ISOLER POUR AMELIORER LA PERFORMANCE ENERGETIQUE DES BATIMENTS

22 juin 2021

Pierre Demesmaecker

BRUXEO

bruxelles environnement leefmilieu brussel .brussels

ICEDD
INSTITUT DE CONSEIL ET D'ÉTUDES EN DÉVELOPPEMENT DURABLE

Programme de la journée

Planning	
9h00	Introduction: Pourquoi isoler? Les matériaux isolants, les primes
9h15	Isolation du toit : planchers de combles, toitures inclinées, toits plats
10h30	*Pause*
10h45	Isolation des murs : par l'intérieur, par l'extérieur, par le creux du mur Isolation des sols Remplacement des vitrages et fenêtres
12h30	*Lunch*
13h30	Points d'attention pour améliorer la continuité et donc l'efficacité de l'isolation
14h00	Travail en sous-groupe
16h30	*Clôture*

Table des matières

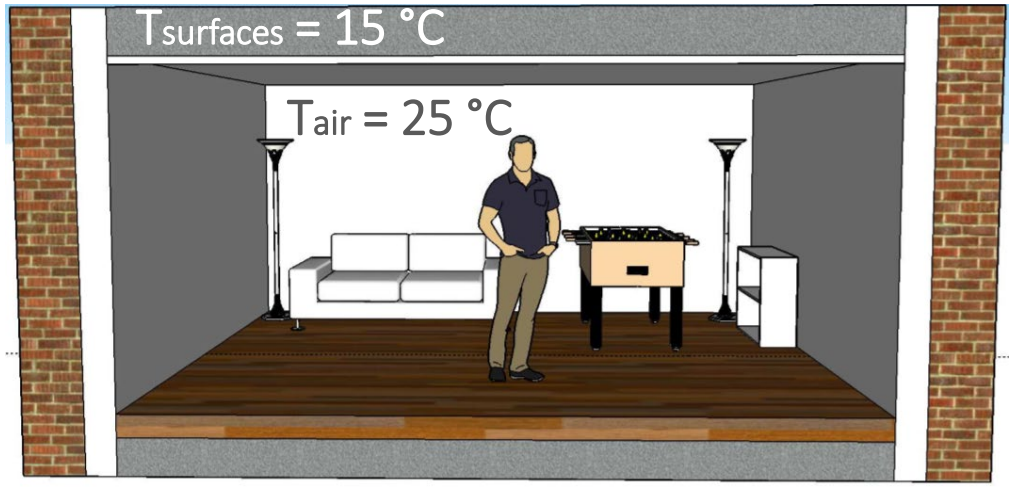
1. Introduction
   1. L'importance d'isoler : confort et économie
   2. Grandeurs caractéristiques du niveau d'isolation
   3. Les matériaux isolants
   4. Les primes
   5. Stratégie bruxelloise de rénovation - Renolution

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

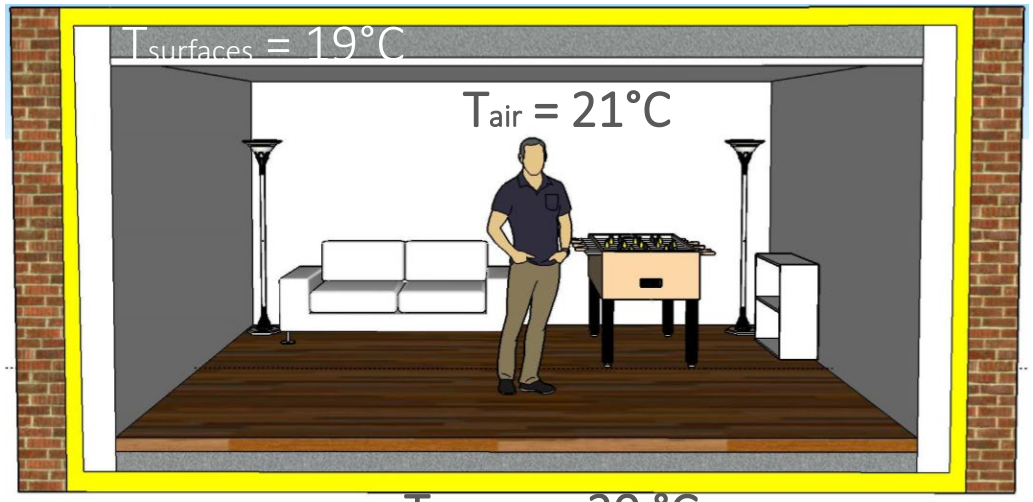
Introduction – importance d'isoler

Confort : ➢ Eviter l'inconfort de parois froides

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



Tconfort = 20 °C



Tconfort = 20 °C

Economie : ➢ Diminution des coûts de chauffage

Introduction – importance d'isoler

Où part l'énergie dans un bâtiment non isolé?

Transmission de chaleur (manque d'isolation des parois) : ~ 80%

Inétanchéité à l'air et ventilation : ~ 20%

Introduction – importance d’isoler

Comment faire des économies d'énergie ?

En respectant la philosophie du TRIAS ENERGETICA :

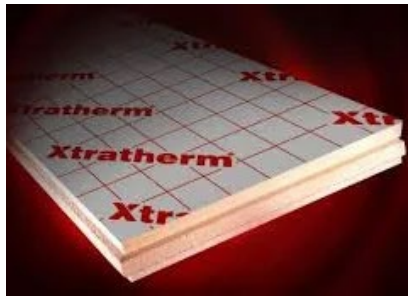
1. **Minimiser la demande en énergie**
   - **Isolation thermique de l'enveloppe**
   - Favoriser les gains énergétiques solaires en hiver
   - Prévoir un refroidissement nocturne pour pallier la surchauffe en été,…
2. Utiliser au mieux les sources disponibles d'énergie renouvelable
   - capteurs solaires 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' atg ou dans la documentation du **fabricant**

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



- $R = d / \lambda$ [m²k/W] avec 'd' l'épaisseur de la couche

Résistance thermique totale d'une paroi (R_t) :

- $R_t = R_{si} + \sum R + R_{se}$ [m²k/W]

