

Rénovation de l'enveloppe thermique dans les expertises CECB®Plus

Demi-journée de formation destinée aux experts CECB

Blaise Périsset, expert CECB, HEIG-VD



Programme de la formation continue

- **60 min. Caractéristiques constructives et architecturales**
 - Introduction à la thématique (10 min.)
 - Exercice par groupe de 2 «Évaluer l'époque de construction de bâtiments» (10 min.)
 - Débriefing sur l'exercice (20min.)
 - Bilan thermique (Qh, valeur U, façade, fenêtre,) (10 min.)
 - Isolation par l'intérieur & physique du bâtiment (10 min.)
- **70 min. Stratégie de rénovation**
 - Présentation des études de cas (10 min.)
 - Exercice par groupe de 2 "Rénovation" (30 min.) : pour esquisser et réfléchir : Exercice sur les scénarios de rénovation des trois études de cas
 - Débriefing sur l'exercice "Rénovation" (30 min.)
- **10min. Conclusion de l'atelier**

Caractéristiques constructives et architecturales



GEBÄUDEENERGIEAUSWEIS DER KANTONE



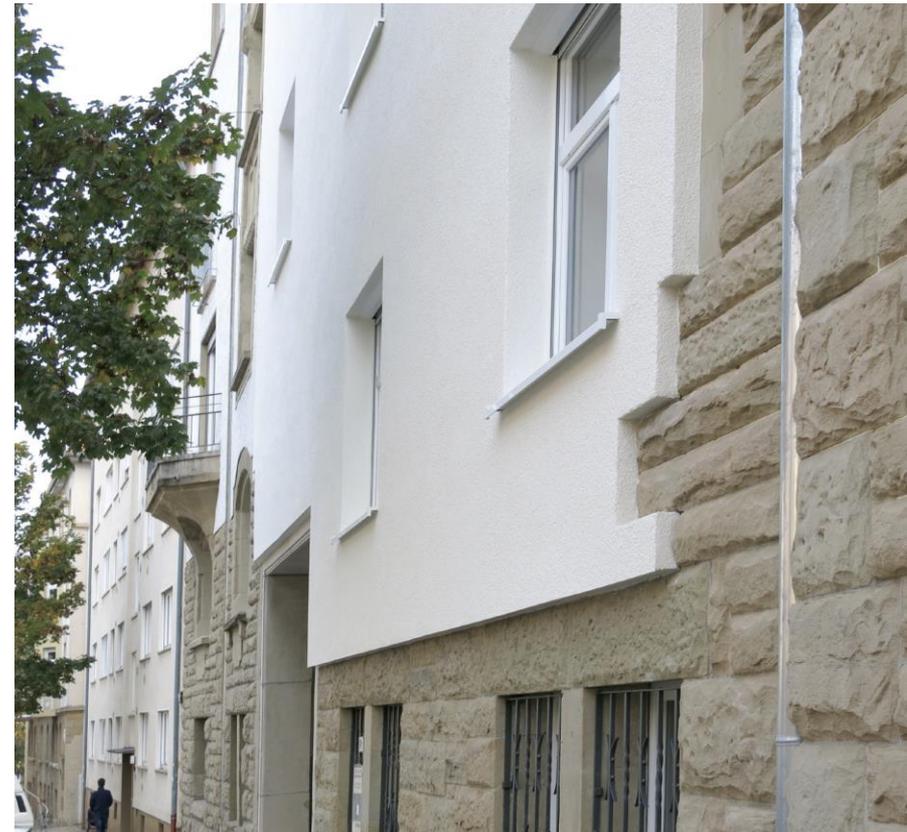
CERTIFICAT ÉNERGÉTIQUE CANTONAL DES BÂTIMENTS



