



Certificat énergétique cantonal
des bâtiments

Rénovation de toiture

Étude de cas et analyse technico-économique



Sommaire

- 1. La physique du bâtiment : principe de bas simple
- 2. Analyse état existant : savoir déceler l'état de santé d'une toiture
- 3. Typologies des toitures : différentes possibilités de rénovation
- 4. Calcul des subventions : méthode et règles
- 5. Exercices : étude de cas pratique de plusieurs typologies

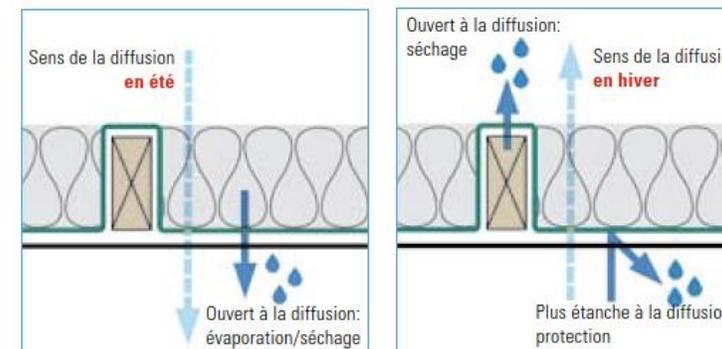
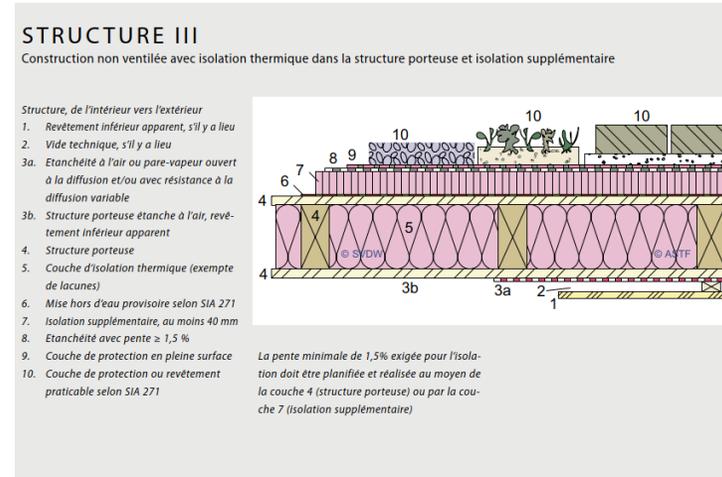


La physique du bâtiment

Principe de base simple

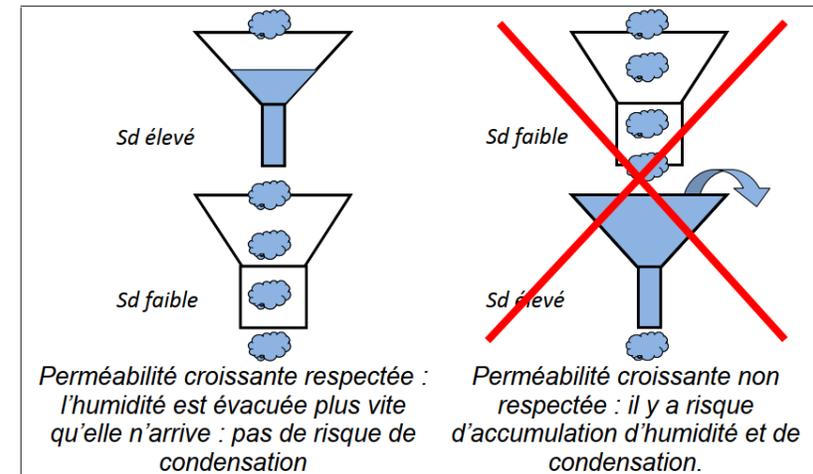
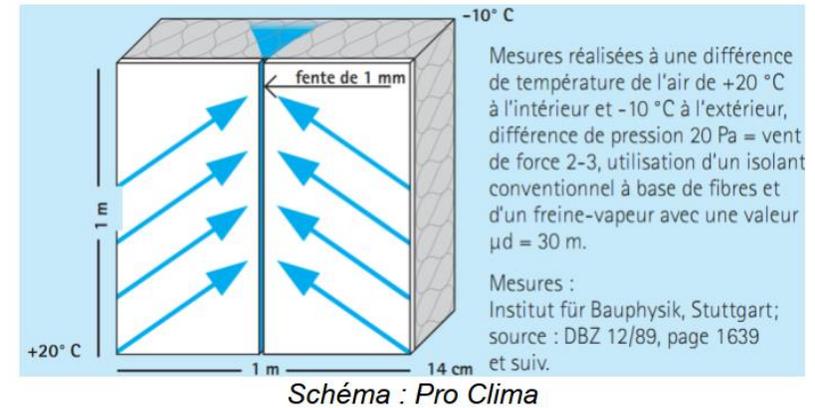
Gestion de l'humidité dans une toiture existante

- Une toiture en bois doit toujours être ventilée avec l'air extérieur
- Si celle-ci est plate et compacte alors un calcul dynamique type WUFI est obligatoire
- Elle doit être étanche à l'eau et à l'air en tout circonstance
- Si cela n'est pas possible alors s'assurer que l'étanchéité à la vapeur d'eau est parfaite et que le bois n'est pas humide lors de la fermeture de la toiture (vérification par mesure < 16% massique)
- Soigner les raccords entre la façade et la toiture par l'utilisation d'adhésif adapté et de primaire souple



Gestion de l'humidité dans une toiture existante

- Une fente de 1 mm suffit à dégrader une vie entière d'une toiture (par ex.: coup de cutter pendant le chantier, agrafes, etc, ...)
- Une étude réalisée par l'Institut für Bauphysik de Stuttgart, montre qu'une simple fente de 1mm dans un freine-vapeur laisse passer 1'600 fois plus de vapeur qu'en l'absence de fente. C'est près d'un litre d'eau par m² et par jour qui transite par la fente !
- Respecter le gradient de la perméabilité croissante entre l'intérieur et l'extérieur (Valeur SD, facteur 10)
- Prévoir dans l'idéal un pare-vapeur hygro-variable pour plus de tolérance dans les pics d'humidité



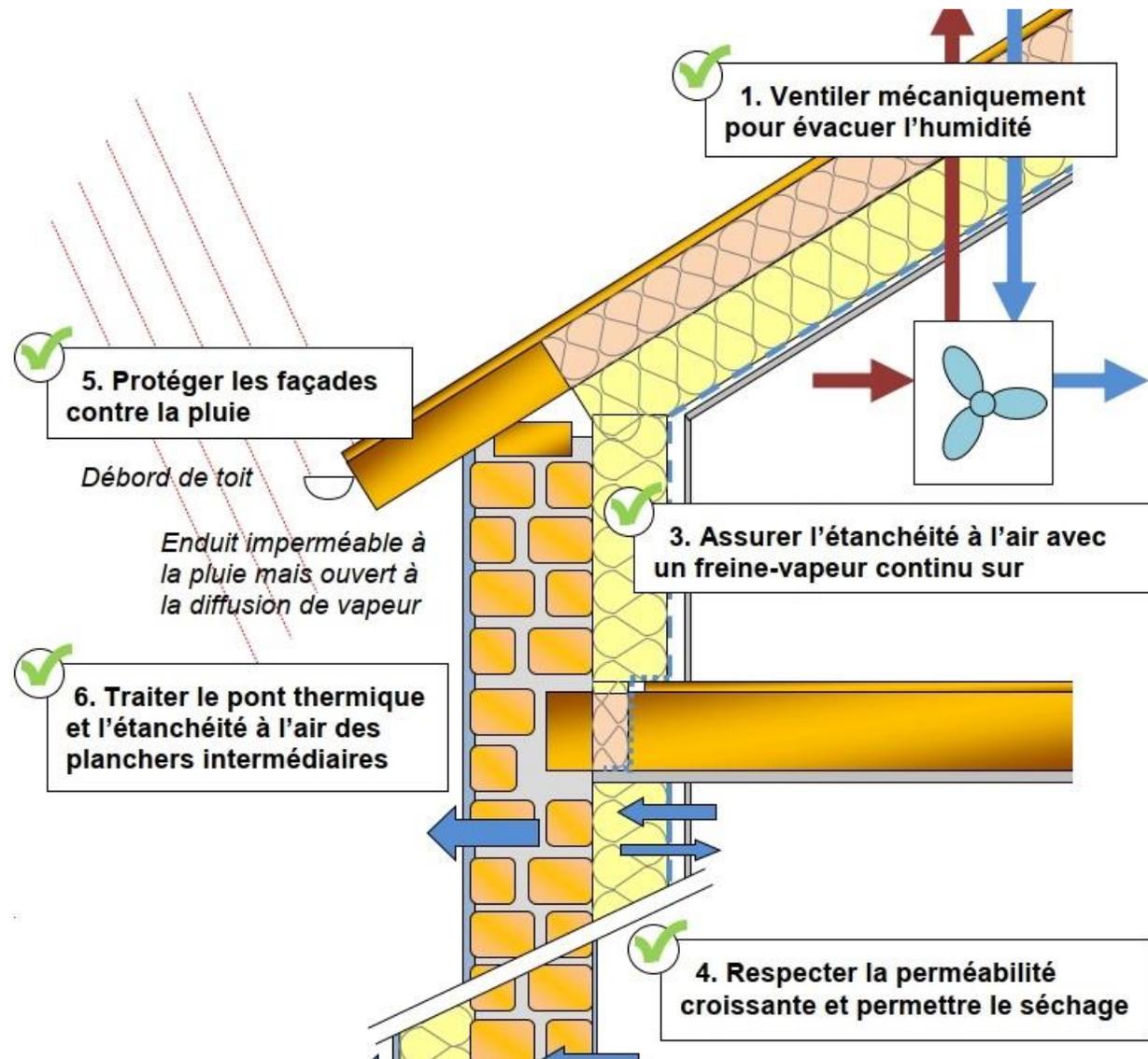


Gestion de l'humidité dans une toiture existante

- Respecter la perméabilité croissante de l'intérieur vers l'extérieur donc une valeur SD décroissante des matériaux (facteur 10).
- Conserver une capacité de séchage : lacérer ou déposer si possible les pare-vapeurs existant (si en mauvais état) et privilégier les freine-vapeurs, notamment les freine-vapeurs hygrovariables.
- Traiter les têtes de poutres en soignant les raccords si une isolation intérieure est prévue



Raccordement soigné du freine-vapeur autour d'une poutre avec colle butyl





Gestion de l'humidité : pare-vapeur ou frein-vapeur ?

