un impact similaire ou légèrement inférieur aux autres solutions. En fait, ceci provient du fait que les économies d'énergie supérieures réalisées par PU compensent son impact environnemental plus élevé. Ceci illustre bien pourquoi la sélection de matériaux d'isolation ne peut pas être déconnectée du contexte du cycle de vie du bâtiment.

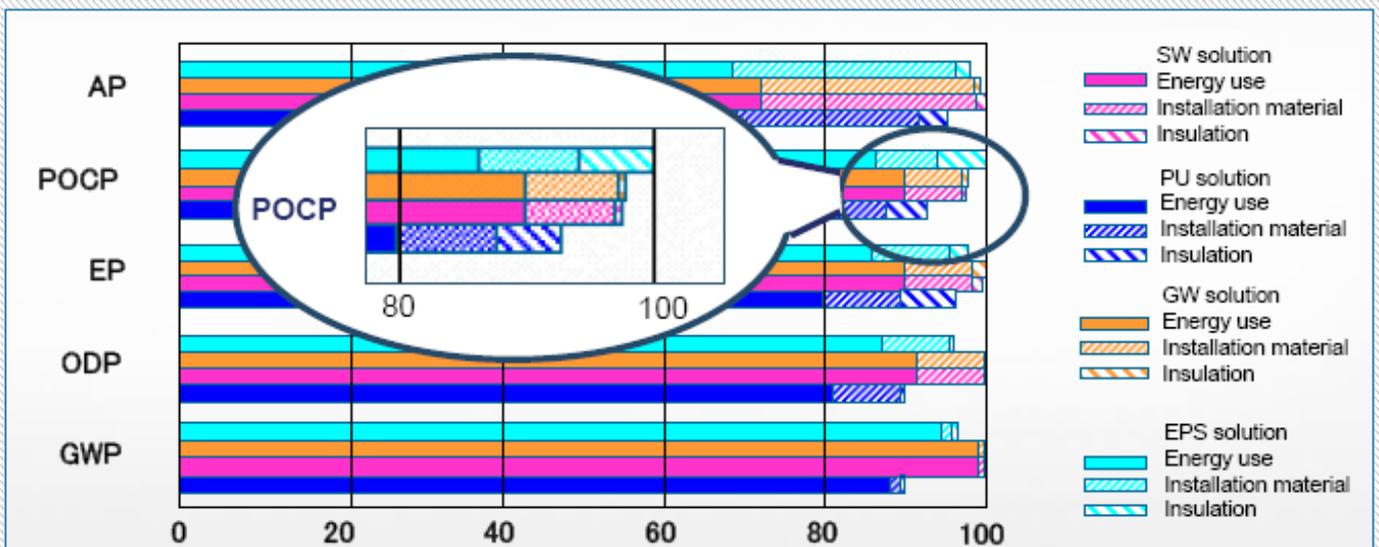


Figure 8 : Résultats ACV exprimés en données caractérisées (relatives à une valeur maximale dans chaque catégorie d'impact – Analyse de la contribution de l'énergie et des matériaux (climat tempéré océanique)

Coûts du cycle de vie :

L'analyse CCV de l'isolation du mur interne a montré des résultats similaires pour chacune des trois zones climatiques. En moyenne, pour une durée de vie de 50 ans, la solution PSE était 8 % plus chère que la solution PU, et les solutions en fibre minérale 11 % (Figure 9). La meilleure performance du PU s'explique par les économies d'énergie plus importantes atteintes lors de la phase d'utilisation du bâtiment.