CERTIFICATO ENERGETICO CANTONALE DEGLI EDIFICI

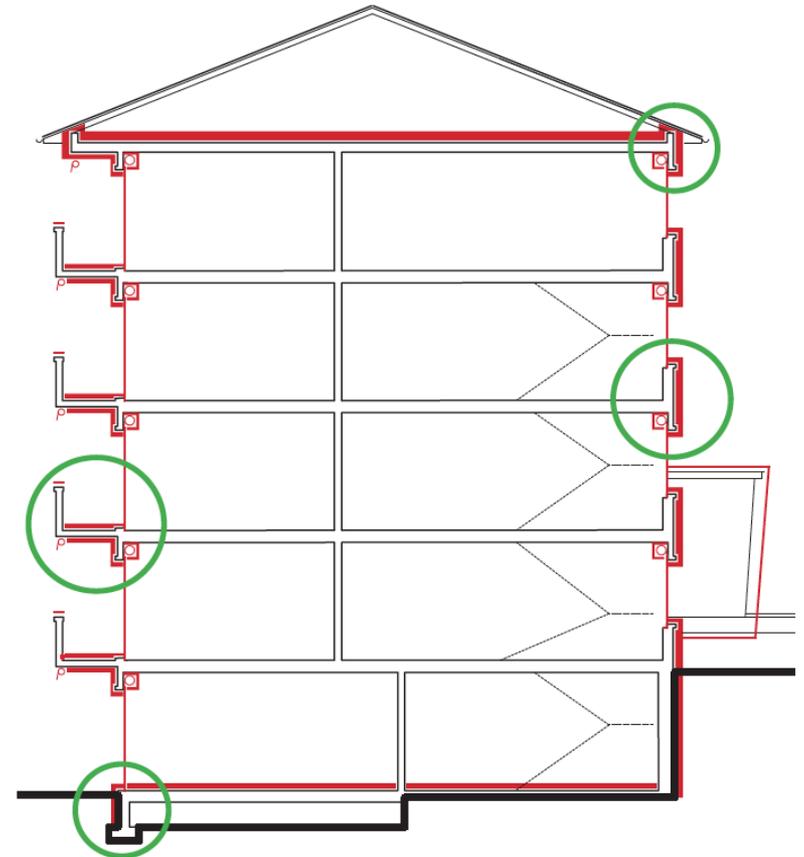
Enjeux et risques

Les caractéristiques architecturales



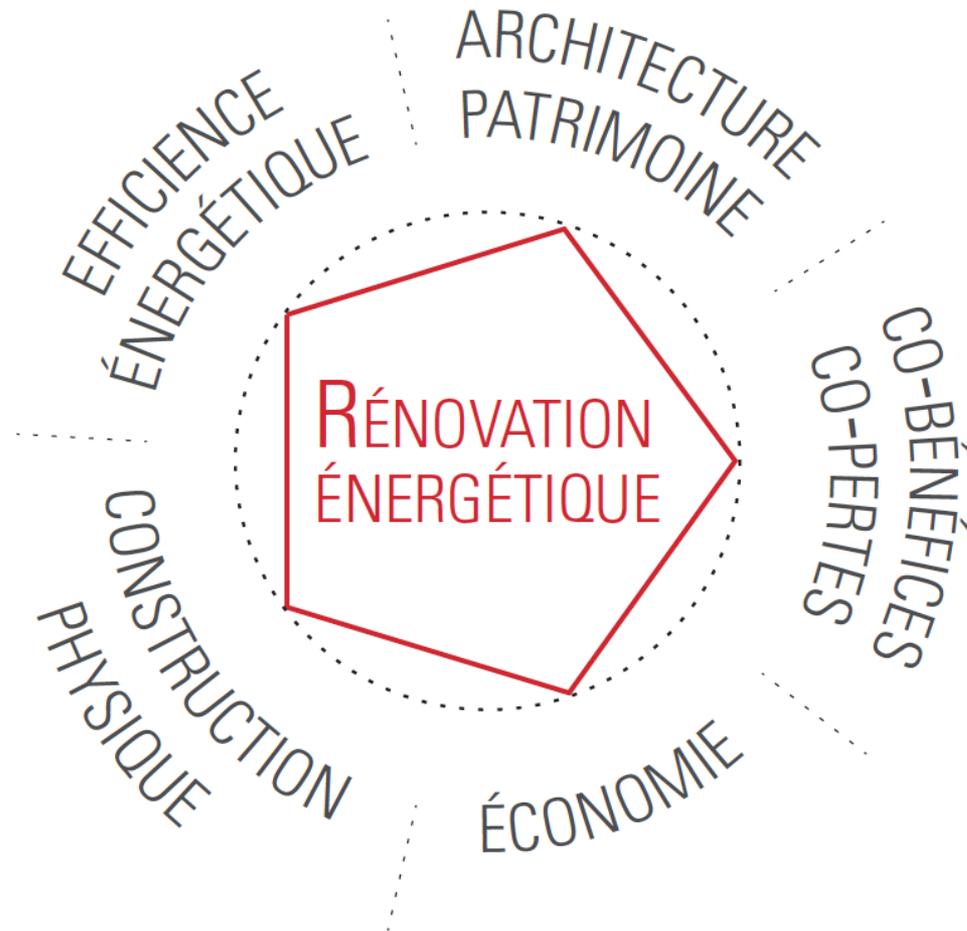
Enjeux et risques

Les contraintes constructives et physiques

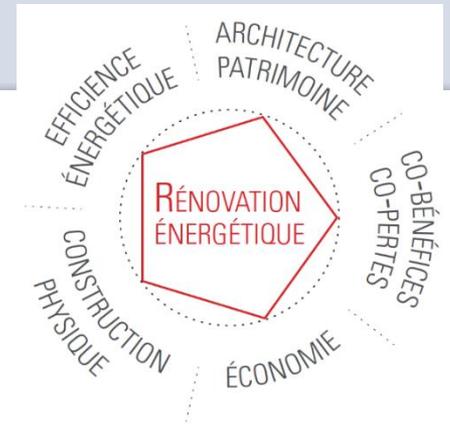


Enjeux et risques

Un juste équilibre

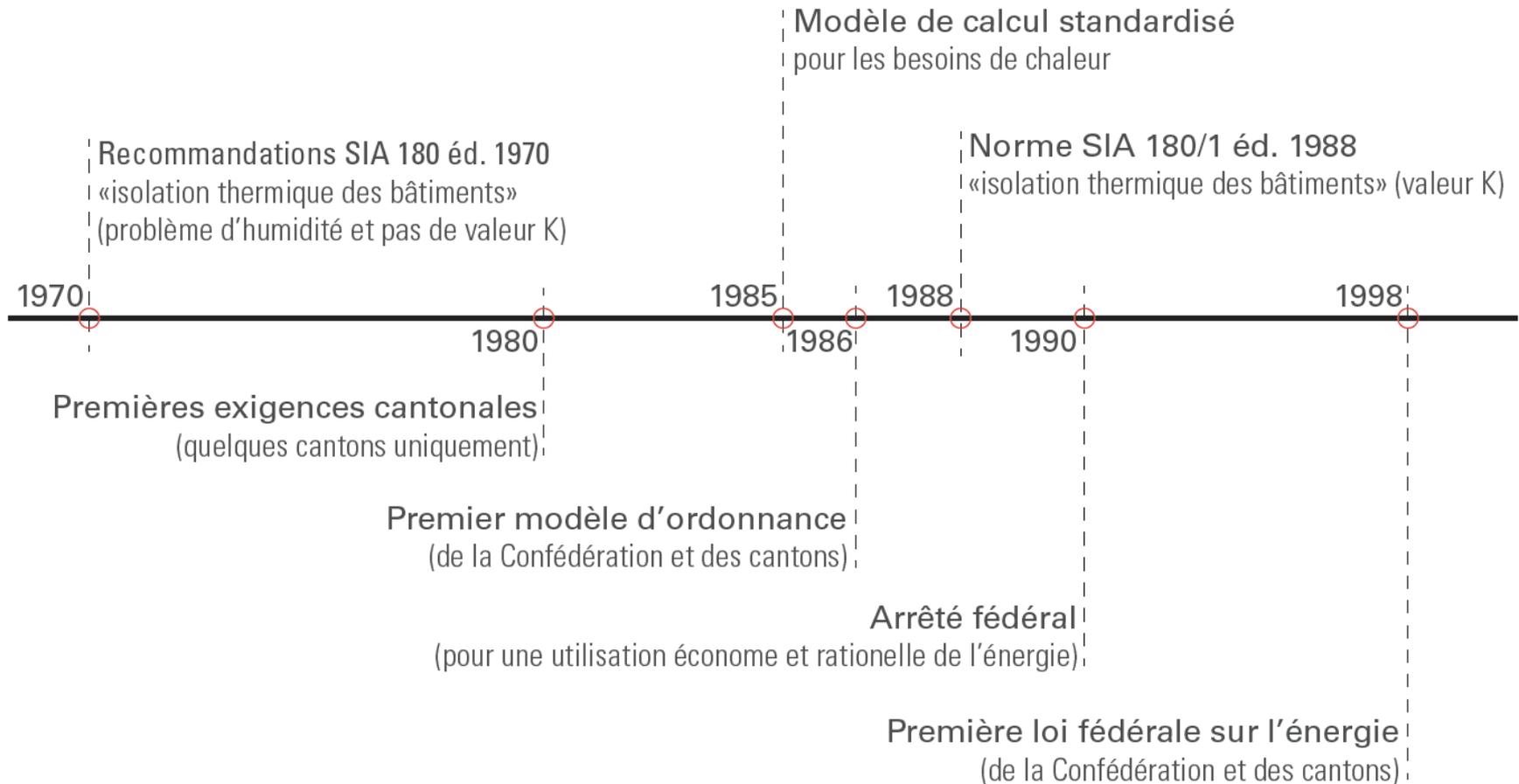


Objectifs de la journée