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

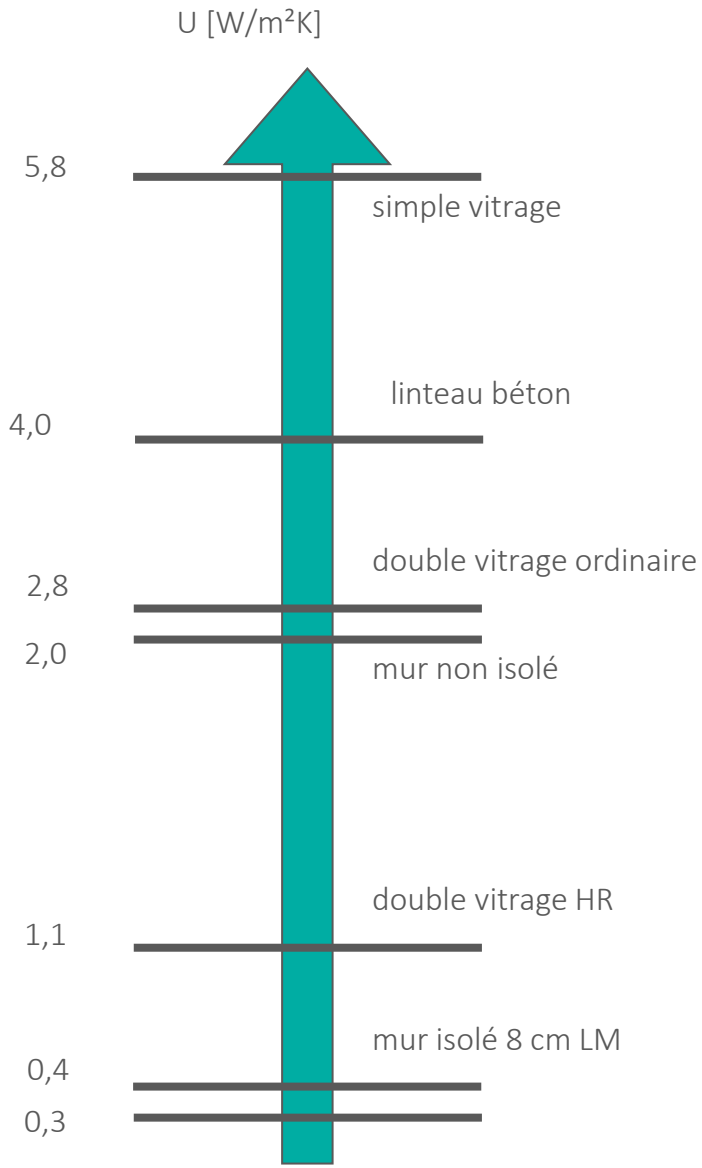
- $U = 1 / R_t$ [m²k/W]

Introduction – caractériser l'isolation

40 litres de fuel/an/m² =

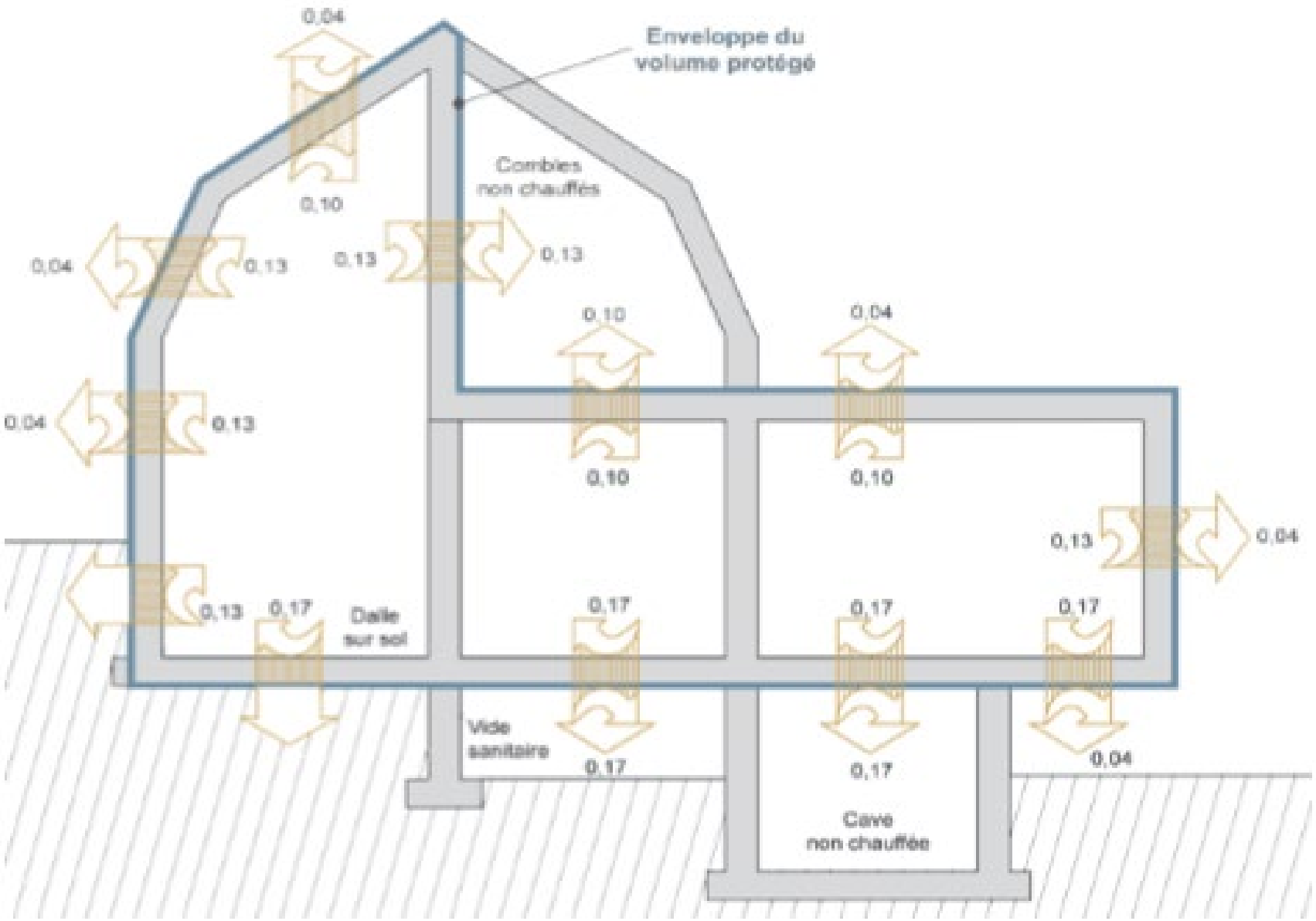
20 litres de fuel/an/m² =

10 litres de fuel/an/m² =



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

Source : http://www.guidebatimentdurable.brussels/

Introduction – les matériaux isolants

L'origine :
Minérale

Laine de verre	Laine de roche	Argile expansé

Laine de verre	Laine de roche

Source : http://www.guidebatimentdurable.brussels/

Introduction – les matériaux isolants

L'origine :
Végétale

Flocons de cellulose

Chenevotte

Liège

Laine de textile recyclé

Fibre de bois

Liège

aine de chanvre

Laine de lin

Laine de coco

Source : http://www.guidebatimentdurable.brussels/

Introduction – les matériaux isolants

L'origine :
Animale

Laine de mouton

Laine de plumes de canard ou d'oie

Source : http://www.guidebatimentdurable.brussels/

Introduction – les matériaux isolants

L'origine :
Pétrochimique

Polystyrène expansé

(EPS)

Polyuréthane

(PUR)

Polystyrène extrudé

(XPS)

Source : http://www.guidebatimentdurable.brussels/

Introduction – les primes à l'isolation

Synthèse des primes 2021

	Rmin	Montant (€/m²)	Bonus si naturel
B1- Isolation du toit	Rmin = 4 m²K/W	20 -> 50	15 €/m²
B2 - Isolation des murs par l'extérieur	Rmin = 3,5 m²K/W	55 -> 94	15 €/m²
B2 - Isolation des murs par l'intérieur	Rmin = 2 m²K/W	20 -> 38	15 €/m²
B2 - Isolation des murs par la coulisse	Rmin = 1 m²K/W	8 -> 15	15 €/m²
B3 - Isolation du sol par le haut	Rmin = 2 m²K/W	20 -> 38	15 €/m²
B3 - Isolation du sol par le bas	Rmin = 3,5 m²K/W	20 -> 38	15 €/m²
B4- Remplacement vitrage + châssis	Umax vitrage ≤ 1,1 W/m²K Umax fenêtre ≤ 1,5 W/m²K	10 -> 25	
B4- Remplacement vitrage	Umax vitrage ≤ 1,2 W/m²K	10 -> 25	

