

CONCLUSION

L'isolation de la toiture par l'intérieur a permis une mise en œuvre simple et efficace, notamment grâce à la géométrie régulière de la charpente. La conservation temporaire de la sous-toiture légèrement endommagée a permis d'éviter la dépose des tuiles, mais a nécessité la pose d'une sous-toiture de substitution et une vigilance accrue par rapport

à l'étanchéité. Les matériaux de réemploi, notamment la laine de roche et le PIR (un peu moins le PUR), étaient en bon état et furent faciles à poser, facilitant ainsi l'auto-construction. Les performances thermiques sont proches de celles des matériaux neufs, malgré quelques variations selon les types et états des isolants récupérés.



ISOL'UTION  
UTILISONS DU RÉEMPLOI

ISOL'ution est un projet pilote soutenu par Bruxelles Environnement dans le cadre de RENOLAB.ID. C'est une collaboration entre le département ATM de l'ULB, La Rue asbl et Casa Blanco. Le projet vise à tester la réutilisation d'isolants de réemploi dans des chantiers de rénovation énergétique à Bruxelles. Les matériaux isolants sont récupérés, triés, testés (principalement leur conductivité thermique) et réinstallés dans des logements.



CONTACT

**ATM ULB**  
[www.ulb.be](http://www.ulb.be)  
**+32 (0)2 650 26 73**  
[atm@ulb.be](mailto:atm@ulb.be)

**Casa Blanco**  
[www.casablanca.be](http://www.casablanca.be)  
**+32 (0)2 527 57 75**  
[info@casablanca.be](mailto:info@casablanca.be)

**La Rue asbl**  
[www.larueasbl.be](http://www.larueasbl.be)  
**+32 (0)2 410 33 03**  
[cre@larueasbl.be](mailto:cre@larueasbl.be)

FICHE  
RENOVATION

Les fiches de rénovation sont créées à partir des constats des chantiers pilotes réalisés dans le cadre du projet ISOL'ution. Elles illustrent les considérations à prendre en compte lors de la réutilisation des matériaux isolants dans différents types de bâtiments et selon les différents types d'isolants.

CHANTIER 9

ISOLATION TOITURE PAR L'INTÉRIEUR

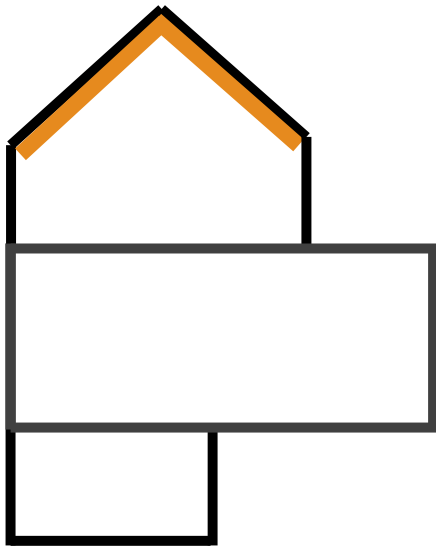


SITUATION EXISTANTE

Combles habités d'une maison, avec une chambre et salle de bain. Lucarne à caractère historique du côté de la rue.

Lieu d'intervention	maison unifamiliale
Etages concerné	3
Copropriétaires	1
Année de construction / rénovation lourde	1898
Type de construction	charpente en bois
Element à isoler	toiture
Surface de l'enveloppe	150

points d'attention temporairement, la sous-toiture légèrement endommagée est conservée afin de ne pas devoir enlever les tuiles