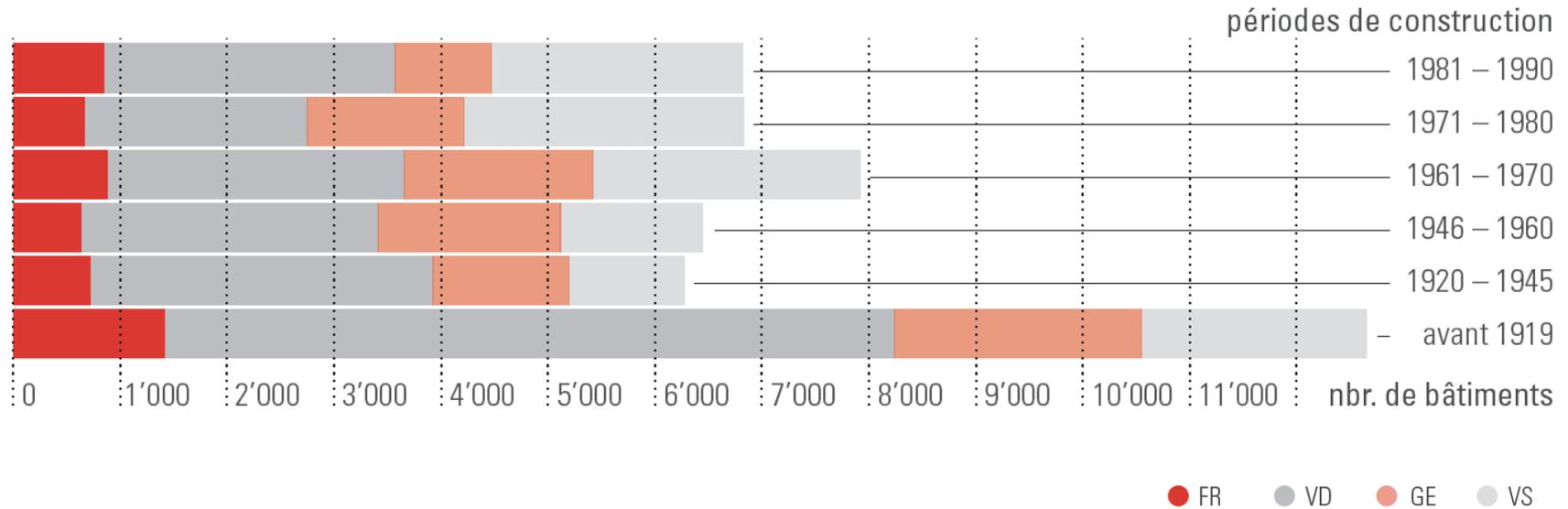


- Quelles typologies d'immeubles d'habitation existent en Suisse romande, quelles sont leurs forces et leurs faiblesses et quelle stratégie de rénovation est adaptée pour améliorer la performance énergétique de l'enveloppe?
- Quelles sont leurs caractéristiques constructives et architecturales ?
- Quelle influence ont ces caractéristiques sur la possibilité de rénover l'enveloppe ?