Introduction – Renolution

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

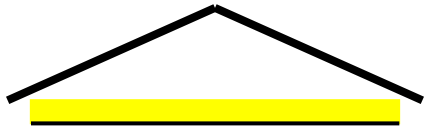
1. Introduction

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
6. L’isolation des conduites

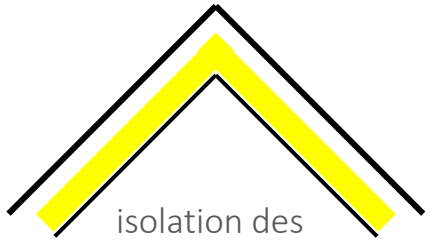
Isolation des toits inclinés

- Combles non habitables :
  isolation du plancher des combles

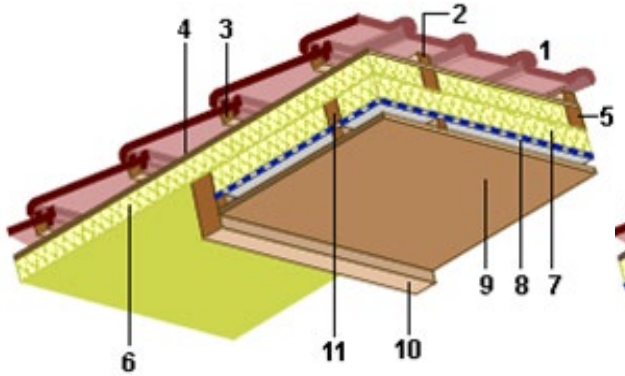


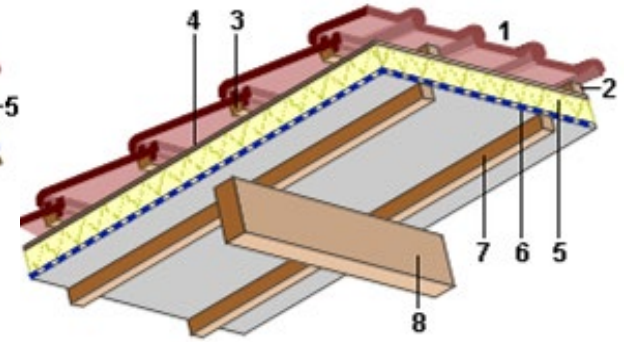
isolation du plancher

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



isolation des versants





Planchers des combles

Isolation du plancher des combles : en pratique

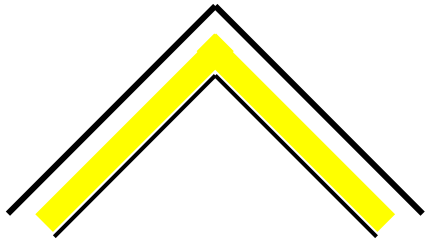
Source : CSTC

Pas d'étanchéité à l'air (vapeur) → risque de condensation!

Isolation des toits inclinés

Isolation du versant par l'intérieur

- Combles habitables



Source : Isover

Isolation du versant par l'intérieur

☺ Grenier peut être occupé/chauffé

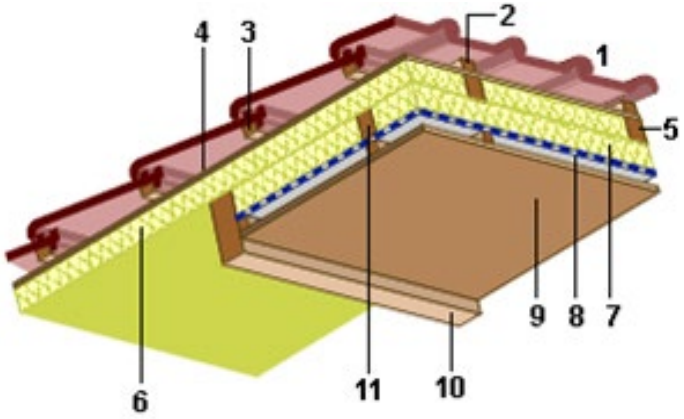
☹ Risques élevés de condensation interne

☹ 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+

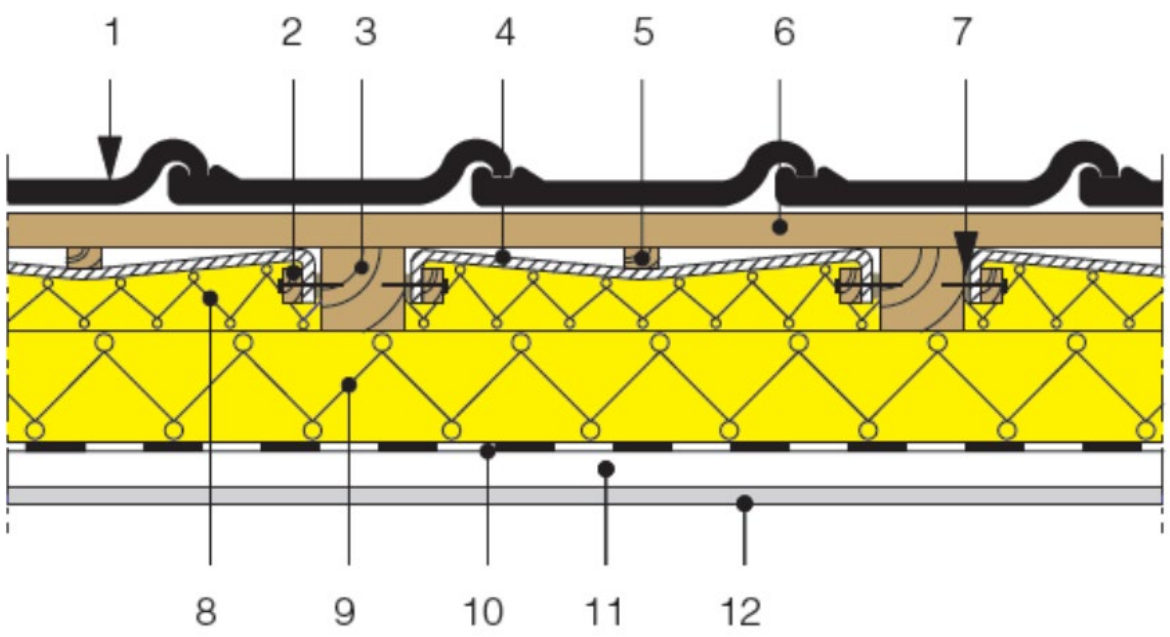
➔ Souvent dans le cadre de travaux de rénovation ou d'aménagement de greniers

Isolation du versant par l'intérieur

Quid si pas de sous-toiture ?

Isolation du versant par l'intérieur

Quid si pas de sous-toiture ?



