

ISOLER POUR AMELIORER LA PERFORMANCE ENERGETIQUE DES BATIMENTS

20 juin 2023

Pierre Demesmaecker



ICEDD
INSTITUT DE CONSEIL ET D'ÉTUDES
EN DÉVELOPPEMENT DURABLE



Table des matières

1. Introduction

1. Où part mon gaz ?
2. L'importance d'isoler : confort et économie
3. Grandeurs caractéristiques du niveau d'isolation
4. Les matériaux isolants
5. Les primes
6. Stratégie bruxelloise de rénovation - Renolution

2. Isolation du toit
3. Isolation des murs
4. Isolation des sols
5. Les fenêtres



Introduction – où part mon gaz?

Mon bâtiment :

- 6 étages de 180 m² = 1080 m²
- 1938
- Toit plat très peu isolé.
- La plupart des fenêtres ont été remplacées
- Chaudière 2010
- Conso gaz :
 - 170 800 kWh/an soit l'équivalent de 17 080 litres de mazout
 - 158 kWh/m²
 - Permettrait de rouler 340 000 km en voiture/an (5l/100km), soit près de 8,5 x le tour de la terre chaque année!
 - 14 700 €/an (prix du 19/5/2023)
 - 25 600 €/an (prix de octobre 2022)





Introduction – où part mon gaz?

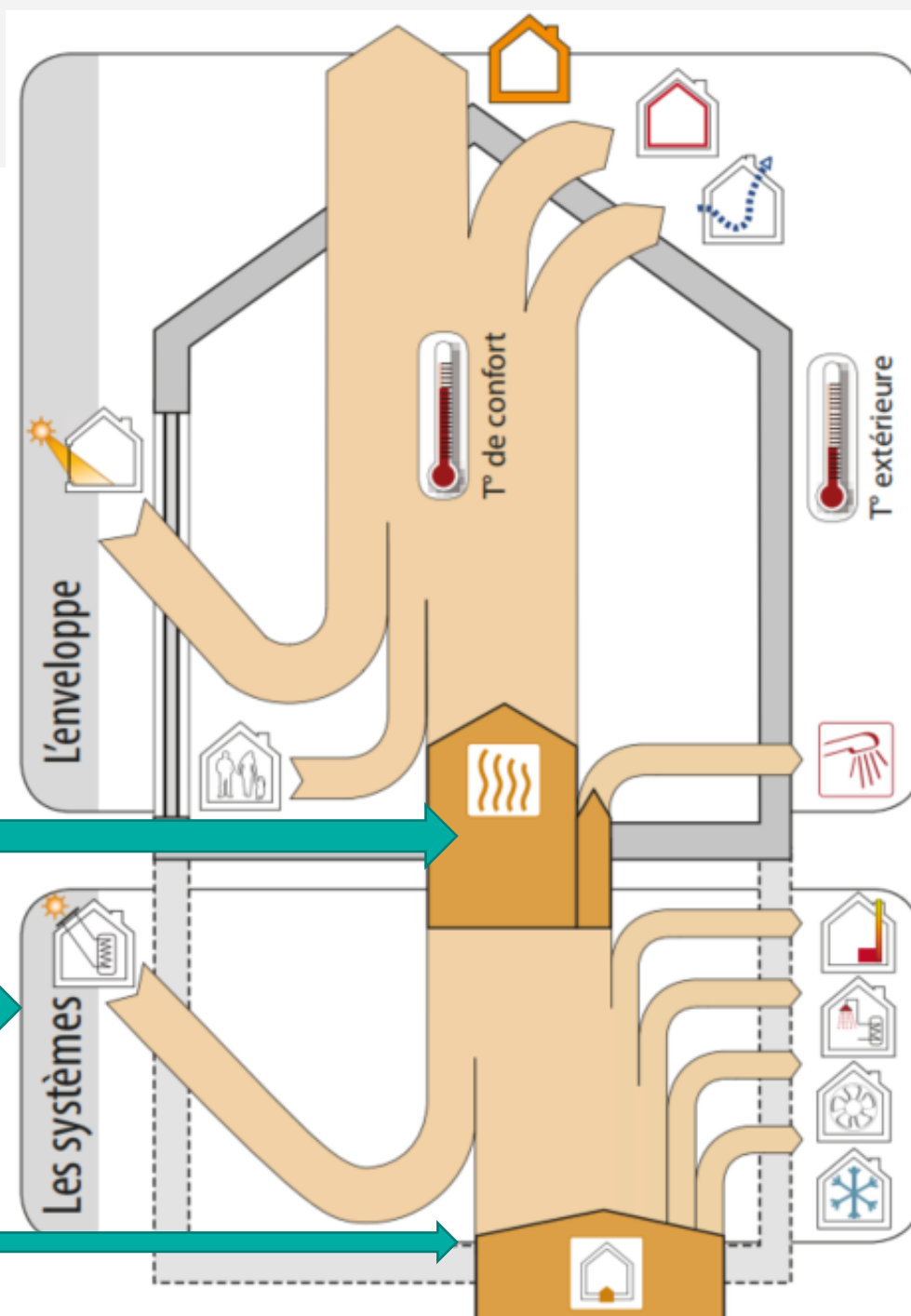
Répartition des pertes



Chaleur transmise : 124 080 kWh

Chauffage central : rendement global 73%
~27%, soit 46 000 kWh sont perdus.

Conso gaz : 170 080 kWh/an



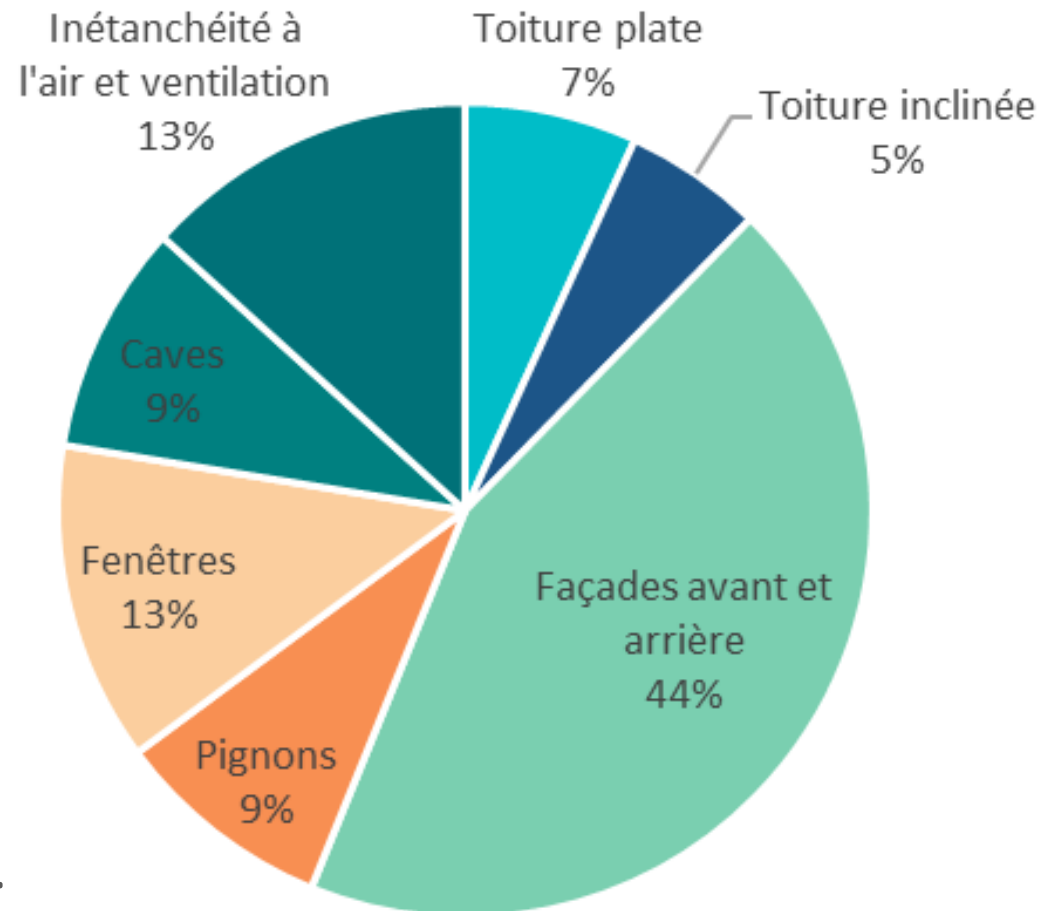


Introduction – où part mon gaz?

