

Pose d'une isolation écologique sur la toiture plate d'une maison unifamiliale à Evere

Projet de fin de formation
Conseiller éco-rénovation
2009-2010

Elie Chabrilat

Table des Matières

1. Présentation de la situation
 - Le bâtiment
 - La chambre et la toiture plate
2. Impératifs
 - Impératifs techniques
 - Impératifs écologiques
 - Impératifs économiques
3. Solution envisagée
4. Conclusions

1. Présentation de la situation

Le bâtiment

Il s'agit d'une maison unifamiliale 2 façades, située 69, Rue Jacques Ballings, à Evere



69, Rue Jacques Ballings, 1140 Evere

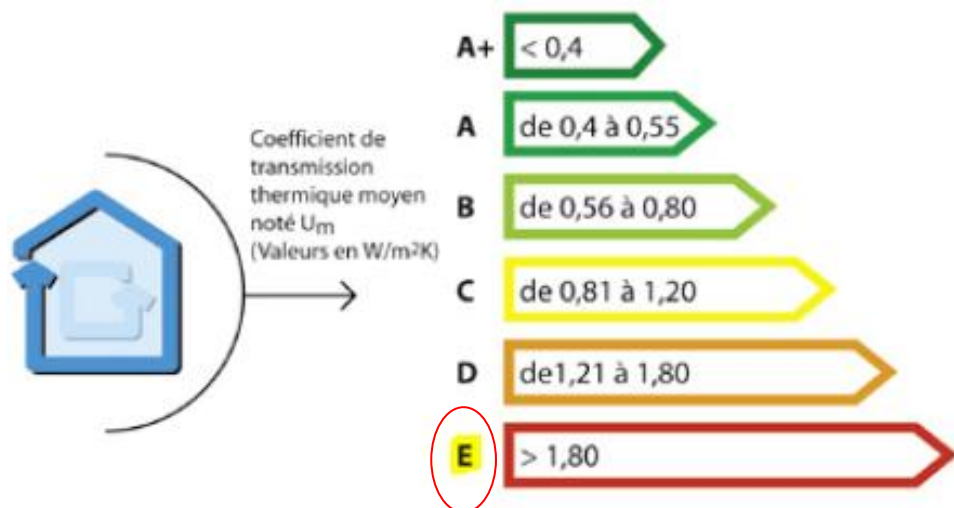
Le bâtiment



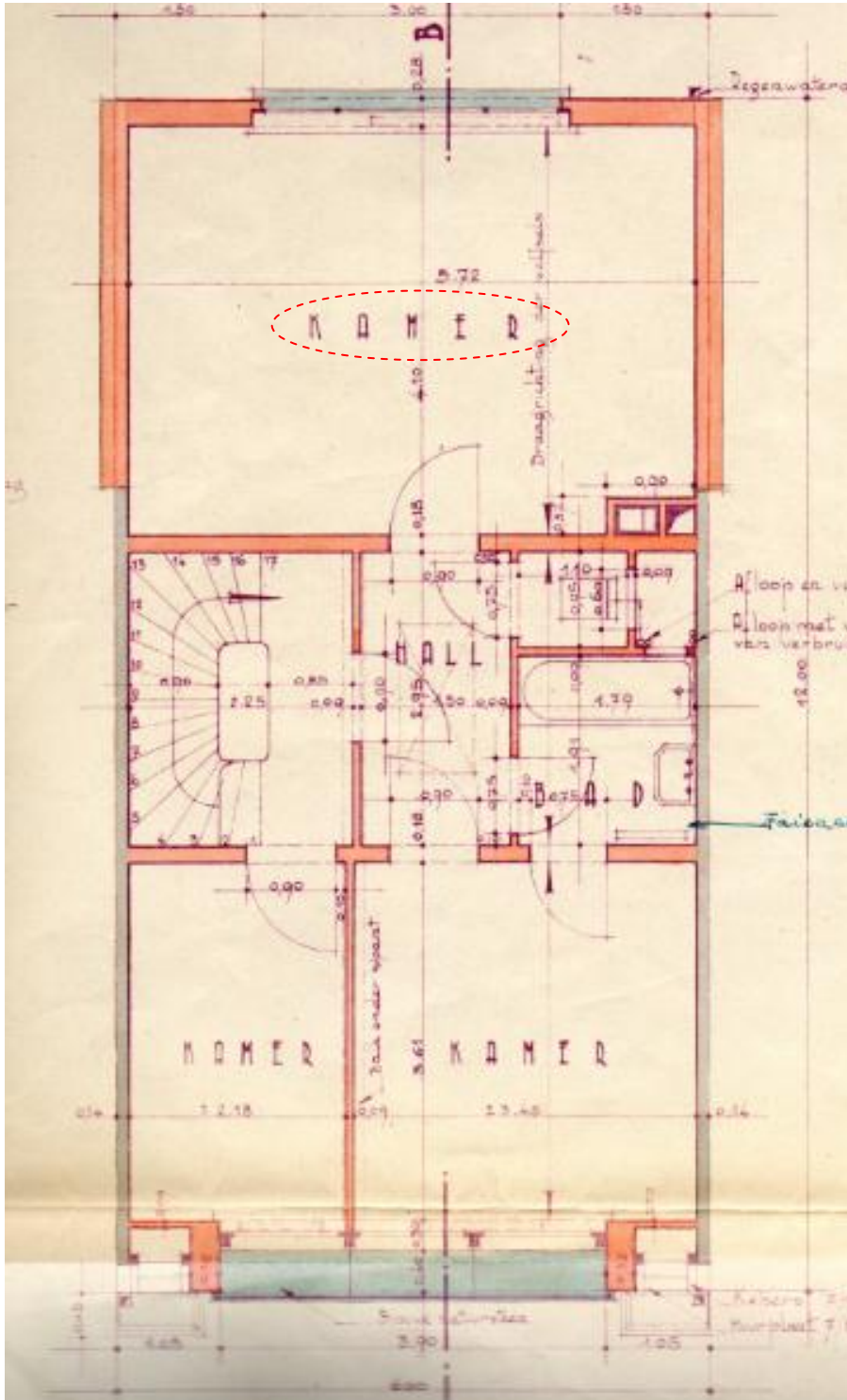
69, rue Jacques Ballings, 1140 Evere

Le bâtiment

- Construit en 1957
- Parois extérieures non-isolées
- Murs briques
- Sols et toiture plate béton
- Surface de déperditions de 330 m²
- $U_m = 1,94 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Label E



La chambre et la toiture plate



Plan 2^{ème} étage

La chambre et la toiture plate



Toiture plate à isoler

La chambre et la toiture plate

Extrême sensibilité aux conditions extérieures

- 5 parois sur 6 exposées à l'air extérieur !!!



Façade arrière, chambre au 2^{ème} étage, sous toiture plate

La chambre et la toiture plate

Extrême sensibilité aux conditions extérieures

- Forte conductivité des parois

Murs : enduit intérieur + briques 28 cm d'épaisseur. $U = 2,12 \text{ W/m}^2\text{K}$

Toiture plate : enduit intérieur + hourdis + béton de pente + étanchéité. $U = 2,04 \text{ W/m}^2\text{K}$