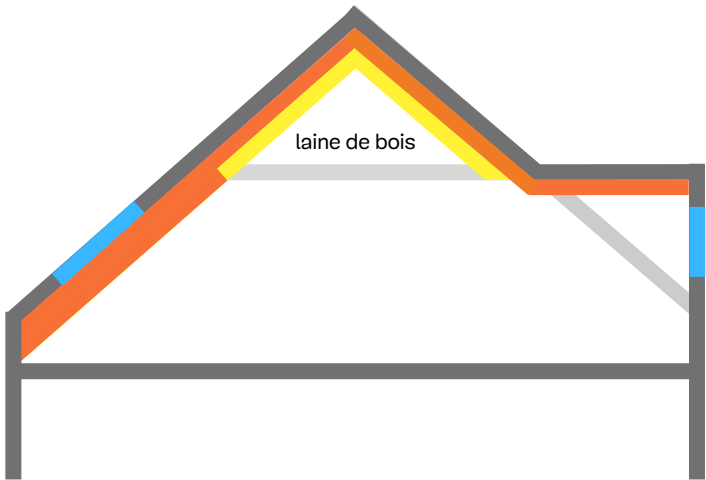
Section schématique de la typologie



CHOIX TECHNIQUE

Eléments à isoler	toiture
Côté de l'isolant	intérieur
Surface à isoler	65 m2
Méthode d'ancrage	entre les solives et fixé avec des vis
Type d'isolant utilisé	laine de roche + plaques synthétiques
Mise en œuvre	Auto-rénovation

fenêtre isolant réemployé structure

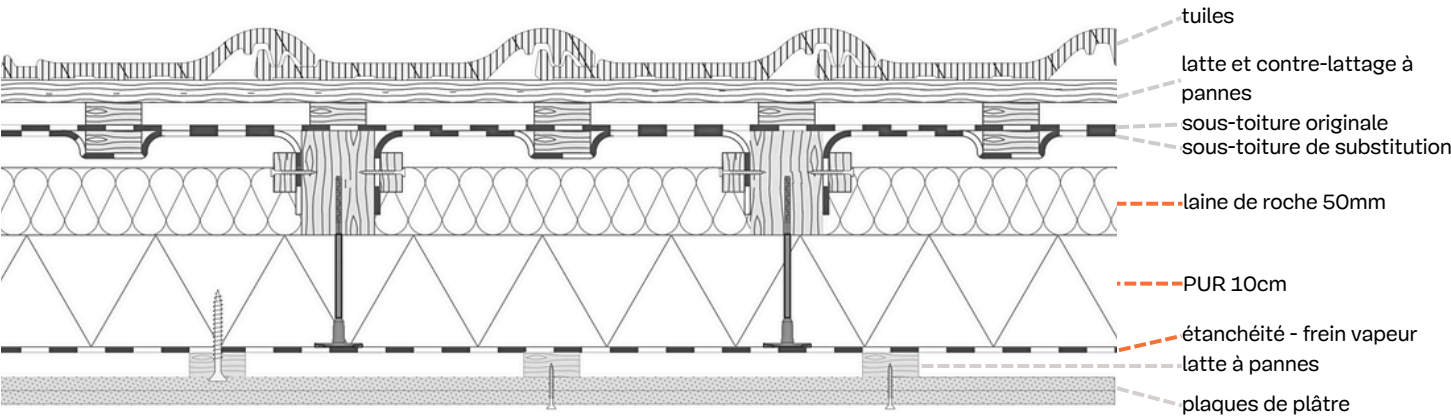


section simplifiée

Explication détail technique

La sous-toiture existante était légèrement endommagée. Ces dégâts ont d'abord été réparés, puis un lattage fut placé pour évacuer l'eau qui aurait pu se trouver derrière l'ancienne sous-toiture. Une sous-toiture de substitution fut placée ensuite pour protéger l'isolation de la pluie et rendre l'ensemble complètement étanche. Entre les solives, 6 cm de laine de roche ont été coincés.

Ensuite, des panneaux d'isolation synthétiques rigides ont été fixés sur toute la surface. En cas de combinaison de plusieurs matériaux isolants, le matériau le plus perméable à la vapeur doit être placé du côté froid. Un écran d'étanchéité à l'air doit être placé sur toute la surface ; il ne doit pas être hygrovariable en combinaison avec le sous-toiture d'origine. Les finitions ont ensuite été placées.



détail technique



MATÉRIAUX D'ISOLANT DE RÉEMPLOI UTILISÉ

En choisissant de conserver la sous-toiture existante et d'isoler par l'intérieur, le risque de pénétration de l'eau dans la toiture est nettement plus élevé. La hauteur sous plafond étant limitée à certains endroits, il y avait lieu de veiller au maintien du confort des pièces situées sous la toiture.