Répartition des pertes



Les fenêtres sont aussi à l'origine d'apports solaires...
(non comptabilisés ici)

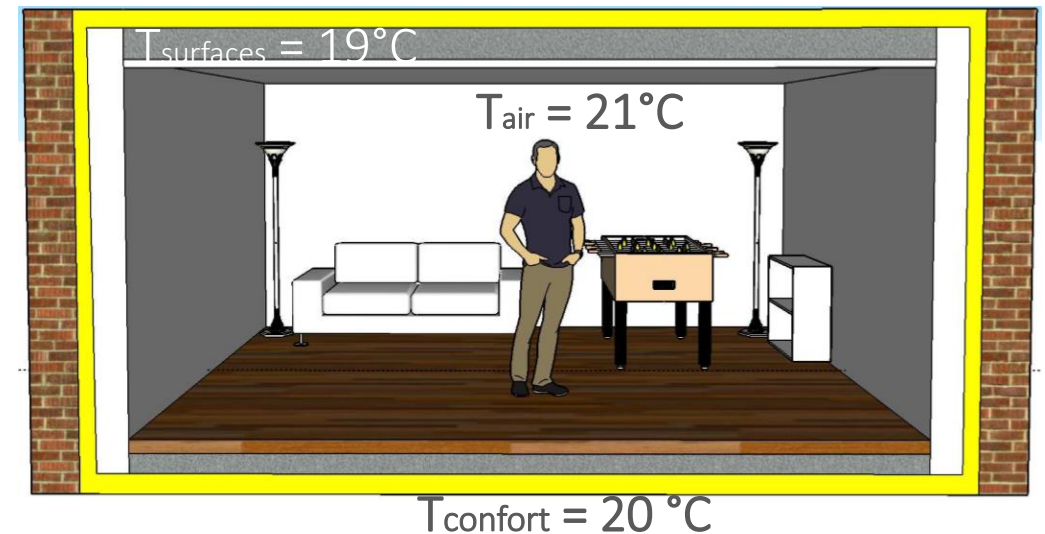
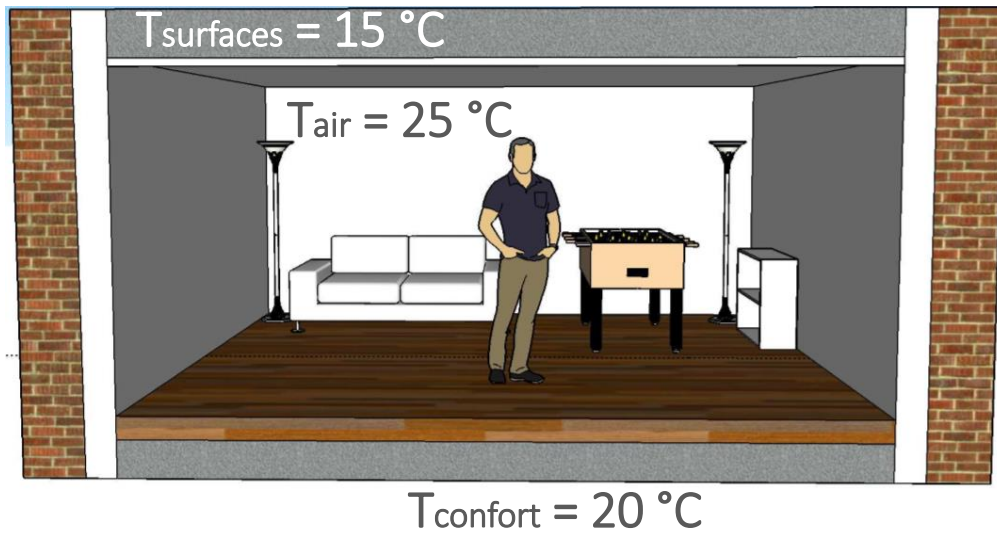




Introduction – importance d'isoler

Confort : Eviter l'inconfort de parois froides

$$T_{confort} = \frac{T_{air} + T_{surfaces}}{2}$$





Introduction – importance d'isoler

Comment faire des économies d'énergie ?

En respectant la philosophie du TRIAS ENERGETICA :

1. Minimiser la demande en énergie

- Isolation thermique de l'enveloppe
- Favoriser les gains énergétiques solaires en hiver
- Prévoir un refroidissement nocturne pour pallier la surchauffe en été,...

2. Utiliser au mieux les sources disponibles d'énergie renouvelable

- capteurs solaires thermiques,
- chauffage au bois,
- solaire photovoltaïque,...


3. Recourir à des systèmes énergétiques performants

- chaudière à condensation,
- distribution efficiente,...



Introduction – caractériser l'isolation

Coefficient de conductivité thermique (λ) : Capacité d'un matériau à transmettre de la chaleur par conduction [W/mk]

- caractéristique intrinsèque d'un matériau
- donnée tabulée dans la norme NBN B 62-002 ou www.epbd.be
- donnée reprise dans l'  ou dans la documentation du fabricant



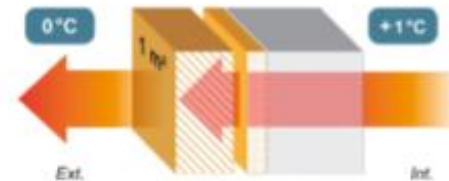
Résistance thermique d'une couche homogène constitutive d'une paroi (R) :

- $R = d / \lambda$ [m^2k/W] avec 'd' l'épaisseur de la couche



Résistance thermique totale d'une paroi (R_t) :

- $R_t = R_{si} + \sum R + R_{se}$ [m^2k/W]

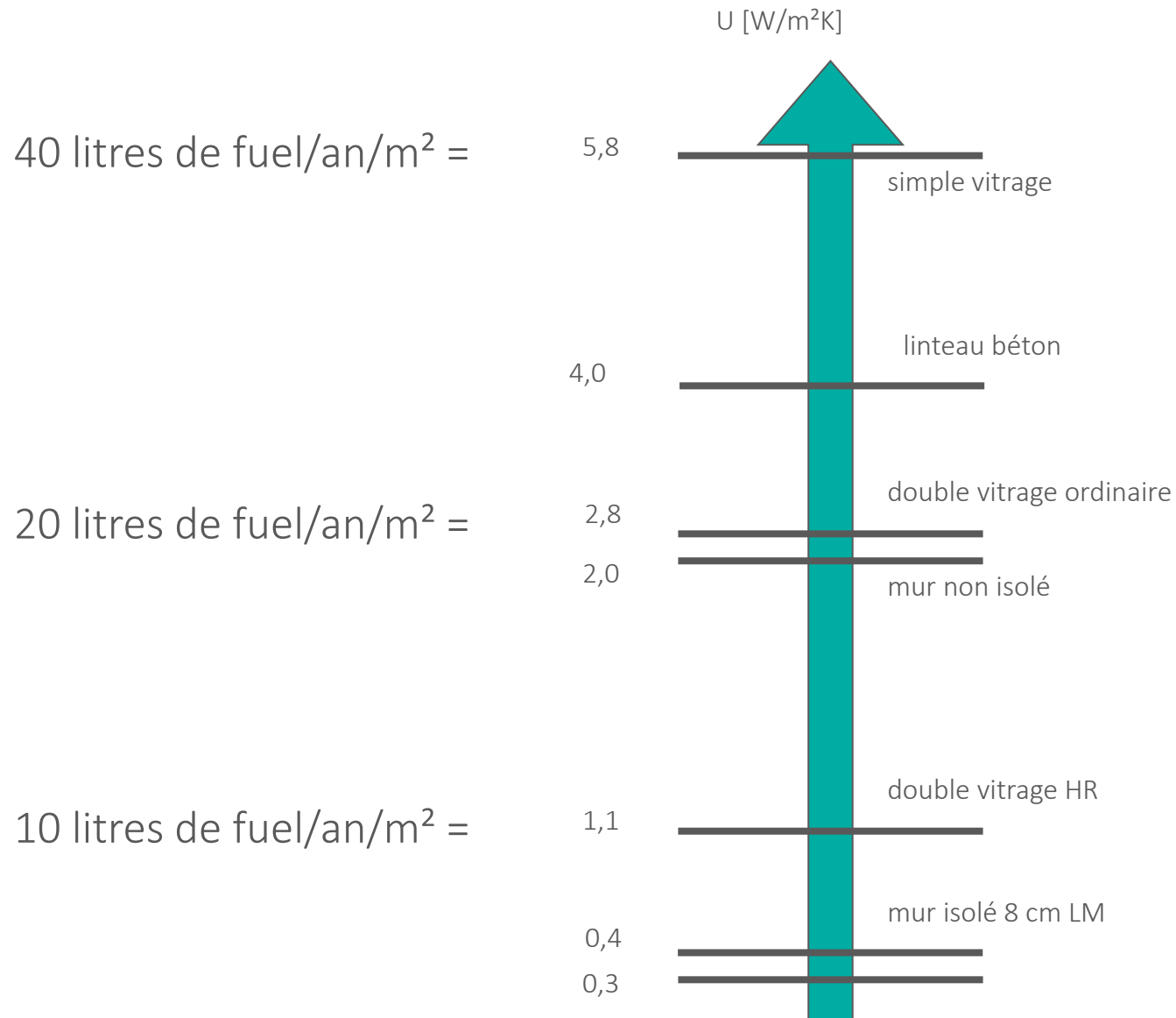


Coefficient de transmission thermique d'une paroi (U) : Caractérise le pouvoir isolant d'une paroi

- $U = 1 / R_t$ [m^2k/W]