Frein-vapeur		Pare-vapeur	
Avantages	Inconvénients	Avantages	Inconvénients
- Permet de gérer des grandes charges d'humidité	- Coût plus élevé	- Très grande résistance à la diffusion de vapeur	- Vapeur d'eau passe et reste enfermée dans l'isolant
- Circulation bi-directionnelle de la vapeur d'eau (été/hiver)	- Le taux d'humidité à l'intérieur ne doit pas être trop important	- Adapté pour les climats de montagne > 1'000 m	- Totalement étanche à la vapeur d'eau
- Favorise le séchage de l'isolant et du bois dans le cas d'une toiture	- Mise en œuvre plus délicate	- Idéal pour les bâtiments à fort taux d'humidité	- Concentration de la vapeur d'eau et de la condensation

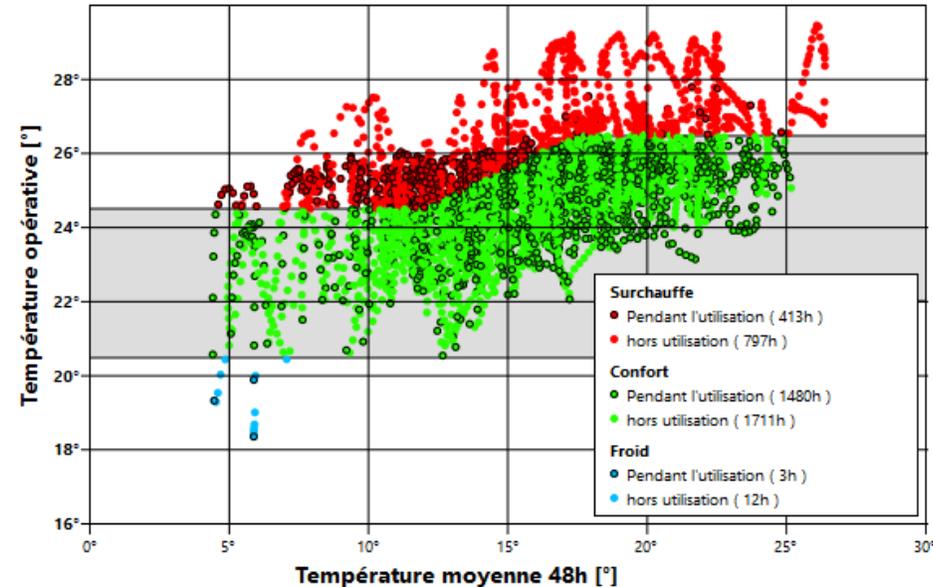


Gestion de la surchauffe

Simulation dynamique et principe de la densité

20 novembre 2023

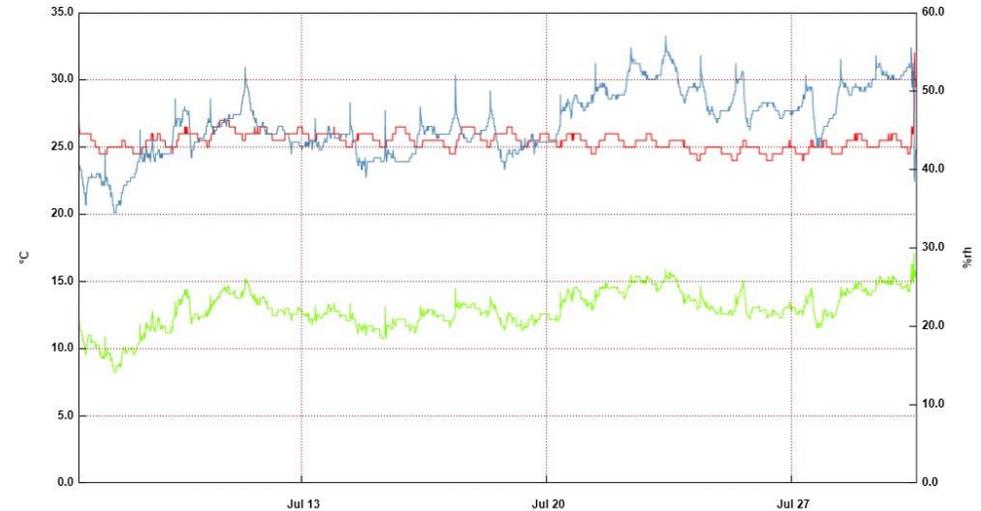
- L'isolation avec un isolant dense et présentant un bon déphasage améliore sensiblement le confort thermique en été.
- On parle également de « diffusivité thermique » qui est la capacité d'un matériau à transférer la chaleur à travers ce matériau
- Cet effet est cependant négligeable en présence de dalles lourdes ou de murs isolés par l'extérieur.
- En l'absence complète d'inertie du niveau concerné, un isolant compact reste préférable car il a une forte densité (> 120 kg/m³).
- Il faut penser que l'isolation ne fait pas tout, la présence des fenêtres de toit efface tous les avantages d'une toiture bien isolée
- S'assurer que les solutions proposées soient en adéquation avec la gestion du confort d'été



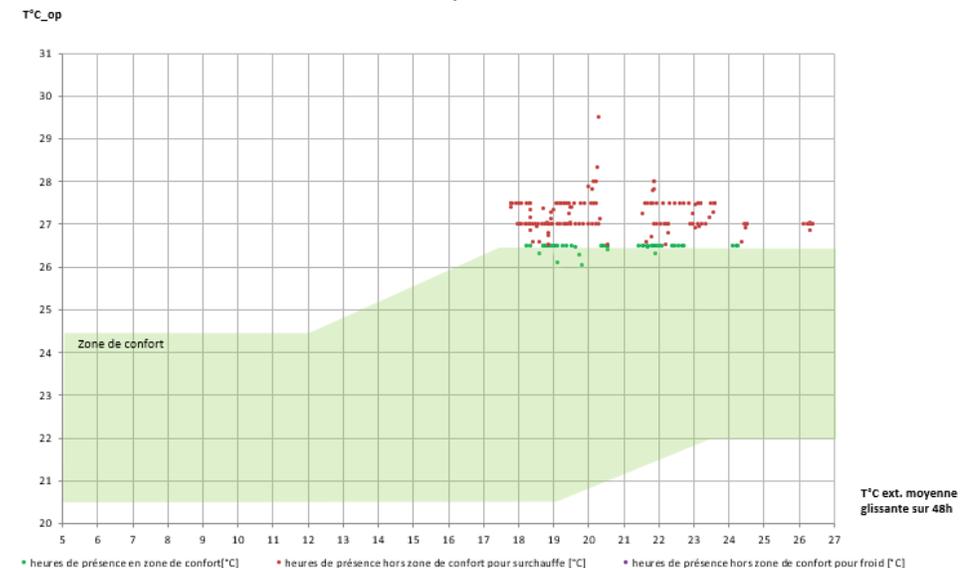


Gestion de la surchauffe en été

- Les simulations dynamiques à l'aide de logiciels comme Dial+ ou IDA-ICE permettent de quantifier les heures de surchauffe en fonction de la typologie du local et de l'exposition
- Par ces simulations, nous avons remarqué dans nos projets que la densité de l'isolant joue un rôle important pour la surchauffe
- Une isolation avec un matériaux dense > 60 kg/m³ permet de « gagner » presque 2°C en comparaison avec une isolation standard légère (30 kg/m³) type laine minérale dans une construction type ossature bois.



Confort estival - 180/1 : Valeurs mesurées





Analyse état existant

Savoir déceler l'état de santé d'une toiture

20 novembre 2023



Analyse état existant

- Lors de la visite, il est important de bien analyser la toiture existante afin de déceler l'ensemble des désordres (fissures, infiltrations d'eau, etc.)
- Il faut également savoir si l'intervention se fera en site occupé ou si c'est un aménagement / isolation de combles





Analyse état existant

- Parfois un démontage est nécessaire afin de s'assurer de l'état de la toiture en bois (état du bois, de l'aspect des chevrons, de la qualité de l'isolation, etc)
- Si nous devons intervenir par l'extérieur, les enjeux ne sont pas les mêmes que par l'intérieur
- Cela est souvent plus facile d'intervenir par l'extérieur pour des raisons d'organisation et de facilité du chantier (site occupé, échafaudage déjà en place, etc.)



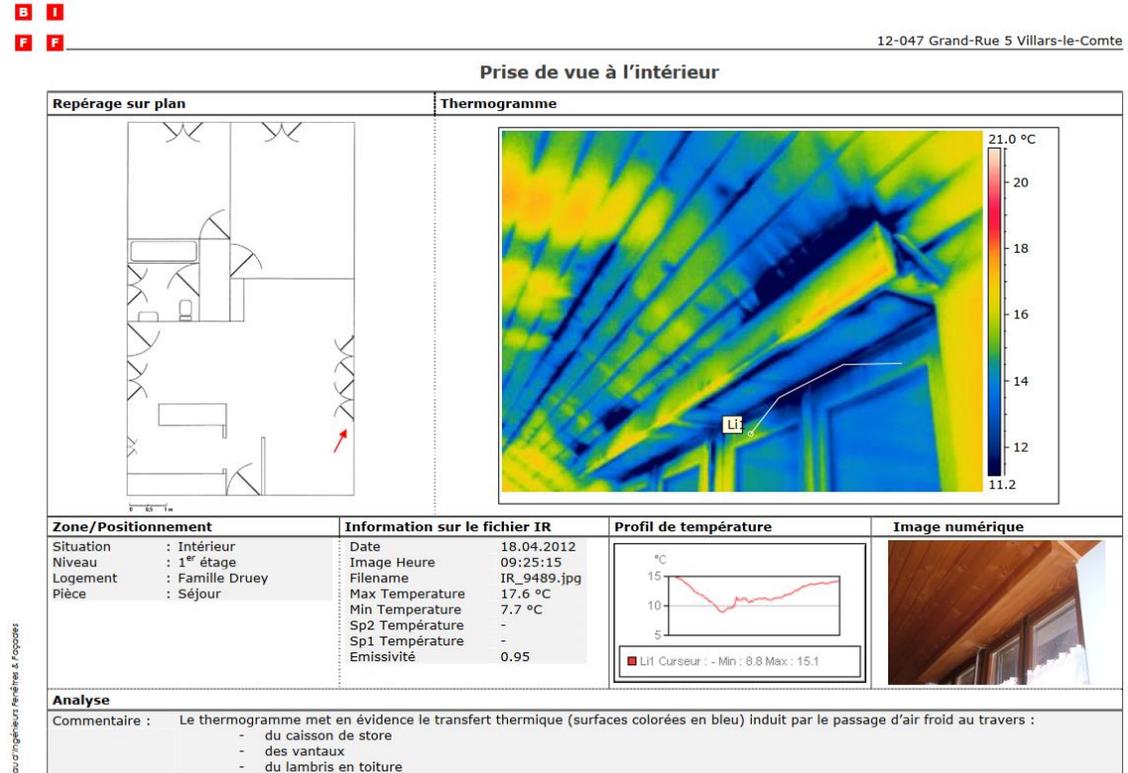


Analyse état existant

- Les désordres d'infiltrations d'air et d'eau sont parfois négligés lors d'une rénovation de toiture
- Un calcul statique simple doit être fait dans le cas de rénovation de toiture par l'extérieur pour s'assurer des charges admissibles (panneaux, isolation,...)
- Le poids et la densité de la nouvelle isolation doit être calculé en parallèle du calcul statique (10-15 kg/m²)
- Cela doit être pris en compte lors de la phase de planification et d'étude notamment pendant l'élaboration du CECB+