Évolution de la réglementation



Époques de construction



Cinq époques de construction:

1. Avant-guerre: bâtiments construits avant 1920
2. Entre-deux-guerres: bâtiments construits entre 1921 et 1945
3. Après-guerre: bâtiments construits entre 1946 et 1960
4. Haute conjoncture: bâtiments construits entre 1961 et 1975
5. Après la crise pétrolière: bâtiments construits entre 1976 et 1990

Exercice

Évaluer l'époque de construction de bâtiment



Résultat

Évaluer l'époque de construction de bâtiment



1971



1972



1988



1970



1939



1960



1911



1975



1901

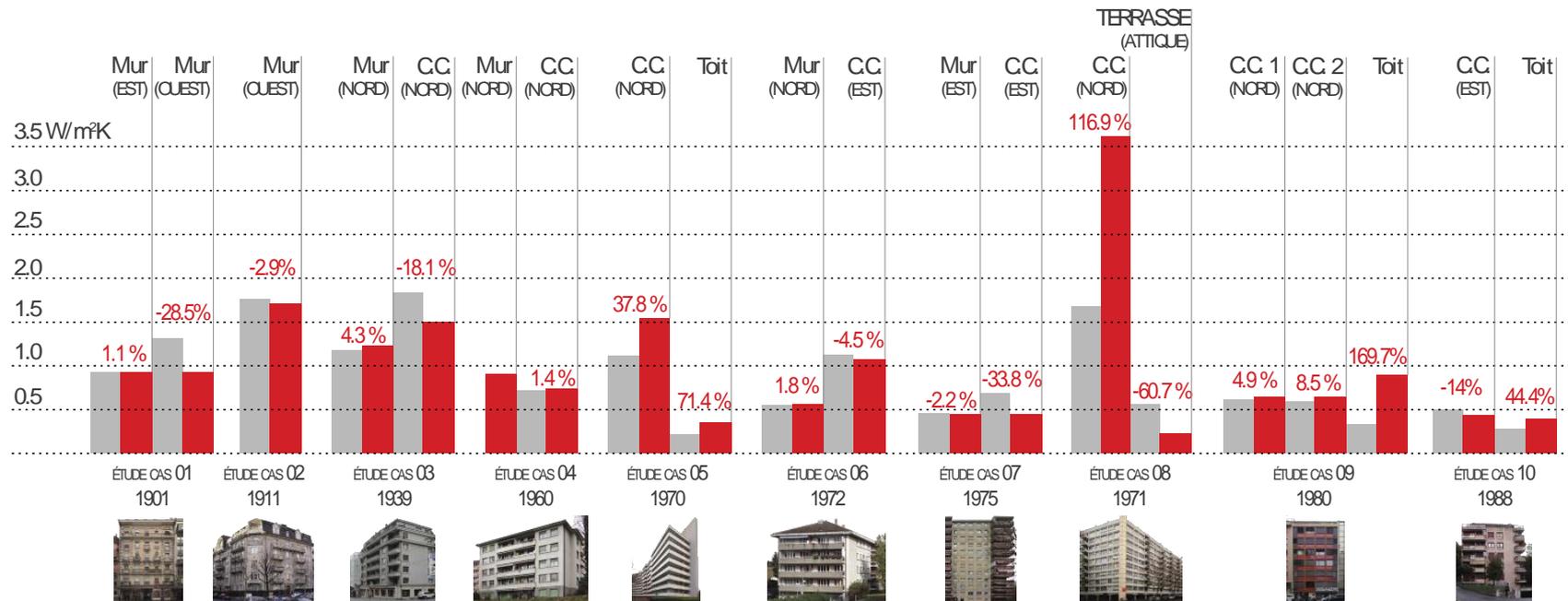


1980

Typologie des éléments de construction

	AVANT-GUERRE	ENTRE-GUERRES	APRES-GUERRE	HAUT CONJONCTURE	APRES CRISE PETROLIERE	PREMIERE REGLEMENTATION
TOITURE						
MURS EXT.						
BALCON						
EMBRASURE						
DALLE						

Valeurs U – calculées vs mesurées

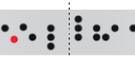
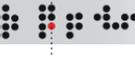
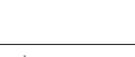
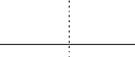


Les écarts supérieurs à 15% peuvent être expliqués comme suit :

- inconnues quant aux compositions réelles des éléments, malgré les sondages effectués
 - inconnues quant aux épaisseurs réelles des couches, malgré les sondages effectués
 - coefficient de conductibilité énergétique réel (valeur λ) des matériaux d'époque
 - inconnues quant à la mise en œuvre de certains détails (ponts thermiques ponctuels)
- valeur U mesurée
● valeur U calculée avec Lesoai
% écart en %

Typologie des éléments de construction

Exemple "Murs extérieurs"

					Valeur U plausible [W/m ² K]
avant guerre	entre-deux-guerres	après guerre	haute conjoncture	après crise pétrolière	
mur massif, l'épaisseur parfois diminue avec la hauteur					
 Type 1					0.9 - 2.35
 Type 2					1.05 (maç. 30cm) – 1.5 (brique pleine)
 Type 3					1.3 (maç. béton poreux) – 1.8 (bloc creux béton poreux)
mur simple ou composé sans isolation					1.2
 Type 6					2-2.5 (en fct du doublage intérieur)
 Type 7					0.9-1.3 (madrier)
 Type 9					2.1-3.5
 Type 10					0.5 - 0.8 (en fct ép.isolant)
 Type 11					0.6-0.9
mur simple ou composé, faible isolation (2 à 4 cm)					0.5-0.9
 Type 12					
 Type 13					
 Type 14					

- T01: mur massif en moellons crépi
- T02: mur pierres naturelles apparentes
- T03: mur massif en briques
- T06: mur en briques creuses
- T07: double murs en briques avec vide d'air
- T09: mur avec vide d'air et doublage intérieur
- T10: ossature et remplissage
- T11: élément de façade non-porteur
- T12: mur avec isolation et doublage intérieur
- T13: briques ou plots isolants crépis
- T14: éléments préfabriqués isolés non-porteurs

- 10 bâtiments des études de cas
- 193 bâtiments classés

Pensez à consulter le catalogue des éléments de construction assainis!