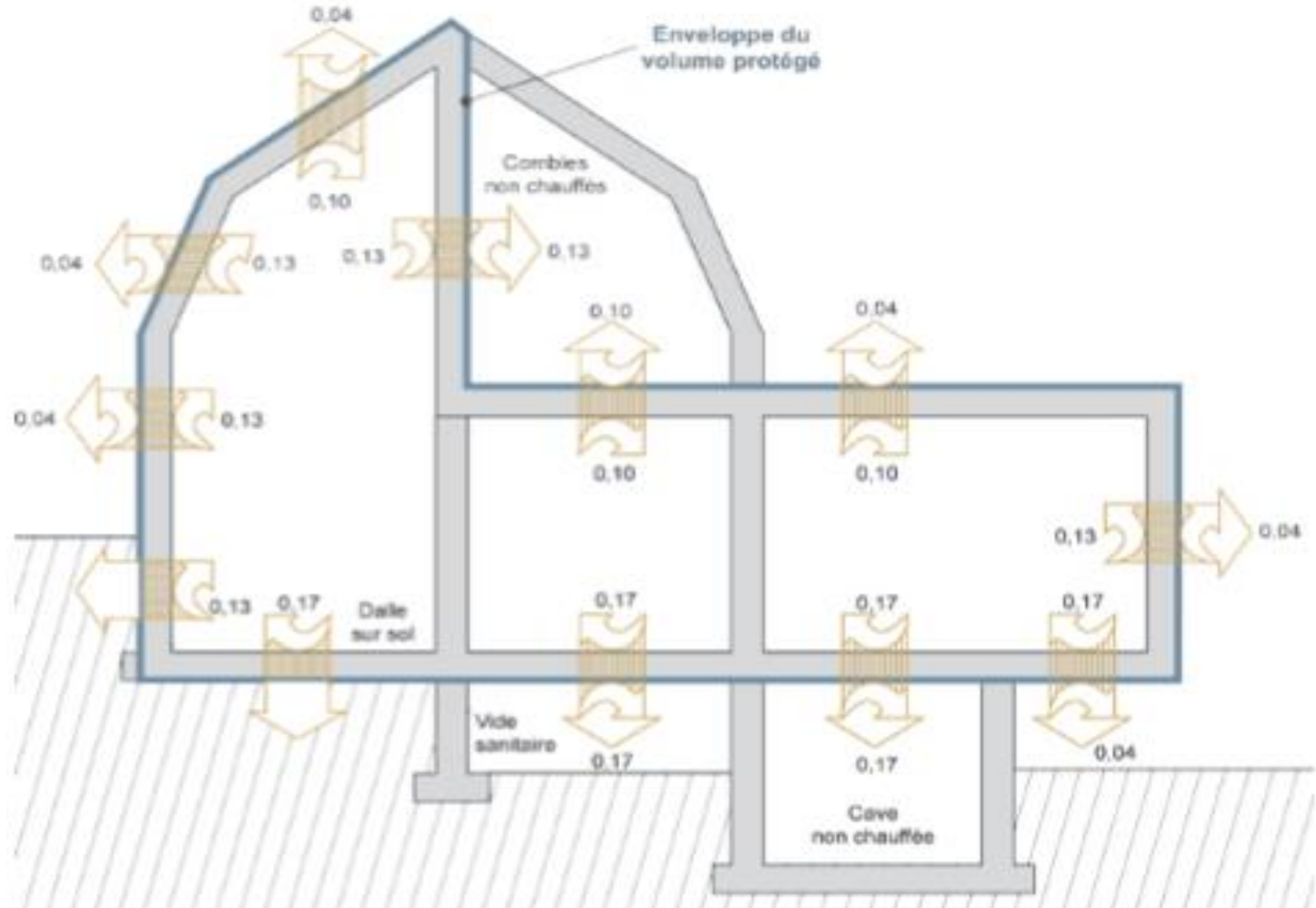
Introduction – caractériser l'isolation





Introduction – où isoler?

Identifier le volume à protéger des déperditions !





Introduction – les matériaux isolants

Caractérisation par :

- Leur forme (vrac, rouleau, panneau dur/mou)
- Leur origine (minérale, synthétique, animale, végétale)
- Leur performances
 - Thermiques
 - Ouverture à la vapeur d'eau
 - Résistance à la compression
 - ...



Introduction – les matériaux isolants

La forme



© Mironmax Studio / Shutterstock.com

Les isolants en vrac

Description ▼



© Roman023_photography / Shutterstock.com

Les isolants souples

Description ▼



© Arturs Budkevics / Shutterstock.com

Les isolants semi-rigides

Description ▼



© JFs Pic S. Thielemann / Shutterstock.com

Les isolants rigides



© brizmaker / Shutterstock.com

Les isolants projetés



Introduction – les matériaux isolants

L'origine :
Minérale

Laine de verre



Laine de roche



Argile expansé



Laine de verre



Laine de roche





Introduction – les matériaux isolants

L'origine :
Végétale

Flocons de cellulose



Chenevotte



Liège



Laine de textile recyclé



Fibre de bois



Liège



Laine de chanvre



Laine de lin



Laine de coco





Introduction – les matériaux isolants

L'origine :
Animale

Laine de mouton



Laine de plumes de canard ou d'oie





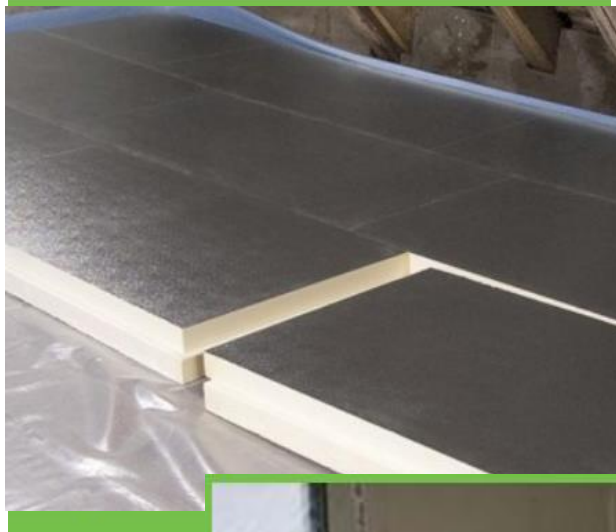
Introduction – les matériaux isolants

L'origine :
Pétrochimique

Polystyrène expansé
(EPS)



Polyuréthane
(PUR)



Polystyrène extrudé
(XPS)





Introduction – les matériaux isolants

TOTEM – évaluation de l'impact environnemental (ACV)

TOTEM = ACV

➔ Multicritères : 19 indicateurs environnementaux (12 groupes)

➔ Tout le cycle de vie



Légende:

bilan environnemental total du bâtiment

l'impact environnemental des matériaux

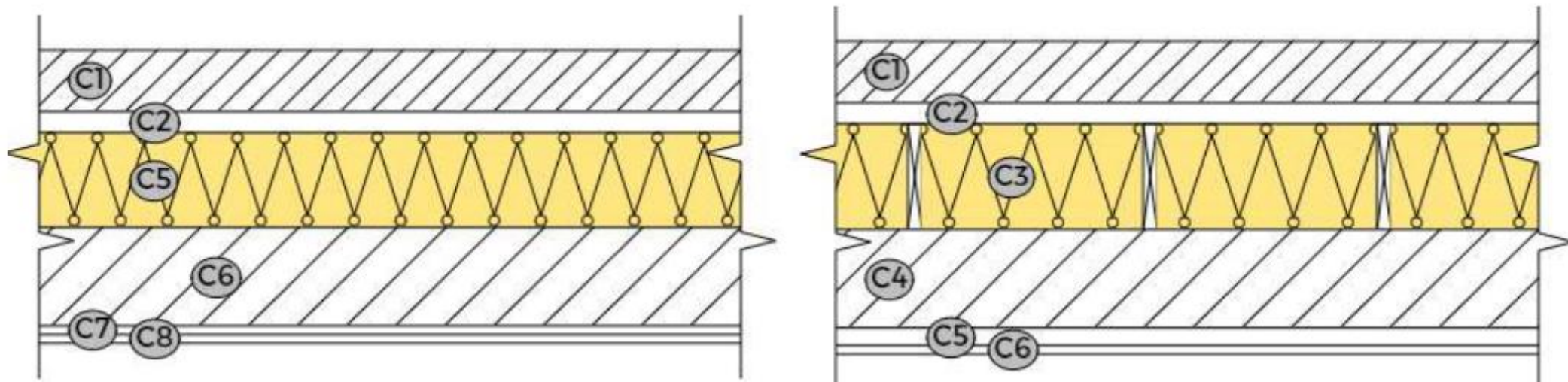
l'impact de l'énergie



Introduction – les matériaux isolants

TOTEM – évaluation de l'impact environnemental (ACV) <https://www.totem-building.be/>

- └ Comparaison des composants cellulose et laine de roche (pour un U similaire)
- └ Comparaison d'un mur isolé avec de la cellulose (au sein d'une ossature bois) et de la laine de roche (accrochée à l'aide de crochets et de clips)