- Une thermographie par infrarouge peut aider à déceler les points faibles d'une toiture existante
- Elle ne peut se faire, cependant, que pendant les mois d'hiver et lors de la période chauffe du bâtiment
- Cette analyse complémentaire doit être faite en complément du CECB+ par un ingénieur spécialisé





Analyse état existant

- L'aménagement d'un grenier nécessite une charpente en bon état et une parfaite étanchéité à l'air et à l'eau sur l'ensemble de la toiture.
- Dans les anciens bâtiments, cette contrainte s'accompagne souvent d'une vérification de l'état des poutres et surtout de leurs encastremements.
- Le démontage des matériaux de couverture (tuiles, ardoises, etc.) et leur remise en place ou renouvellement après pose d'une sous-toiture (souple ou rigide) étanche à l'eau est nécessaire





Analyse état existant

- Lors de l'analyse initiale, on doit déterminer s'il y a présence de polluants tel que l'amiante
- Un diagnostic amiante doit être proposé au client avant de commencer les travaux de rénovation de toiture
- Les plaques en fibro-ciment sont les plus simples à détecter car reconnaissables à leur teinte grise et leur structure gaufrée.
- Dans le CECB+, cela doit être pris en compte dans les coûts qui peuvent augmenter de presque 15-25% pour l'évacuation de l'amiante





Typologie des toitures

Différentes possibilités de rénovation

20 novembre 2023



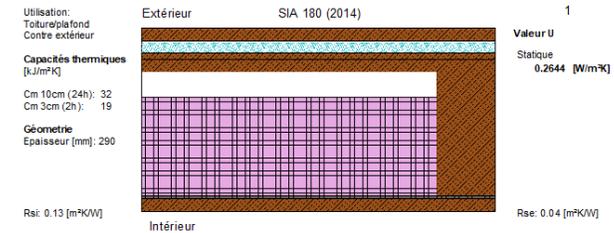
Les typologies de toiture

- En fonction de la toiture du bâtiment analysé, plusieurs typologies de rénovation sont possibles :
- Par l'intérieur en enlevant le revêtement intérieur
- Par l'intérieur directement sur la dalle des combles froids
- Par l'extérieur, en détaillant et en isolant sur chevrons
- Par l'extérieur lors d'une réfection d'une toiture plate



– La simulation LESOSAI a plusieurs avantages et permet :

- D'estimer la valeur U actuelle
- De pouvoir mesurer le gain énergétique avant / après
- D'estimer rapidement l'épaisseur nécessaire à rajouter en cas de rénovation
- De chiffrer les subventions
- D'appréhender via une première approche les risques de condensation (GLASER)
- De calculer les proportions dans les constructions inhomogènes



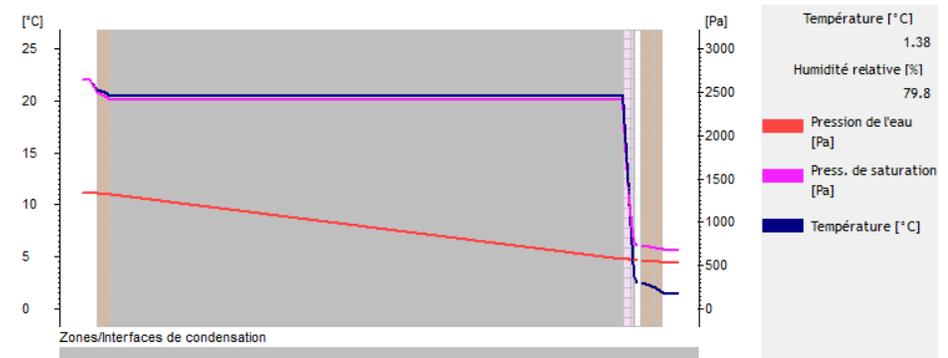
Section 1 (Proportion de cette section 83%)

Nom matériau	Epais. [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]
Rsi							
1 CEN : Panneau en bois aggloméré 500 kg/m³ CEN	2	1	0.14	50	500	0.472	0.143
2 SIA 381/1 : Feuille de PE = 0.1 mm	0.01	37.5	0.2	378000	980	0.389	0.001
3 Wizard : Isolation Wizard	16	0.8	0.035	5	40	0.35	4.571
4 CEN : Lame d'air	4	0.01	0.247	1	1.23	0.278	0.162
5 CEN : Panneau en bois aggloméré 500 kg/m³ CEN	2	1	0.14	50	500	0.472	0.143
6 SIA 381/1 : Panneau de fibres de bois, ms-dur	1	0.13	0.085	13	650	0.694	0.118
7 CEN : Lame d'air	2	0.01	0.123	1	1.23	0.278	0
8 SIA 381/1 : Panneau de fibres de bois, ms-dur	2	0.25	0.085	13	650	0.694	0
Rse							
dUg=0 [W/m²K], dUf=0 [W/m²K]							dR
							RT

frsi = 0.936 [-], frsi,min,cond = 0.767 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]

Section 2 (Proportion de cette section 17%)

Nom matériau	Epais. [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]
Rsi							
1 CEN : Panneau en bois aggloméré 500 kg/m³ CEN	2	1	0.14	50	500	0.472	0.143
2 SIA 381/1 : Feuille de PE = 0.1 mm	0.01	37.5	0.2	378000	980	0.389	0.001
3 CEN : Bois dur	20	4	0.18	20	700	0.444	1.111
4 CEN : Panneau en bois aggloméré 500 kg/m³ CEN	2	1	0.14	50	500	0.472	0.143
5 SIA 381/1 : Panneau de fibres de bois, ms-dur	1	0.13	0.085	13	650	0.694	0.118
6 CEN : Lame d'air	2	0.01	0.123	1	1.23	0.278	0
7 SIA 381/1 : Panneau de fibres de bois, ms-dur	2	0.25	0.085	13	650	0.694	0

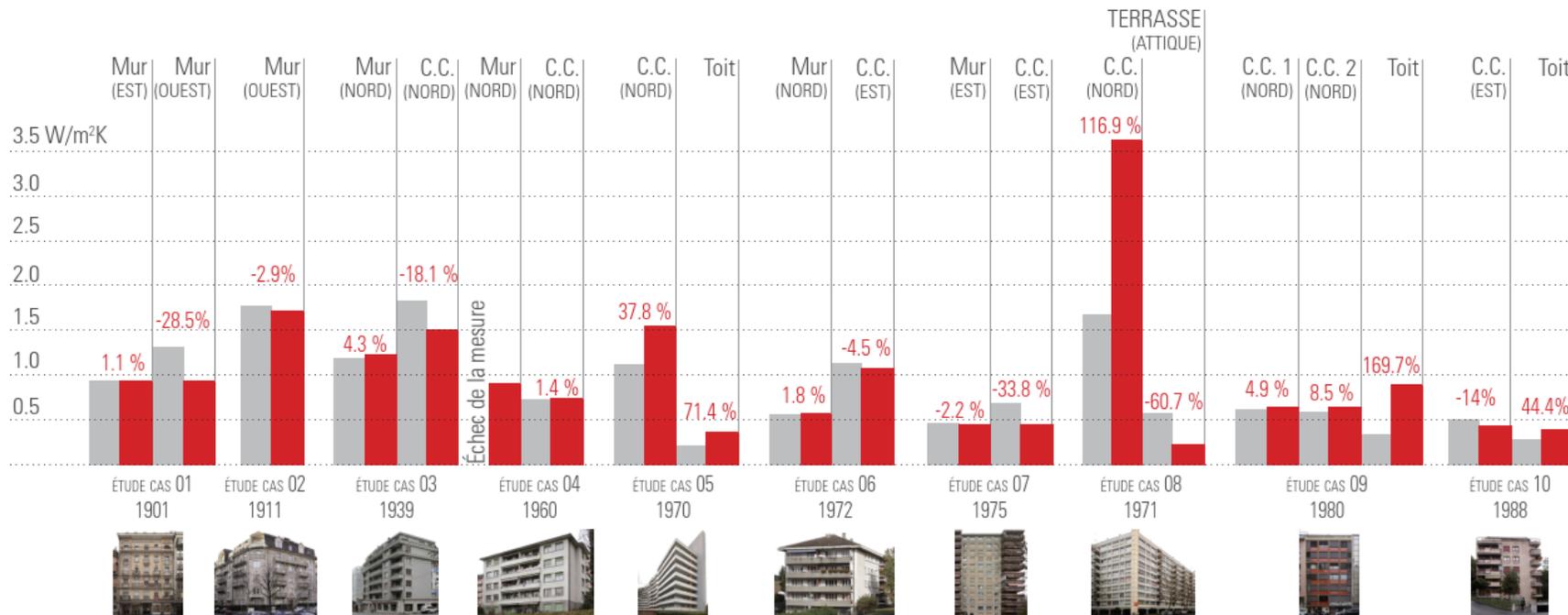


– La simulation LESOSAI a aussi ses limites

- inconnues quant aux compositions réelles des éléments
- inconnues quant aux épaisseurs réelles des couches
- coefficient de conductibilité énergétique réel (valeur λ) des matériaux d'époque
- inconnues quant à la mise en œuvre de certains détails (ponts thermiques ponctuels)