Une option à la fois performante et résistante à l'humidité était donc recherchée. On a rempli les espaces entre les solives avec de la laine de roche, facile à installer en raison de la souplesse du matériau. En dessous, une combinaison de panneaux PUR et PIR a été choisie parce qu'ils étaient facilement disponibles et aussi pour leur grande résistance thermique.



lot 1



lot 2



lot 3

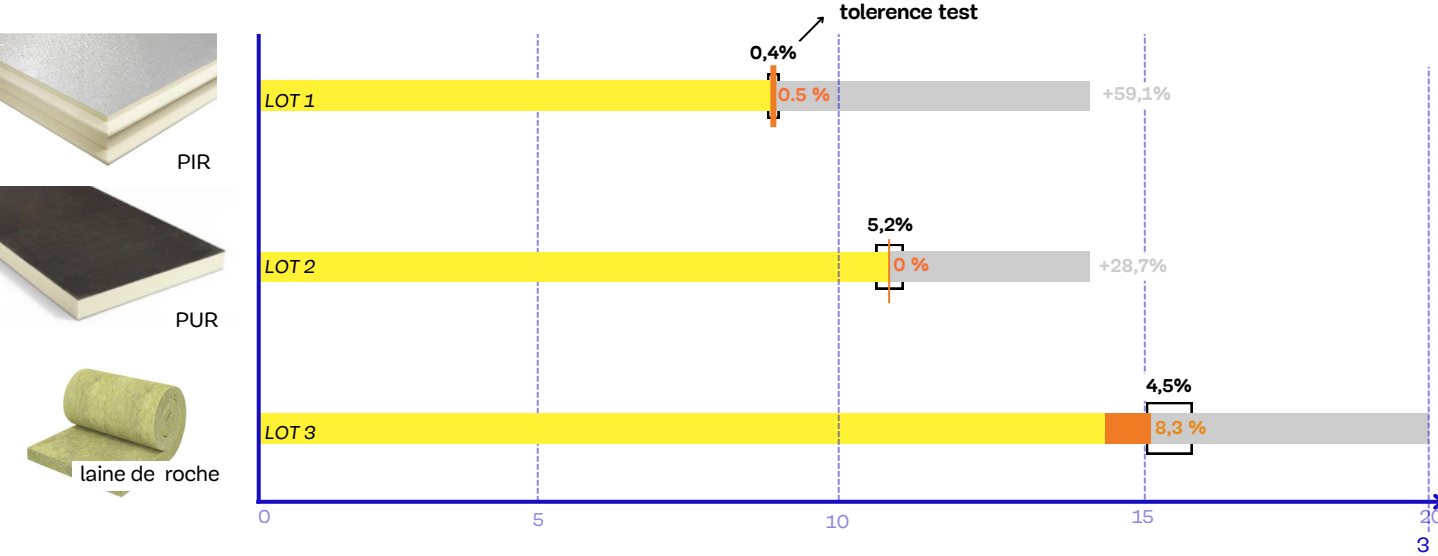
Résultats de tests de conductivité thermique

Le tableau ci-dessous se compose de deux parties. Tout d'abord, il énumère les matériaux utilisés et leurs caractéristiques. Ensuite, l'épaisseur de l'isolation est comparée en utilisant différentes valeurs lambda. L'épaisseur des panneaux isolants est calculée sur la base de la résistance thermique d'un nouvel isolant équivalent (orange), de la valeur moyenne mesurée (jaune) et de la valeur par défaut (gris). Si l'isolant ne possède aucun des agréments ou marquages susmentionnés,

la valeur par défaut de la conductivité thermique de l'annexe A de la norme belge NBN B 62-002 (dernière édition) est utilisée pour calculer le coefficient de résistance thermique. Les épaisseurs sont calculées sur base d'une résistance thermique de 4 m².K/W (c'est l'épaisseur minimale dans le cadre des primes RENOLUTION pour l'isolation d'une toiture). L'encadré noir indique la tolérance du test à respecter lors de l'analyse des résultats.