Surface de déperditions de la chambre = 83m² dont 29m² pour la toiture.

La toiture plate représente 10% des déperditions globales de l'enveloppe

La chambre et la toiture plate

Extrême sensibilité aux conditions extérieures

Double problématique

Besoin d'isolation en hiver

Cette année, malgré les radiateurs et le double vitrage, les températures maximales atteintes dans le local durant les vagues de froid n'ont pas dépassé 15 à 16°C !

Problèmes de surchauffe en été

Chambre orientée SSE

2. Impératifs

Impératifs techniques thermiques

EN HIVER

ISOLATION : diminuer les pertes thermiques au travers des parois

La conductivité thermique λ de l'isolant doit être la plus faible possible afin de garantir une faible transmission calorifique U des parois

Impératifs techniques thermiques

TYPES D'ISOLANTS	Conductivité thermique λ en W/mK
MINERAUX	
Laine de verre	0,035 - 0,040
Laine de roche	0,037 - 0,040
Knauf Roofboard DDP	0,039
Verre cellulaire	0,040 - 0,048
Faomglass T4	0,042
Perlite	0,046
Vermiculite	0,058
Granulés de mousse de silicate	0,04
ISSUS DE LA PETROCHIMIE	
Polystyrène expansé	0,028 - 0,040
Polystyrène extrudé	0,027 - 0,034
BASF Styrodur 3035 CS, 4000 CS, 5000 CS	0,037
Polyuréthane	0,024 - 0,029
Recticel Eurothane Bi-3	0,027
NATURELS	
Cellulose	0,035 - 0,040
Fibres de bois	0,040 - 0,055
Homatherm HDP-Q11 Protect	0,039
Steico Isorel +	0,042
Gutex Thermoflat	0,039
Hofatex Hofatest UD	0,049
Lin	0,04
Chanvre	0,04
Laine de mouton	0,035
Liège expansé	0,04