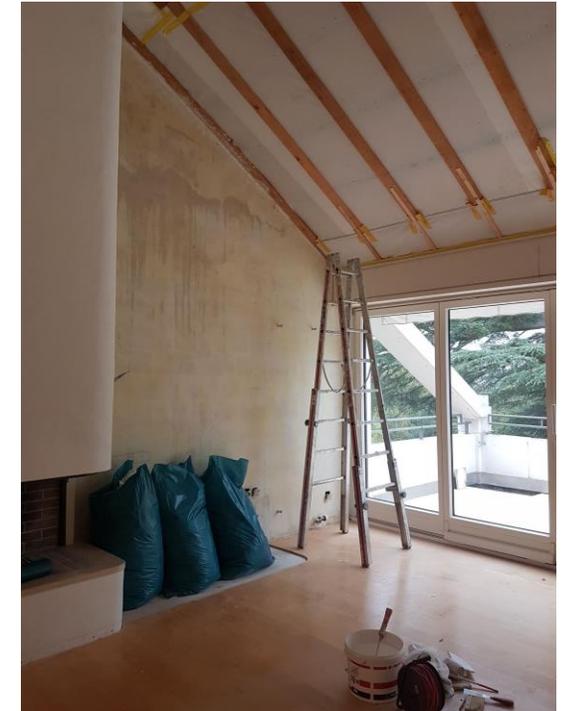
Fig. 49 Représentation des valeurs U mesurées (gris) et des valeurs U calculées (rouge) en W/m^2K .

● valeur U mesurée
 ● valeur U calculée avec Lesoi
 % écart en %



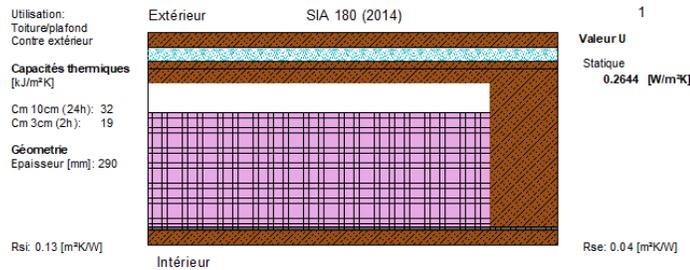
Les typologies de toiture : toiture inclinée par l'intérieur

- En fonction de la toiture du bâtiment analysé, plusieurs typologies de rénovation sont possibles :
 - Par l'intérieur en enlevant le revêtement intérieur
 - Solution la plus simple à mettre en œuvre car le recours à un échafaudage de façade n'est pas nécessaire
 - Coût compris entre 200.- et 230.- / m²
- Les risques dû aux ponts thermiques, notamment au niveau des raccords, sont un point important → comptabiliser ces éléments dans les mesures d'assainissement
- S'assurer de l'absence d'infiltrations d'eau et du bon état de la toiture par sondage



– La simulation LESOSAI d'une construction inhomogène par l'intérieur :

- Avant : se prémunir des éventuels doutes sur la valeur U



Section 1 (Proportion de cette section 83%)

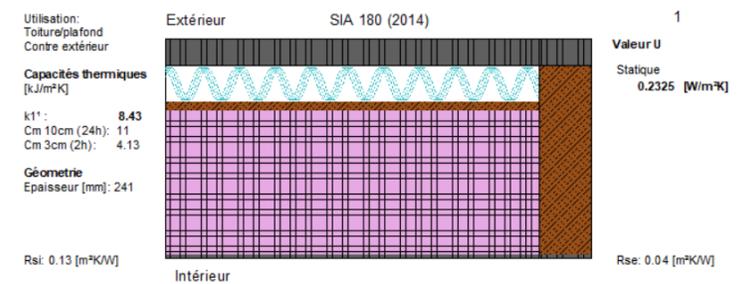
Nom matériau	Epaiss. [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]	
Rsi								
1 CEN : Panneau en bois aggloméré 500 kg/m² CEN	2	1	0.14	50	500	0.472	0.143	
2 SIA 381/1 : Feuille de PE > 0.1 mm	0.01	37.5	0.2	375000	960	0.389	0.001	
3 Wizard : Isolation Wizard	16	0.8	0.035	5	40	0.35	4.571	
4 CEN : Lame d'air	4	0.01	0.247	1	1.23	0.278	0.162	
5 CEN : Panneau en bois aggloméré 500 kg/m² CEN	2	1	0.14	50	500	0.472	0.143	
6 SIA 381/1 : Panneau de fibres de bois, mi-dur	1	0.13	0.085	13	650	0.694	0.118	
7 CEN : Lame d'air	2	0.01	0.123	1	1.23	0.278	0	
8 SIA 381/1 : Panneau de fibres de bois, mi-dur	2	0.25	0.085	13	650	0.694	0	
Rse								
dUg = 0 [W/m²K], dUf = 0 [W/m²K]							dR	0
							RT	5.398

frsi = 0.936 [-], frsi,min,cond = 0.767 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]

Section 2 (Proportion de cette section 17%)

Nom matériau	Epaiss. [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]
Rsi							
1 CEN : Panneau en bois aggloméré 500 kg/m² CEN	2	1	0.14	50	500	0.472	0.143
2 SIA 381/1 : Feuille de PE > 0.1 mm	0.01	37.5	0.2	375000	960	0.389	0.001
3 CEN : Bois dur	20	4	0.18	20	700	0.444	1.111
4 CEN : Panneau en bois aggloméré 500 kg/m² CEN	2	1	0.14	50	500	0.472	0.143
5 SIA 381/1 : Panneau de fibres de bois, mi-dur	1	0.13	0.085	13	650	0.694	0.118
6 CEN : Lame d'air	2	0.01	0.123	1	1.23	0.278	0
7 SIA 381/1 : Panneau de fibres de bois, mi-dur	2	0.25	0.085	13	650	0.694	0

- Après : en fonction de l'état de la toiture, une isolation sous chevrons



Section 1 (Proportion de cette section 88%)

Nom matériau	Epaiss. [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]	
Rsi								
1 Minergie ECO : Voile de PE	0.1	375	0.2	375000	920	0.389	0.005	
2 Isover : PB F 030, 60 x 100	16	0.16	0.03	1	38	0.286	5.333	
3 Project : Panneau aggloméré OSB	1	0.7	0.13	70	600	0.6	0.077	
4 CEN : Lame d'air	4	0.01	0.248	1	1.23	0.278	0	
5 CEN : Tuiles de terre cuite	3	0.3	1	10	2000	0.222	0	
Rse								
dUg = 0 [W/m²K], dUf = 0 [W/m²K]							dR	0
							RT	5.675

frsi = 0.943 [-], frsi,min,cond = 0.772 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]

Section 2 (Proportion de cette section 12%)

Nom matériau	Epaiss. [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]	
Rsi								
1 Minergie ECO : Voile de PE	0.1	375	0.2	375000	920	0.389	0.005	
2 CEN : Bois de construction typique CEN	16	19.2	0.13	120	500	0.444	1.231	
3 Project : Panneau aggloméré OSB	1	0.7	0.13	70	600	0.6	0.077	
4 CEN : Bois de construction typique CEN	4	4.8	0.13	120	500	0.444	0.308	
5 CEN : Tuiles de terre cuite	3	0.3	1	10	2000	0.222	0.03	
Rse								
dUg = 0 [W/m²K], dUf = 0 [W/m²K]							dR	0
							RT	1.82

- En fonction de la toiture du bâtiment analysé, plusieurs typologies de rénovation sont possibles :
 - Par l'intérieur directement sur la dalle des combles froids
 - La principale difficulté rencontrée dans l'aménagement d'un grenier est liée au confort thermique car très peu d'inertie thermique. Cet inconfort doit être compensé par la pose d'une isolation thermique performante
 - Coût relativement faible compris entre 100.- et 150.- / m²
 - Pose simple de l'isolant sur la dalle béton
 - Les raccords entre plaques d'isolant sont souvent peu soignés



Les typologies de toiture : toiture inclinée / galetas

- En fonction de la toiture du bâtiment analysé, plusieurs typologies de rénovation sont possibles :
 - Par l'intérieur directement sur la dalle des combles froids
 - On doit garantir que le côté extérieur de la toiture inclinée soit étanche afin de ne pas dégrader l'isolation future ou choisir une isolation imputrescible





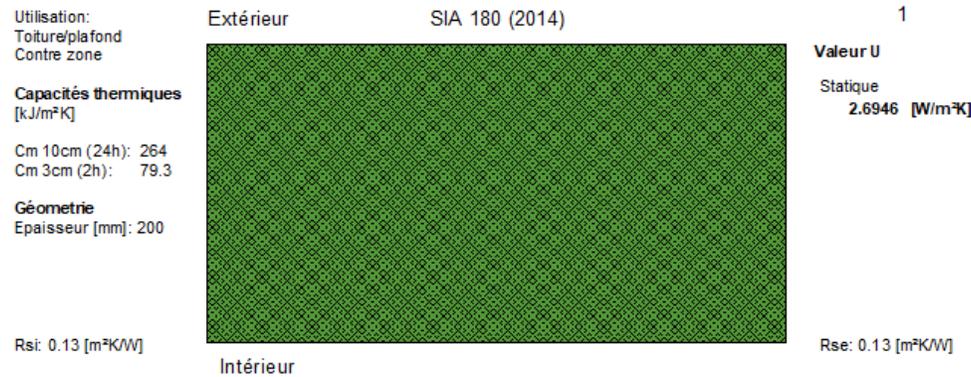
Les typologies de toiture : toiture inclinée / galetas

- En fonction de la toiture du bâtiment analysé, plusieurs typologies de rénovation sont possibles :
 - Par l'intérieur directement sur la dalle des combles froids



– La simulation LESOSAI d'une construction homogène par l'intérieur :

- Avant : se prémunir des éventuels doutes sur la valeur U

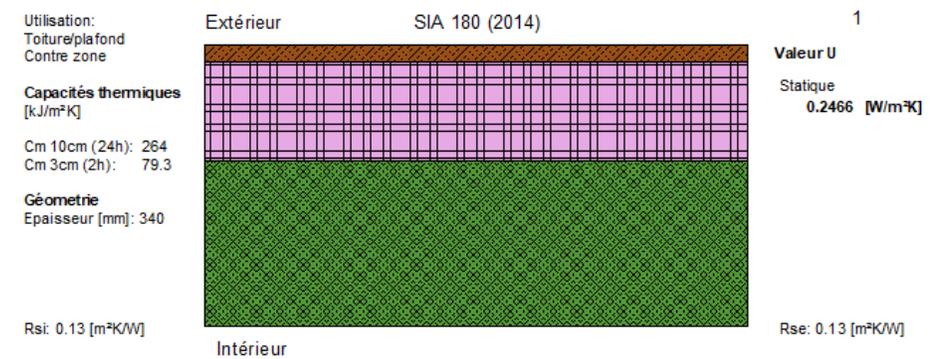


Section 1

Nom matériau	Epaiss. [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]
Rsi							0.130
1 CEN : Béton armé (CEN)	20	22	1.8	110	2400	0.306	0.111
Rse							0.130
dUg= 0 [W/m²K], dU f= 0 [W/m²K]							dR 0
							RT 0.371

frsi = 0.591 [-], frsi,min,cond = 0.582 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]
Il y a un risque de moisissure.