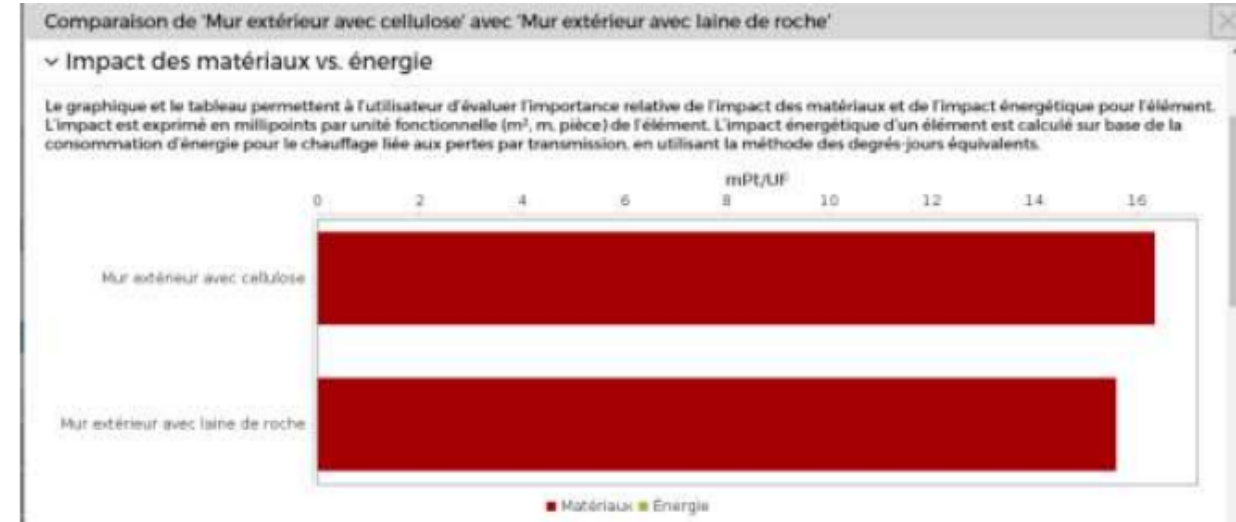


Introduction – les matériaux isolants

TOTEM – évaluation de l'impact environnemental (ACV)



Si on compare seulement les isolants, la cellulose est 30% moins impactante que la laine de roche.



Si on compare une paroi similaire isolée avec les deux isolants + leurs fixations (clips et crochets pour la laine de roche et lattis en bois résineux vissé pour la cellulose), la différence n'est pas significative.



Introduction – les primes à l’isolation

Synthèse des primes 2023 : <https://renolution.brussels/fr/les-primes-renolution-2023>

	Rmin	Montant – catégorie I (par défaut) (€/m ²)	Montant – catégorie II (€/m ²)	Bonus si naturel
E3- Isolation du toit	Rmin = 4 m ² K/W	35	55	10 €/m ²
F1 - Isolation des murs par l’extérieur	Rmin = 3,5 m ² K/W	50	70	10 €/m ²
F1 - Isolation des murs par l’intérieur	Rmin = 2 m ² K/W	35	40	10 €/m ²
F1 - Isolation des murs par la coulisse	Rmin = 1 m ² K/W	20	25	10 €/m ²
H1 - Isolation du sol par le haut	Rmin = 2 m ² K/W	30		10 €/m ²
H1 - Isolation du sol par le bas	Rmin = 3,5 m ² K/W	30		10 €/m ²
G1- Remplacement portes et fenêtres extérieures	Umax vitrage ≤ 1,1 W/m ² K Umax fenêtre ≤ 1,5 W/m ² K	Châssis bois : 100 PVC et métal : 40	Châssis bois : 120 PVC et métal : 50	Bois FSC ou PEFC : +100€/m ²
G2- Réparation et adaptation de fenêtre	Umax vitrage ≤ 1,2 W/m ² K	130	220	



Introduction – Renovation

La stratégie bruxelloise de rénovation

Résidentiel

Adoptée par le Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale le 25 avril 2019, la stratégie rénovation bruxelloise fixe un **objectif de consommation de 100kWh/m²/an en énergie primaire en moyenne** pour les bâtiments résidentiels à l’horizon 2050, soit un niveau moyen de performance équivalent à un **PEB C+** pour l’ensemble du parc.

Cet objectif correspond à une réduction de la consommation moyenne d’un facteur 3 par rapport à la situation actuelle.

Tertiaire

L’objectif est de faire **tendre le secteur tertiaire vers des bâtiments neutres en énergie d’ici 2050.**





Table des matières

1. Introduction

2. Isolation du toit

1. Isolation du plancher des combles
2. Isolation des versants
3. Isolation des toits plats

3. Isolation des murs

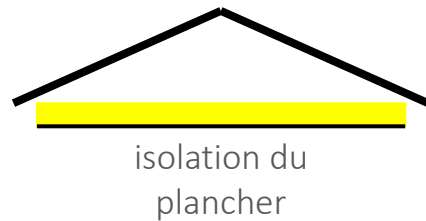
4. Isolation des sols

5. Les fenêtres

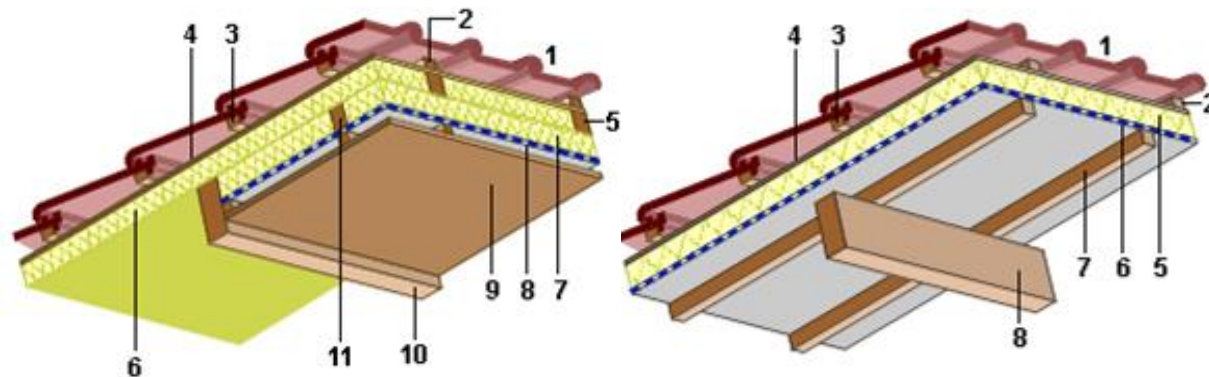


Isolation des toits inclinés

- Combles non habitables :
isolation du plancher des combles



- Combles habitables : isolation des versants (intérieur/sarking)





Isolation des toits inclinés

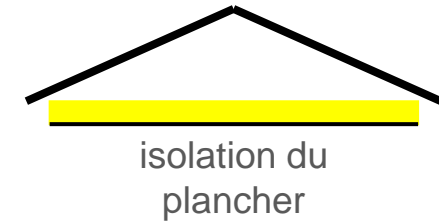
Isolation du plancher des combles

- 😊 Volume chauffé limité
- 😊 Moins de surfaces de déperditions
- 😊 Pas de perte de place à l'intérieur du volume chauffé
- 😊 N'affecte pas les finitions intérieures
- 😊 Risques limités de condensation interne
- 😊 Possibilité d'intégrer des matériaux « écologiques »
- 😊 Bon marché

- ☹ Continuité de l'isolant ou du pare-vapeur éventuel parfois difficile à assurer

➔ **Technique d'isolation à recommander**

Attention à l'étanchéité à l'air !

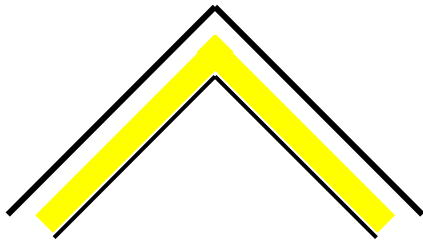




Isolation des toits inclinés

Isolation du versant par l'intérieur

➤ Combles habitables



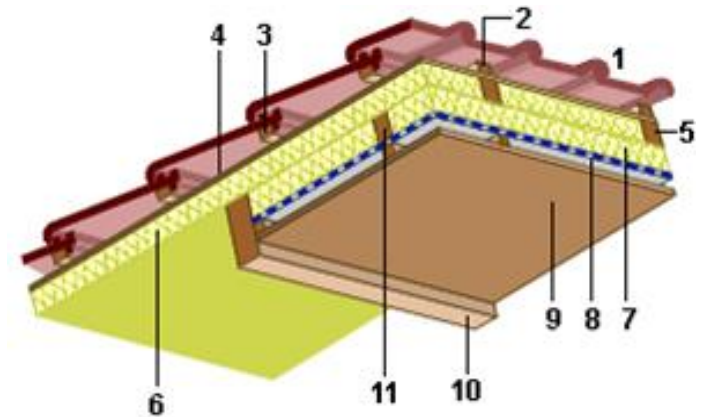


Isolation des toits inclinés

Isolation du versant par l'intérieur



- 😊 Grenier peut être occupé/chauffé
- 😞 Risques élevés de condensation interne
- 😞 Continuité de l'isolant ET du pare-vapeur parfois difficiles à assurer
- 😞 Perte de place à l'intérieur si isolation performante (épaisseur importante d'isolant)
- 😞 Finitions intérieures à refaire
- 😞 Problème si absence de sous-toiture



Source : Energie+

➔ Souvent dans le cadre de travaux de rénovation ou d'aménagement de greniers

Attention à l'étanchéité à l'air ! ➔ nécessité d'un pare-vapeur dont la pose est très soignée!