Façade compacte vs façade ventilée

- Façade compacte ou façade ventilée?
 - Coûts d'investissement:
Façade compacte généralement moins chère que la façade ventilée;
 - Durabilité:
La durabilité de la façade compacte est moins élevée que la façade ventilée (influence des conditions météorologiques, moisissures, fragilité aux impacts/chocs);
 - Gestion en fin de vie:
La façade ventilée, de part le montage mécanique, offre la possibilité de séparer les couches de matériaux lors du démontage de la façade.

Coûts d'investissement - façades selon CECB

Éléments de construction	Isolation	Coûts spéc [CHF/m ²]
Mur extérieur	Isolation extérieure	225
Mur extérieur	Espace vide	100
Mur extérieur	Isolation intérieure	200
Mur extérieur	Façade ventilée	236
Murs contre non-chauffé	Isolation intérieure	100
Mur contre terrain <2m profondeur	Isolation extérieure	225
Mur contre terrain <2m profondeur	Isolation intérieure	125
Mur contre terrain >2m profondeur	Isolation intérieure	125

Pensez à consulter d'autres bases de données!

- OFS, Valeurs référentielles moyennes pour des éléments calculés (payant),
- CRB (payant)
- Suivre le cours CECB sur les coûts pour bien maîtriser cette partie!

Vitrage (Ug et gp)

Type de vitrage	Source	Ug [W/(m ² *K)]	Gp (EN 410) [-]
Vitrage simple	Livre Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments, Claude-Alain Roulet (vitrage SIA 180:2000); Lesosai	5.6-6	0.84-0.92
Fenêtre double avec deux vitrages simple	Livre « Rénové le bâti », PPUR, 2012	2.8	0.75-0.8
Vitrage double (air) / 2-VI	Livre Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments, Claude-Alain Roulet (vitrage SIA 180:2000); Lesosai; SIA 380/1:2009	3	0.7- 0.75
DV IR / 2-VI-IR	GlasTrösch; Lesosai; SIA 380/1:2009/2016	1-1.5	0.55-0.72
TV / 3-VI	Lesosai; SIA 380/1:2009	2	0.7- 0.74
TV IR / 3-VI-IR	Glaströsch, Lesosai; SIA 380/1:2009/2016	0.4-0.8	0.45-0.66

Vous pouvez également consulter des sites internet de fabricants!

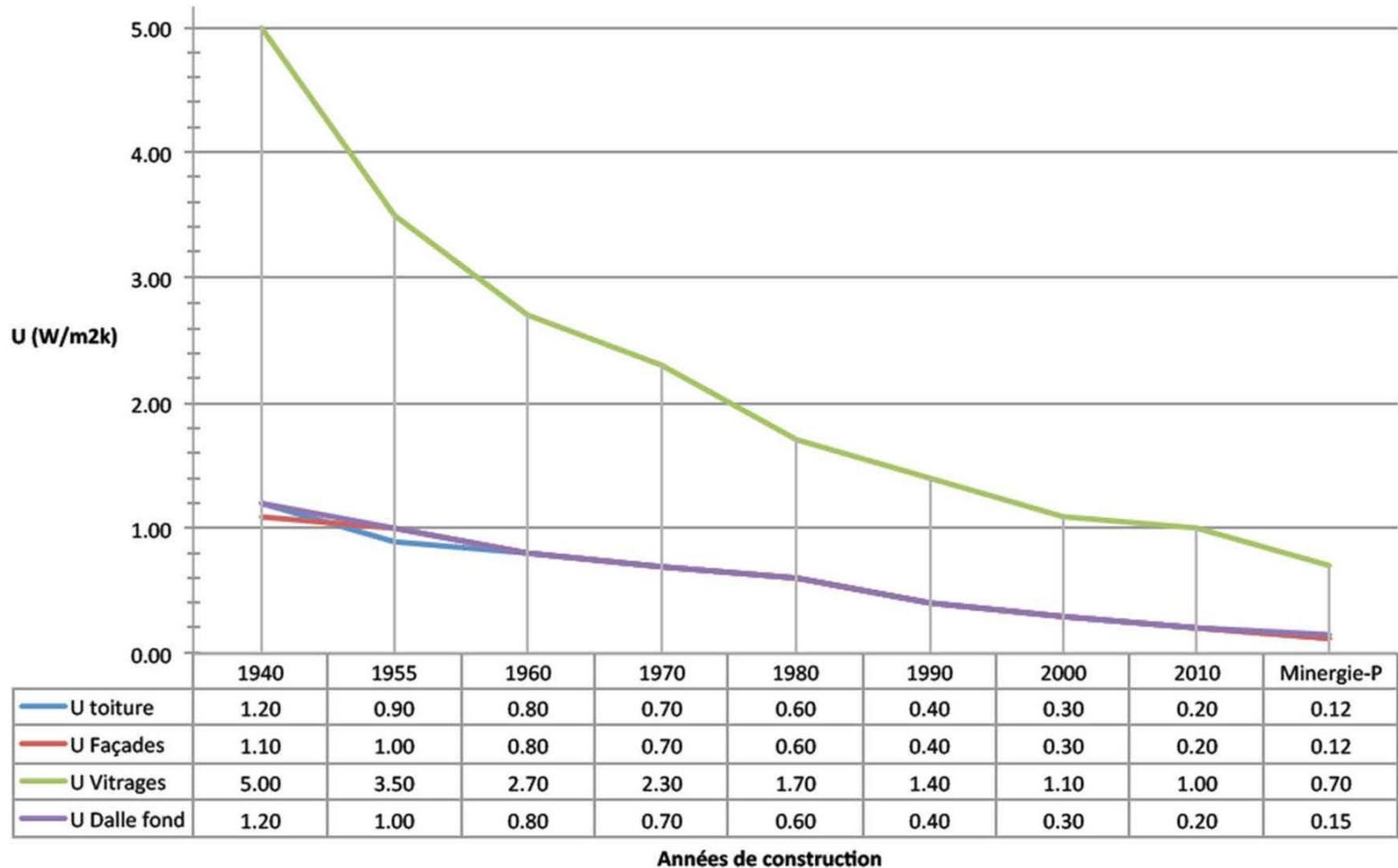
Fenêtre (Uw)

