

La rénovation énergétique des bâtiments



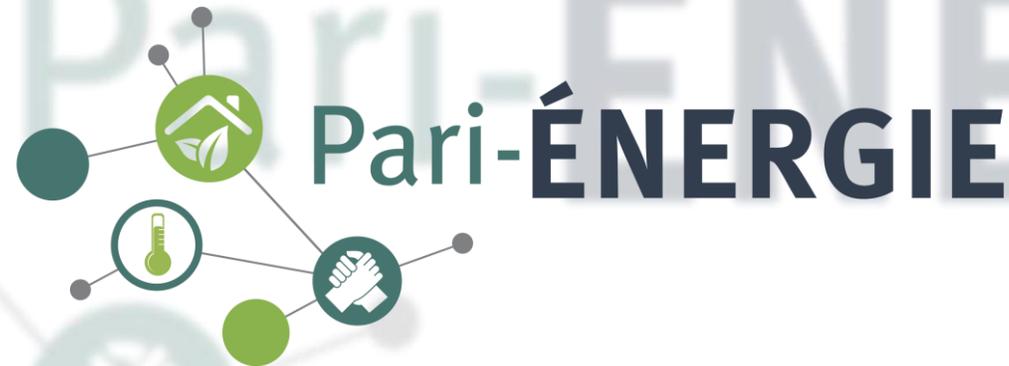
Plan de la présentation :

- Présentation personnelle et du projet Pari Energie
- La notion de confort thermique
- Les objectifs de la rénovation énergétique
- Qu'est-ce qu'un (bon) isolant ?
- Type d'isolants, avantages et inconvénients
- Isoler pour quoi ?
- Par quoi commencer ?
- QuickScan
- Budget et économies
- Questions et réponses

Présentation personnelle:

Cette présentation a été réalisée par

- un chargé de mission Pari-Energie employé d'un GAL
- un conseiller en énergie et certificateur PEB



Fond européen agricole pour le développement rural : l'Europe investit dans les zones rurales !

Pari Energie :

- Projet de coopération entre 4 GAL wallons
- Mission principale: soutenir la rénovation énergétique
- Services:



ET SI NOUS FAISONS LE POINT SUR VOTRE PROJET DE RÉNOVATION ?

SERVICES GRATUITS :

- État des lieux
- Clichés thermiques
- Conseils éclairés
- Planification
- Analyse de devis

ET POUR LES AUTORÉNOVATEURS

ORGANISATION DE :

- Webinaires et séances d'information
- Formations
- Chantiers participatifs

Facilitez-vous la rénovation énergétique !

NERGIE

+ achat groupé

Objectif: comprendre qu'isoler ce n'est plus ça:

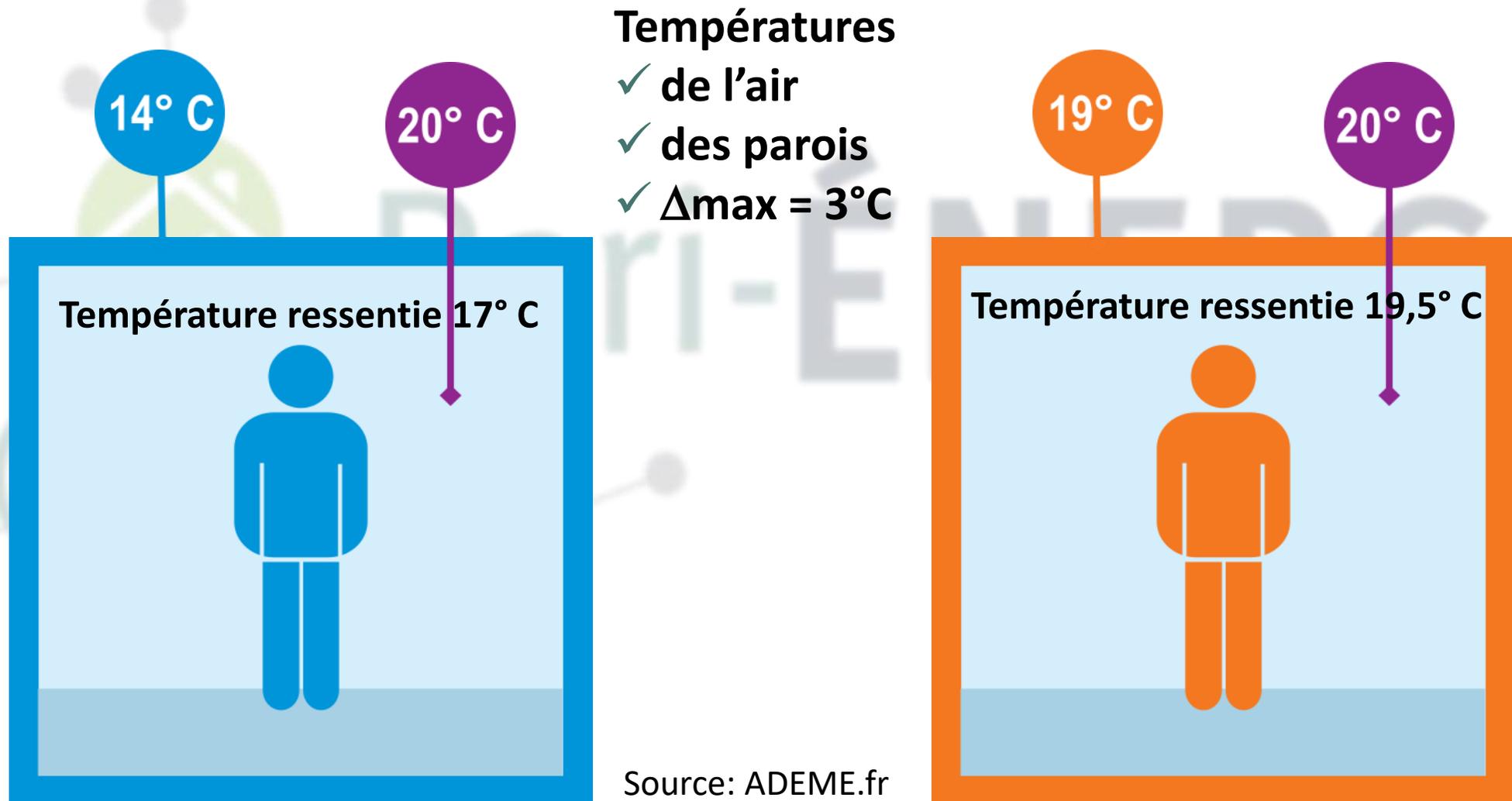


Objectif: comprendre qu'isoler ce n'est plus ça:



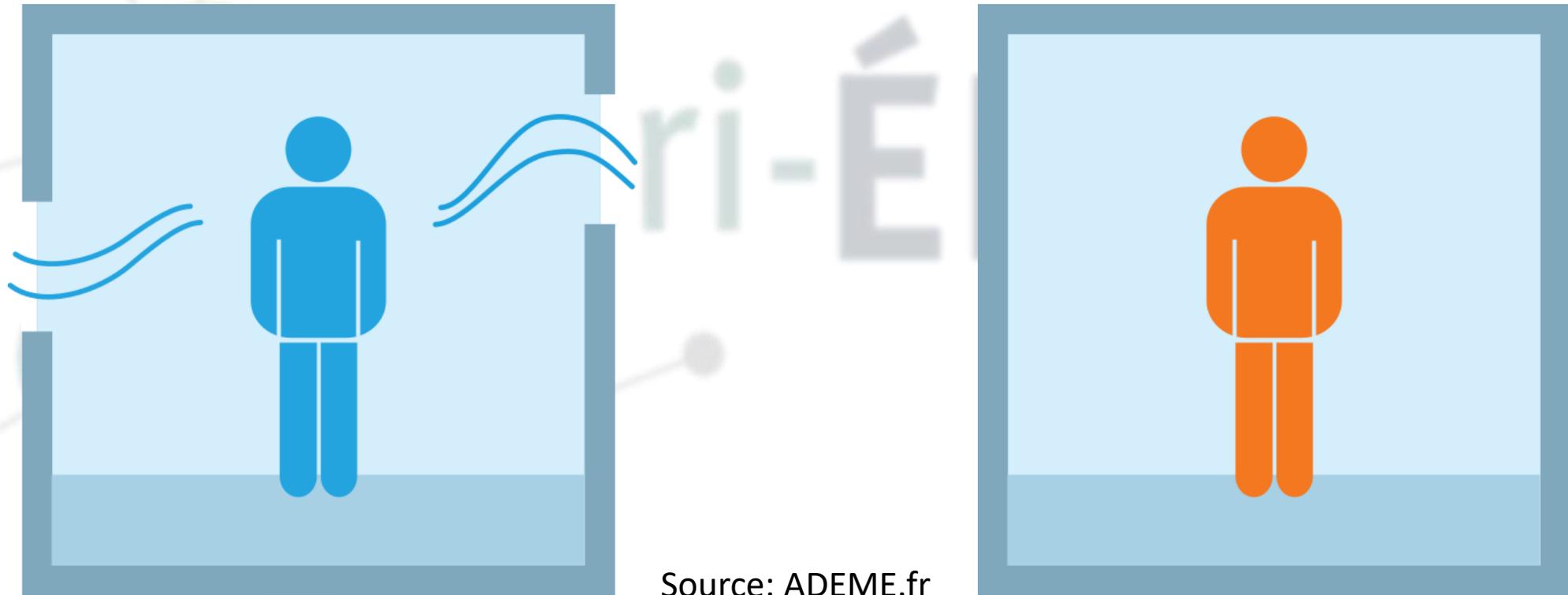
Mais c'est quoi alors ?