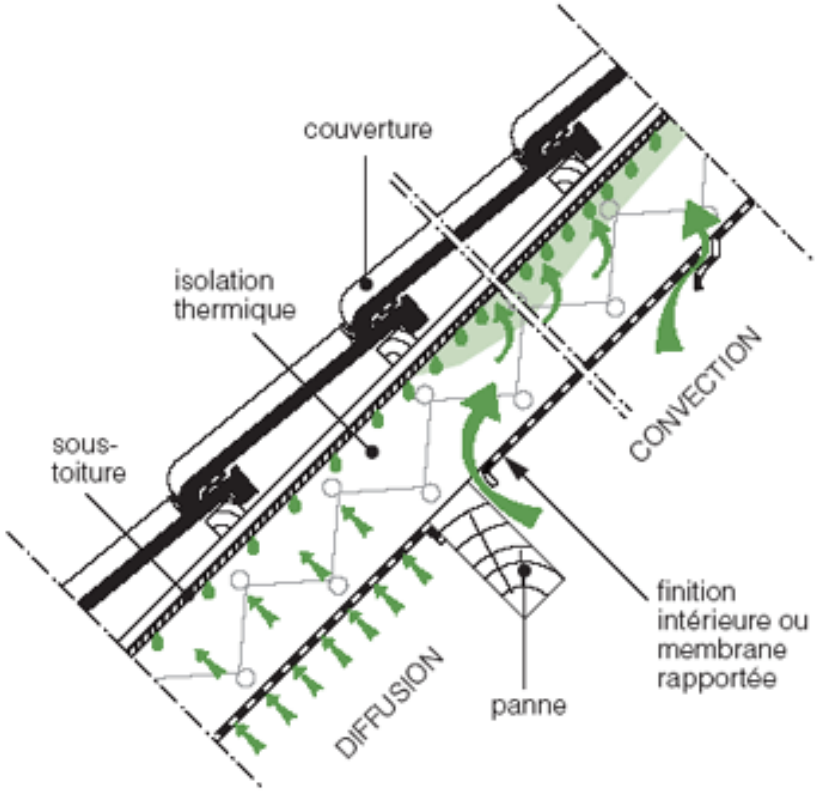
1. Tuile
2. Latte de fixation
3. Chevron
4. Sous-toiture de substitution
5. Latte en bois traité
6. Liteau
7. Joint de mastic souple
8. Isolation entre les chevrons
9. Isolation sous les chevrons
10. Barrière à l'air et à la vapeur
11. Vide technique
12. Finition intérieure

Source : CSTC

Isolation du versant par l'intérieur

Rôle du pare-vapeur

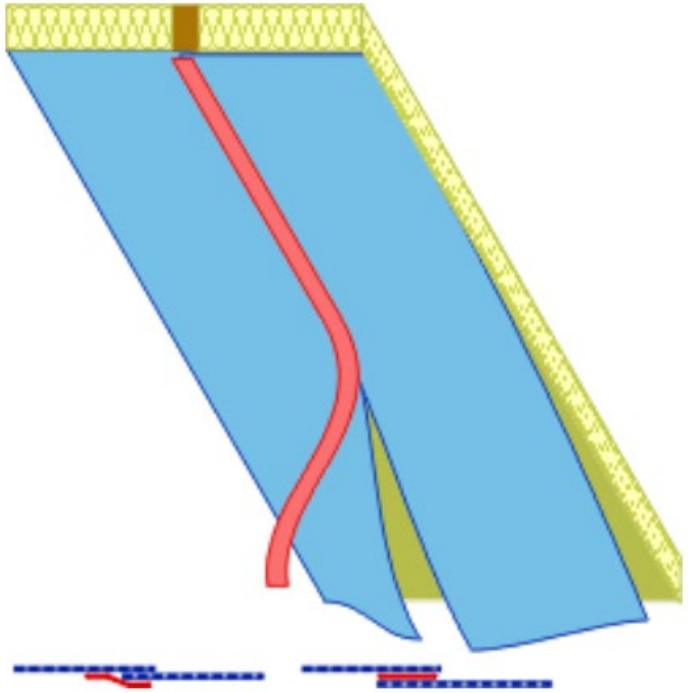
- Assurer l'étanchéité à l'air et limiter la diffusion de vapeur d'eau



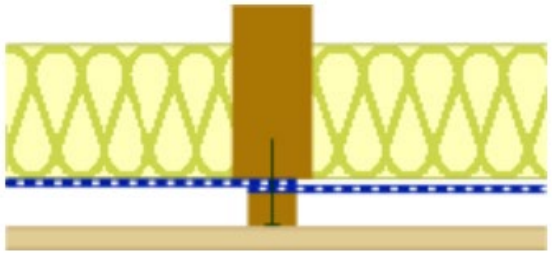
Source : CSTC

Isolation du versant par l'intérieur

Pose du pare-vapeur



Ruban adhésif.



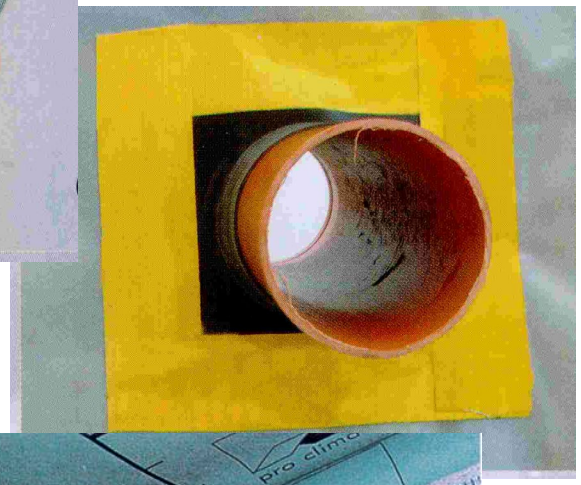
Latte de serrage.