Compilation de valeurs λ trouvées sur les sites des fabricants

➡ Les isolants naturels ne possèdent pas une conductivité thermique plus intéressante que les isolants « classiques »

Impératifs techniques thermiques

EN ÉTÉ

Favoriser l'INERTIE THERMIQUE des parois
= la capacité à stocker la chaleur et à la restituer petit à petit

Impératifs techniques thermiques

L'INERTIE THERMIQUE peut s'appréhender au travers de 2 valeurs :

L'ACCUMULATION : c'est l'absorption par les parois d'une partie de l'énergie solaire ; il y a diminution des variations de température intérieure.

- L'Effusivité décrit la rapidité avec laquelle un matériau absorbe les calories : $E = v (\lambda * \rho * c)$
- Plus l'Effusivité est élevée, plus le matériau absorbe d'énergie sans se réchauffer notablement

Pour favoriser l'inertie thermique, il faut donc une densité ρ et une capacité calorifique c fortes

Impératifs techniques thermiques

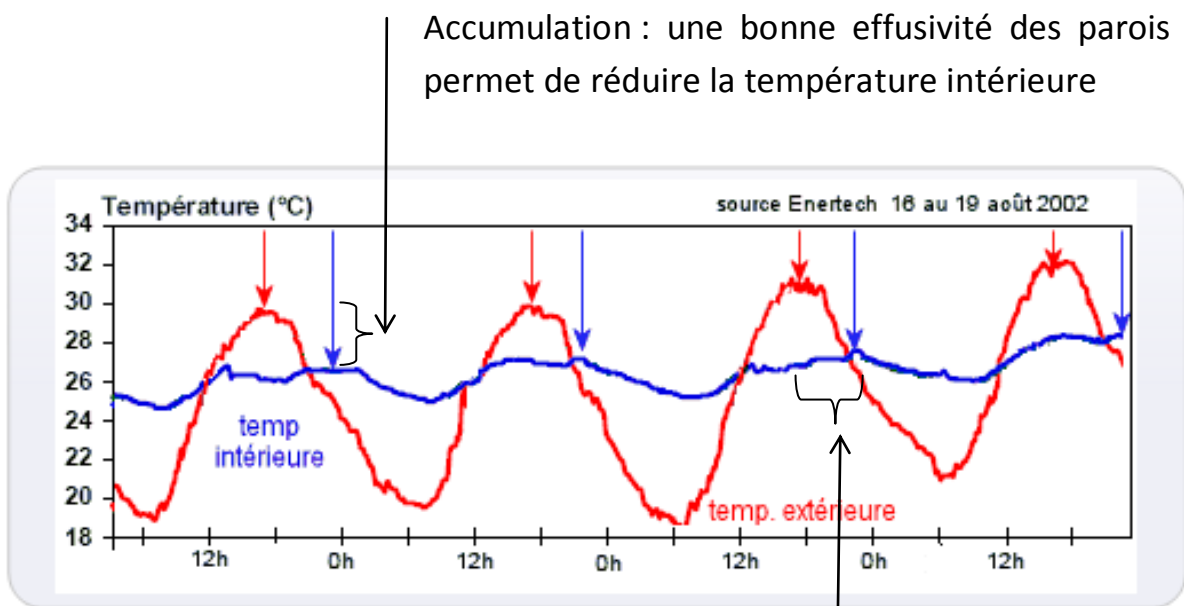
Le DEPHASAGE : permet à la chaleur estivale de ne pénétrer que plusieurs heures après les maxima diurnes ; il y a diminution de l'impact des variations rapides de température extérieure

- La Diffusivité décrit la rapidité d'un déplacement des calories à travers la masse d'un matériau: $\alpha = \lambda / (\rho * c)$
- Plus la Diffusivité est faible, plus le front de chaleur mettra du temps à traverser l'épaisseur du matériau