Type de fenêtres	Source	Fenêtre Uw [W/(m ² *K)]	Vitrage Ug [W/(m ² *K)]	Cadre Uf [W/(m ² *K)]
Vitrage simple, cadre bois (jusqu'en 1960)	Livre « Rénové le bâti », PPUR, 2012	5	5.8	1.6-2.2
Fenêtre double avec deux vitrages simples (entre 1870-1945)	Livre « Rénové le bâti », PPUR, 2012	2.5-2.7	2.8	1.6-2.3
Vitrage isolant 2-VI, cadre bois (1960-1985)	Livre « Rénové le bâti », PPUR, 2012	2.6-2.7	2.8-3	1.6-2
Vitrage isolant 2-VI, ancien, cadre plastique	CECB	3.03		
Vitrage isolant 2-VI, cadre plastique (1965-1985)	Livre « Rénové le bâti », PPUR, 2012	2.6-3	2.8-3	1.6-2.5
Vitrage isolant 2-VI, ancien, cadre métal	CECB	3.36		
Vitrage isolant 2-VI, cadre métal (1965-1985)	Livre « Rénové le bâti », PPUR, 2012	3.2-4.3	2.8-3	3.5-7
SIA 180:1999/2014		2.4		
SIA 380/1:2001		1.2 - 1.7		
SIA 380/1:2009		0.9 - 1.3		
SIA380/1:2016		0.8 - 1		

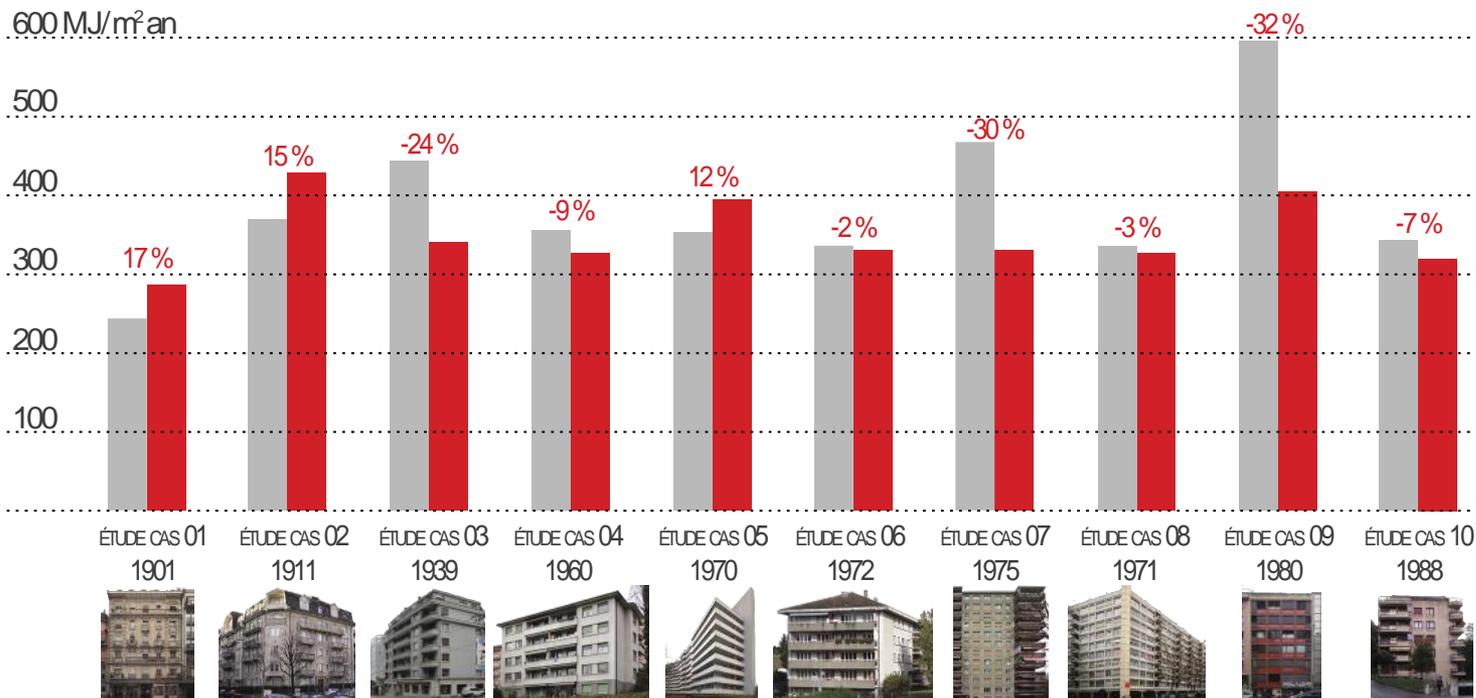
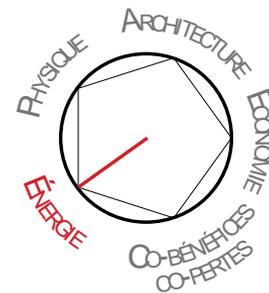
Vous pouvez également consulter des sites internet de fabricants!