- Après : en fonction de l'état de la toiture, une isolation sur dalle des galetas



Section 1

Nom matériau	Epaiss. [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]
Rsi							0.130
1 CEN : Béton armé (CEN)	20	22	1.8	110	2400	0.306	0.111
2 Flumroc : Panneau isolant Flumroc ESTRA	12	0.12	0.034	1	80	0.23	3.529
3 Project : Panneau aggloméré OSB	2	1.4	0.13	70	600	0.6	0.154
Rse							0.130
dUg= 0 [W/m²K], dU f= 0 [W/m²K]							dR 0
							RT 4.054

frsi = 0.942 [-], frsi,min,cond = 0.582 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]

- En fonction de la toiture du bâtiment analysé, plusieurs typologies de rénovation sont possibles :
 - Par l'extérieur, en détuilant et en isolant sur chevrons → s'assurer de la présence d'un pare-vapeur intérieur en bon état
 - Demande plus de planification et de contrainte car dans l'idéal une direction de travaux doit suivre le chantier
 - Coût compris entre 400.- et 600.- / m²
 - L'échafaudage représente un poste financier important (à combiner avec une autre mesure d'assainissement)



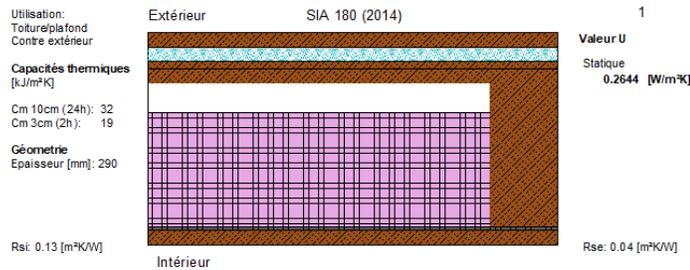


Les typologies de toiture : toiture inclinée par l'extérieur



– La simulation LESOSAI d'une construction inhomogène par l'extérieur :

- Avant : se prémunir des éventuels doutes sur la valeur U



Section 1 (Proportion de cette section 83%)

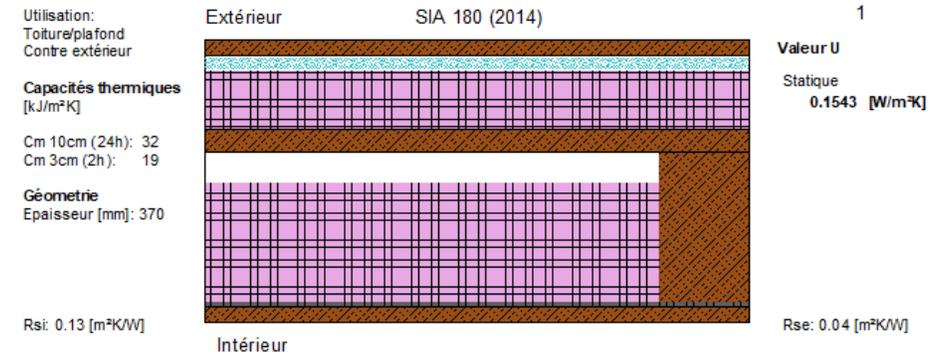
Nom matériau	Epaiss. [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]	
Rsi							0.130	
1CEN : Panneau en bois aggloméré 500 kg/m² CEN	2	1	0.14	50	500	0.472	0.143	
2SIA 381/1 : Feuille de PE > 0.1 mm	0.01	37.5	0.2	375000	960	0.389	0.001	
3Wizard : Isolation Wizard	16	0.8	0.035	5	40	0.35	4.571	
4CEN : Lame d'air	4	0.01	0.247	1	1.23	0.278	0.162	
5CEN : Panneau en bois aggloméré 500 kg/m² CEN	2	1	0.14	50	500	0.472	0.143	
6SIA 381/1 : Panneau de fibres de bois, mi-dur	1	0.13	0.085	13	650	0.694	0.118	
7CEN : Lame d'air	2	0.01	0.123	1	1.23	0.278	0	
8SIA 381/1 : Panneau de fibres de bois, mi-dur	2	0.25	0.085	13	650	0.694	0	
Rse							0.130	
dUg = 0 [W/m²K], dUf = 0 [W/m²K]							dR	0
							RT	5.398

frsi = 0.936 [-], frsi,min,cond = 0.767 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]

Section 2 (Proportion de cette section 17%)

Nom matériau	Epaiss. [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]	
Rsi							0.130	
1CEN : Panneau en bois aggloméré 500 kg/m² CEN	2	1	0.14	50	500	0.472	0.143	
2SIA 381/1 : Feuille de PE > 0.1 mm	0.01	37.5	0.2	375000	960	0.389	0.001	
3CEN : Bois dur	20	4	0.18	20	700	0.444	1.111	
4CEN : Panneau en bois aggloméré 500 kg/m² CEN	2	1	0.14	50	500	0.472	0.143	
5SIA 381/1 : Panneau de fibres de bois, mi-dur	1	0.13	0.085	13	650	0.694	0.118	
6CEN : Lame d'air	2	0.01	0.123	1	1.23	0.278	0	
7SIA 381/1 : Panneau de fibres de bois, mi-dur	2	0.25	0.085	13	650	0.694	0	
Rse							0.130	
dUg = 0 [W/m²K], dUf = 0 [W/m²K]							dR	0
							RT	7.898

- Après : en fonction de l'état de la toiture, une isolation sur chevrons et/ou entre chevrons

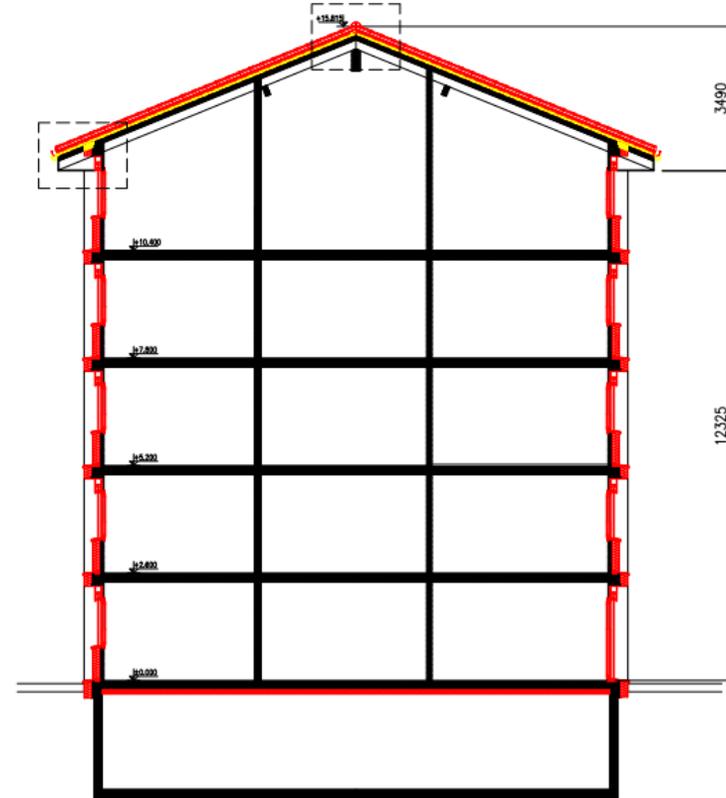
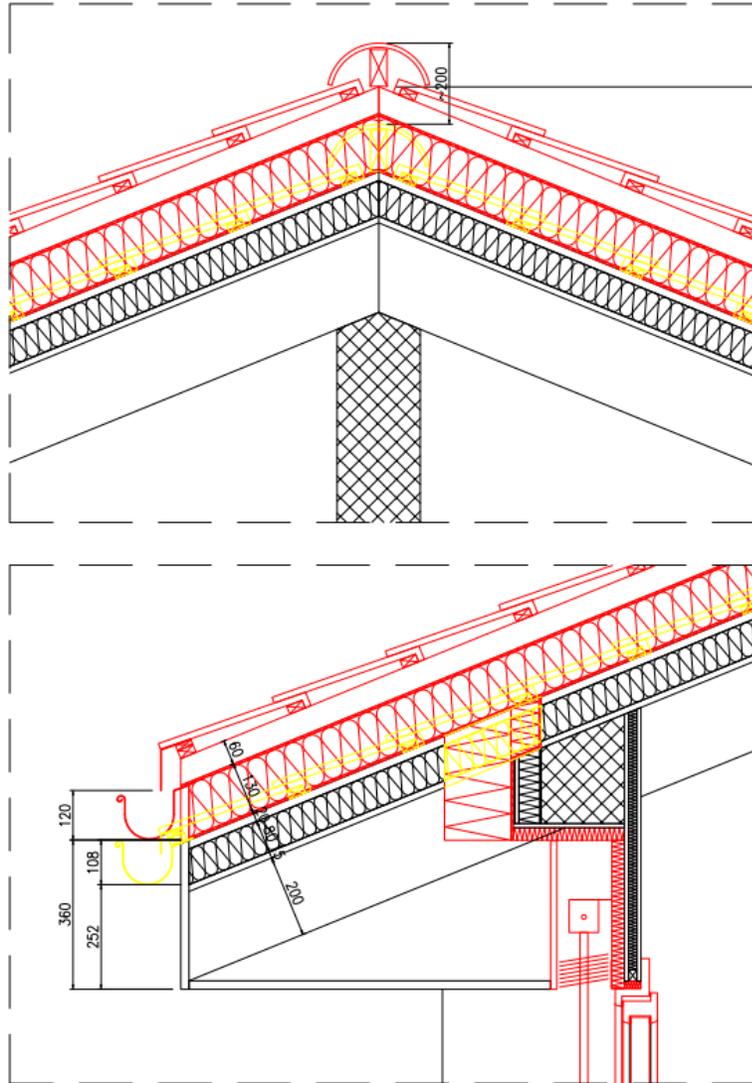