Il faut donc également une densité ρ et une capacité calorifique c fortes

Impératifs techniques thermiques

L'INERTIE THERMIQUE : Accumulation et déphasage



www.citemaison.fr/Calculette-En-quoi-construire-les-murs.html

Déphasage : une faible diffusivité permet de retarder le pic de chaleur intérieur à une heure plus tardive et donc moins gênante

Impératifs techniques thermiques

Pour s'assurer un bon confort d'été, l'isolant doit donc avoir une densité et une capacité calorifique aussi importante que possible

TYPES D'ISOLANTS	Conductivité thermique λ en W/mK	Masse volumique ρ en kg/m ³	Chaleur spécifique c en J/KgK	Effusivité $b = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c}$ en KJ/m ² sK	% Effusivité Steico Isorel +	Diffusivité thermique $a = \lambda / (\rho \cdot c)$ en cm ² /sec	% Diffusivité Steico Isorel +
MINÉRAUX							
Laine de verre	0,035 - 0,040	25	800	27	21%	0,0175	1750%
Laine de roche	0,037 - 0,040	40	800	35	26%	0,0125	1250%
Knauf Roofboard DDP	0,039	40	800	35	27%	0,0122	1219%
Verre cellulaire	0,040 - 0,048	120 - 180	840	74	56%	0,0317	3170%
Faomglass T4	0,042	120	840	66	49%	0,0041	410%
Perlite	0,046	50 - 80	900	52	39%	0,0074	740%
Vermiculite	0,058	≤ 100	900	72	54%	0,0088	880%
Granulés de mousse de silicate	0,04	25	800	28	21%	0,0200	2000%
ISSUS DE LA PÉTROCHIMIE							
Polystyrène expansé	0,028 - 0,040	25 - 35	1450	38	29%	0,0064	640%
Polystyrène extrudé	0,027 - 0,034	15 - 30	1500	32	24%	0,0080	800%
BASF Styrodur 3035 CS, 4000 CS, 5000 CS	0,037	35	1500	44	33%	0,0070	705%
Polyuréthane	0,024 - 0,029	20 - 40	1200	31	23%	0,0069	690%
Recticel Eurothane Bi-3	0,027	30	1200	31	23%	0,0075	750%
NATURELS							
Cellulose	0,035 - 0,040	35 - 50	1600 - 2150	55	41%	0,0040	400%
Fibres de bois	0,040 - 0,055	45 - 250	2100	121	91%	0,0014	140%
Homatherm HDP-Q11 Protect	0,039	140	2100	107	81%	0,0013	133%
Steico Isorel +	0,042	200	2100	183	100%	0,0010	100%
Gutex Thermoflat	0,039	140	2100	107	81%	0,0013	133%
Hofatex Hofatest UD	0,049	260	2100	164	123%	0,0009	90%
Lin	0,04	20 - 35	1550 - 1660	42	32%	0,0079	790%
Chanvre	0,04	30 - 36	1600 - 1700	47	35%	0,0070	700%
Laine de mouton	0,035	25	1720	39	29%	0,0093	930%
Liège expansé	0,04	110 - 190	1670	100	75%	0,0015	150%

Compilation de valeurs trouvées sur les sites des fabricants

➡ Les isolants naturels denses sont donc plus adéquats en cas de surchauffe d'été

Impératifs techniques thermiques

Pour s'assurer un bon confort d'été, l'isolant doit donc avoir une densité et une capacité calorifique aussi importante que possible

TYPES D'ISOLANTS	Conductivité thermique λ en W/mK	Masse volumique ρ en kg/m ³	Chaleur spécifique c en J/KgK	Temps de déphasage en heure
MINÉRAUX				
			($\rho c = \text{cap. calor}$)	18cm isolant
Laine de verre	0,035 - 0,040	25	800	7,8
Laine de roche	0,037 - 0,040	40	800	8,6
Knauf Roofboard DDP	0,039	40	800	4,8
Verre cellulaire	0,040 - 0,048	120 - 180	840	11,8
Faomglass T4	0,042	120	840	11,2
Perlite	0,046	50 - 80	900	9,5
Vermiculite	0,058	≤ 100	900	9,9
Granulés de mousse de silicate	0,04	25	800	7,7
ISSUS DE LA PETROCHIMIE				
Polystyrène expansé	0,028 - 0,040	25 - 35	1450	9,5
Polystyrène extrudé	0,027 - 0,034	15 - 30	1500	9,1
BASF Styrodur 3035 CS, 4000 CS, 5000 CS	0,037	35	1500	4,8
Polyuréthane	0,024 - 0,029	20 - 40	1200	9,6
Recticel Eurothane Bi-3	0,027	30	1200	4,8
NATURELS				
Cellulose	0,035 - 0,040	35 - 50	1600 - 2150	10,8
Fibres de bois	0,040 - 0,055	45 - 250	2100	15,4
Homatherm HDP-Q11 Protect	0,039	140	2100	16,2
Steico Isorel +	0,042	200	2100	17,9
Gutex Thermoflat	0,039	140	2100	16,2
Hofatex Hofatest UD	0,049	260	2100	18,6
Lin	0,04	20 - 35	1550 - 1660	9,1
Chanvre	0,04	30 - 36	1600 - 1700	9,6
Laine de mouton	0,035	25	1720	9,4
Liège expansé	0,04	110 - 190	1670	15,1