La notion de confort thermique (en hiver):



La notion de confort thermique (en hiver):

Etanchéité à l'air



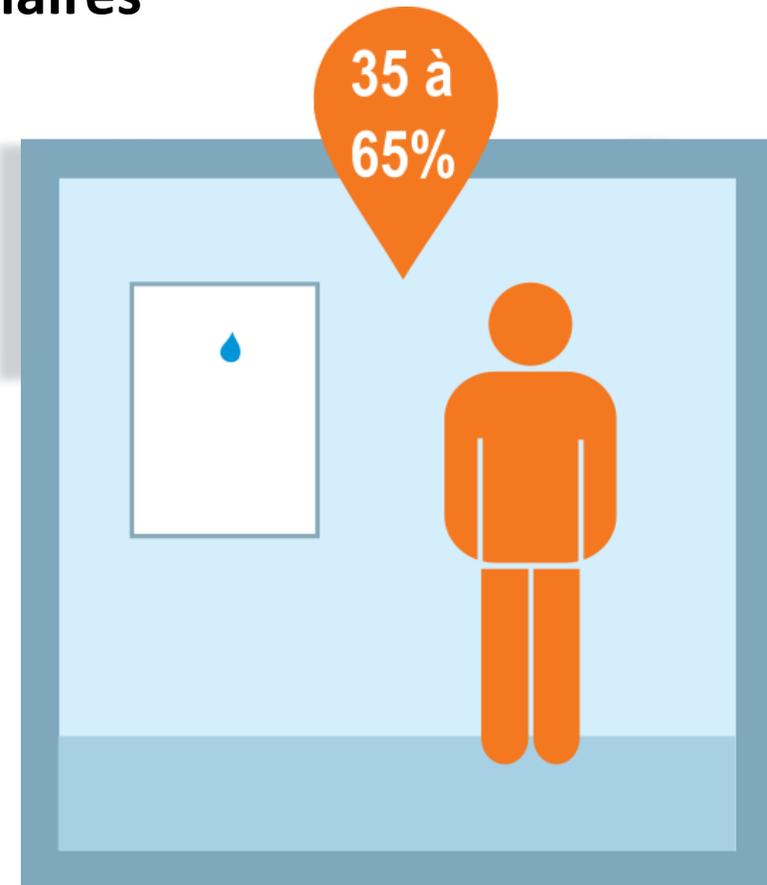
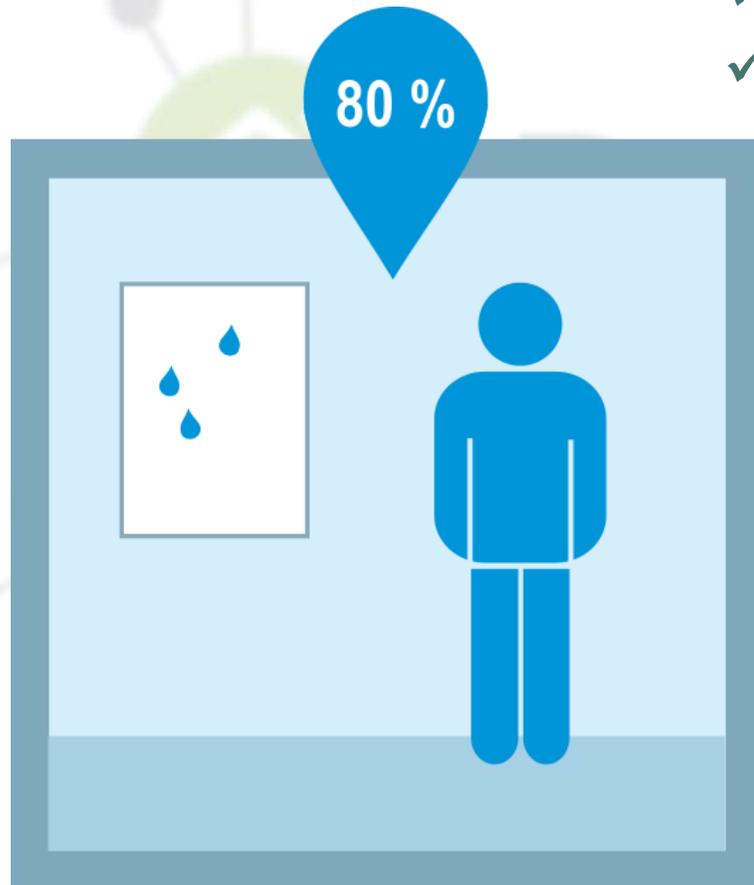
Source: ADEME.fr

Inconfort à partir de 0,28 m/s soit 1 km/h

La notion de confort thermique (en hiver):

Humidité relative :

- ✓ Remontées capillaires
- ✓ Vapeur d'eau



Source: ADEME.fr

Les objectifs de la rénovation thermique :

- Assurer une bonne température de l'air et des parois
 - ✓ Isolation des parois et menuiseries
 - ✓ Système de chauffage performant
 - ✓ Inertie et déphasage
- Garantir l'étanchéité à l'eau et à l'air ainsi que leur continuité
- Gérer l'humidité
 - ✓ Parois perspirantes
 - ✓ Ventilation (à minima évacuer l'air des pièces humides et renouveler l'air des pièces sèches)



Les objectifs de la rénovation thermique :

Autrement dit, faire passer votre logement...
de ça...



à ça...



en utilisant ça...



ÉNERGIE
Protections
contre
l'humidité



Isolation



Étanchéité
à l'air
perspirante

Qu'est-ce qu'un (bon) isolant ?

➤ Un matériaux qui ne conduit pas la chaleur

? Pourquoi un double vitrage est plus isolant qu'un simple vitrage de même épaisseur ?

- Ce qui isole, c'est l'air entre les 2 feuilles de verre.
- Un gaz inerte, c'est encore mieux !

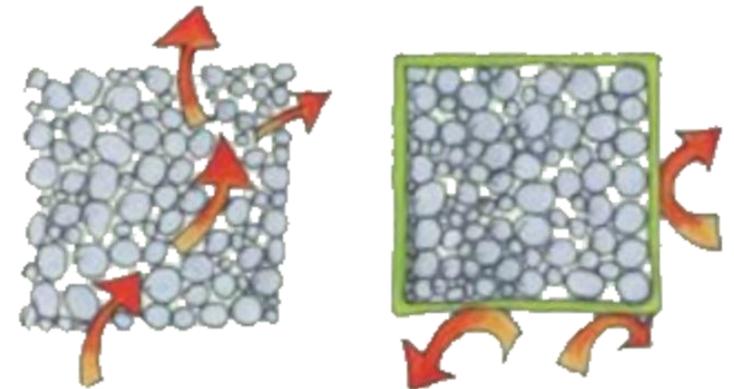
➤ Un matériaux qui emprisonne beaucoup d'air

✓ Immobile

✓ Et sec !



Source: siglass-ci.com

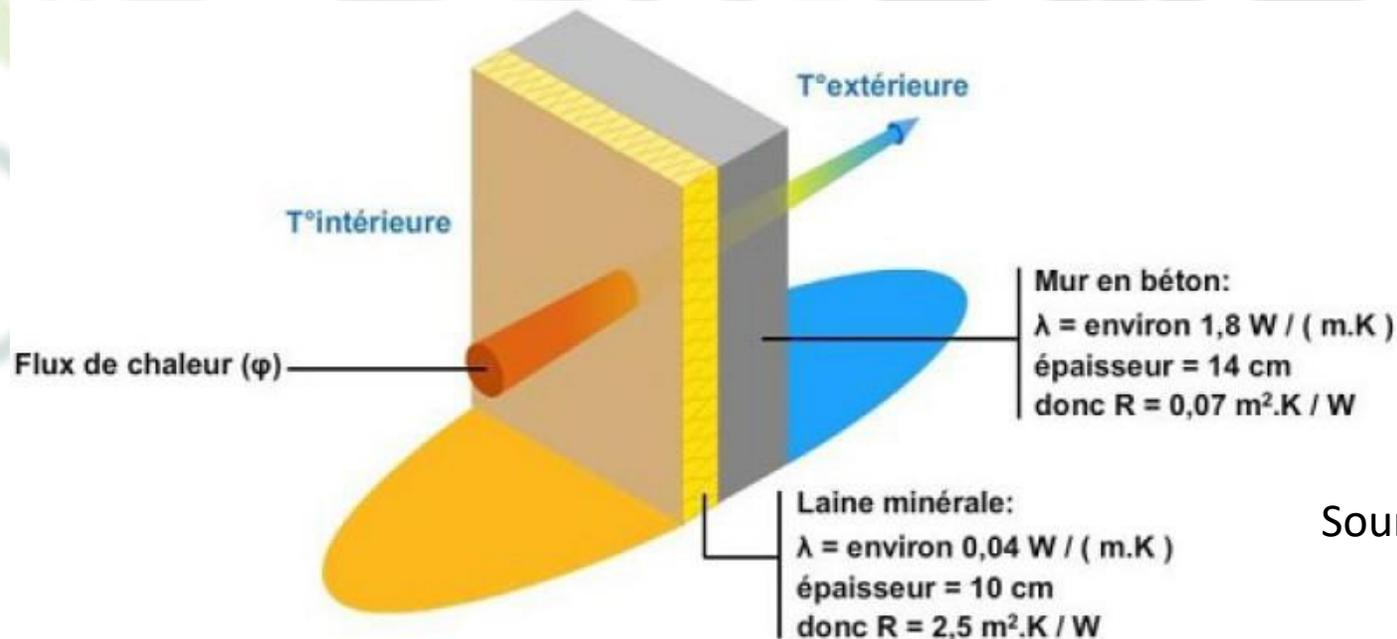


Source: Cluster Eco-Construction

Critères de choix d'un isolant :