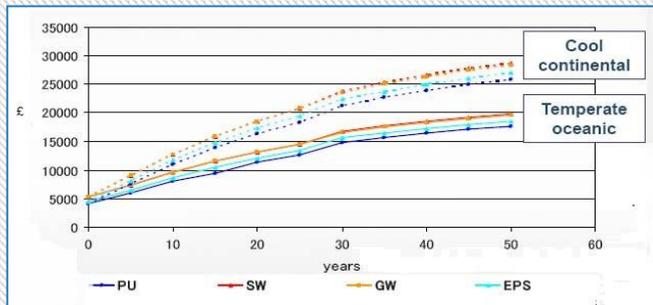


Figure 9 : LCC des solutions de revêtement intérieur pour deux zones climatiques (coûts cumulés sur 50 ans, intérêts 3,5 %)

Conclusions pour la partie 2 :

• **ACV**

L'analyse a montré que, au niveau du bâtiment, toutes les solutions d'isolation montrent une performance environnementale très similaire. La plus grande économie d'énergie réalisée avec la solution PU compense largement l'impact supérieur du matériau PU lui-même pour tous les indicateurs d'impact.

• **CCV**

De toutes les solutions couvertes par ce chapitre, le PU affiche le coût de cycle de vie le plus bas.

Partie 3 : Construction neuve toiture terrasse – impact des exigences techniques spécifiques



Pour cette 3^{ème} partie de l'étude, le toit de la maison modélisée a été remplacé par une toiture horizontale d'une valeur U de 0,15 W/m².K (Figure 10). La consommation d'énergie pendant la phase d'utilisation du bâtiment n'a pas été prise en compte car elle a été supposée identique pour toutes les solutions.

Les matériaux isolants utilisés en toiture terrasse, et particulièrement ceux destinés à supporter un trafic piédestre, doivent offrir des propriétés mécaniques comme une résistance à la compression suffisante, une résistance aux pas et une densité adéquate. Ceci peut affecter la performance environnementale globale d'un matériau particulier.

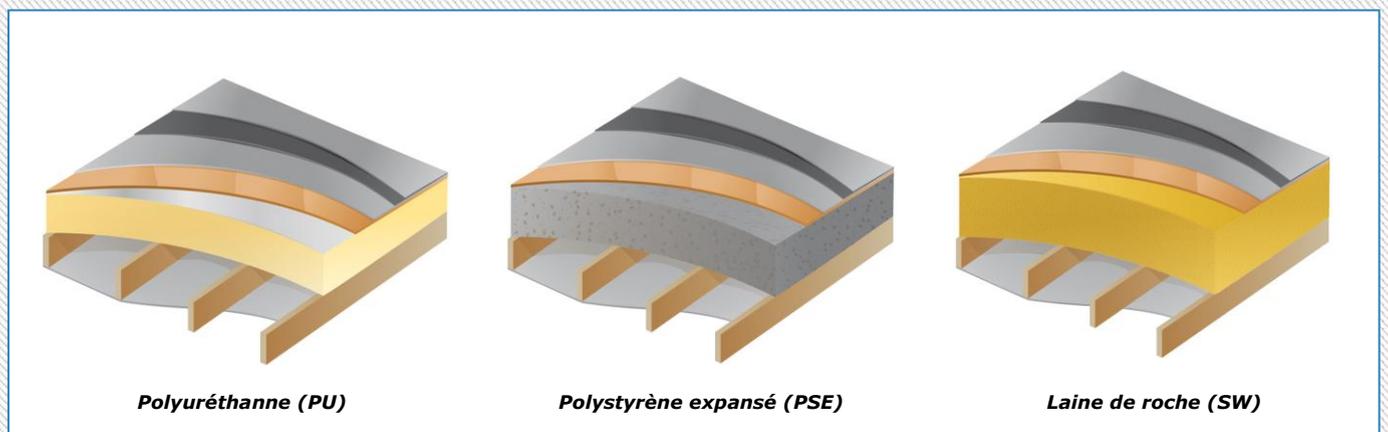


Figure 10 : Les solutions de conception du toit plat illustrant l'épaisseur proportionnelle de la couche isolante.