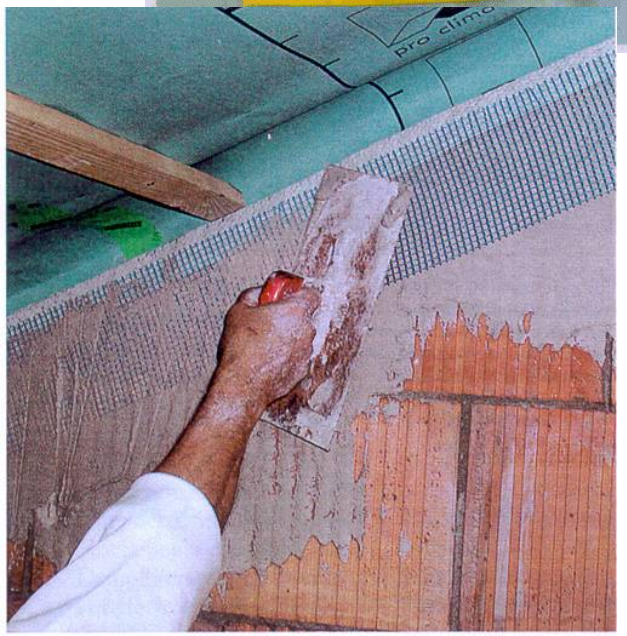
Source : Energie+

Isolation des toits inclinés

Isolation du versant par l'intérieur

Pose du pare-vapeur

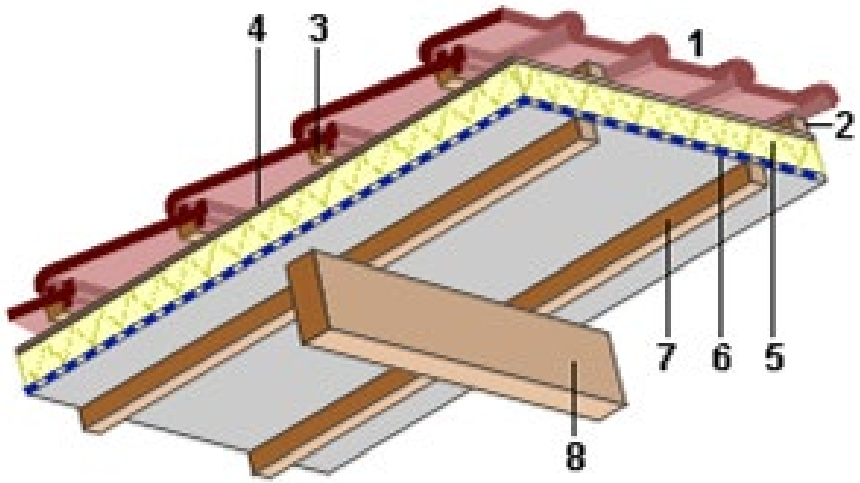




Sources : CSTC

Isolation du versant par l'extérieur

- Combles habitables : la toiture Sarking

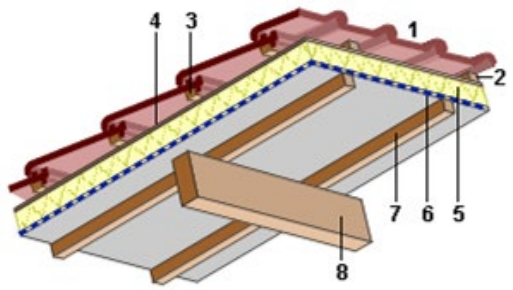


Source : Energie+

Source : Recticel

Isolation des toits inclinés

Isolation du versant par l'extérieur



Source : Energie+

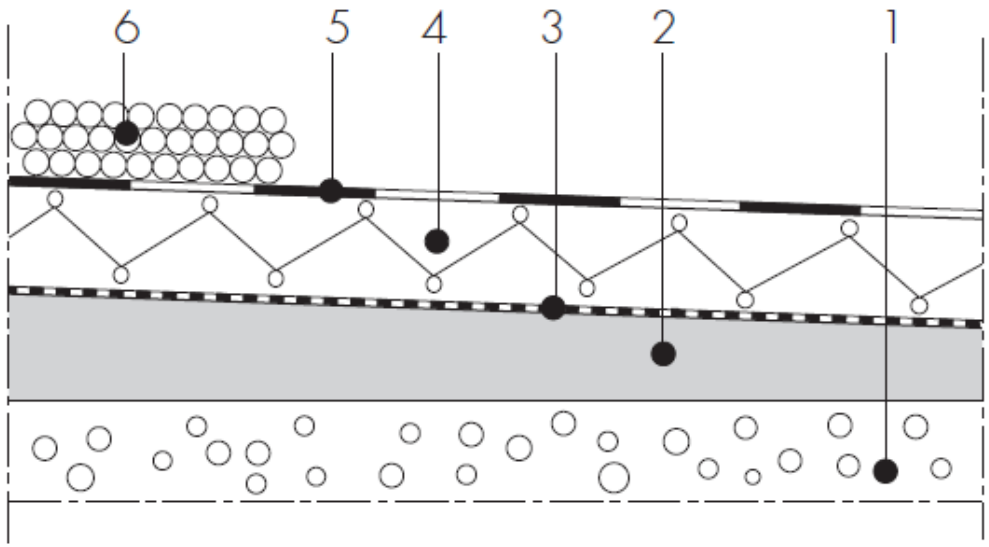
- ☺ Grenier peut être occupé/chauffé
- ☺ Pas de perte de place à l'intérieur
- ☺ Risques limités de condensation interne
- ☺ Bonne continuité de l'isolant

- ☹ 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

Toiture chaude

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



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

➔ Technique vivement recommandée

Source : CSTC

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
6. L'isolation des conduites

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 !

➔Utilisation d'un SYSTEME (isolant + enduit), de préférence

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

Source : Knauf

➔ Entreprise spécialisée : contrôles avant et après exécution!