matériaux	type	lot	quantité	épaisseur	lambda test moyen	lambda neuf	valeur par défaut	fournisseurs
PIR	synthétique	1	m2	10 cm	0,0223	0,022	0,035	Seconde Main
PUR	synthétique	2		8 cm	0,0272	0,027	0,035	Trovo
laine de roche	minérale	3		5cm	0,0379	0,038	0,050	BatiTerre
					*1	*2	*3	

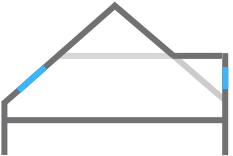
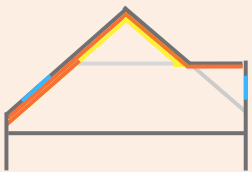

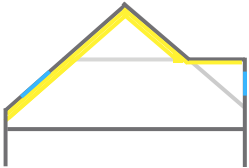

Epaisseurs en cm de l'isolant pour obtenir une résistance thermique de R: 4 m2.K/W





SCENARIOS DE RÉNOVATION



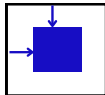


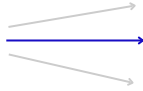


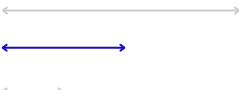



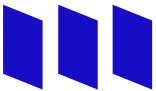

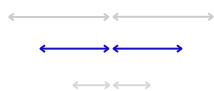




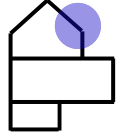

Ce tableau compare plusieurs scénarios : la situation d'origine, une rénovation avec des matériaux d'isolation réutilisés, et une avec des matériaux neufs. Il examine différents aspects : la composition de la paroi, la conductivité thermique de l'isolant, le prix, le score environnemental global, la part de l'isolant dans cet impact, l'impact sur le changement climatique et la performance thermique de l'élément. L'outil TOTEM a notamment été utilisé pour ces analyses. Ce tableau permet de prendre une décision éclairée sur l'utilisation ou non de matériaux réutilisés pour l'isolation d'un élément constructif.

toiture	Composition de la paroi	Surface à isoler (m2)	Résistance thermique isolant R (W/m².K)	Comparaison des coûts	Score environnemental (mPt/FU)	Impact par composant (mPt/FU)	Impact sur le changement climatique (kg CO2 eq./FE)	Performance thermique (W/m2.K)
<div>état initial</div> 	Toiture avec structure en bois Sous-toiture endommagée	0m2	Indique la capacité d'un isolant à ralentir le passage de la chaleur. Calculée en divisant l'épaisseur par la conductivité thermique (lambda). Plus R est élevé, meilleure est l'isolation.	Ce rayon est décomposé en plusieurs sous-éléments : main-d'œuvre (MO), matériaux (MT) et coûts supplémentaires. Pour chaque scénario, le prix est d'abord exprimé par mètre carré, puis en coût total pour l'ensemble du chantier. Cela permet une comparaison claire entre les différentes options.	Le graphique ci-dessous illustre le score environnemental de votre élément, basé sur l'outil TOTEM. Ce score est comparé à une échelle de valeur indicative, élaborée à partir des scores environnementaux des éléments similaires présents dans la bibliothèque TOTEM (en millipoints par m²). Les éléments bien représentés sont définis dans des classes de performance allant de A à F. Ces classes peuvent notamment servir de référence dans le cadre des marchés publics et du cadre d'évaluation GRO.	<div>matériaux 0,29</div> <div>énergie 187,13</div> <div>187,42</div>	3834.7 kgCO2 eq/m2	7.14 W/m2.K
<div>réemplois d'isolation</div> 	A L'INTERIEUR sous toiture de substitution + laine de roche 6cm + PUR 8cm + frein-vapeur	65 m2	lambda: 0,0379 (laine) 0,0272 (PUR) R: 4,77	PRIX: 38,8€/m2: 2523€ isolant: 4,6€/m2: 299€ MT: 36,6€/m2: 2379€ MO: 0€/m: 0€ transport: 150€	<div>7,08</div> 	<div>matériaux 1.69</div> <div>énergie 5,39</div> <div>isolant 0.38</div> <div>7,06</div>	132.4 kgCO2 eq/m2	0.21 W/m2.K
<div>isolation neuf</div> 	A L'INTERIEUR sous toiture de substitution + laine de roche 6cm + PUR 8cm + frein-vapeur	65 m2	lambda: 0,038 (laine) 0,027 (PUR) R: 4,54	PRIX: 44€/m2 2860€ isolant: 12€/m2: 780€ MT: 44 €/m2: 2860€ MO: 0€/m: 0€	<div>9,76</div> 	<div>matériaux 4,37</div> <div>énergie 5,39</div> <div>isolant 3.06</div> <div>9,76</div>	151.6 kgCO2 eq/m2	0.21 W/m2.K