➤ Les paramètres thermiques importants:

- ✓ λ = conductivité thermique (plus elle est basse mieux c'est); unité : $W/m.K$
- ✓ R = résistance thermique = e/λ ; unité: $m^2.K/W$
- ✓ U = coefficient de transmission thermique = $1/R = \lambda/e$; unité : $W/m^2.K$



Source: si.lycee-desfontaines.eu

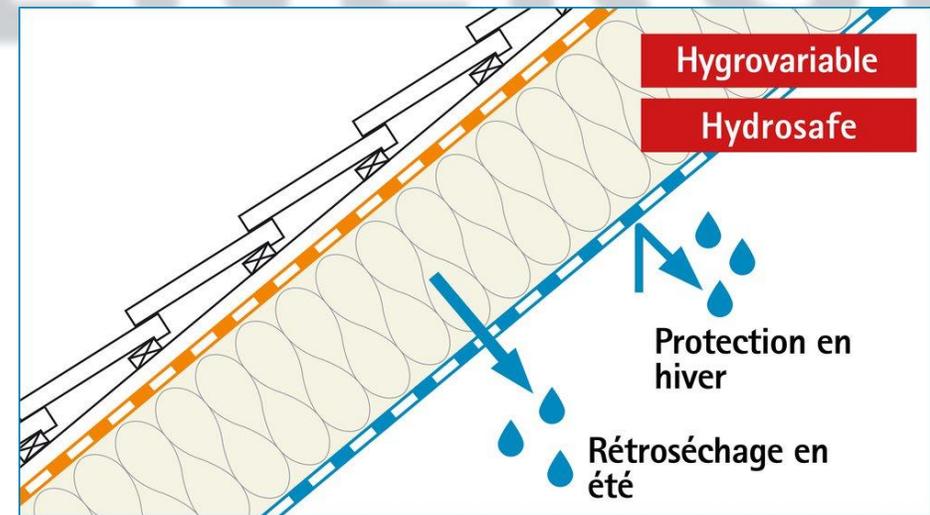
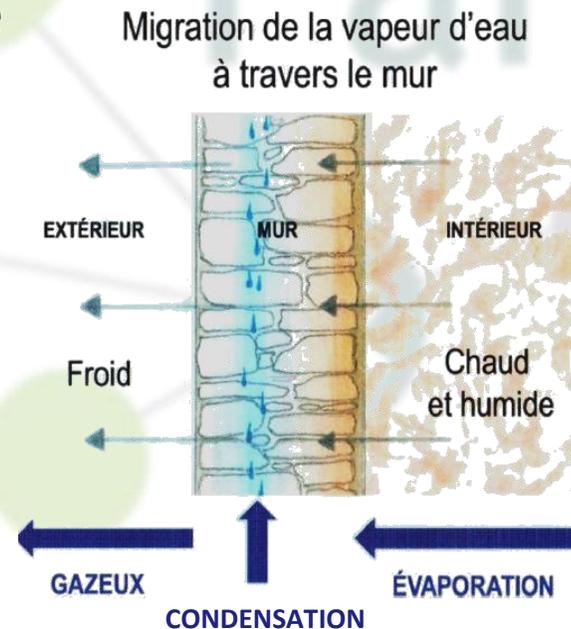
Critères de choix d'un isolant :

➤ Les paramètres de perspiration:

- ✓ μ = facteur de diffusion de la vapeur (plus il est bas, plus le matériaux est perspirant)

→ décroissant de l'intérieur vers l'extérieur; et si ce n'est pas possible contrôler s'il y a condensation possible dans l'isolant

- ✓ $S_d = \mu * e$



Source: proclima

Critères de choix d'un isolant :

- Les paramètres d'inertie thermique:
 - ✓ C = capacité thermique massique (j/kg.K)
 - ✓ Déphasage thermique = décalage dans le temps du passage de la chaleur (h)



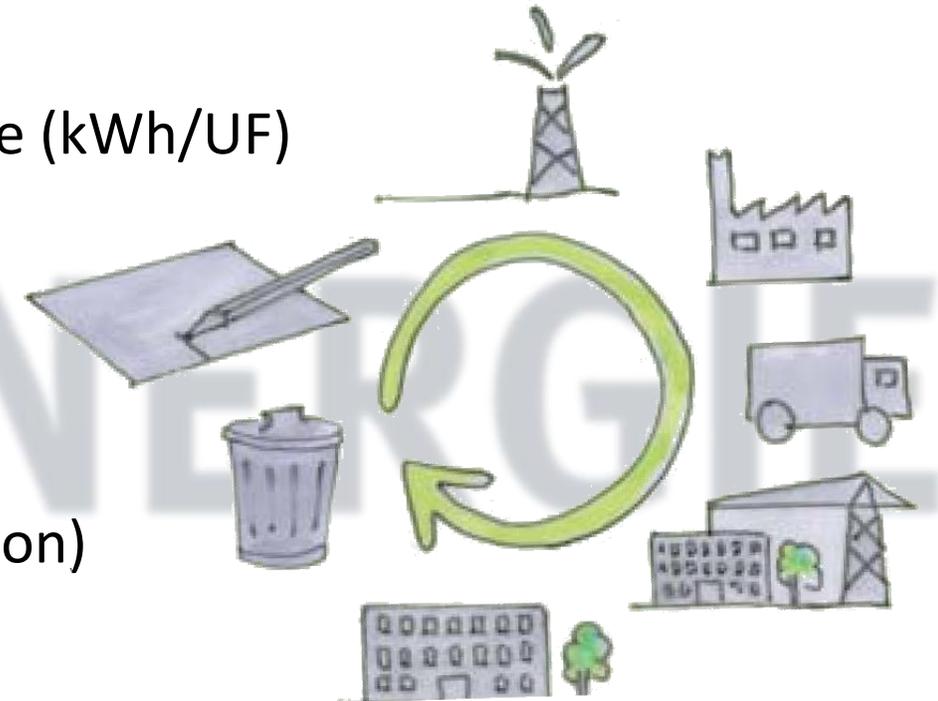
Source: le Cluster Eco Construction

Critères de choix d'un isolant :

➤ Les paramètres « écologiques »:

✓ Bilan carbone (kg CO₂ équ./UF) et énergie grise (kWh/UF)

✓ Durabilité (dégradation) et stabilité (déformation)



Source: le Cluster Eco Construction

Critères de choix d'un isolant :

- Les autres paramètres importants:
 - ✓ Possibilités pour l'application envisagée



- ✓ Prix au m²

Source: le Cluster Eco Construction



Source: saba.com

Types d'isolants :



Les spécifications données et les prix affichés sont ceux valables le 15 février 2023.

Le coût au m² pour atteindre un R5 norme de la Région wallonne pour l'obtention des primes au jour de la présentation ne tient pas compte de la main d'œuvre.

Vu les fluctuations sur les marchés de matériaux, il est possible que les coûts le jour de votre lecture soient très différents.

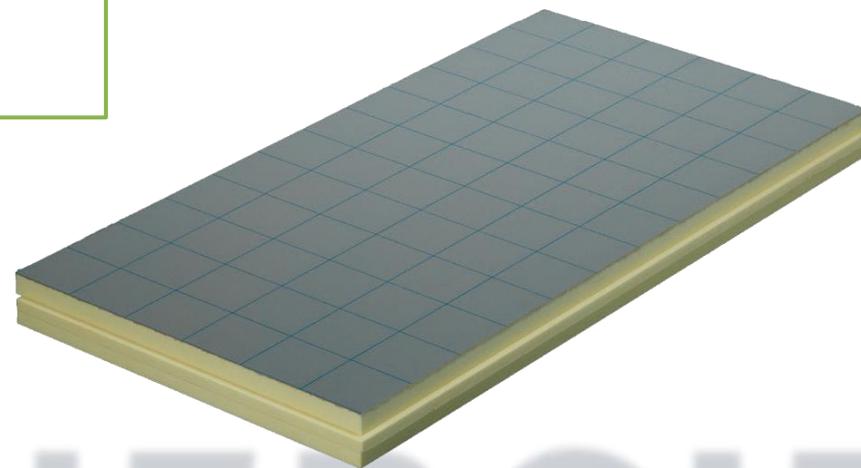
Néanmoins, la comparaison au niveau coût reste à notre sens très pertinente et permet de relativiser certaines affirmations courantes.