Compilation de valeurs trouvées sur les sites des fabricants

➡ Les isolants naturels denses sont donc plus adéquats en cas de surchauffe d'été

Impératifs techniques thermiques

Parmi les isolants naturels, la fibre de bois semble la plus adéquate : c'est l'isolant le plus effusif (absorption d'énergie) et le moins diffusif (retarde la pénétration de chaleur)

Mais, il existe peu de produits naturels conçus pour les toitures plates et disponibles sur le marché :

Après recherche, seuls 4 isolants en fibre de bois pour toitures plates ont été trouvés :

- 1) Steico Isorel + (nouveau produit dans la gamme Steico)
- 2) Homatherm HDP-Q11 Protect (disponible chez Carodec)
- 3) Gutex Thermoflat
- 4) Hofatex Hofatest UD (société slovaque peu présente sur le marché belge)

Impératifs techniques constructifs

La rareté de l'offre en matière d'isolants naturels pour toitures plates est sans doute à trouver dans les impératifs mécaniques liés à leur mise en œuvre sur de telles toitures :

Ces isolants doivent, en effet, répondre à des impératifs en matière de :

- Résistance à la compression,
- Résistance à la traction,
- Comportement à la déformation,
- Stabilité dimensionnelle,
- Rigidité dynamique
- ...

Impératifs écologiques

Bilan écologique des isolants (énergie grise et impact CO2)

matériau	densité (kg/m ³)	conductivité thermique λ (W/m.K)	chaleur spécifique (J/kg.K)	résistance diffusion vapeur d'eau μ mu (-)	énergie grise d'origine non renouvelable (kWh/m ³)	impact environnemental/ changement climatique (kg eq CO ₂ /m ³)
Laine de roche en vrac	35	0.065	1030	1	315	77
Polystyrène expansé	18	0.039	1450	60	486	67
Polystyrène extrudé (Plaques expansées aux HCFC)	34	0.035	1450	150	918	126
Mousse de polyuréthane 30kg/m ³ (plaques moulées)	34	0.029	1450	150	905	131
Verre cellulaire 160kg/m ³ (plaques)	120	0.042	3000	1500000	1174	156
Béton cellulaire Multipor	115	0.040	864	3	447	150
Panneaux laine de bois > 200 kg / m ³	275	0.100	1700	5	19	-503
Panneaux laine de bois > 150 kg / m ³	175	0.070	1700	5	12	-320
Panneaux laine de bois > 130 kg / m ³	140	0.042	1700	5	10	-256
Laine de chanvre, lin, coton	40	0.060	1600	1	336	72

Issu de la base de données du logiciel d'analyse de la qualité environnementale des bâtiments COCON Version 2.5.1.2

Impératifs écologiques

Bilan écologique des isolants (suite,...)