RÉTOURS D'EXPÉRIENCE

Conception	Mise en œuvre	Conductivité thermique
<div><b>coté isolation</b></div> <div></div> <div>intérieur</div> <div><p>Pour économiser de l'argent et préserver les tuiles existantes, la toiture a été isoler par l'intérieur. Une grande attention doit être accordée à l'étanchéité à l'air et à la connexion entre les différentes couches.</p></div>	<div><b>état isolant</b></div> <div></div> <div>moyen</div> <div><p>La laine de roche et les panneaux PIR étaient en très bon état. Les panneaux PIR avaient même encore leur languette et leur rainure. Les panneaux PUR, en revanche, étaient en moins bon état. Elles contenaient encore des résidus de bitume qui ont du être enlevés être enlevés.</p></div>	<div><b>préparation échantillon</b></div> <div></div> <div>élevé</div> <div><p>En raison de la diversité des matériaux, le processus d'essai est devenu beaucoup plus complexe. C'était également consécutif aux deux lots relativement restreints de plaques synthétiques.</p></div>
<div><b>fixation</b></div> <div></div> <div>coincée</div> <div><p>La laine de roche était simplement insérée entre les poutres en bois de la toiture. Les plaques de PUR ont été fixées avec des vis avec un système à rupture thermique. Les deux applications sont facilement réversibles et permettront une éventuelle réutilisation future.</p></div>	<div><b>dimensions</b></div> <div></div> <div>uniforme</div> <div><p>Les panneaux PUR et PIR avaient une épaisseur différente, mais comme ils ont été utilisés sur les autres faces du toit, cece ne posait pas vraiment un obstacle. La laine de roche a des dimensions très uniformes.</p></div>	<div><b>évolution</b></div> <div></div> <div>stable</div> <div><p>Les différents isolants avaient une conductivité thermique très stable par rapport à un matériau similaire neuf.</p></div>
<div><b>humidité</b></div> <div></div> <div>élevé</div> <div><p>Cette application présentait un risque élevé de difficultés liées à l'humidité. La sous-toiture d'origine était endommagée. Il y avait également une salle de bain dans le grenier. L'étanchéité à l'air et les panneaux PUR et PIR sont en mesure de retenir l'humidité s'ils sont installés de manière tout-à-fait étanche.</p></div>	<div><b>manipulation matériaux</b></div> <div></div> <div>moyen</div> <div><p>La manipulation des matériaux se fait sans problème.</p></div>	<div><b>valeur par défaut</b></div> <div></div> <div>moyen</div> <div><p>Le panneau PIR est un isolant très performant. Par conséquent, l'inconvénient de l'application de la valeur par défaut est très élevé (près de 60 %), mais ce matériau contient un marquage en surface sur lequel le type précise peut être lue. Pour les autres matériaux, l'effet de l'application de la valeur par défaut est similaire à celui de la plupart des matériaux.</p></div>
<div><b>choix matériaux</b></div> <div></div> <div>synthétique + minérale</div> <div><p>La laine de roche était choisie, principalement parce qu'elle pouvait être facilement placée entre les structures du toit. Les plaques de PUR étaient choisies pour leur grande résistance à l'humidité et leur capacité thermique élevée.</p></div>	<div><b>installation</b></div> <div></div> <div>simple</div> <div><p>L'installation de ces matériaux est très facile. Il suffit de placer la laine de roche entre la structure et de visser les feuilles synthétiques. Le propriétaire, qui n'a pas de formation technique particulière, a réalisé ces travaux lui-même.</p></div>	<div><b>déformation isolant</b></div> <div></div> <div>moyen</div> <div><p>La laine de roche et les panneaux PIR sont en très bon état. Ils étaient donc peu déformés. Les panneaux PUR, en revanche, étaient en moins bon état et plus déformés sur les bordures et une partie de l'épaisseur est perdue du au poids appliquer sur la surface en continue.</p></div>