Types d'isolants :

Synthétiques

Mousse de polyuréthane (PUR):

- 👍 $\lambda = 0,024$ à $0,035$ W/m.K → 12 à 18 cm pour R5
- 👎 μ très élevé → ne régule pas l'hygrométrie (pas pour bâti ancien)
- 👎 C et déphasage très bas → surchauffe en été
- 👎 kg CO2 équ. et énergie grise très élevée (1.100 kWh/m³)
- 👎 fumée toxique en cas d'incendie (éviter pour l'intérieur)
- 👍 résistant au tassement et imputrescible
- 👉 prix moyen: 27-€ m² en 10 cm d'épaisseur (pour un R5: 35-€/m²)

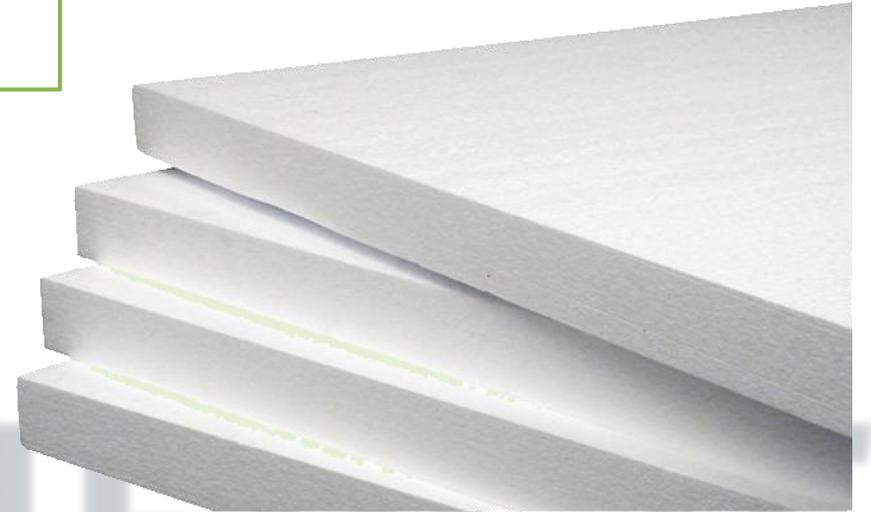


Types d'isolants :

Synthétiques

Polystyrène expansé (PSE)

- ➡ $\lambda = 0,037$ à $0,04$ W/m.K → 19-20 cm pour R5
- ➡ μ très élevé → ne régule pas l'hygrométrie (pas pour bâti ancien)
- ➡ C et déphasage très bas → surchauffe en été
- ➡ kg CO₂ équ. et énergie grise très élevée (450 kWh/m³)
- ➡ CO et suies en cas d'incendie (éviter pour l'intérieur)
- ➡ instabilité dimensionnelle et sensible aux rongeurs
- ➡ prix moyen: 28 €/m² en 10 cm d'épaisseur (pour un R5: 54-€/m²)



Types d'isolants :

Minéraux

Laine de verre

- ✔ $\lambda = 0,035 \text{ W/m.K} \rightarrow 18 \text{ cm pour R5}$
- ✘ $\mu = 1 \rightarrow$ pare-vapeur; ne régule pas l'hygrométrie
- ✘ C et déphasage bas \rightarrow surchauffe en été
- ✘ kg CO₂ équ. et énergie grise très élevée (250 à 1350 kWh/m³ fct densité)
- ✔ ne contribue pas au feu et n'émet pas de fumée en cas d'incendie
- ✘ se tasse et perd ses qualités isolantes si humide
- ✔ prix moyen: 10 à 12-€ m² en 10 cm d'épaisseur (pour un R5: 20-€/m²)



Types d'isolants :

Minéraux

Laine de roche

- 👍 $\lambda = 0,040 \text{ W/m.K} \rightarrow 20 \text{ cm pour R5}$
- 👎 $\mu = 1 \rightarrow$ pare-vapeur; ne régule pas l'hygrométrie
- 👎 C et déphasage bas \rightarrow surchauffe en été
- 👎 kg CO₂ équ. et énergie grise très élevée (123 à 1000 kWh/m³ fct densité)
- 👍 ne contribue pas au feu et n'émet pas de fumée en cas d'incendie
- 👎 se tasse et perd une partie ses qualités isolantes si humide
- 👍 prix moyen: 21 à 27-€ m² en 10 cm d'épaisseur (pour un R5: 48-€/m²)



Types d'isolants :

Biosourcés

Fibre de bois, panneaux souples

- 👍 $\lambda = 0,039 \text{ W/m.K} \rightarrow 20 \text{ cm pour R5}$
- 👎 $\mu = 1 \text{ à } 2 \rightarrow$ pare-vapeur; faible régulation de l'hygrométrie
- 👎 C et déphasage moyen \rightarrow léger risque de surchauffe en été
- 👍 stocke du CO2 mais 👎 énergie grise assez élevée
- 👍 ne contribue pas au feu (traitement ignifuge) et n'émet pas de fumée toxique en cas d'incendie
- 👍 vieillit très bien
- 👎 prix moyen: 10 à 14 € en 10 cm d'épaisseur (pour un R5: 25-€/m²)



Types d'isolants :

Biosourcés

Ouate de cellulose, vrac

- ➡ $\lambda = 0,039$ à $0,044$ W/m.K → 20 à 22 cm pour R5
- ➡ $\mu = 1$ à 2 → pare-vapeur; régulation de l'hygrométrie moyenne
- ➡ C et déphasage élevés (de 10 à 12 h)
- ➡ stocke du CO₂ et énergie grise faible
- ➡ ne contribue pas au feu (traitement ignifuge) et n'émet pas de fumée toxique en cas d'incendie
- ⚠ peut se tasser si pas bien mise en œuvre
- ➡ prix moyen: 7 à 10-€ en 10 cm d'épaisseur (pour un R5: 20-€/m²)



Types d'isolants :

Biosourcés

Laine de chanvre en panneaux

- 👉 $\lambda = 0,039$ à $0,042$ W/m.K → 20 à 22 cm pour R5
- 👉 $\mu = 1$ à 2 → pare-vapeur; régulation de l'hygrométrie moyenne
- 👎 C et déphasage moyen → petit risque de surchauffe en été
- 👉 stocke du CO2 et énergie grise moyenne due aux traitements
- 👉 inflammable → traitement ignifuge; n'émet pas de fumée toxique en cas d'incendie
- 👎 peut se tasser et nécessite l'ajout de liants synthétiques (PE)
- 👎 prix moyen: 21-€ en 10 cm d'épaisseur (pour un R5: 42-€/m²)



Types d'isolants :

Biosourcés

Blocs chaux-chanvre

- 👉 $\lambda = 0,06 \text{ à } 0,08 \text{ W/m.K} \rightarrow 35 \text{ cm pour R5}$
- 👉 $\mu = 10 \text{ à } 13 \rightarrow$ pare-vapeur; régulation de l'hygrométrie très moyenne mais convient bien pour la rénovation de murs humides.
- 👉 C et déphasage assez élevés (9h) \rightarrow limite les risques de surchauffe en été
- 👉 stocke du CO2 et énergie grise moyenne due aux traitements de la chaux
- 👉 très bonne résistance au feu
- 👉 peut servir de structure porteuse, très peu déformable
- 👉 prix moyen: 35-€ en 9 cm d'épaisseur (pour un R5: 90-€/m²)



Types d'isolants :