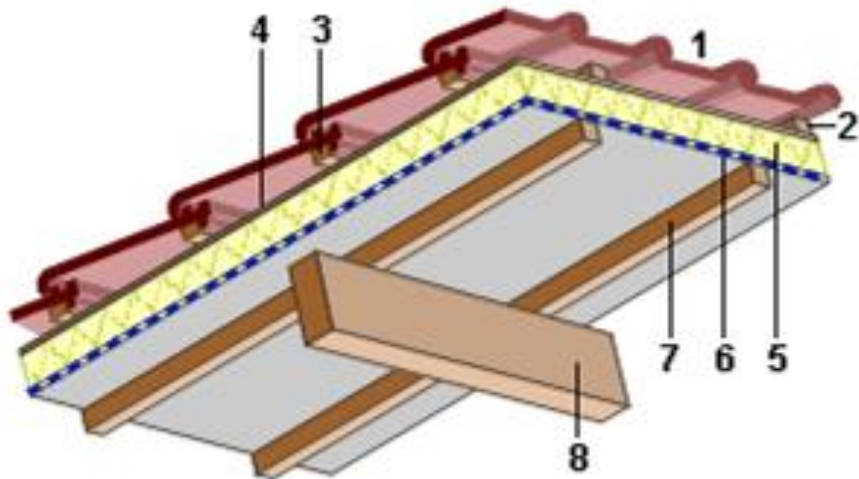


Isolation des toits inclinés

Isolation du versant par l'extérieur



- Combles habitables : la toiture Sarking



Source : Energie+



Source : Recticel



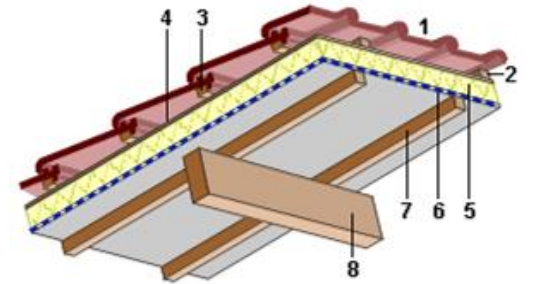
Isolation des toits inclinés

Isolation du versant par l'extérieur

- 😊 Grenier peut être occupé/chauffé
- 😊 Pas de perte de place à l'intérieur
- 😊 Risques limités de condensation interne
- 😊 Bonne continuité de l'isolant

- ☹️ Peu/pas de possibilité d'utiliser un isolant « écologique »
- ☹️ La couverture de toiture doit être refaite
- ☹️ Difficulté d'obtenir une bonne étanchéité à l'air en périphérie et au droit des obstacles
- ☹️ Adaptation nécessaire des rives de toiture (gouttières, solins, raccords divers de la toiture)

➔ Souvent dans le cadre de travaux de rénovation de la couverture de toiture
Attention à l'étanchéité à l'air (éviter que l'air extérieur ne pénètre sous l'isolant)



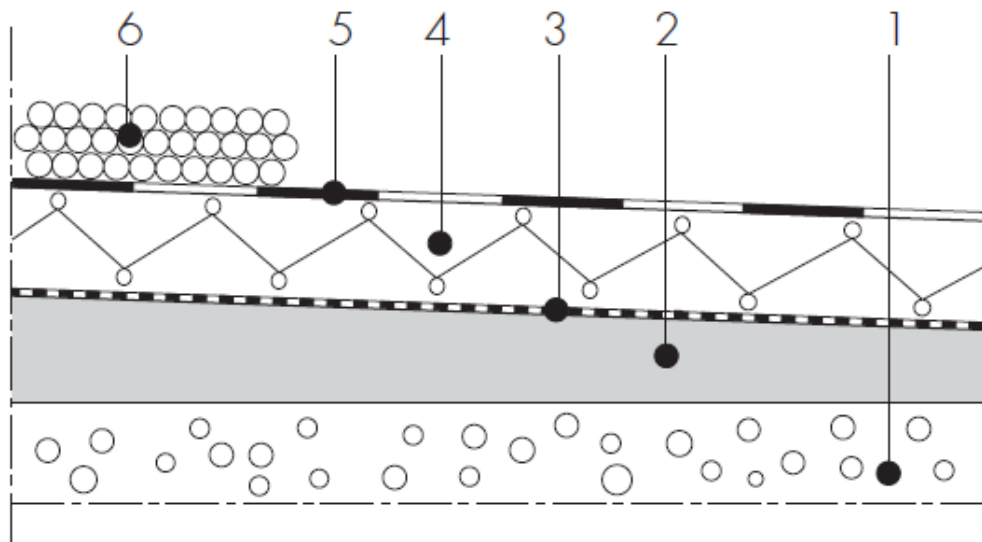
Source : Energie+



Isolation des toits plats

Toiture chaude

- Isolant SUR la structure portante
en pratique, on utilise l'ancienne étanchéité comme pare-vapeur



- | | |
|-------------------------------|---------------------|
| 1. Plancher de toiture | 4. Isolation |
| 2. Forme de pente (cf. § 5.2) | 5. Etanchéité |
| 3. Pare-vapeur éventuel | 6. Lestage éventuel |

➔ **Technique vivement recommandée**



Table des matières

1. Introduction
2. Isolation du toit
- 3. Isolation des murs**
 1. Par l'extérieur
 2. Par la coulisse
 3. Par l'intérieur
4. Isolation des sols
5. Les fenêtres



Isolation des murs

Par l'extérieur



Par l'intérieur



Source : Pierre Demesmaecker

Dans la coulisse





Isolation des murs par l'extérieur



- 😊 Continuité de l'isolant
- 😊 Pas de ponts thermiques
- 😊 Pas de perte de place à l'intérieur
- 😊 N'affecte pas les finitions intérieures
- 😊 L'étanchéité de la façade améliorée
- 😊 Masse thermique préservée
- 😞 Autorisations en matière d'urbanisme : modification de l'aspect extérieur
- 😞 Coût élevé



→ A privilégier !

Si crépi sur isolant : utilisation d'un SYSTÈME vendu par 1 fabricant. Attention à l'entretien!



Isolation des murs par remplissage de la coulisse

- 😊 Finitions intérieures et extérieures conservées
- 😊 Pas d'encombrement
- 😊 Bon marché
- 😞 Contraintes thermiques et hygriques élevées pour le parement – GEL !
- 😞 Si coulisse suffisamment large (min 4 cm)
- 😞 Pas applicable si parement peint ou émaillé
- 😞 Epaisseur isolant limitée
- 😞 Ponts thermiques accentués (linteaux)
- 😞 Ponts de mortier
- 😞 A priori négatifs

→ Entreprise spécialisée : contrôles avant et après exécution!



Source : Knauf



Isolation des murs par l'intérieur



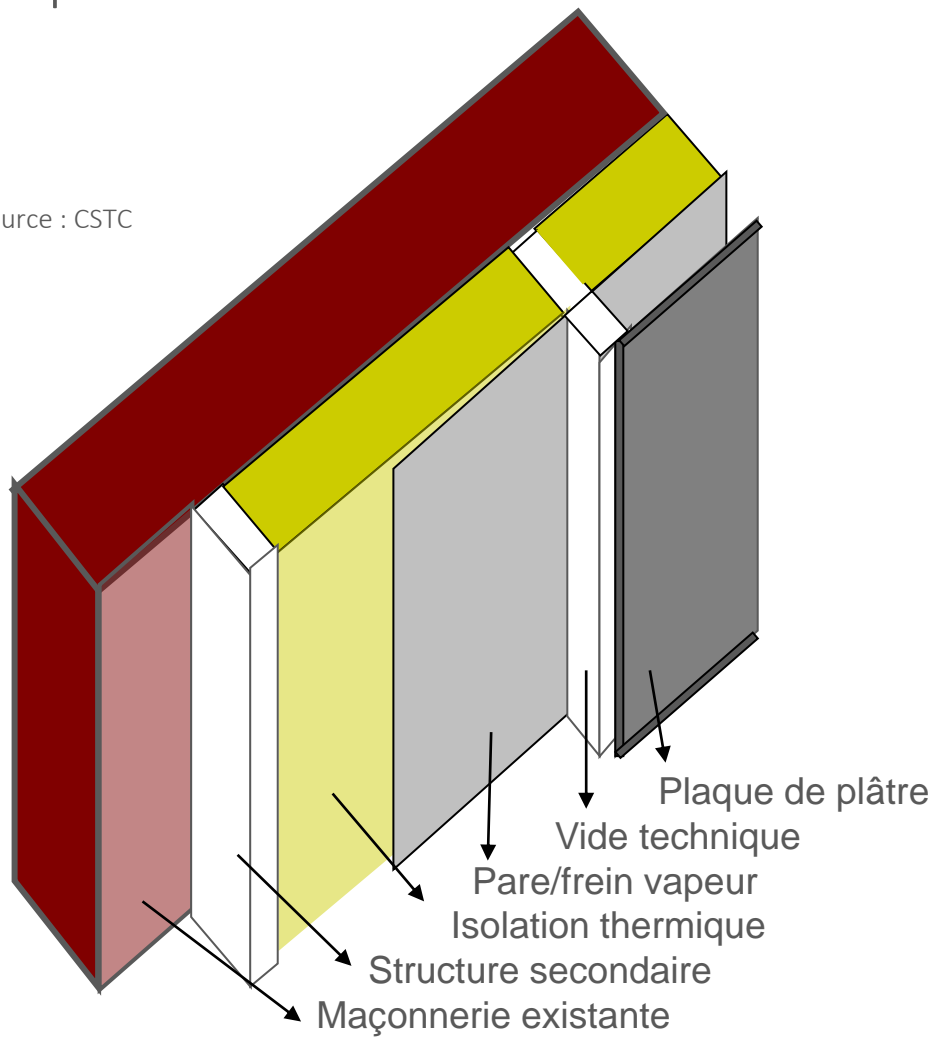
1. Quels systèmes ?
2. Incidences sur le mur existant (température/humidité)
3. Limiter les risques de condensation interne
4. Ponts thermiques
5. Bilan