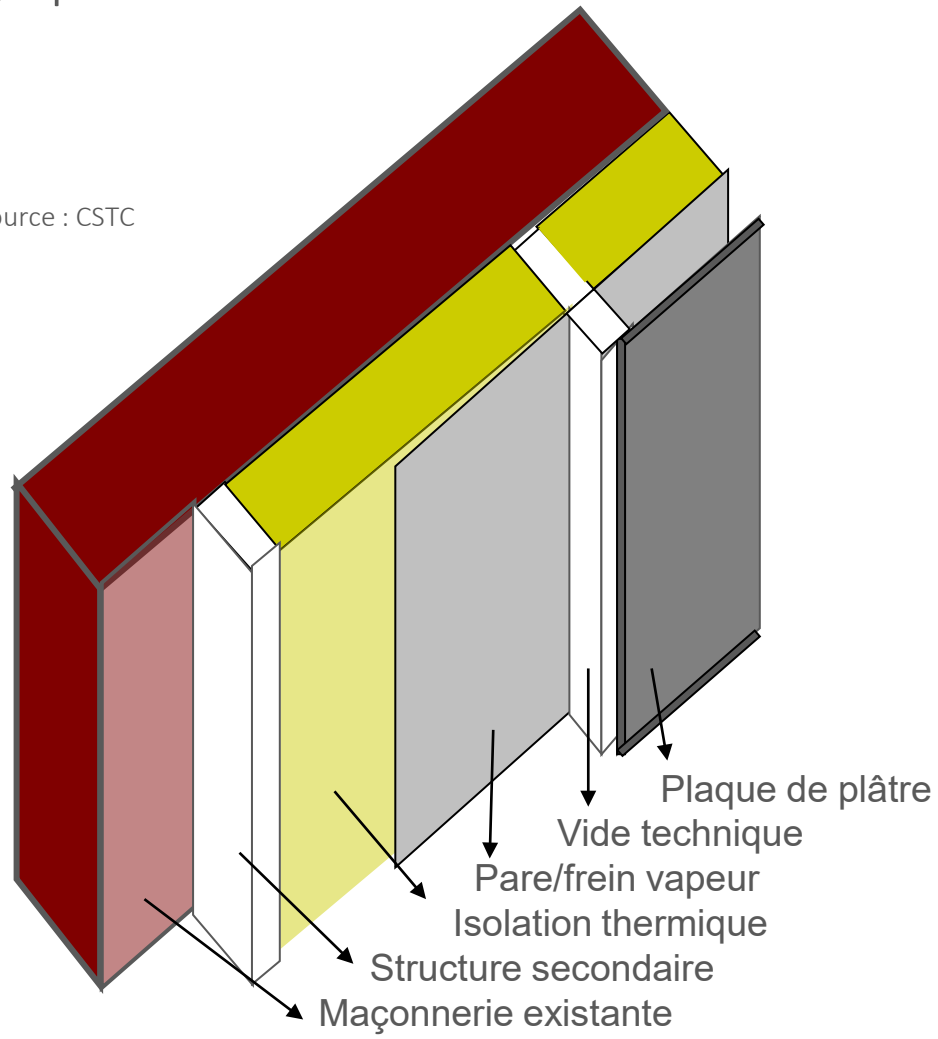
Isolation des murs par l’intérieur

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

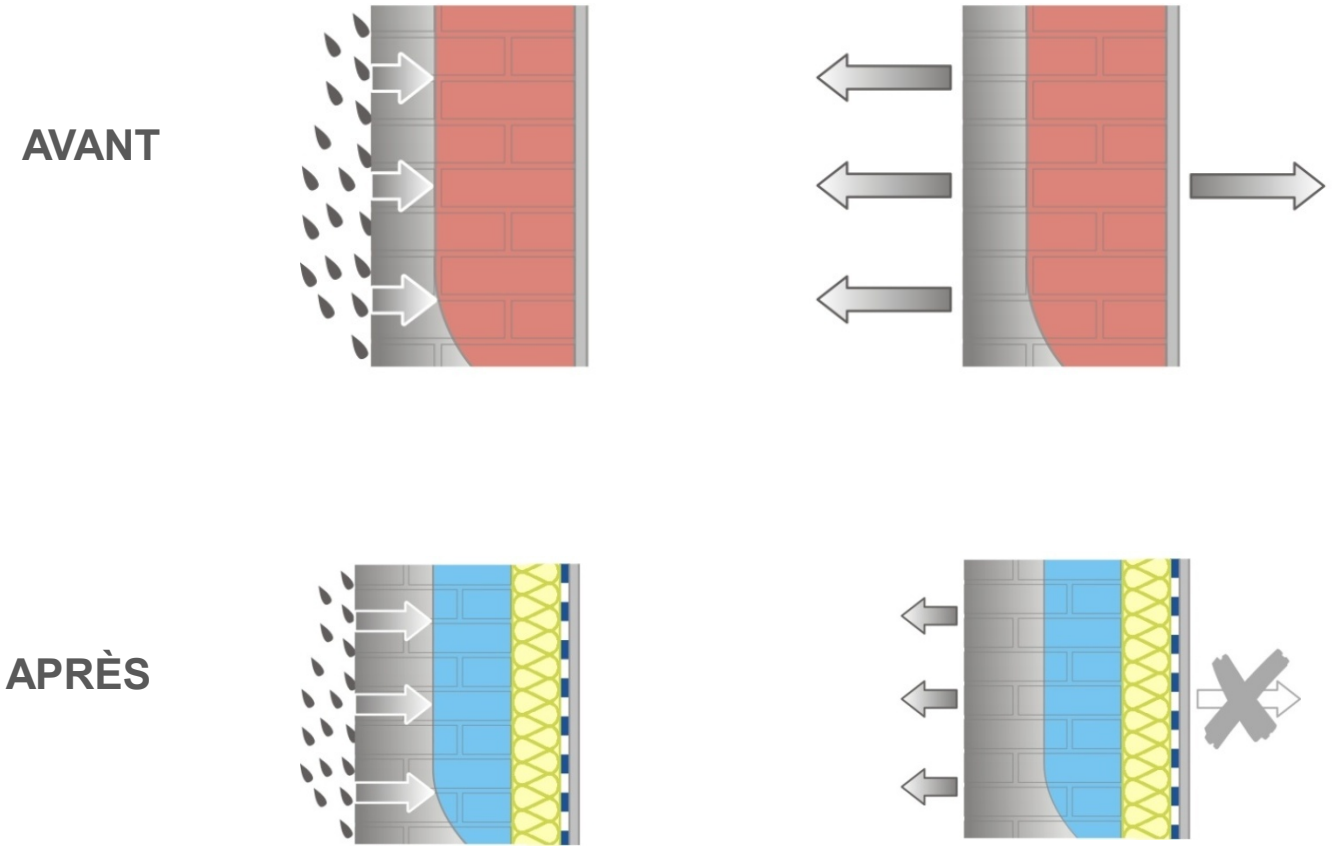
Isolation des murs par l’intérieur – les systèmes

- 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

© Architecture et Climat

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

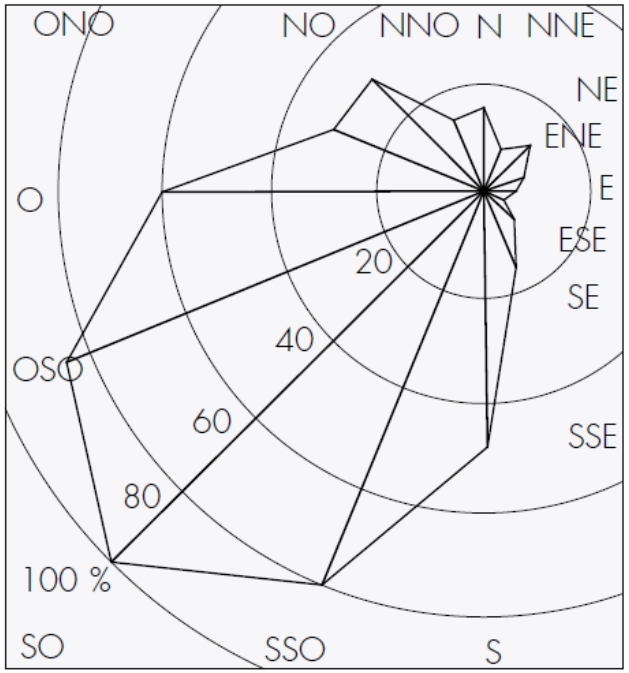
- Sources d'humidité dans le mur existant

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

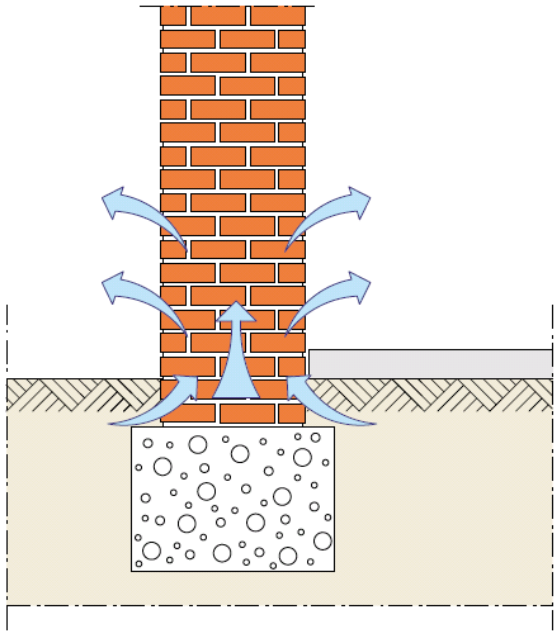
- Solutions : bardage (!), hydrofugation

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

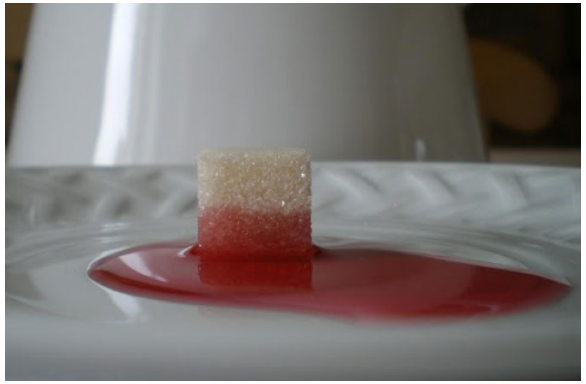
- Sources d'humidité dans le mur existant

Humidité ascensionnelle

- Quelles techniques pour le bâti existant ?