Comparatif global

Types isolants			Utilisation					Caractéristiques isolantes			Caractéristiques techniques				Bilan environnemental ^(a)	
Origine	Isolants	Conditionnement	Mur	Plancher / combles perdri	Rampant	Support de couverture	Sol - Sous chape	Lambda en W/m.K	Épaisseur pour R=5 en cm	Prix TTC indicatif pour R=5	Capacité hygroscopique	Résistance à la vapeur	Chassement au feu	Temps de déphasage en heure pour 20 cm	Énergie primaire (kWh Exp UF) ^(b)	Émission de CO2 (kg CO2 eq UF) ^(b)
Isolants synthétiques	Polystyrène expansé PSE	Panneaux	●	●	●	●	●	0,037 à 0,040	18 à 20	15 à 20 €	Non	30 à 100	B	6	142,6	16,9
	Laines minérales	Laine de verre	Rouleaux	●	●	●	●	●	0,035	17	6 à 16 €	Non	1	A à B	6	59,4
	Laine de roche HD	Rouleaux	●	●	●	●	●	0,040	20	6 à 10 €	Non	1	A à B	6	184	46,8
Isolants d'origine végétale	Fibre de bois	Panneaux souples	●	●	●			0,038 à 0,040	19 à 20	24 à 38 €	Faible	1 à 2	E	7,5	51,5	-5,5
		Panneaux denses	●	●	●	●	●	0,037 à 0,046	18 à 23	36 à 75 €	Faible	3 à 8	E	15	173,3	-18,6
	Ouate de cellulose	Vrac insufflé	●	●	●			0,038 à 0,044	19 à 22	10 à 15 €	Moyenne	1 à 2	B à E	10	17,1	-4,4
		Vrac déversé		●				0,037 à 0,040	18 à 20	10 à 15 €	Moyenne	1 à 2	B à E	10	17,1	-4,4
		Panneaux	●	●	●			0,039	20	38 à 42 €	Moyenne	2	E	12	50,8	-3,5
	Liège	Vrac	●	●			⊙	0,040 à 0,045	20 à 22	28 à 42 €	Faible	5 à 30	E	9	41,4	-25,6
		Panneaux	●	●	●	●	●	0,036 à 0,042*	18 à 21	45 à 71 €		5 à 30	E	13	41,4	-25,6
	Laine de chanvre	Rouleaux	●	●	●			0,038 à 0,042	19 à 21	25 à 36 €	Moyenne	1 à 2	E	7	60,8	5,1
		Panneaux	●	●	●			0,038 à 0,042	19 à 21	20 à 40 €	Moyenne	1 à 2	E	7	60,8	5,1
	Chênevotte	Vrac	⊙	●	●		⊙	0,048	24	17 à 30 €	Moyenne	1 à 2	E	8,5	15,5	-48,9
Laine de lin	Rouleaux	●	●	●			0,037	19	35 à 40 €	Moyenne	1 à 2	C à D	6	56,7	0,7	
	Panneaux	●	●	●			0,037 à 0,047	18 à 23	22 à 25 €	Moyenne	1 à 2	C à D	6	56,7	0,7	
Isolants d'origine animale	Laine de mouton	Rouleaux	●	●	●			0,035 à 0,042	17 à 21	20 à 28 €	Forte	1 à 2	C	5	24,5	0,2
		Panneaux	●	●	●			0,035 à 0,040	17 à 20	28 à 36 €	Forte	1 à 2	C	5	24,5	0,2

* 0,049 pour liège blanc

● : Utilisation conseillée

⊙ : Utilisation possible en béton allégé

(a) Moyenne calculée par l'association Arcanne (cf explications page 27)

(b) 1 UF = 1 m² d'isolant à R = 5 m².K/W

MATÉRIAUTHEQUE
réalisée dans le cadre du projet Greenov

Greenov
GREEN RENOVATION CLUSTER

ECO-CONSTRUCTION
Cluster - Eco-construction
Espace Kegeljan
Rue Henri Lecocq 47 / boîte 7
5000 Namur
T +32 (0)81 71 41 00
M info@ecoconstruction.be
www.ecoconstruction.be

Pourquoi isoler ?



**- SUR LES FACTURES
D'ÉNERGIE**



Photo Xpair.com

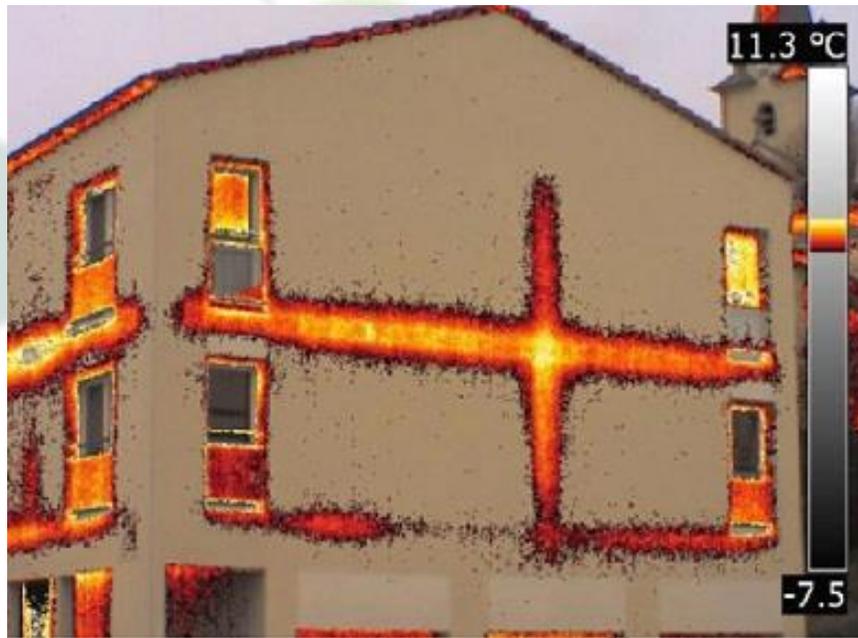
**+ DE CONFORT
(THERMIQUE & ACOUSTIQUE)**



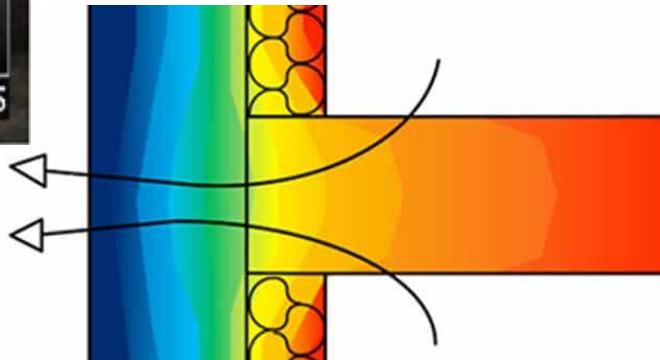
+ DE SANTÉ

Bien isoler, c'est quoi ?

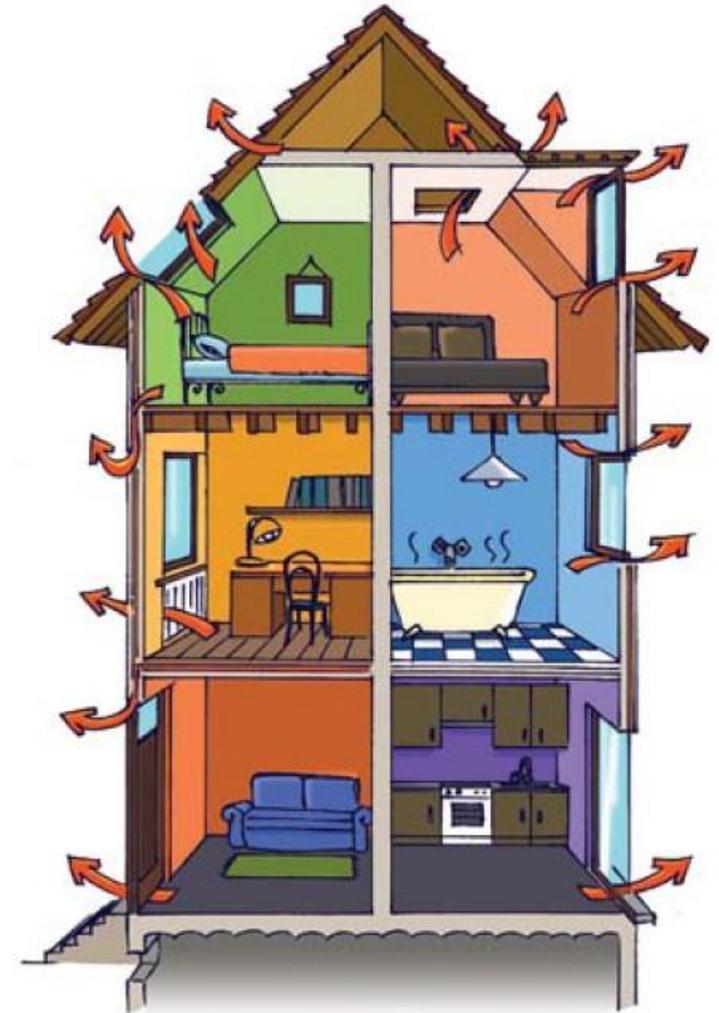
Eviter :