Isolation des murs par l'intérieur – les systèmes

➤ Doublage par ossature

Source : CSTC



Source : Pierre Demesmaecker



Isolation des murs par l'intérieur – les systèmes

- Doublage par plaque isolante



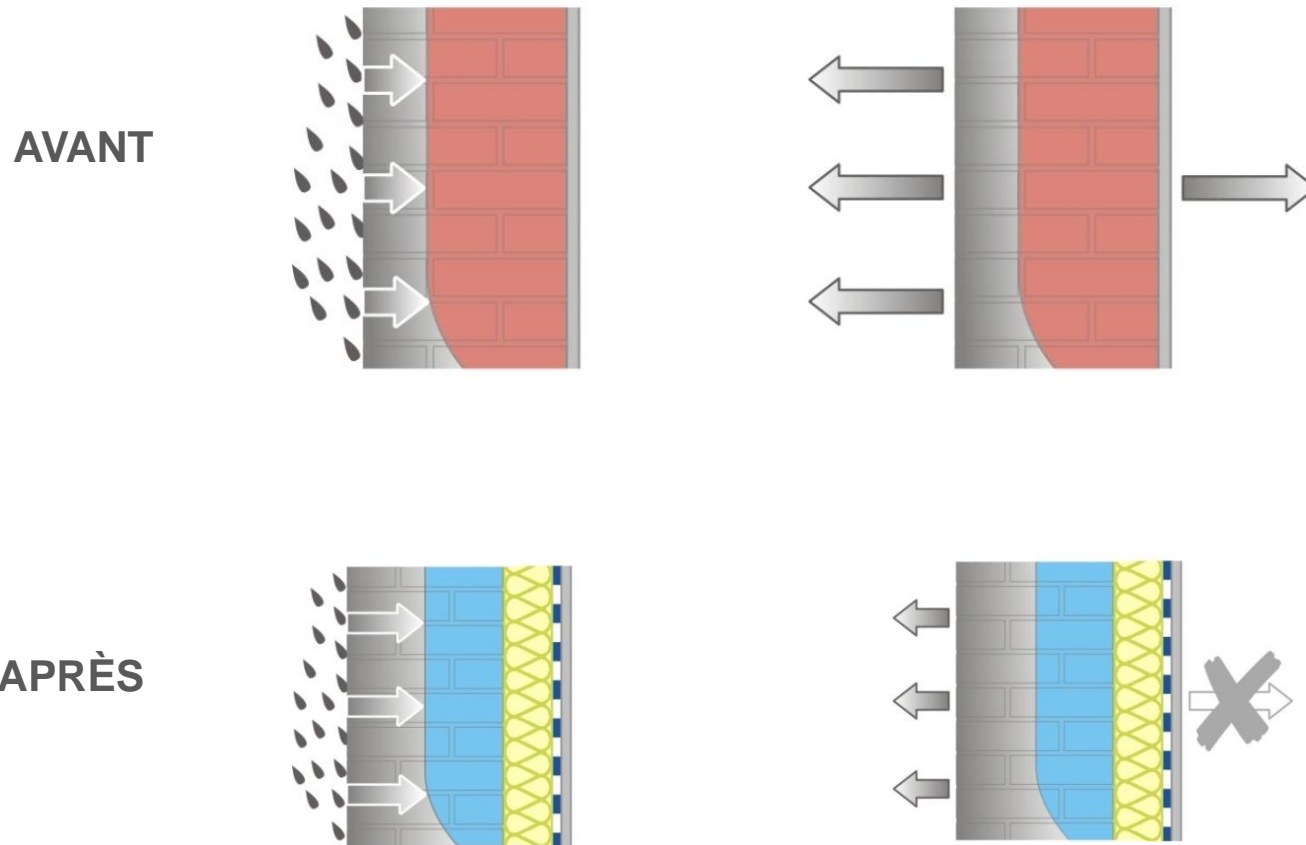
Source : Recticel





Isolation des murs par l'intérieur—incidences sur le mur existant

➤ Variations d'humidité



 Séchage limité par l'intérieur



Isolation des murs par l'intérieur—incidences sur le mur existant

- Sources d'humidité dans le mur existant

En pratique : nécessité de disposer d'un mur sec ou de le protéger de toute source d'humidification dont :

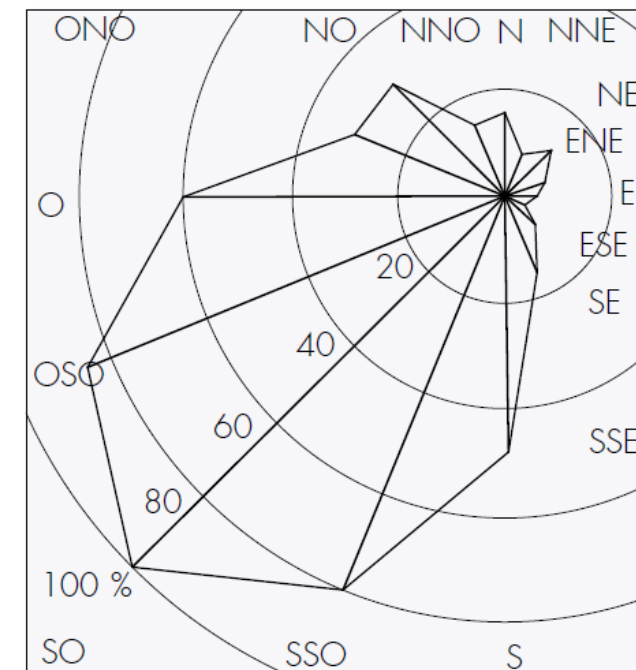
➔ **Pluies battantes**



Source : Injeco



Fig. 10 Produit de l'intensité moyenne des pluies battantes par leur durée moyenne au cours d'une année.



Source : CSTC

- Solutions : bardage (!), hydrofugation



Isolation des murs par l'intérieur—incidences sur le mur existant

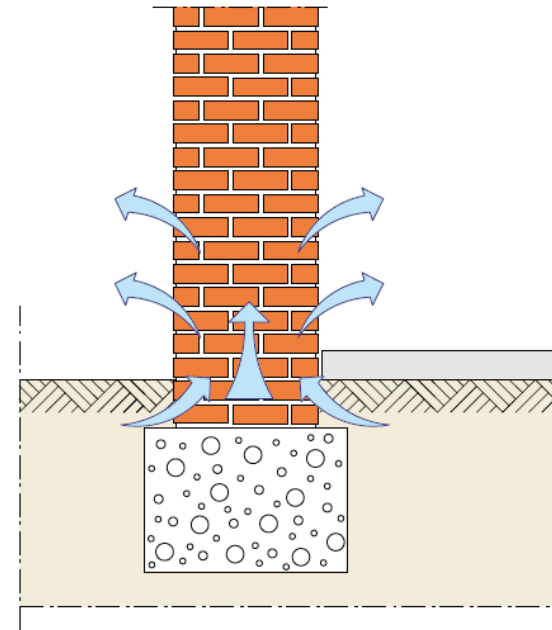
- Sources d'humidité dans le mur existant

Humidité ascensionnelle

- Quelles techniques pour le bâti existant ?



Source : The Little White House



Source : CSTC



Source : CSTC

- Solutions : injection de produits hydrophobes



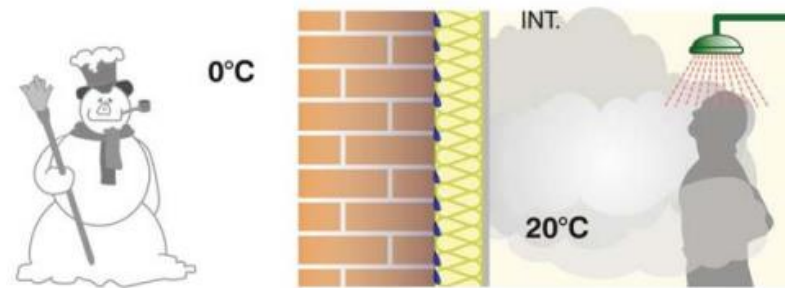
Isolation des murs par l'intérieur—incidences sur le mur existant

- Sources d'humidité dans le mur existant



Condensation

- En saison de chauffe : vapeur d'eau contenue dans l'air veut migrer vers l'extérieur.