Impacts environnementaux (selon norme P 01-010) de produits																	
Nom du projet: Maison																	
Produits sélectionnés	Energie primaire				Epuise ment ressour ces keq	Cons o eau litres	Déchets solides					Chgt climati que kg eq CO2	Acidificati on atmosphè re keSO2	Pollution		Ozone statosp hérique keCFC	Formati on ozone photochi mique keE
	Totale	Récupéré	Revouela ble	Non renouvelabl e			Valorisés	Éliminés						air	eau		
	keWh						kg	Dangereu x kg	DIB kg	Inertes kg	Radioacti fs kg			m3	m3		
Plaque de fibre de bois - isolant - 155 kg/m ³ 1,0,042	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58,6	0,000	0,0	0,0	0	0,000	
Panneau isolant KNAUF ThermITEx Th38 SE 80mm - 17 kg	95,9	0,0	0,6	95,2	0,0	2,3	0,4	0,0	3,5	0,1	0,0	13,3	0,087	2,6310	2,8	0	0,088
Panneau laine roche PANTOIT FIBAC 280 mm - 140 kg/m ³	207,7	0,0	7,9	199,5	0,0	10,7	1,3	5,4	32,6	5,8	0,0	51,0	0,491	5,256,1	5,8	0	0,017

Logiciel d'analyse de la qualité environnementale des bâtiments COCON Version 2.5.1.2

(sans commentaire...)

Impératifs économiques

Parmi les 4 devis reçus pour la rénovation de cette toiture, la meilleure offre est de 4150€ HTVA (Rtoit = 4).

Le surcoût proposé par cette firme pour la pose d'un isolant naturel (panneaux de fibres de bois Homatherm HDP-Q11) est de 360 €, soit un surcoût de 9% sur la facture globale (ou un surcoût annoncé de 15% pour le matériau)

Incitants financiers :

- Prime Région de Bxl-Capitale :

30% de 80 €/m² pour l'étanchéité + 30% de 20 €/m² pour l'isolation (25 € pour isolation naturelle), soit 30 à 31,5 €/m² (prime isolation majorée de 25%)

- Prime Energie de l'IBGE :

20 €/m² pour isolation de toit, 25 €/m² si isolant naturel (prime majorée de 25%)

- Réduction fiscale :

40% de l'investissement TTC

Impératifs économiques

Avec un isolant classique

Investissement brut = 4399 € TTC

Incitants financiers = 3345 €

Investissement net = 1054 € TTC

Avec un isolant naturel

Investissement brut = 4780 € TTC

Incitants financiers = 3700 €

Investissement net = 1080 € TTC

Différence = 26 € !!!!!

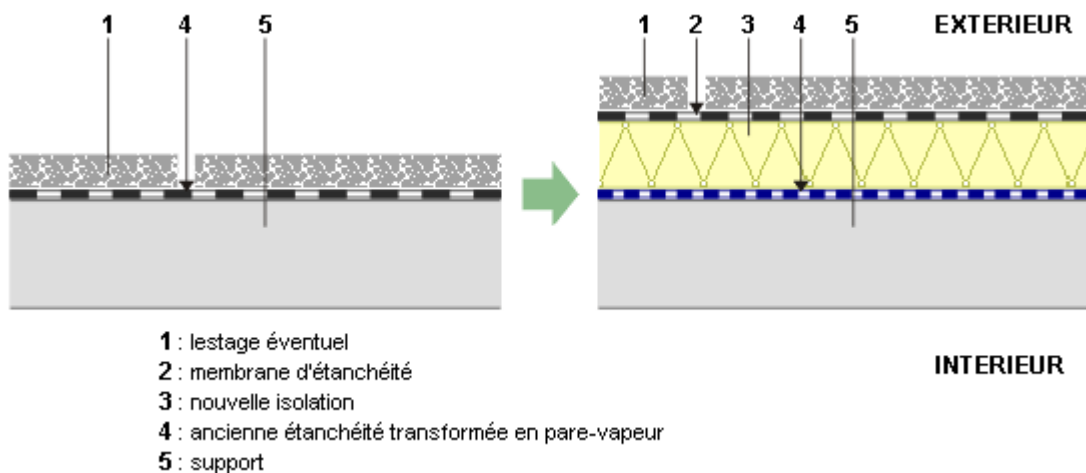
Utoit rénov = 0,25 W/m²K

Economie calculée lors de l'audit : 85 €/an

Temps de retour de 12,7 ans

3. Solution envisagée

Schéma technique



- Toiture chaude

- Possibilité de diminuer le risque de surchauffe : protection lourde (gravier), toiture verte, étanchéité adaptée (claire et réfléchissante), panneaux solaires,...

4. Conclusions

Générales

- Avantage qualitatif certain pour les isolants naturels, en cas de surchauffe d'été
- Peu de produits naturels adaptés à l'isolation de toiture plate
- Profusion d'informations sur les matériaux écologiques mais difficultés à trouver des informations fiables et non biaisées
- Greenwashing féroce des firmes proposant des isolants « classiques »

Dans le cas présent

- Surcoût négligeable pour la pose d'un isolant naturel permettant une hausse du confort d'été
- Temps de retour très raisonnable pour une toiture plate de cette dimension

Quand Isover lave plus blanc...