Typologie des éléments de construction



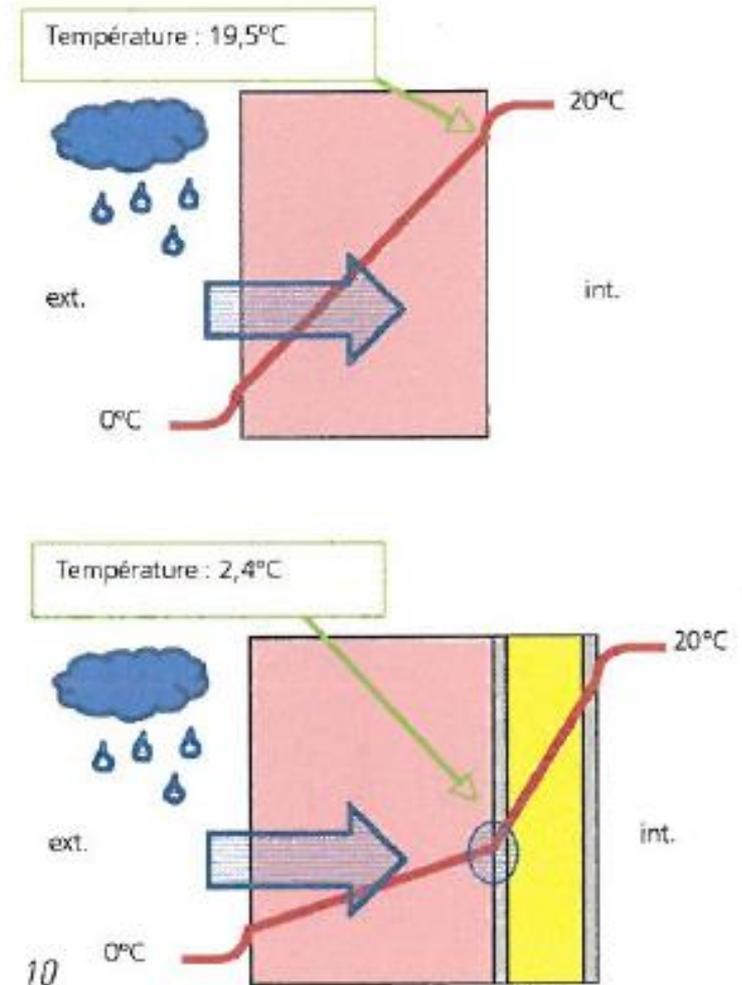
Bilans thermiques - état existant



- besoin de chaleur pour le chauffage Q_h «relevé»
- besoin de chaleur pour le chauffage Q_h «calculé»
- % écart en %

Rénovation par l'intérieur et physique du bâtiment

- Sans isolation, le mur massif ne condense pas et l'humidité peut s'évaporer
- Isolation intérieure, le mur se refroidit à l'endroit du point de rosée, de plus l'humidité reste prisonnière à cause d'un crépis extérieur synthétique



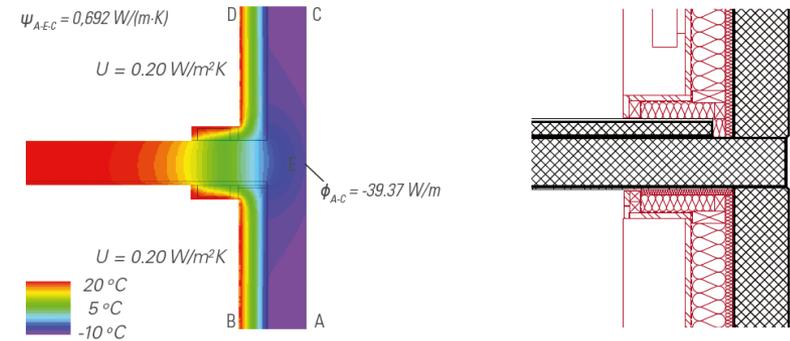
Isolation par l'intérieur et les risques de Condensation de surface

- Crée / renforce des ponts thermiques,
- Engendre des températures de surfaces intérieures relativement faibles,

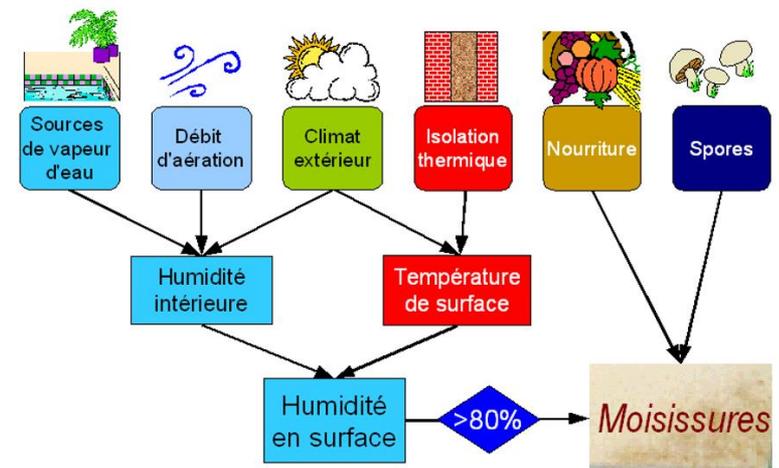
→ **risque de condensation, puis de moisissures**

→ **De manière générale, sont à surveiller:**

- **les angles (type dalle-façade, façade-toiture);**
- **Ruptures d'isolation causées par des dalles d'étages, des balcons ou des murs intérieurs;**
- **Pose des caissons de stores à l'intérieur.**