Source : Energie+

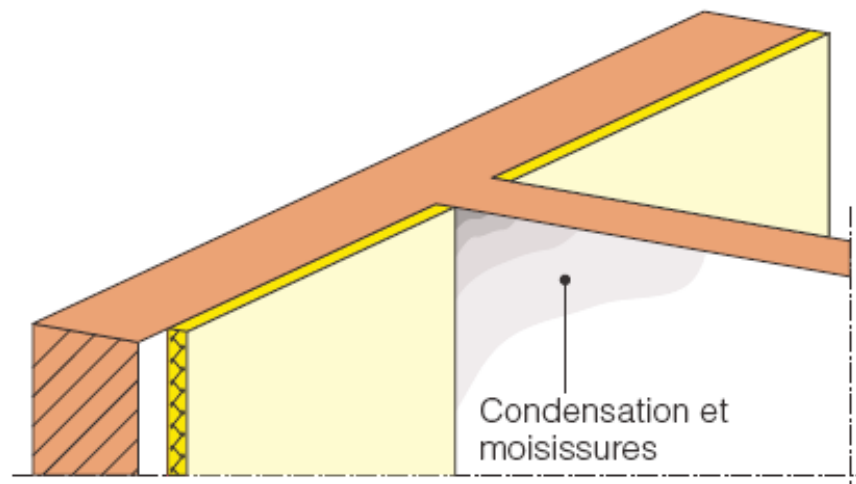
- Si pas de barrière suffisante à la vapeur, il y a condensation au point de rosée et/ou sur surface froide.

➔ Importance de l'étanchéité à l'air pour limiter la quantité de condensats!
Importance de disposer d'un climat intérieur normalement sec
➔ ventilation essentielle!



Isolation des murs par l'intérieur – ponts thermiques

➤ Une discontinuité de l'isolant



Source : Energie+

➤ Impact énergétique

Une augmentation de la résistance thermique de l'isolation au-delà d'une valeur de 1,5 à 2 m²K/W (soit des épaisseurs d'isolant de 6 à 8 cm présentant une valeur λ égale à 0,04 W/mK) a peu de sens d'un point de vue énergétique sans un traitement soigné des nœuds constructifs.

Source : CSTC-contact n°38 (2-2013)

➡ Il faut résoudre les ponts thermiques et soigner les nœuds constructifs!



Isolation des murs par l'intérieur – Bilan

- 😊 L'aspect extérieur non modifié
- 😞 Mur doit être étanche et rester sec
- 😞 Ponts thermiques
- 😞 Volume intérieur diminué
- 😞 Contraintes thermiques dans la façade
- 😞 Les finitions intérieures doivent être refaites
- 😞 Risque de condensation interne
- 😞 Masse thermique diminuée



→ Technique délicate, à éviter si possible...

A étudier + soigner la mise en œuvre !



Isolation des murs

Rentabilité

- Hypothèse sur le prix de l'énergie combustible prise à : 0.09 € TVAC / kWh
- Hypothèse sur le prix de l'énergie électrique prise à : 0.17 € TVAC / kWh

Mesure	Economie (€ par m ²)	Coût (€ TVA 21 % comprise par m ²)	Temps de retour simple (hors subside, en années)	Ordre de grandeur d'épaisseur d'isolant recommandée	Points d'attention
Isoler les murs extérieurs par l'extérieur	7 ~ 15	120 ~ 160	± 12	12 à 15 cm minimum	A privilégier : limite le risque de ponts thermique, pas de perte de place à l'intérieur, pas de modification des finitions intérieures, masse thermique préservée, nécessite généralement l'obtention d'un permis d'urbanisme
Isoler les murs extérieurs par l'intérieur	7 ~ 15	50 ~ 70	± 5	12 à 15 cm	A éviter : risque élevé de ponts thermiques et de condensation interne, inertie thermique diminuée, modification des finitions intérieures et techniques (chauffage, électricité).
Isoler les murs extérieurs par le remplissage de la coulisse	5 ~ 10	20 ~ 30	± 3	Épaisseur de la coulisse	Bonne technique mais à certaines conditions : à réaliser par une entreprise spécialisée, coulisse suffisamment large (min 4 cm), pas applicable si parement peint ou émaillé. Attention au respect des critères d'isolation pour bénéficier des aides.



Table des matières

1. Introduction
2. Isolation du toit
3. Isolation des murs
- 4. Isolation des sols**
5. Les fenêtres



Isolation des sols

Où isoler ?

➤ Si présence de caves ou vides ventilés

**→ Préférer l'isolation du plafond des caves/vides ventilés
(assimilable à une isolation par l'extérieur)**

😊 Finitions intérieures conservées

😊 Pas d'encombrement

😊 Bon marché

😞 Réduction de la hauteur des caves

😞 Attention à la présence de câbles/tuyauteries sur le plafond



Isolation des sols

Où isoler ?

➤ Sol sur terre-plein

Isoler par le « haut » ou « sur sol » :
remonter les niveaux des sols et y incorporer un isolant



- ☹️ Nombreux problèmes annexes (hauteurs portes, escaliers, WC, ...)
- ☹️ Assimilable à une isolation par l'intérieur (risques de condensation interne, ...)

➔ envisageable si rénovation « lourde »



Isolation des sols

- Hypothèse sur le prix de l'énergie combustible prise à : 0.09 € TVAC / kWh
- Hypothèse sur le prix de l'énergie électrique prise à : 0.17 € TVAC / kWh

Rentabilité

Mesure	Economie (€ par m ²)	Coût (€ TVA 21 % comprise par m ²)	Temps de retour simple (hors subside, en années)	Ordre de grandeur d'épaisseur d'isolant recommandée	Points d'attention
ISOLATION DE L'ENVELOPPE					
Isoler le sol par le plafond des caves ou le vide ventilé	6 ~ 12	15 ~ 25	± 3	10 à 15 cm	
Isoler le sol sur le terre-plein	5 ~ 10	25 ~ 35	± 3	8 à 12 cm	Si absence de cave ou de vide ventilé, nécessite le changement de revêtement de sol. Coût du revêtement de sol non compris.



Table des matières

1. Introduction
2. Isolation du toit
3. Isolation des murs
4. Isolation des sols
- 5. Les fenêtres**

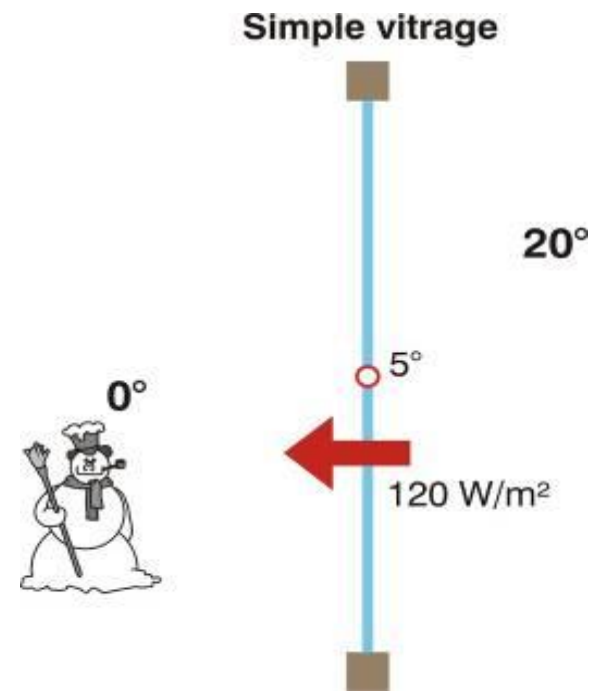


Les fenêtres



Source : Icedd

Le vitrage d'avant 1960-1970...



U vitre = 6 W/m².K



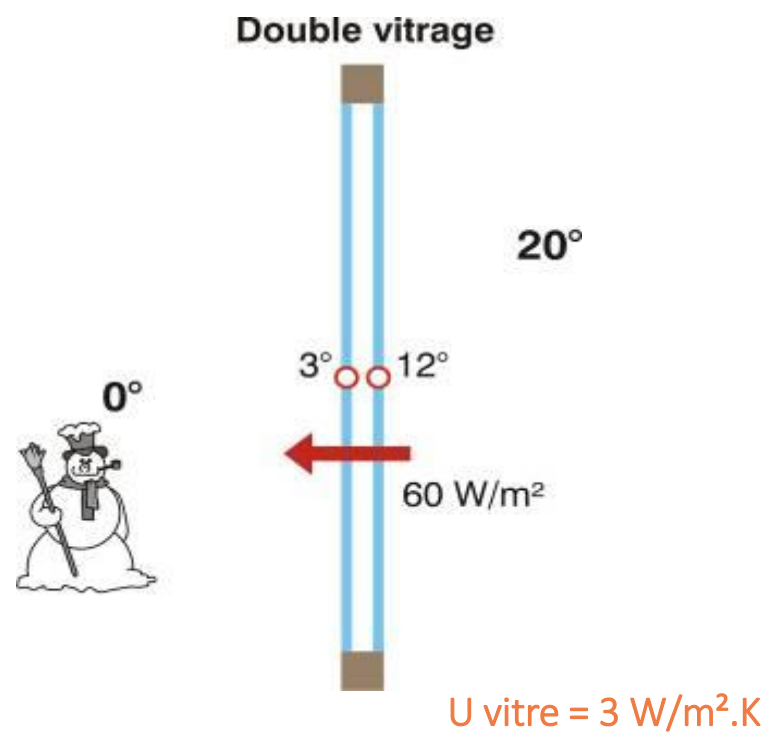
Les fenêtres



Source : Icedd

Avant 2000 - 2010...