	Impact environnemental par m ² de produit et pour une durée de vie typique de 50 ans. Indicateurs normalisés ISO, EN NF	Unité	Laine de verre	Plumes de canard	Chanvre
1	Consommation de ressources énergétiques				
	Energie primaire totale	MJ	35.6*	53.5	82.3
	Energie renouvelable	MJ	2.15*	6.55	7.90
	Energie non renouvelable	MJ	33.5*	46.9	74.4
2	Epuisement de ressources (ADP)	kg éq. antimoine (Sb)	0.00845*	0.0191	0.0300
3	Consommation d'eau totale	litre	16.7	25.4	11.7
4	Déchets solides				
	Déchets valorisés (Total)	kg	0.115*	1.12	0.872
	Déchets éliminés				
	Déchets dangereux	kg	0.0170*	0.0204	0.0171
	Déchets non dangereux	kg	0.964*	1.63	2.44
	Déchets inertes	kg	0.0527*	0.143	0.155
5	Changement climatique	kg éq. CO ²	1.14*	2.72	4.39
6	Acidification atmosphérique	kg éq. SO ²	0.00696*	0.0272	0.0350
7	Pollution de l'air	m ³	170*	411	557
8	Pollution de l'eau	m ³	0.235*	0.543	1.09
9	Destruction de la couche d'ozone stratosphérique	kg CFC éq. R11	0	0	0
10	Formation d'ozone photochimique	kg éq. éthylène	0.000506	0.00430	0.00546

* Indicateur avec le moins d'impact sur l'environnement (ex : consommant le moins d'énergie, d'eau, générant le moins de CO², de déchet...)

- <http://www.toutsurlisolation.com/Choisir-son-isolant/Comparer-les-isolants/L-impact-environnemental>

Ce n'est pas la nature des matières composant un isolant (origine animale, végétale, minérale ou organique) qui constitue une garantie quant à son impact environnemental mais la présence d'une Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDE&S).

Produit isolant/ facteur environnemental	Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire conforme à la norme NF P 0 1-010	Composition
A base de plume de canard	oui	Origine animale : plumes de canard, liants polyester éventuellement autres matières premières (coton, lin...), traitement antifongique, insecticide, ignifugeant, selon les produits.
Laine de verre	oui	Origine minérale : sable, verre recyclé (calcin)...
Laine de roche	oui	Origine minérale : basalte, laitier, briquettes reconstituées...
Laine de chanvre	oui	Origine végétale : fibre de chanvre, liants éventuellement d'autres matières premières (coton, lin, laine de mouton...), traitement antifongique, insecticide, ignifugeant, selon les produits.
Laine de bois	non	Origine végétale : fibre de bois, émulsion latex ou paraffine, fibres de polyester... selon les produits.
Laine de mouton	non	Origine animale : laine de mouton, liants polyester éventuellement d'autres matières premières (coton, lin...), traitement antifongique, insecticide, ignifugeant, selon les produits.
polyuréthane	oui	Origine organique : composé de polyols, méthylène diisocyanate, agent gonflant et additifs, parements d'aluminium + gaz à faible conductivité thermique.
laine de bois	non	Végétale : fibre de bois
laine de mouton	non	Animale : laine de mouton qui est souvent associé à des liants polyester (quand les produits sont sous forme de panneaux) et éventuellement d'autre matières premières (coton, lin...) pour des questions de performance.
laine de lin	non	Origine végétale : fibre de lin, liants polyester éventuellement d'autres matières premières (coton, ...), traitement antifongique, insecticide, ignifugeant, selon les produits.
Laine de coton	non	Origine végétale : fibre de coton, liants polyester et éventuellement d'autres matières premières (lin...), traitement antifongique, insecticide, ignifugeant, selon les produits.
Ouate de cellulose	non	Origine végétale : fibre de cellulose (papier recyclé), traitement antifongique, insecticide, ignifugeant, selon les produits.
textiles recyclés	non	Textile : coton, laine, acrylique, Polyester (liant).
Polystyrène PSE	oui	Origine organique : monomère styrène, expansion à la vapeur d'eau.