Source: www.e-rt2012.fr



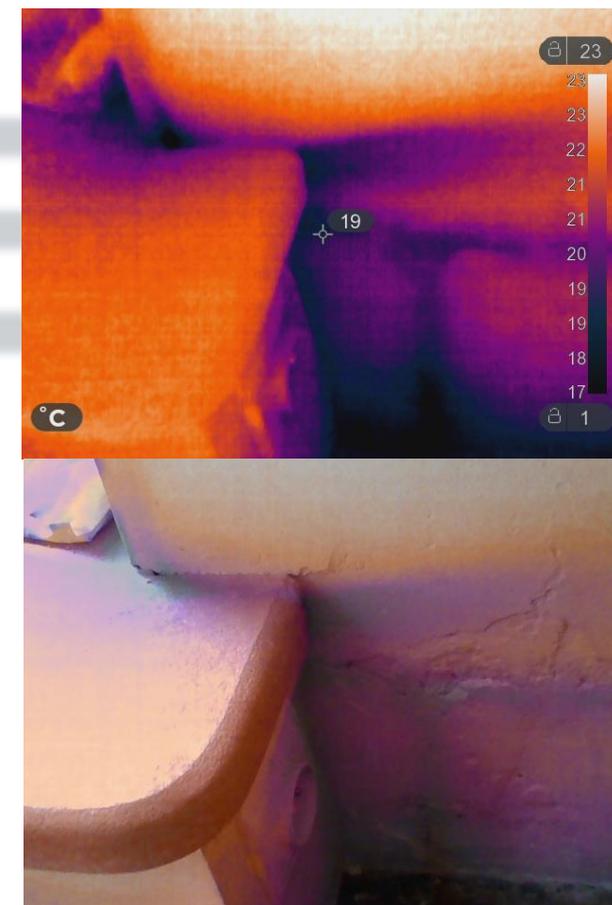
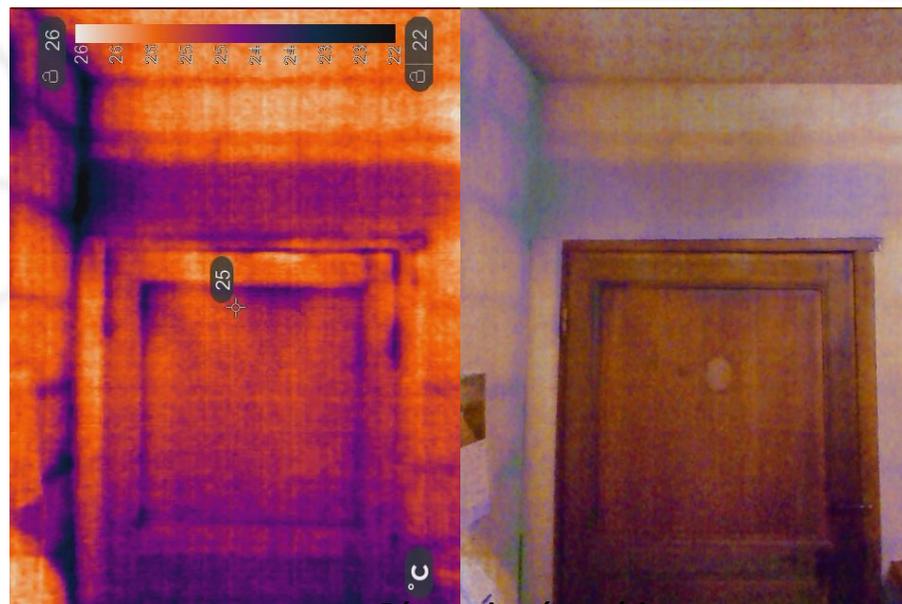
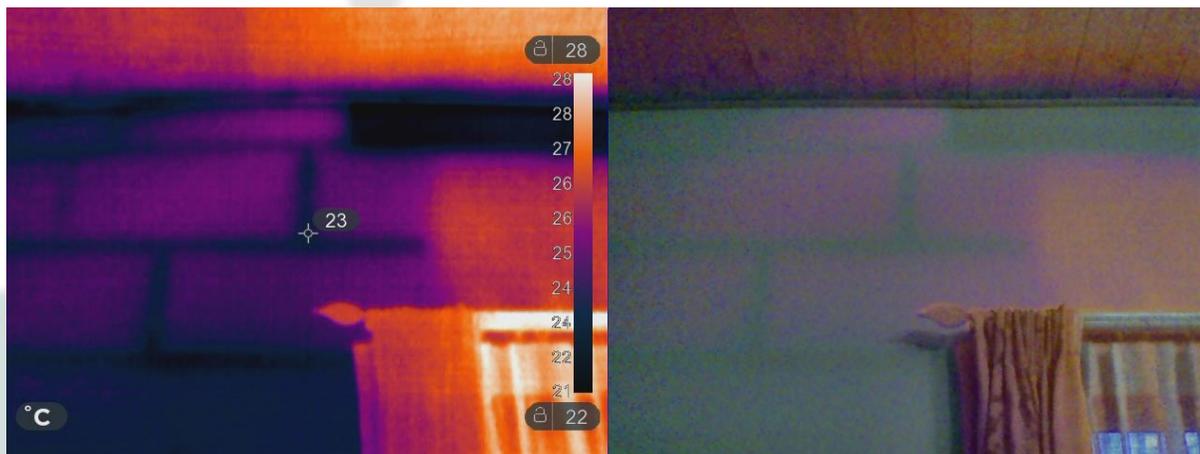
Source: Wikipédia
Rénovation énergétique



Source: Cluster Eco Construction

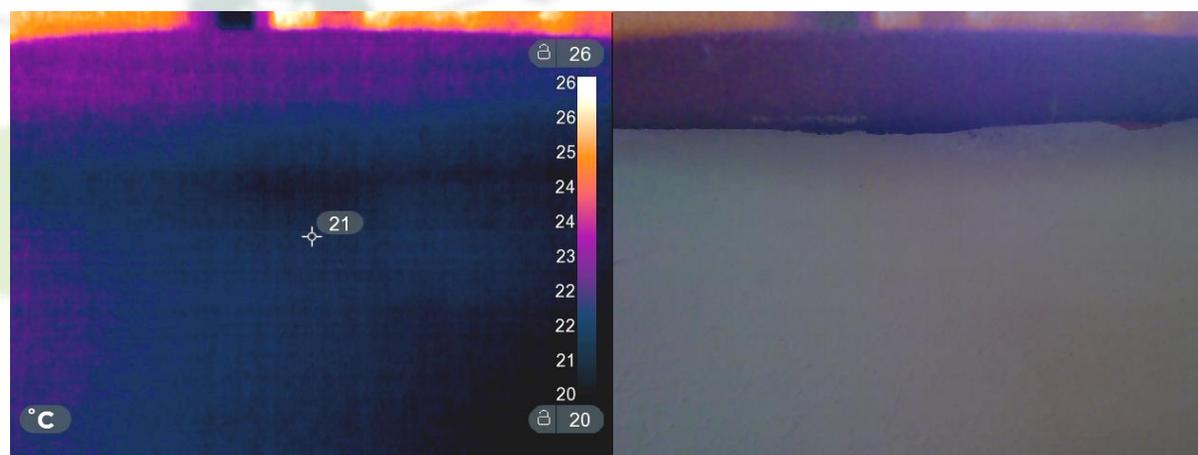
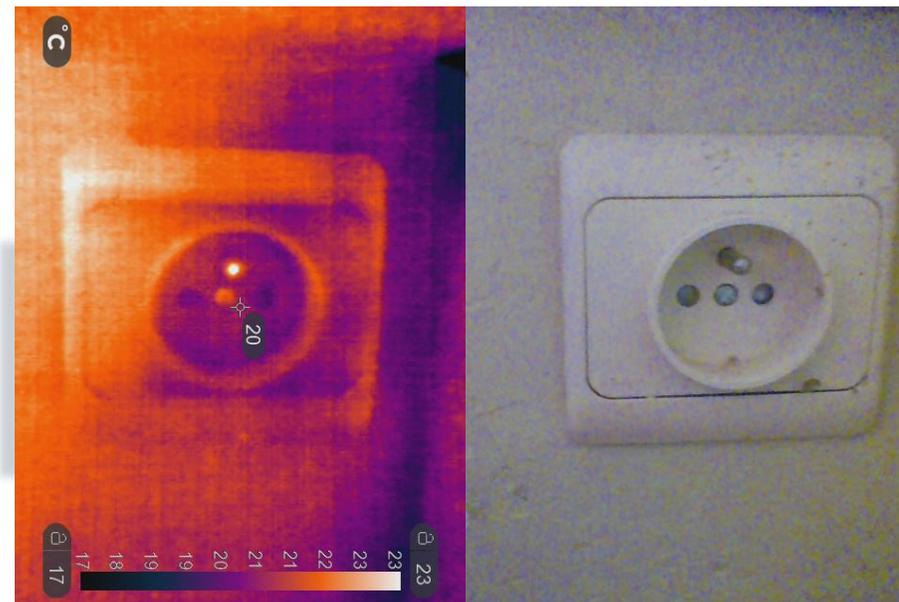
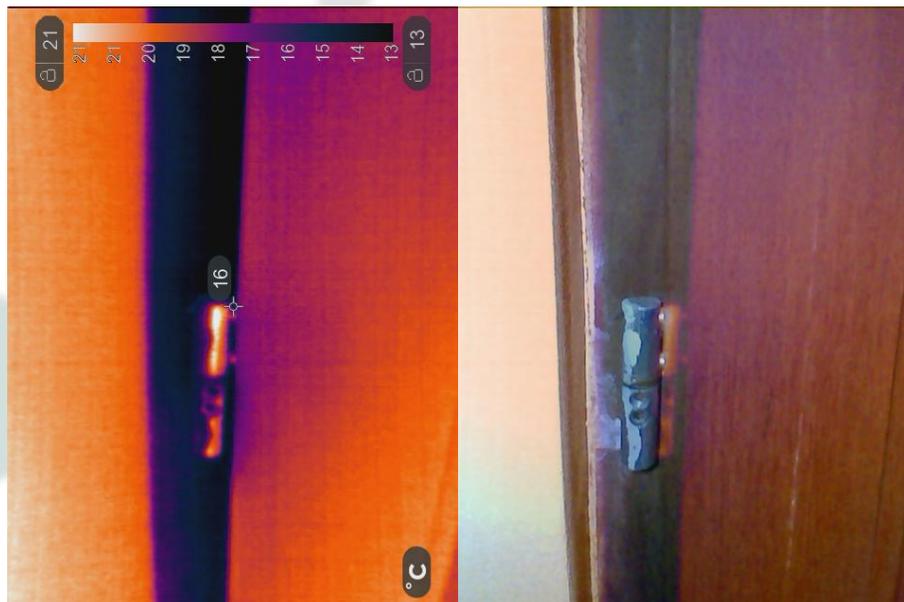
Bien isoler, c'est quoi ?