Source : CSTC



Source : The Little White House

- Solutions : injection de produits hydrophobes

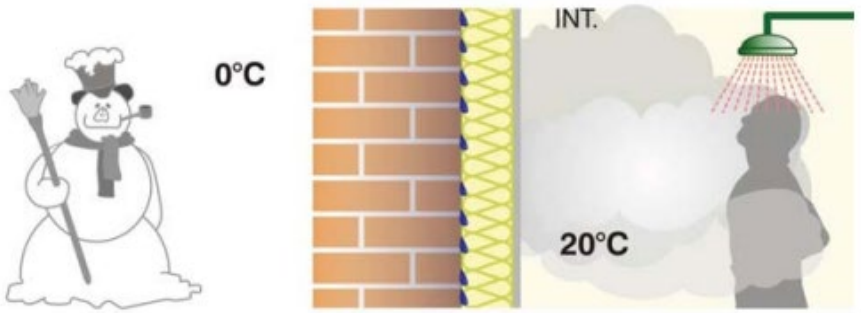
Source : CSTC

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.

C'est une autre forme d'humidification du mur ! A éviter !

Isolation des murs par l'intérieur

Limiter les risques de condensation interne

- Disposer d'un climat intérieur « normalement sec ».

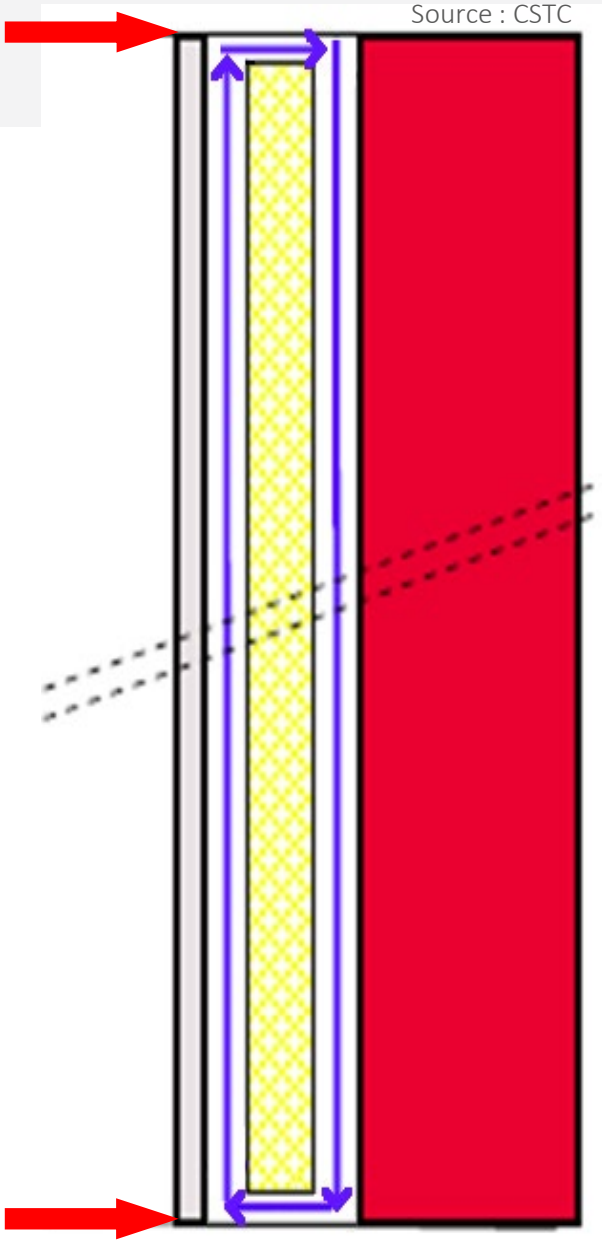
  → Importance de la ventilation hygiénique

- Prévoir une étanchéité à l'air performante du côté intérieur de l'isolant
  - Si isolant perméable à l'air (LM,…) : l'air humide traverse l'isolant
  - Discontinuités dans l'isolant : risque de contournement de l'isolant!

→ Quantité élevée de condensats!

Soigner particulièrement l'étanchéité à l'air!

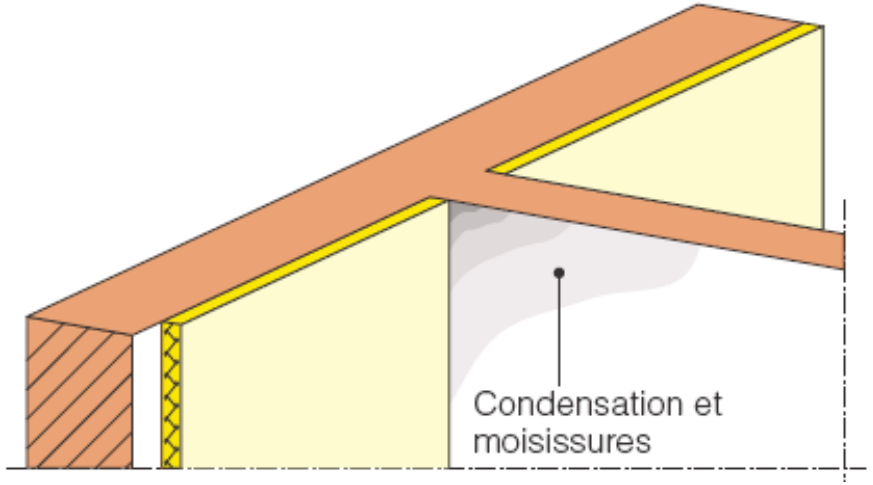
Source : Pierre Demesmaecker



Source : CSTC

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 m²)	Coût (€ TVA 21 % comprise par m²)	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
6. L’isolation des conduites

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

Où isoler ?

- Dans le gîtage en bois

Incorporer un isolant dans l'épaisseur du gîtage en bois

- ☺ Finitions intérieures conservées
- ☺ Pas d'encombrement
- ☺ Bon marché

- ☹ Difficulté de réaliser une étanchéité à l'air et à la vapeur correcte (entre l'isolant et le revêtement de sol)
  - ➔ risques de condensation interne
  - ➔ Prévoir une finition sous l'isolant capillaire et/ou très permeable (ouverte) à la vapeur

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 m²)	Coût (€ TVA 21 % comprise par m²)	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