Section 1 (Proportion de cette section 83%)

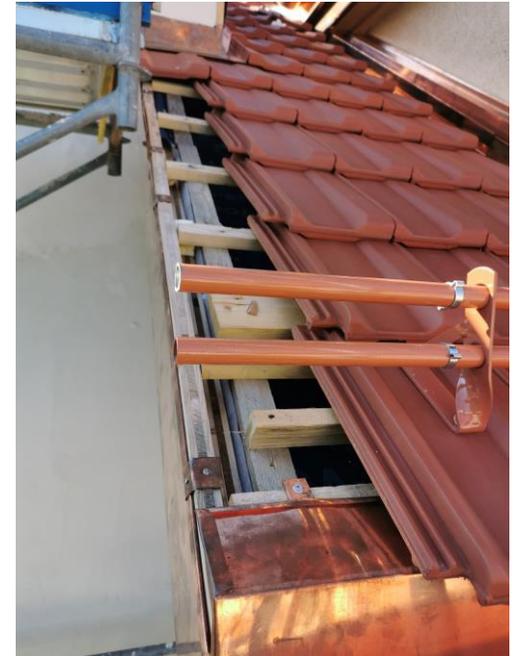
Nom matériau	Epaiss. [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]	
Rsi							0.130	
1CEN : Panneau en bois aggloméré 500 kg/m² CEN	2	1	0.14	50	500	0.472	0.143	
2SIA 381/1 : Feuille de PE > 0.1 mm	0.01	37.5	0.2	375000	960	0.389	0.001	
3Wizard : Isolation Wizard	16	0.8	0.035	5	40	0.35	4.571	
4CEN : Lame d'air	4	0.01	0.247	1	1.23	0.278	0.162	
5CEN : Panneau en bois aggloméré 500 kg/m² CEN	2	1	0.14	50	500	0.472	0.143	
6SIA 381/1 : Panneau de fibres de bois, mi-dur	1	0.13	0.085	13	650	0.694	0.118	
7Isover : ISOCOMFORT 032	8	0.08	0.032	1	28	0.286	2.5	
8CEN : Lame d'air	2	0.01	0.123	1	1.23	0.278	0	
9SIA 381/1 : Panneau de fibres de bois, mi-dur	2	0.25	0.085	13	650	0.694	0	
Rse							0.130	
dUg = 0 [W/m²K], dUf = 0 [W/m²K]							dR	0
							RT	7.898

frsi = 0.967 [-], frsi,min,cond = 0.767 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]

Les typologies de toiture : toiture inclinée par l'extérieur



- Les risques dû aux ponts thermiques, notamment au niveau des raccords, sont un point important :
 - Comptabiliser ces éléments dans les mesures d'assainissement
 - Anticiper ces éléments en analysant les détails sur les plans d'exécution : FLIXO 2D / TRISCO 3D
 - Se faire accompagner par un physicien du bâtiment et un architecte



- Vérifier la hauteur de l'acrotère selon la norme SIA 271 > 12 cm
- Un contrôle des pentes et des descentes d'eau doit être fait afin de garantir le bon écoulement des eaux pluviales
- Le relevé d'étanchéité est obligatoire même si un simple complément d'isolation est prévu
- Le retour d'isolation sur l'acrotère doit être mentionné dans les soumissions
- Contrôle de la carbonatation de la dalle béton (laitance dû à des possibles infiltrations d'eau).





Les typologies de toiture : toiture plate

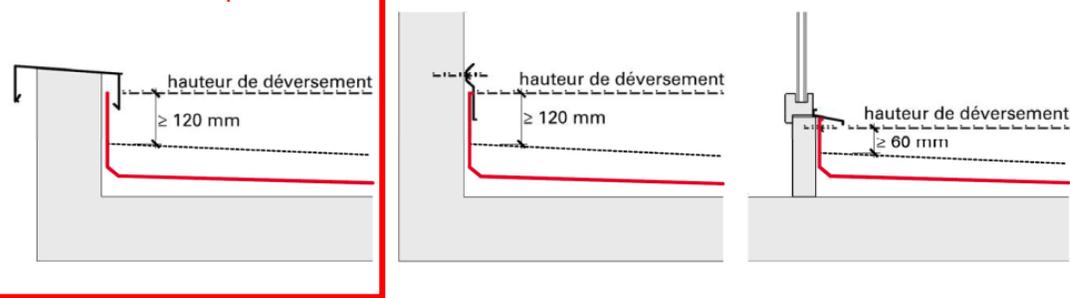
- Une toiture plate est différente dans le sens où l'acrotère est un élément à prendre en compte car il doit être souvent refait (hauteur selon SIA 271 à respecter)
- Un simple assainissement peu coûteux est de remplacer l'étanchéité bitumineuse avec une nouvelle isolation sans toucher à l'acrotère. Cela est fortement déconseillé !!
- L'acrotère doit souvent être refait afin de respecter la hauteur minimum de la remontée d'étanchéité (SIA 271)
- Coût compris entre 350.- et 380.- / m2 avec reprise de l'acrotère



– Hauteur de la remontée d'étanchéité selon SIA 271 à respecter

2.8 Etanchéité

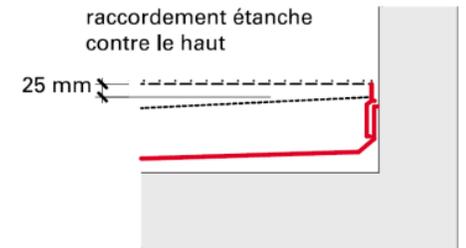
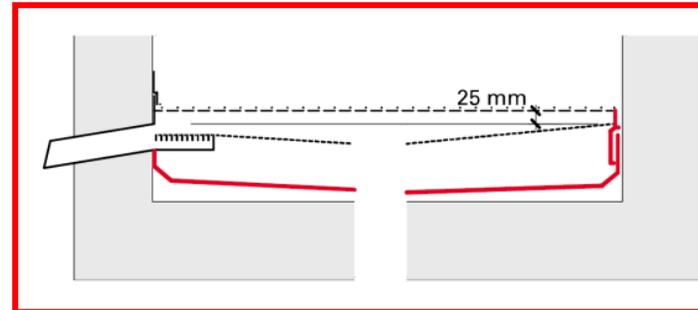
2.8.1.3 Le **bord supérieur ouvert** des raccordements et fermetures de bord **doit se trouver au-dessus** de la hauteur de déversement respectivement de la **couche de protection**, d'au moins **120 mm** ou **60 mm** dans le cas d'un **seuil de porte ou baie vitrée**.



Raccordements de seuils < 60 mm au-dessus de la couche d'usure: chapitre 6

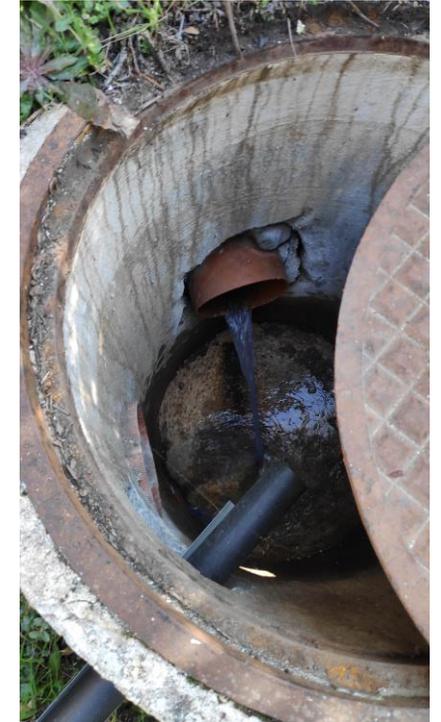
2.8 Etanchéité

2.8.1.5 Les **raccords étanches vers le haut** doivent monter jusqu'à une hauteur de **25 mm** au-dessus de l'arête la plus haute de la rive du toit, ou au-dessus de l'arête supérieure du trop-plein de sécurité, et de **25 mm** au minimum au-dessus de la **couche de protection** ou de la **couche d'usure**.