Eviter les ponts thermiques



Bien isoler, c'est quoi ?

Eviter les infiltrations d'air



Bien isoler, c'est quoi ?

Assurer :



**ISOLATION CONTINUE ET
D'UNE BONNE ÉPAISSEUR**



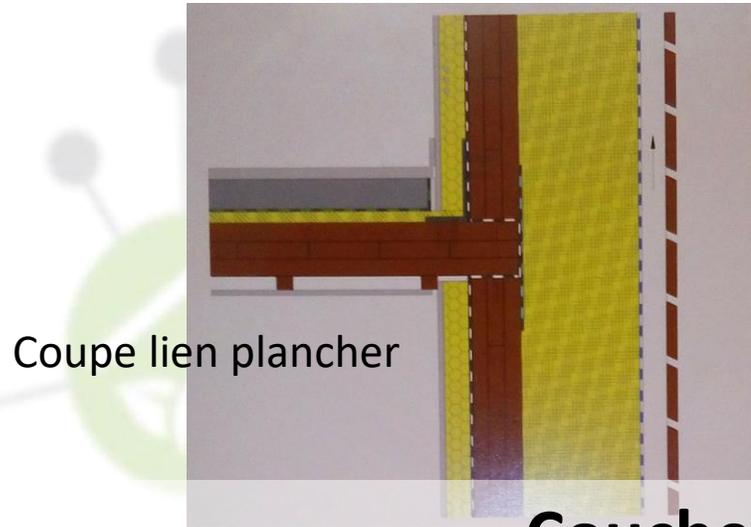
**ÉTANCHÉITÉS À L'AIR ET À L'EAU
CONTINUES**



UNE VENTILATION MAÎTRISÉE

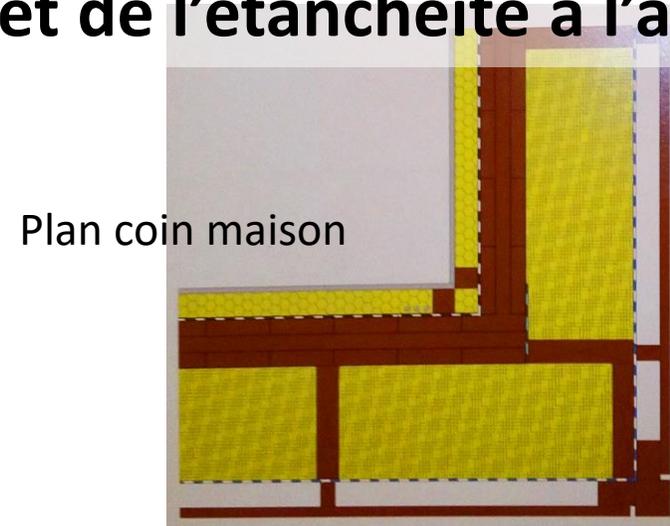
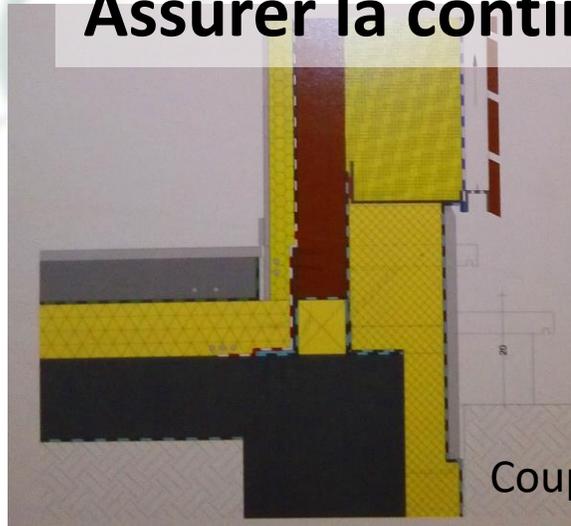
Source: le Cluster Eco Construction

Bien isoler, c'est quoi ?



Couches épaisses d'isolant.

Assurer la continuité de l'isolation et de l'étanchéité à l'air.



Bien isoler, c'est quoi ?

Coupe lien p

**Gérable en construction neuve.
Moins évident en rénovation !**

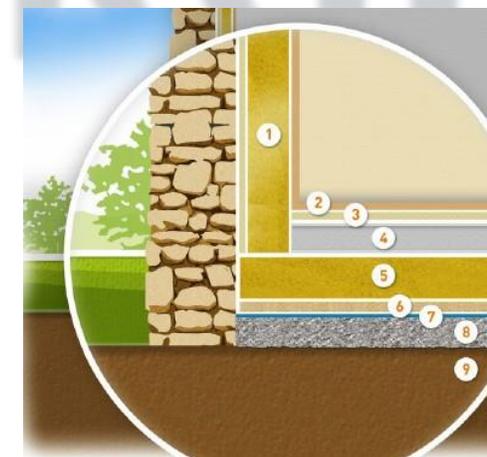
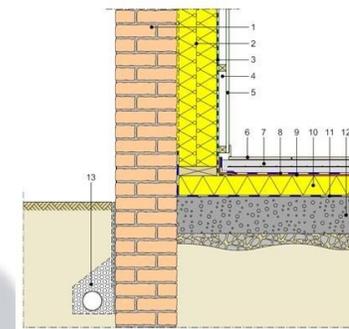
Plan coin maison

Coupe niveau sol

Isolation intérieure ou extérieure

➤ Isolation thermique par l'intérieur (ITI):

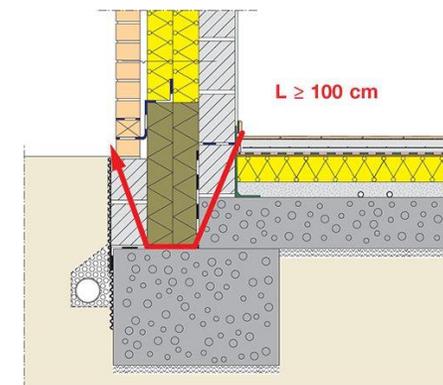
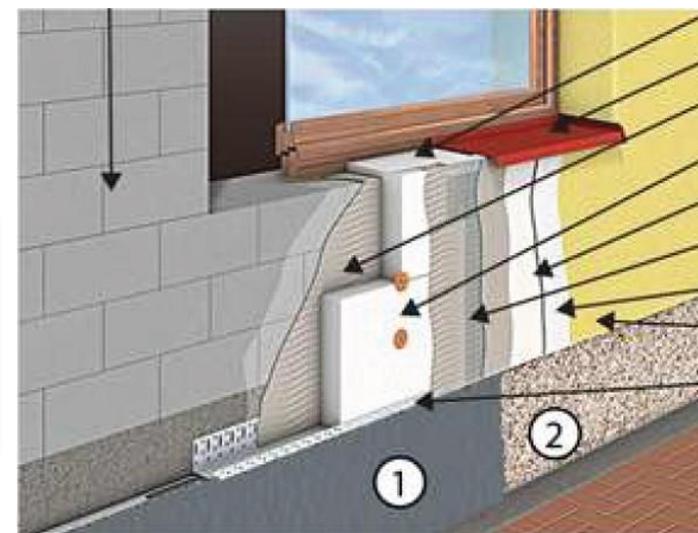
- ➡ Matériaux moins chers à performances équivalentes
- ➡ Facilités de mise en œuvre (autorénovation)
- ➡ Conserve le cachet du logement
- ➡ Intégration éventuelle de la ventilation
- ⚠ Réduit la surface des pièces de l'habitation
- ⚠ Les interfaces sont difficiles à traiter
- ⚠ Création potentielle de ponts thermiques



Isolation intérieure ou extérieure

➤ Isolation thermique par l'extérieur (ITE):

- ➡ La plus efficace
- ➡ Plus facile de gérer les interfaces
- ➡ Et d'éviter les ponts thermiques
- ➡ Conserve la surface habitable
- ⚠ Matériaux relativement chers
- ⚠ Nécessité de passer par un professionnel (ou d'être formé)
- ⚠ Impact sur le cachet du logement
- ⚠ La ventilation est à traiter à part