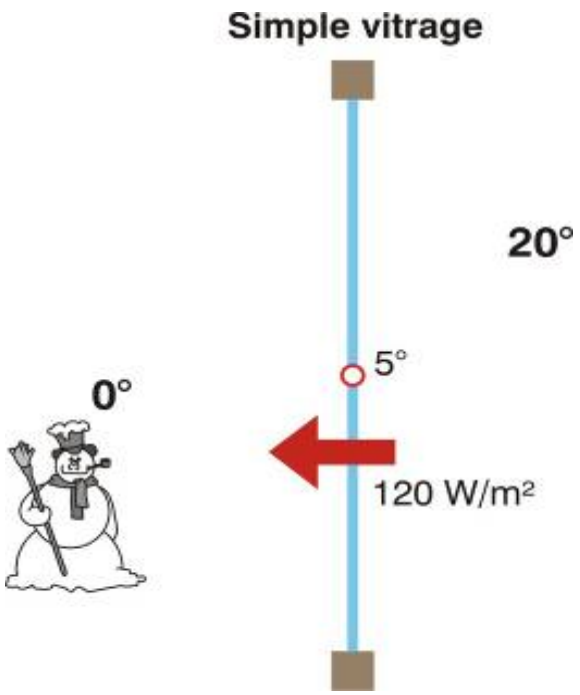
5. Les fenêtres

6. L’isolation des conduites

Les fenêtres

Source : Icedd

Le vitrage d'avant 1960-1970…



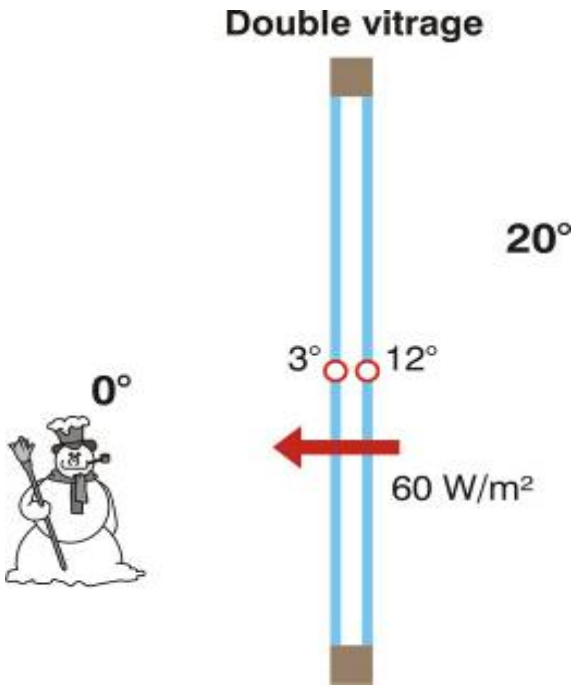
U vitre = 6 W/m².K

Les fenêtres

Source : Icedd

Avant 2000 - 2010…

Lame d’air entre les 2 vitres.



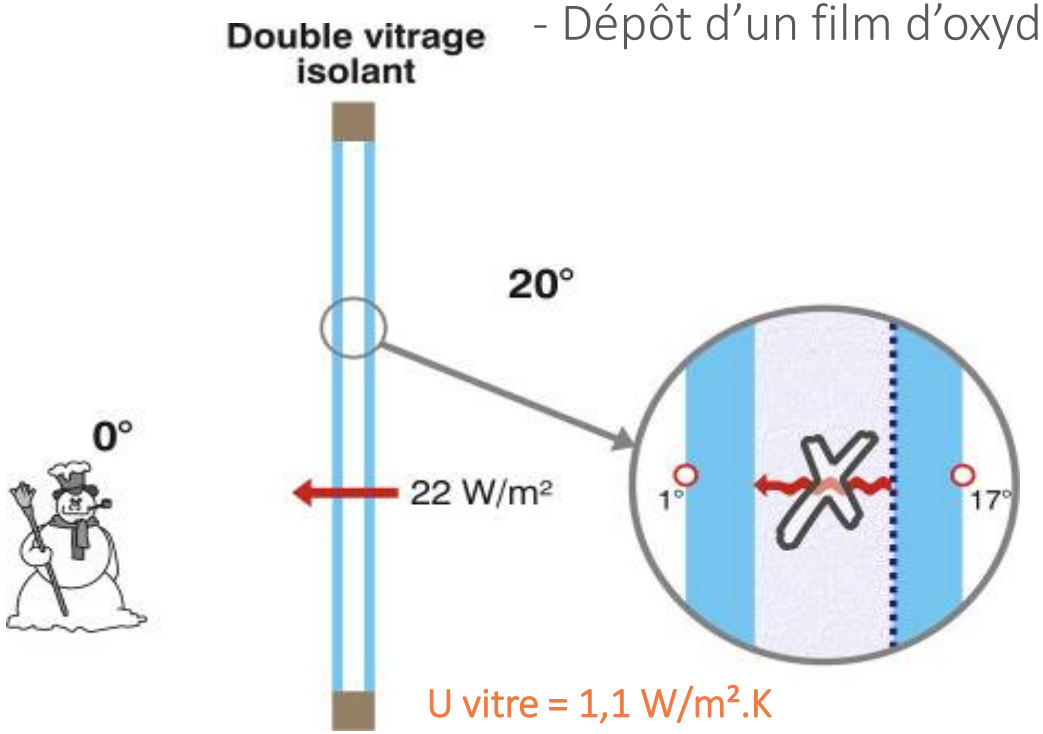
U vitre = 3 W/m².K

Les fenêtres

Source : Pierre Demesmaecker

Le vitrage actuel …

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

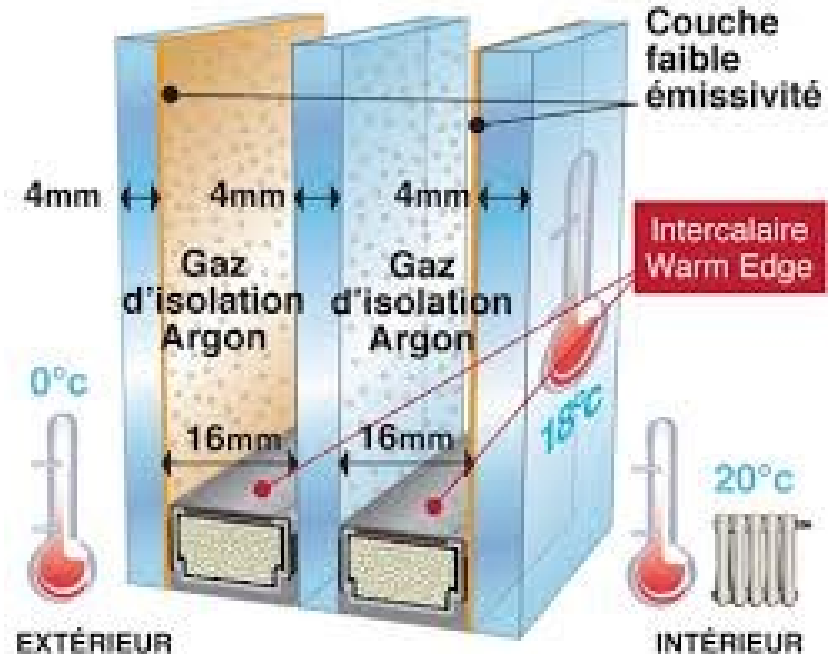


U vitre = 1,1 W/m².K

Les fenêtres

Le triple vitrage récent

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



Source : grosfillex.com

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 m²)	Coût (€ TVA 21 % comprise par m²)	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/m² K et vitrage U=1,0 W/m² 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 chassis).
Remplacer un double vitrage classique par du double vitrage super-isolant sur châssis existant	7 ~ 15	±100,0	± 8	Vitrage U=1,0 W/m² K	Le double vitrage super isolant (U = 1W/m²k) 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.

Pierre DEMESMAECKER

ICEDD asbl

Institut de Conseil et d'Etude en Développement Durable

Responsable de l'équipe Bâtiment – Consultance et Stratégie

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