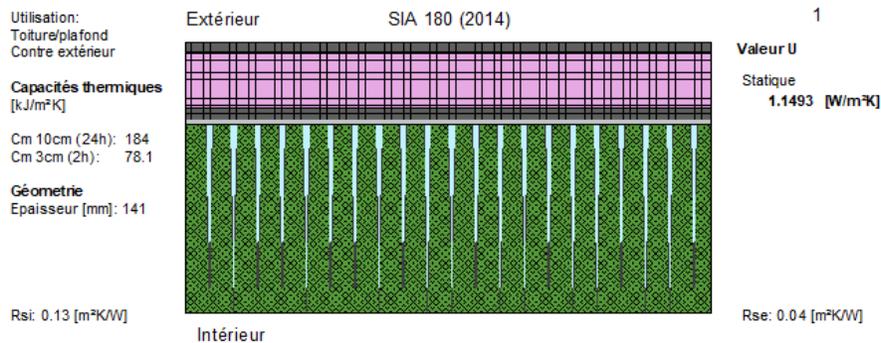
Les typologies de toiture : toiture plate

- Lors de la réfection de la toiture plate, des chemins d'accès en dalles ainsi que la ligne de vie doivent être dimensionnés afin de respecter l'aspect sécurité (SUVA)
- Une mise en séparatif des eaux pluviales (claires) et eaux usées est nécessaire (surface de toiture > 250 m²) selon « Directive municipale sur la gestion des eaux claires »



– La simulation LESOSAI d'une construction homogène par l'extérieur :

- Avant : se prémunir des éventuels doutes sur la valeur U



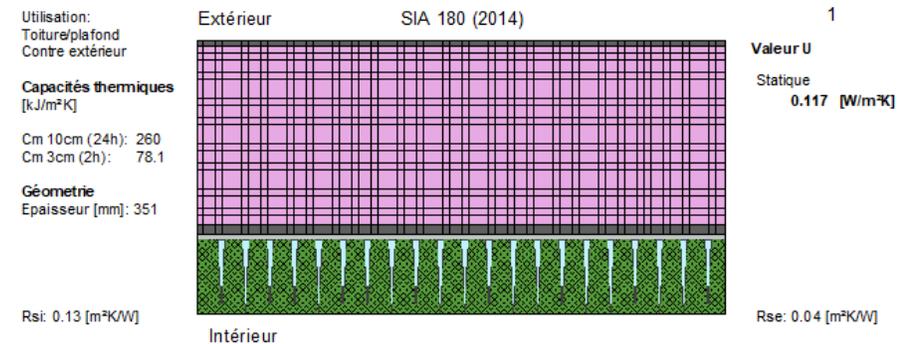
Section 1

Nom matériau	Epaiss. [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]	
Rsi							0.130	
1 Project : Béton armé 5% acier (CEN) [1]	10	13	2.9	130	2600	0.278	0.034	
2 Project : Feuille PE	0.02	12	0.2	60000			0.001	
3 Swisspor AG : swissporBIKUPLAN ECO EGV3	0.3	150	0.17	50000	1200	0.5	0.018	
4 Swisspor AG : swissporBIKUPLAN ECO EGV3	0.3	150	0.17	50000	1200	0.5	0.018	
5 Project : Liège dense	3	3.6	0.05	120	450	0.417	0.6	
6 Swisspor AG : swissporBIKUTOP PRO AQUA	0.5	250	0.17	50000	1180	0.5	0.029	
Rse							0.040	
dUg= 0 [W/m²K], dUf= 0.000151 [W/m²K]							dR	0
							RT	0.87

[1] : Fixations mécaniques (3 par m²) de section d'aire 80 mm², de conductivité 50 W/(m·K), pénétrant totalement la couche.

frsi = 0.747 [-], frsi,min,cond = 0.710 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]
Il y a un risque de moisissure.

- Après : en fonction de l'état de la toiture, une isolation en enlevant l'étanchéité existante



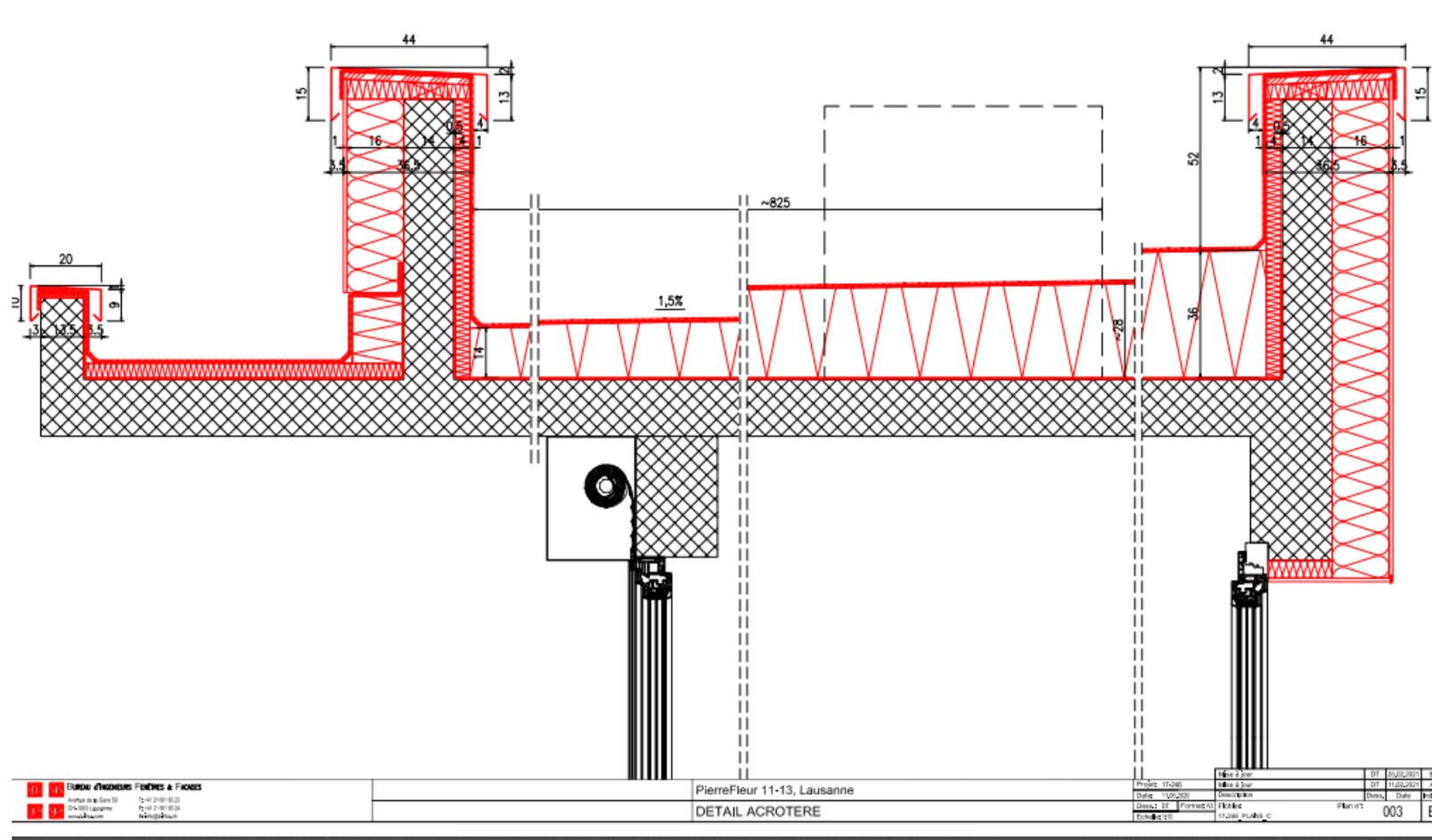
Section 1

Nom matériau	Epaiss. [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]	
Rsi							0.130	
1 Project : Béton armé 5% acier (CEN) [1]	10	13	2.9	130	2600	0.278	0.034	
2 Project : Feuille PE	0.02	12	0.2	60000			0.001	
3 Swisspor AG : swissporBIKUPLAN ECO EGV3	0.3	150	0.17	50000	1200	0.5	0.018	
4 Swisspor AG : swissporBIKUPLAN ECO EGV3	0.3	150	0.17	50000	1200	0.5	0.018	
5 Swisspor AG : swissporLAMBDA Roof	24	12	0.029	50	25	0.39	8.276	
6 Swisspor AG : swissporBIKUTOP PRO AQUA	0.5	250	0.17	50000	1180	0.5	0.029	
Rse							0.040	
dUg= 0 [W/m²K], dUf= 1.56E-006 [W/m²K]							dR	0
							RT	8.546

[1] : Fixations mécaniques (3 par m²) de section d'aire 80 mm², de conductivité 50 W/(m·K), pénétrant totalement la couche.

frsi = 0.971 [-], frsi,min,cond = 0.710 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]

Les typologies de toiture : toiture plate



- Les éléments annexes comme les fenêtres de toit, les cheminées et la ferblanterie sont aussi importants dans le cadre des variantes CECB
- On peut simplement comptabiliser le nombre de fenêtres de toit à changer et intégrer ces coûts supplémentaires dans notre rapport
 - Coût compris entre 2'000.- et 5'000.- / pièce
- Pour la ferblanterie, le calcul est plus complexe. Il est important d'avertir le client que ce poste peut fortement impacter le coût de rénovation de la toiture, de 30% à 50% environ.



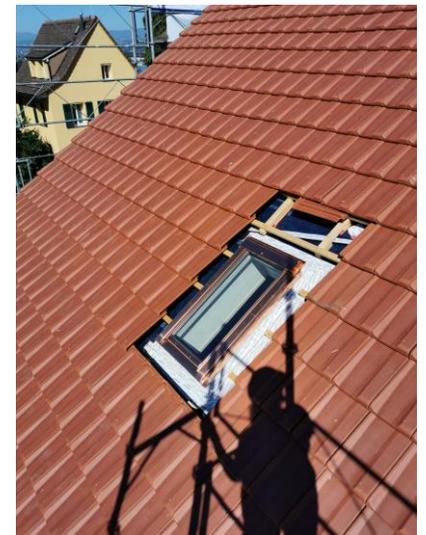


Les typologies de toiture : Coûts annexes

- Les éléments annexes comme les mises aux normes et sécurité (garde-corps, pare-neige, etc.)
- Les panneaux solaires et photovoltaïques, si ceux-ci sont intégrés comme revêtement extérieur ou s'ils sont posés sur les tuiles, le coût et la complexité ne sont pas les mêmes



- Le choix entre isolation des combles ou toiture par l'extérieur dépend de différents facteurs :
 - Coût de mise en œuvre
 - La possibilité d'aménager les combles → augmentation de la valeur locative
 - L'octroi des subventions
 - La faisabilité technique
 - Le confort thermique
 - L'état de santé de la toiture
 - L'accessibilité
 - La combinaison avec d'autres mesures → panneaux solaires, rénovation globale







Calcul des subventions

Méthode et règles

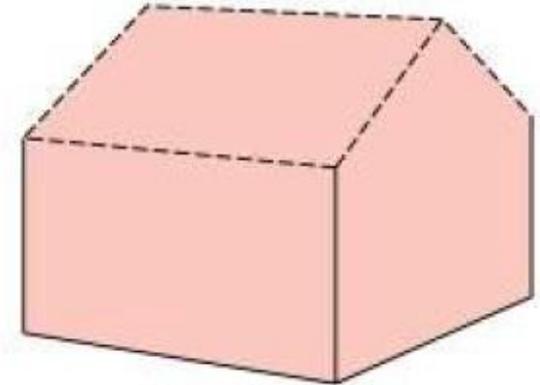


Méthode de calcul des surfaces

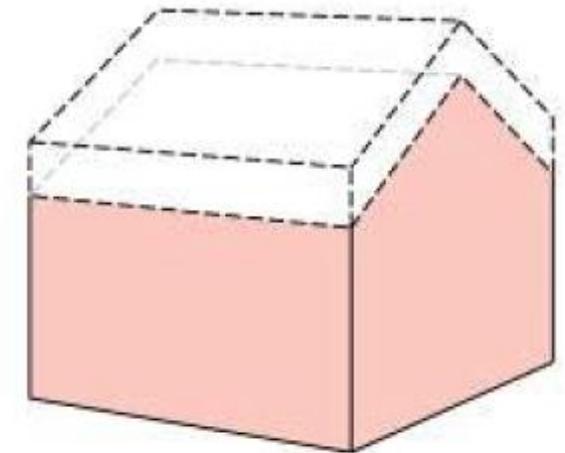
- Lorsque les bords de toiture, les avant-toits, les toits plats au-dessus des balcons, etc. sont isolés, ces surfaces ne sont pas éligibles aux subventions.
- Les indications des surfaces en m² doivent être inscrites dans les offres. Les surfaces de fenêtre doivent être soustraites dans le cas de murs contre l'extérieur

- Une démolition et/ou un remplacement à l'identique de la toiture
 - en haut : La toiture est remplacée au même endroit.
 - La nouvelle surface donne droit à une subvention.
 - en bas: La toiture est déplacée de manière importante.
 - La nouvelle surface ne donne pas droit à une subvention.