Sur la base de la valeur U à atteindre et des niveaux de conductivité thermique des matériaux isolants, le BRE a proposé les solutions de conception typiques de toiture :

Isolation	PU	PSE	SW
Densité <i>kg/m³</i>	32	30	39
Conductivité thermique <i>W/m·K</i>	0,023	0,034	0,038
Épaisseur <i>mm</i>	150	220	255
Surface du toit <i>m²</i>	64	64	64
Poids <i>Kg/m²</i>	307	422	2121

Analyse du cycle de vie :

Contrairement aux parties 1 et 2, l'analyse de la toiture terrasse révèle des différences plus significatives entre les matériaux (Figure 10). La solution PU donne un GWP 26 % inférieur à la solution en laine de roche. Le POCP de la solution PU était 30 % inférieure à celle du PSE et l'AP 57 % inférieure à celui de la laine de roche.

Les différences significatives peuvent s'expliquer par le fait que le PU peut offrir une performance mécanique élevée avec une faible densité et une faible épaisseur, ce qui réduit l'intensité du matériau. En fait, la toiture de 64 m² analysée dans cette étude a requis 307 kg PU, 422 kg de PSE et 2121 kg de laine de roche.

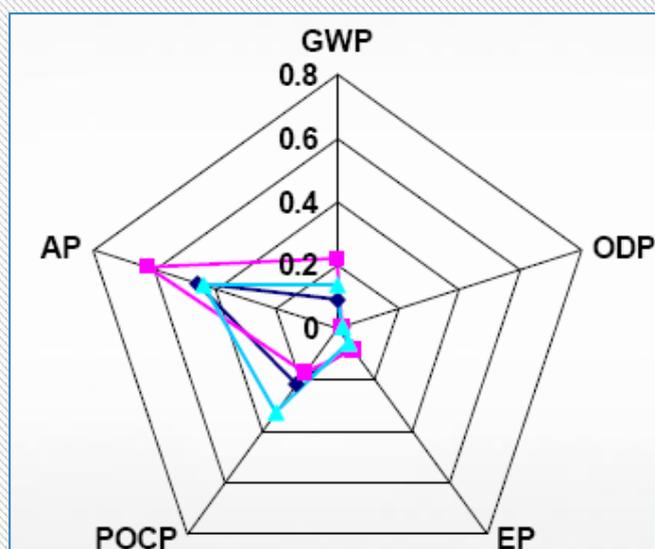


Figure 10 : toit plat : impacts normalisés par catégorie d'impact (matériau et isolation du toit)

Coûts du cycle de vie :

Les résultats pour la partie 3 toiture terrasse en neuf ont indiqué que le coût du cycle de vie le plus bas revient à une isolation de 150 mm de polyuréthane (- 5 %) lorsqu'il est utilisé dans toutes les régions, suivi par du polystyrène expansé de 220 mm puis enfin de la laine de roche de 255 mm (voir la Figure 11).

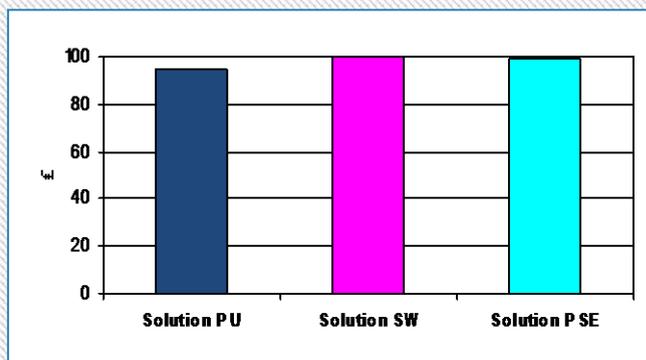


Figure 11 : LCC des solutions pour le mur creux et le toit incliné (coûts cumulés sur 50 ans, taux de réduction de 3,5 %)

Conclusions pour la partie 3 :

- **ACV**
Lorsqu'il faut respecter de propriétés mécaniques spécifiques, l'utilisation du polyuréthane avec sa faible densité et sa faible épaisseur peut apporter de gains environnementaux significatifs.
- **CCV**
La solution PU a démontré le coût de cycle de vie le plus bas.