Lame d'air entre les 2 vitres.





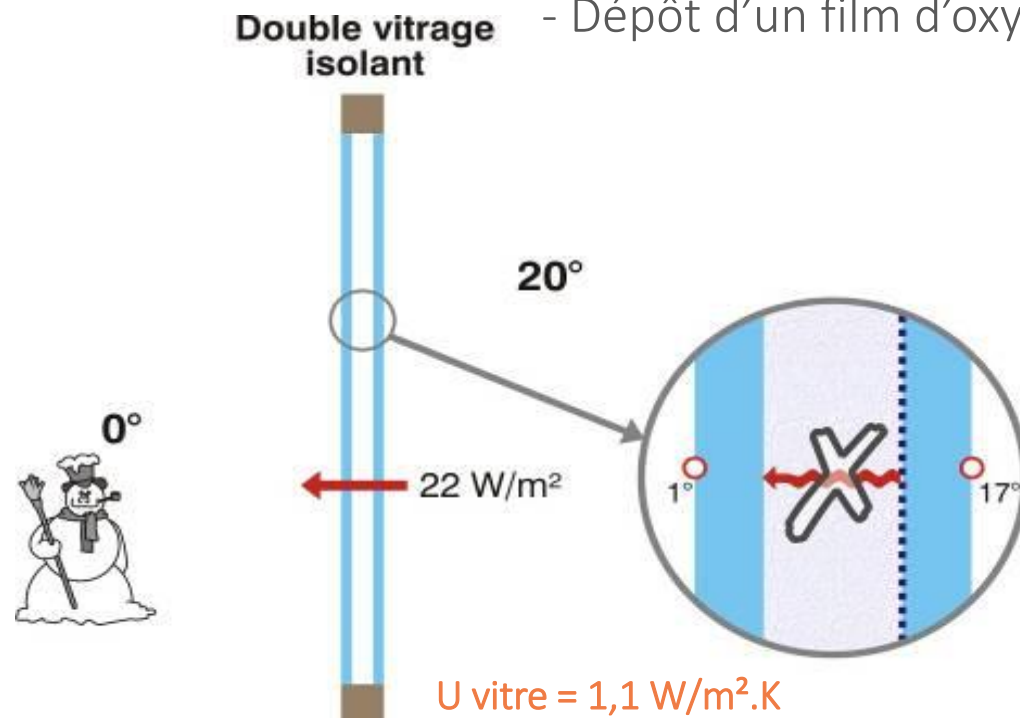
Les fenêtres



Source : Pierre Demesmaecker

Le vitrage actuel ...

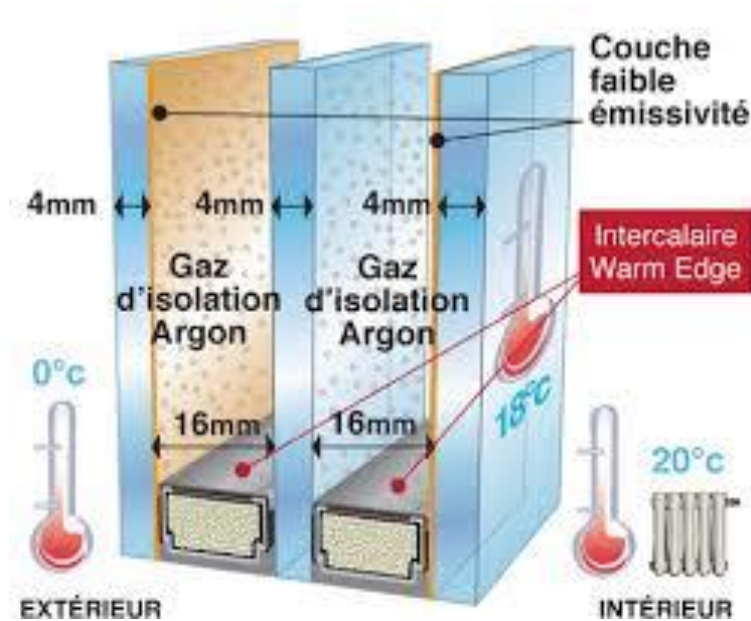
- Gaz peu conducteur entre les 2 vitres.
- Dépôt d'un film d'oxyde métallique





Les fenêtres

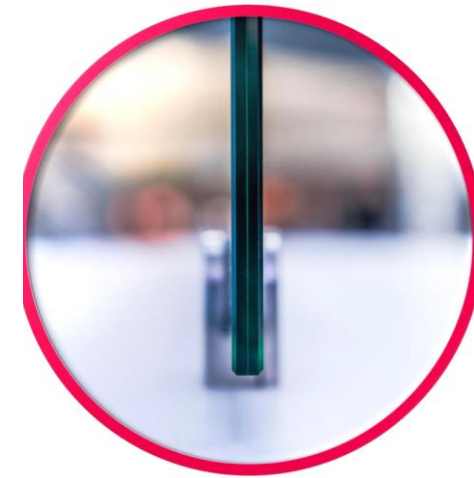
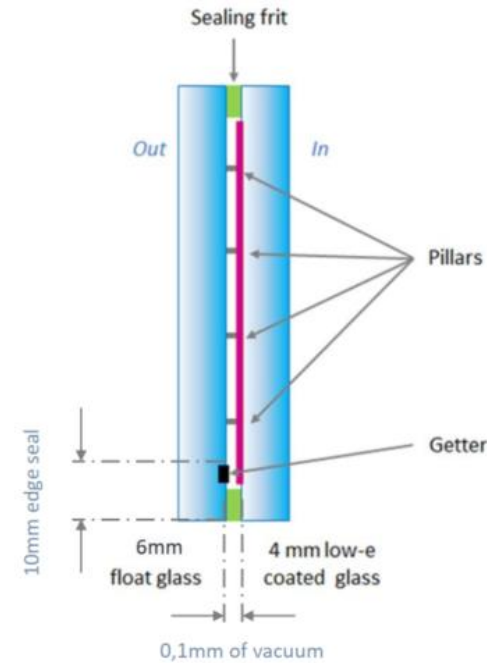
Le triple vitrage récent



Source : grosfilllex.com

- Gaz peu conducteur entre les 3 vitres.
- Dépôt d'un film d'oxyde métallique

Le vitrage sous vide



Source : fineoglass.eu

- 2 vitres séparées par le vide.
- Dépôt d'un film d'oxyde métallique



U vitre = 0,5 -> 0,7 W/m².K



Les fenêtres

Le remplacement d'une fenêtre :

- Amélioration du confort (température de surface augmentée ET suppression des courants d'air)
- Intervention « d'entretien » du bâtiment
- Amélioration contre l'effraction
- Amélioration sécurité en cas de bris
- Amélioration de l'isolation acoustique
- Permet de soigner l'étanchéité à l'air
- ...

NE PAS OUBLIER LA VENTILATION !





Les fenêtres

- Hypothèse sur le prix de l'énergie combustible prise à : 0.09 € TVAC / kWh
- Hypothèse sur le prix de l'énergie électrique prise à : 0.17 € TVAC / kWh

Rentabilité

Mesure	Economie (€ par m ²)	Coût (€ TVA 21 % comprise par m ²)	Temps de retour simple (hors subside, en années)	Ordre de grandeur d'épaisseur d'isolant recommandée	Points d'attention
Remplacer les fenêtres simple vitrage par des châssis performants équipés de double vitrage super-isolant	15 ~ 30	400 ~ 600	± 22	Châssis U<2 W/m ² K et vitrage U=1,0 W/m ² K	Des nouveaux châssis ont un temps de retour fort long mais améliorent significativement le confort des occupants. Veiller au respect de la réglementation en matière de ventilation (une manière est de placer une grille de ventilation intégrée au châssis).
Remplacer un double vitrage classique par du double vitrage super-isolant sur châssis existant	7 ~ 15	±100,0	± 8	Vitrage U=1,0 W/m ² K	Le double vitrage super isolant (U = 1W/m ² k) est trois fois plus isolant qu'un vitrage double vitrage classique. Dans le cas de châssis en bon état, et tout particulièrement pour des grandes baies vitrées, cela vaut la peine de remplacer uniquement le vitrage.





Merci pour



votre attention


Pierre DEMESMAECKER

ICEDD asbl

Senior Project Manager

Sustainable Building

Institut de Conseil et d'Etude en Développement Durable

 : 081 25 04 80 E-mail : pdm@icedd.be