Remplacement de la toiture



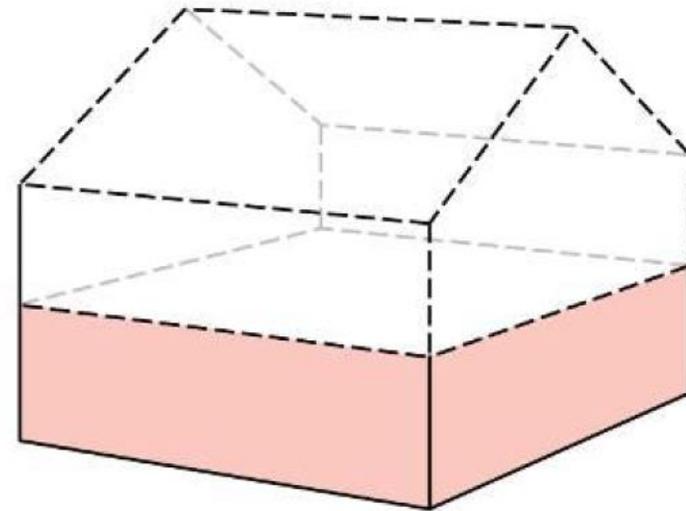
Déplacement de la toiture





Méthode de calcul des surfaces : toiture

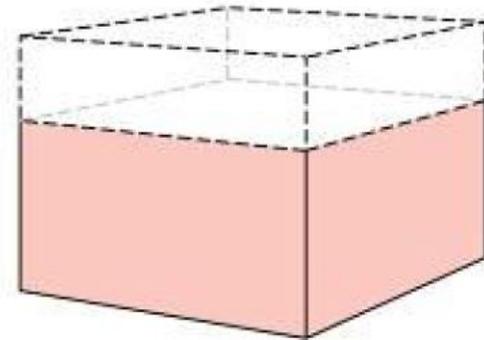
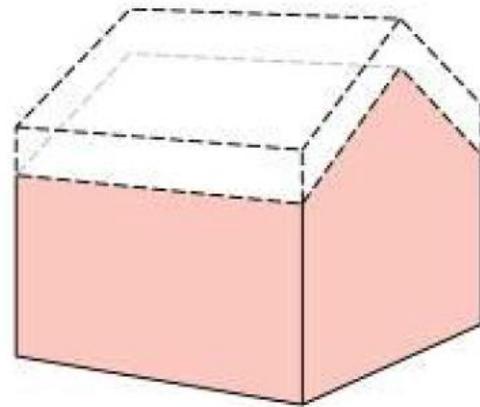
- Démolition et remplacement à l'identique de la toiture et d'une partie de la façade
- L'étage supérieur et la toiture sont remplacés :
 - Le remplacement (étage supérieur et toiture) ne donne pas droit à une subvention.



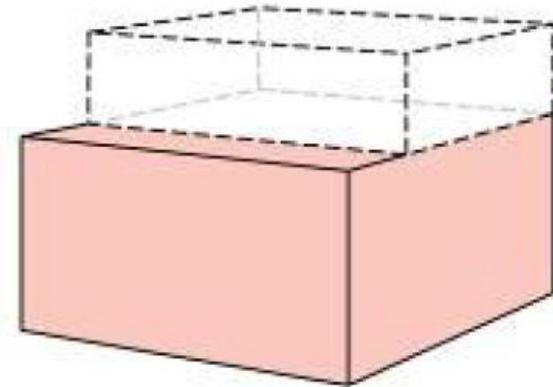
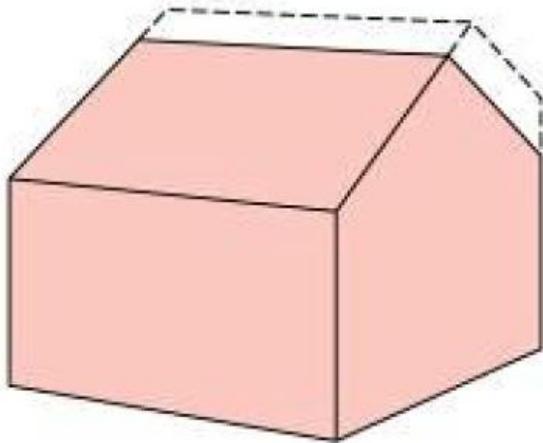


Méthode de calcul des surfaces : toiture

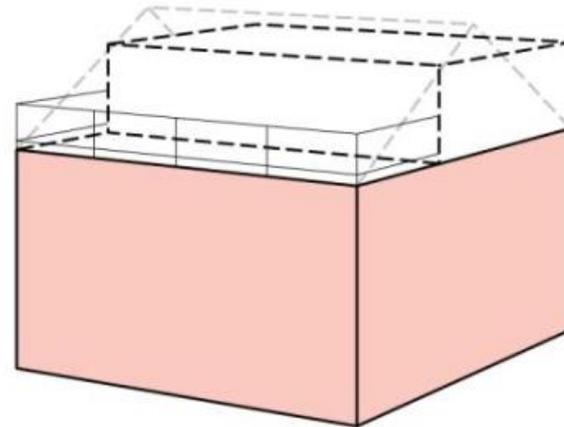
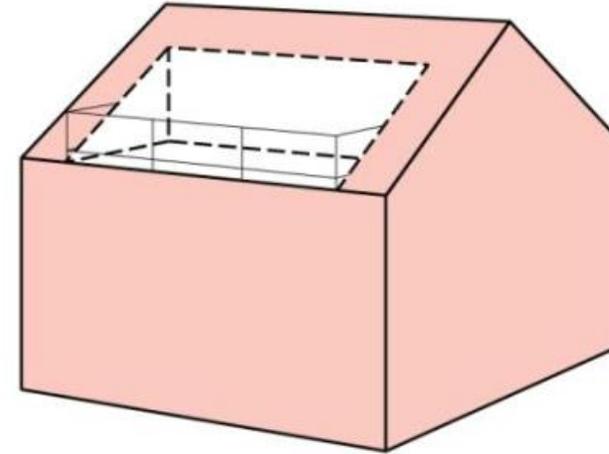
- L'ensemble du toit est surélevé.
 - Les surfaces existantes et non modifiées donnent droit à la subvention.
 - Les surfaces surélevées des murs extérieurs et le nouveau toit ne donnent pas droit à la subvention.



- Le toit est partiellement surélevé ou surélevé d'un seul côté :
 - Les surfaces existantes et non modifiées donnent droit à la subvention.
 - Les surfaces surélevées des murs extérieurs et le nouveau toit ne donnent pas droit à la subvention.



- Une toiture en pente est coupée ou une toiture en pente est transformée en toiture plate avec attique :
 - Les surfaces existantes et non modifiées sont éligibles aux subventions.
 - Les terrasses, murs latéraux et mur arrière ne donnent pas droit à une subvention.





Particularités cantonales

- Genève : Un complément d'isolation de la toiture doit être combiné à la pose de panneaux solaires thermiques (30% des besoins d'ECS) et/ou photovoltaïques si la dérogation solaire est demandée (dans le cas de l'installation d'une PAC). Contribution minimale par demande de CHF 1'500.-
- Vaud : Le canton octroi le double de la subvention pour les panneaux solaires thermiques dans le cas de pose de panneaux solaires et isolation de la toiture en même temps. Contribution minimale de CHF 3'000.-
- Fribourg : Contribution minimale par demande de CHF 1'000.-
- Neuchâtel : Le montant de la subvention doit être au minimum de CHF 3'000.- (≥ 50 m² de surface isolée).





Particularités cantonales

- Bern : Les bâtiments subventionnés sont ceux qui jouissent d'une rénovation globale selon CECB® ou selon Minergie® .
- Les bâtiments qui après la réfection sont chauffés avec un chauffage au mazout, gaz ou électrique, ne bénéficient pas des subventions.

- Valais : Le montant de la subvention doit être au minimum de CHF 3'000.- (≥ 43 m² de surface isolée).

- Jura : Le montant de la subvention doit être au minimum de CHF 3'000.- (≥ 75 m² de surface isolée).

- Pour tous les cantons romands → Un CECB® Plus doit être fourni dès CHF 10'000.- de subvention (> 166 m² de surface isolée). Si le CECB® Plus n'est pas applicable, une analyse selon le cahier des charges de l'OFEN doit être fournie.



Kanton Bern
Canton de Berne



CANTON DU VALAIS
KANTON WALLIS

JURA  **CH**
RÉPUBLIQUE ET CANTON DU JURA



Exercices

Etude de cas pratique de plusieurs typologies



Exercice 1 : Rénovation de toiture inclinée par l'intérieur





Exercice 1 : Rénovation de toiture sur la dalle des combles

-





Exercice 2 : Rénovation de toiture inclinée par l'extérieur

-





Exercice 3 : Rénovation d'une toiture plate

-





Enquête de satisfaction

Merci de prendre 5 minutes pour compléter notre questionnaire de satisfaction



<https://fr.surveymonkey.com/r/CECB2023>



Certificat énergétique cantonal
des bâtiments

Votre aide à la décision