Conclusions

Bien qu'elle ait été conçue par un tiers indépendant et se soit basée sur des solutions de conception courantes, cette étude ne peut refléter tous les choix possibles en termes d'architecture et de matériaux. On ne peut pas en conséquence extrapoler les résultats à d'autres bâtiments. Cependant l'étude a produit certaines conclusions de valeur qui pourraient donner lieu à de plus amples travaux de recherche :

- L'isolation constitue une contribution clé à une construction durable.
- La sélection du matériau isolant ne peut pas être déconnectée du contexte spécifique du bâtiment.
- Les matériaux isolants en général ont un faible impact sur la performance environnementale globale du bâtiment : même dans le cas de bâtiments basse

consommation. Lorsqu'on les compare entre eux, les matériaux isolants les plus courants affichent une performance environnementale très similaire lorsqu'ils sont évalués au niveau du bâtiment sur le cycle de vie tout entier.

- Le choix des matériaux isolants devrait par conséquent être basé en tout premier lieu sur leur aptitude à fournir la meilleure performance au niveau du bâtiment et à maintenir la performance spécifiée durant leur cycle de vie complet.
- Initialement, l'étude aurait pu inclure la laine de verre (MW). Cependant, ce matériau n'a pas pu être étudié car il ne disposait pas de données ICV appropriées dans le domaine public pour pouvoir inclure ce produit dans cette étude ACV. L'introduction de matériaux d'isolation de nature végétale ou animale dans ce type d'étude demanderait davantage de recherches.
- La conductivité thermique et, dans certains cas, la densité d'isolation sont des propriétés cruciales à prendre en compte dans les évaluations ACV et CCV, car elles définissent l'intensité du matériau et les effets induits sur la structure du bâtiment, et par conséquent sa performance globale en termes d'environnement et de coûts.
- Lorsqu'il est impératif de respecter des propriétés mécaniques spécifiques, telles que pour les toitures terrasses, l'utilisation de polyuréthane peut amener une meilleure performance environnementale.
- Les solutions d'isolation en PU dans les bâtiments basse consommation fournissent des coûts de cycle de vie inférieurs et peuvent prendre l'avantage sur les autres techniques d'isolation de manière significative.
- Dans le futur, les recherches devraient quantifier l'impact de l'augmentation de l'empreinte des bâtiments due aux murs plus épais, en termes d'environnement et de coûts.

Glossaire

AP	Potentiel d'acidification
EP	Potentiel d'eutrophisation
PSE	Polystyrène expansé
GW	Laine de verre
GWP	Potentiel de réchauffement global
ACV	Analyse du cycle de vie
CCV	Coûts du cycle de vie
ICV	Inventaire du cycle de vie
ODP	Potentiel de destruction de l'ozone
PU	Polyuréthane (PUR/PIR)
POCP	Potentiel de création photochimique de l'ozone
R-value	Résistance thermique d'un produit isolant ($m^2 \cdot K/W$)
SW	Laine de roche
U-value	Taux de déperdition de chaleur d'un bâtiment (ou élément) ($W/m^2 \cdot K$)
XPS	Polystyrène extrudé

Notes

- [1] prEN 15643-1:2008 Durabilité des ouvrages de construction – Évaluation des bâtiments quant à la durabilité – Partie 1 : Cadre général
- [2] TC350 est le Comité technique chargé du développement de méthodes standardisées pour l'évaluation des aspects de durabilité des ouvrages de constructions neuf et existants, et pour établir des normes lors de la déclaration environnementale de produit pour les produits de construction
- [3] X= valeur d'investissement, r= taux d'intérêt ou taux de réduction, n= nombre d'années
- [4] BS/ISO 15686-5 2008 Bâtiments et biens de construction – Planning de la vie utile – Partie 5 : Évaluation des coûts du cycle de vie