<div><b>disponibilité</b></div> <div></div> <div>très disponible</div> <div><p>La laine de roche est très disponible sur le marché des matériaux de réemploi, particulièrement en épaisseur moindre comme était le cas pour ce chantier ou l'isolant serait insérer entre les structures de 8 cm de la toiture. Les plaques de PUR sont également largement disponible. Ils sont pas toujours en très bon état par contre.</p></div>	<div><b>nuisance</b></div> <div></div> <div>moyen</div> <div><p>Il y a eu un léger dégagement de poussière lors de l'installation de la laine de roche, les résidus de bitume ont également causé une nuisance (surtout au niveau de l'odeur).</p></div>	<div><b>variations marché</b></div> <div></div> <div>peu</div> <div><p>Entre les différents types de laine de roche, la conductivité thermique et les caractéristiques varient peu. Les caractéristiques des plaques synthétiques varient par contre plus fortement.</p></div>
<div><b>prix</b></div> <div></div> <div>bon marché</div> <div><p>Les matériaux ont pu être récupérés à un prix réduit. Le propriétaire ayant effectué les travaux lui-même, les travaux supplémentaires liés aux irrégularité des isolants n'ont pas engendré de coûts supplémentaire.</p></div>	<div><b>logistique</b></div> <div></div> <div>faible</div> <div><p>Les panneaux PIR étaient stockés depuis un certain temps, tout comme les panneaux PUR, qui sont un surplus d'un autre chantier. La laine de roche provenait de BatiTerre, situé dans le même bâtiment que le reste du stockage. Le regroupement de tous les matériaux au même endroit a pu largement simplifier la logistique du chantier.</p></div>	<p>Sur l'ensemble des retours d'expériences, la présente mise en œuvre peut obtenir une évaluation globalement positive.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>La <b>conception</b> avec de la laine de roche insérée entre les solives et des plaques synthétiques (PUR/PIR) placées en-dessous permet une bonne continuité de l'isolation et une réversibilité des matériaux, malgré un risque important lié à l'humidité, notamment en raison de la sous-toiture endommagée et de la présence d'une salle de bain sous les combles.</li><li>La <b>mise en œuvre</b> était assez simple grâce à des matériaux globalement en bon état, à des dimensions régulières et à une géométrie de toiture relativement simple, bien que quelques nuisances (poussière, résidus de bitume) aient été observées.</li><li>La <b>conductivité thermique</b> des matériaux testés est proche de celle des produits neufs, avec une bonne stabilité thermique des matériaux. La multiplicité de matériaux a rendu le processus de tests plus complexe.</li></ul>
<div><b>déphasage</b></div> <div></div> <div>peu</div> <div><p>La laine de roche et le PUR offrent une moins bonne protection contre la chaleur estivale. Sur la partie supérieure du toit, de la laine de bois a été utilisée à la place du PUR pour améliorer le confort estival et parce que la hauteur disponible le permettait.</p></div>	<div><b>irrégularités bâtiment</b></div> <div></div> <div>faible</div> <div><p>La forme de ce bâtiment est relativement régulière. Les solives sont situées à une distance très régulière. La lucarne pointue avait une forme assez spécifique, qui a compliqué l'isolation par l'intérieur de la lucarne.</p></div>	
<div><b>pont thermique</b></div> <div></div> <div>présent</div> <div><p>L'isolation de la façade a également été appliquée à l'intérieur et et a pu donc facilement être reliée à l'isolation du toit. Le toit contient une poutre de gabarit important, plus large que la couche d'isolation, formant ainsi un pont thermique avec l'ensemble. Les murs mitoyens ne sont pas encore isolés, ce qui entraîne une différence de température entre ces deux surfaces.</p></div>	<div><b>continuité isolant</b></div> <div></div> <div>partiellement interrompue</div> <div><p>Les isolants ont été placés en continuité. Ils ont été interrompus seulement au niveau de la poutre porteuse de la toiture.</p></div>	