Isolation intérieure ou extérieure

➤ Isolation thermique par l'extérieur (ITE):

- ➡ La plus efficace
- ➡ Plus facile de gérer les interfaces

➡ Et d'éviter

➡ Conserve

➡ Matériaux

➡ Nécessite

➡ Impact sur le cachet du logement

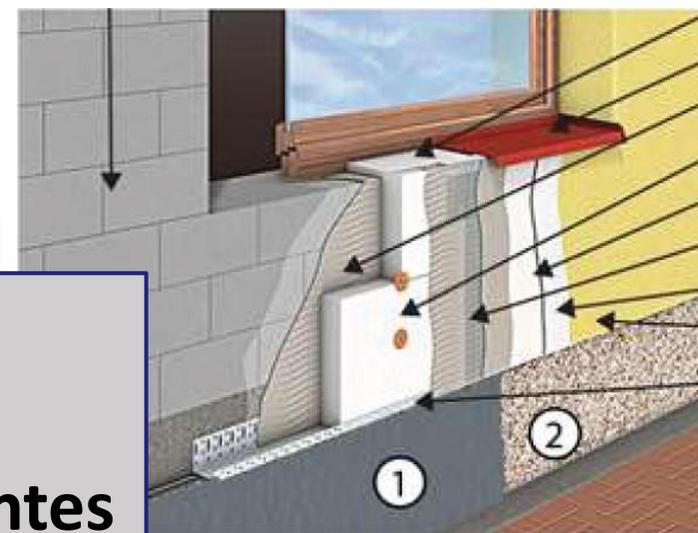
➡ La ventilation est à traiter à part

En rénovation :

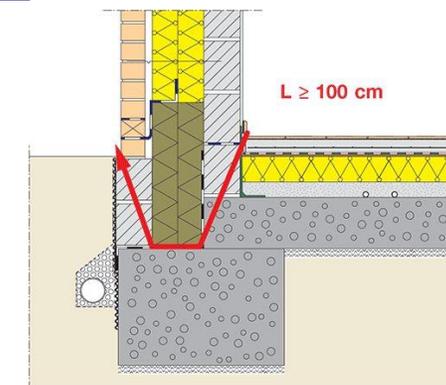
➡ **Décision au coup par coup**

➡ **Fonction des envies et contraintes**

➡ **Souvent un mix des deux**



être formé)



Par quoi commencer ?

➤ Petits travaux :

- ✓ Calfeutrer les infiltrations (menuiseries, gaines techniques, ...)
- ✓ Calorifuger les conduites d'ECS et de chauffage
- ✓ Ventiler mécaniquement les pièces humides
- ✓ Optimisation du système de chauffage (régulation, horaires...)

20 - 25%
Ventilation
mal maîtrisée
&
infiltrations

25 - 30%
(Toiture)

10 - 15%
(Fenêtres)

25 - 30%
(Murs ext)

7 - 10%
(Sol)



Par quoi commencer ?

➤ Gros travaux :

1. Toiture



2. Murs



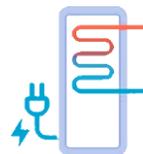
3. Sol



4. Fenêtres



5. Chaudière et ECS



20 - 25%
Ventilation
mal maîtrisée
&
infiltrations

10 - 15%
(Fenêtres)

25 - 30%
(Toiture)

25 - 30%
(Murs ext)

7 - 10%
(Sol)



Par quoi commencer ?

➤ Gros travaux :

1. Toiture



2. Murs



3. Sol



4. Fenêtres



5. Chaudière et ECS



Réfléchir aux interfaces
et les préparer !

Penser à la ventilation
en amont !

20-25%
Ventilation
mal maîtrisée

25-30%
(Toiture)

10-15%
(Fenêtres)

25-30%
(Murs ext)

7-10%
(Sol)

Par quoi commencer ?

➤ Pourquoi pas les fenêtres en premier ?

- Passer d'un simple vitrage à un double fait gagner de l'ordre de 40% sur les 10 à 15% de pertes associées aux menuiseries soit 4 à 6% du global (sur base de 2000-€/an, ça représente 80 à 120-€/an).
- L'isolation a une influence sur la taille des baies et les interfaces avec les dormants.

➤ Pourquoi pas la chaudière d'abord ?

- La chaudière doit être calibrée sur les besoins après rénovation
- Si elle est prévue pour les besoins avant rénovation, elle risque de surconsommer après.
- La rénovation a un effet sur les performances du système de distribution et de diffusion du chauffage.
- Quid de l'ECS, de la pompe à chaleur, de la T° retour (condensation)...
- Ad minima si je remplace ma chaudière elle doit être à puissance (gicleur) variable.



Suggestion et planification des
travaux de rénovation énergétique

Un exemple sur base de la
situation d'un.e volontaire



<https://www.monquickscan.be/>

Budget et économies



Evaluation réalisée via <https://bati-energie.be/fr-be/calculer/peb> et à prendre avec beaucoup de réserve.

- Exemple 1 : Maison de 200 m² habitables, des années '70 en bon état
 - ✓ Ajout de 10 cm d'isolant en toiture (laine bois) + pare-vapeur (ITI)
 - ✓ Ajout de 6 cm PSE dans mur creux (insufflation) (passage R = 0,41 à 1,91)
 - ✓ Projection de 10 cm d'isolant aux plafonds des vides ventilés.

PEB initial: E; consommation énergétique associée: 383 kWh/m².an

PEB final: B (124 kWh/m².an); économies d'énergie: 259 kWh/m².an

Budget travaux faits par des entrepreneurs : 18.500 -€ TTC + 1.000 d'audit.

Evaluation des primes (catégorie revenus R3) : 12.350 -€ TTC

Economie en budget de chauffage (I mazout à 1,00-€): ± 1.000-€/an

Période de retour sur investissement: 7 ans

Budget et économies



**Evaluation réalisée sur base d'un ancien PEB et d'une simulation.
Elle est à prendre avec beaucoup de réserve.**

- Exemple 2 : Chalet d'été (127 m²) converti en logement principal
 - ✓ Réhausse de toit avec 2x12 cm d'isolant (Sarking)
 - ✓ Isolation dans la structure bois: caissons de 18 cm + insufflation de cellulose + panneaux (4 cm d'isolation + fermacell)
 - ✓ Isolation dans plancher + réhausse (cellulose en vrac, 6 cm) + isolation plafond garage et chaufferie (projection de mousse)

PEB initial disponible: F; consommation énergétique associée: 483 kWh/m².an

PEB final: C (195 kWh/m².an); économies d'énergie: 288 kWh/m².an

Budget travaux d'isolation faits par des entrepreneurs : 11.500 -€ TTC + 1.000 d'audit.

Budget matériaux pour travail en auto-rénovateur: 5.500-€ TTC

Evaluation des primes (catégorie revenus R4) : 8.270-€ TTC

Economie en budget de chauffage (l mazout à 1,00-€): ± 900-€/an

Période de retour sur investissement: 11 ans

Budget et économies



**Evaluation réalisée sur base d'un ancien PEB et d'une simulation.
Elle est à prendre avec beaucoup de réserve.**

- Exemple 3 : Corps de ferme (mur 50 cm en pierre) sur terre battue
 - ✓ Réhausse toiture avec 24cm d'isolant (Sarking)
 - ✓ Isolation par l'extérieur: enduit isolant pour égaliser + 6 cm de Liège (R de 0,2 à 2,1)
 - ✓ Pose d'une chappe isolante de 10 cm au sol

PEB initial disponible: E; consommation énergétique associée: 409 kWh/m².an

PEB final: C (190 kWh/m².an); économies d'énergie: 219 kWh/m².an

Budget travaux d'isolation faits par des entrepreneurs : 22.400 -€ TTC + 1.000 d'audit.

Evaluation des primes (catégorie revenus R2) : 16.120-€ TTC

Economie en budget de chauffage (l mazout à 1,00-€): ± 1.150-€/an

Période de retour sur investissement: 6 ans

Conclusion

- **La rénovation énergétique est complexe.**
- **Il y a beaucoup de paramètres à prendre en compte:**
 - ITE ou ITI
 - Phasage
 - Interfaces → ponts thermiques, continuité de l'isolation, étanchéité à l'air
 - Ventilation
- **S'informer, se former, se faire accompagner...**
- **Mais quoiqu'il en soit ça en vaut la peine !**
 - Amélioration du confort, de la santé et du budget énergie du ménage.
 - Retour sur investissement en général dans les 12 ans.
 - Prise de valeur du logement
 - Bientôt se sera une obligations RW lors de l'achat d'un bien.

A 3D rendered orange character with a large head and small body, holding a rectangular sign. The character is standing on a light-colored circular base. In the background, there is a faint logo of a house with a green roof and a blue circle to its left, and the text 'Pari-ÉNERGIE' in a large, light blue font.

**Merci de
votre
attention**

**Toujours plus d'informations pertinentes
sur le sujet sur
www.parienergie.be**