Source: eREN, HES-SO



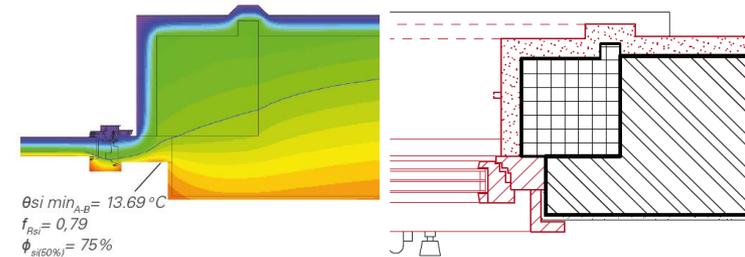
Source: Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments, Claude-Alain Roulet

Traitement des fenêtres

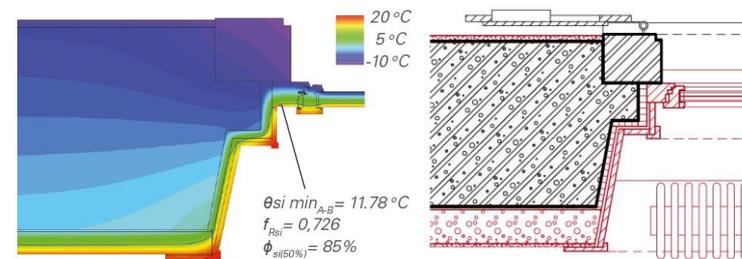
Condensation de surface

- Les raccords des fenêtres à la façade sont critiques;
- L'angle intérieur entre le cadre et le mur est à surveiller;
- Une isolation par l'extérieure avec un retour de l'isolation dans l'embrasure jusqu'au cadre permet généralement de résoudre ce problème
- Une isolation apposée contre une partie du cadre à l'intérieur peut engendrer des températures encore plus faibles à la surface de la partie de cadre non isolée.

→ Poser un isolant entre le cadre et le mur améliore la situation



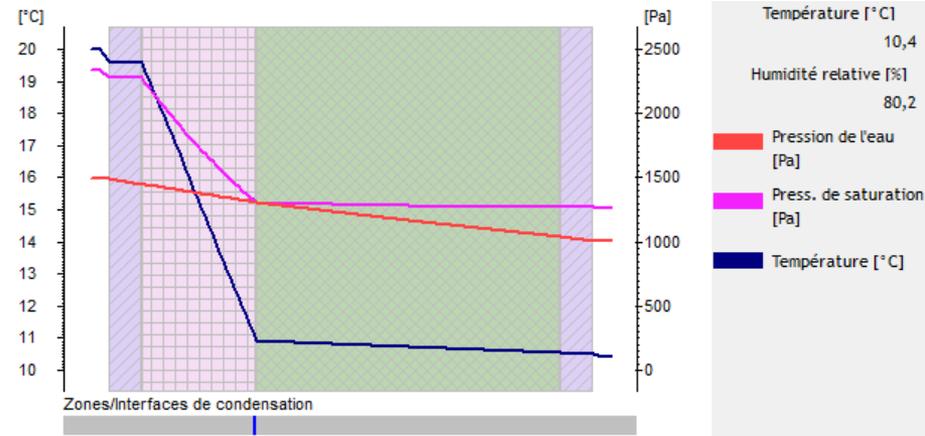
Les embrasures en pierre naturelle ont été, tout comme les façades, recouvertes de crépi isolant.



Les embrasures en pierre naturelle ont été maintenues apparentes, une isolation de 3 à 5 cm a été insérée entre la façade et le cadre afin d'atteindre des températures de surface admissible dans l'angle

Isolation par l'intérieur et les risques de Condensation interstitielle

- Condensation interstitielle:
 - Condensation dans l'élément de construction,
 - Aux interfaces entre les différents matériaux,
 - Lorsque la pression de la vapeur d'eau est supérieure à la pression de saturation



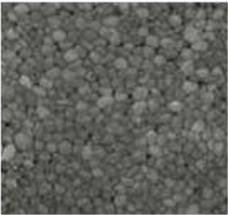
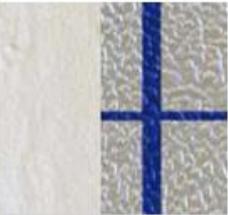
- ➔ **Attention aux choix des matériaux isolants,**
- ➔ **En cas de doute, effectuez une simulation dynamique,**
- ➔ **Si vous n'avez pas les connaissances suffisantes, délégez la réalisation de ces études (bureau spécialisés ou fabricants de matériaux)**

Isolation par l'intérieur : les limites

- Plus l'isolation intérieure est performante (λ / épaisseur), plus la température de la couche qui se trouve derrière s'abaisse
 - La vapeur d'eau risque de condenser et si celle-ci ne peut pas s'assécher, les matériaux sensibles vont pourrir (p.ex. tête de poutre en bois)
 - Des moisissures risquent également de se développer
- En absence de possibilité de poser une isolation extérieure, pour gérer ces risques, en limitant la migration de la vapeur d'eau, il est possible de:
 - poser **un frein-vapeur** (feuille de polyamide /polypropylène) du côté chaud de l'isolant
 - La pose du frein-vapeur requiert un savoir-faire et une grande rigueur.
 - Cette couche ne doit jamais être percée pendant le chantier ou par le propriétaire/locataire
 - La durée de vie à long-terme des bandes autocollantes pour la mise en œuvre des freins-vapeurs n'est pas garantie
 - disposer du côté froid de l'isolation des couches de matériau perméable à la vapeur d'eau
 - mettre en place de panneaux isolants intérieurs minéraux ouverts à la diffusion de vapeur permet d'éviter la mise en place d'un pare-vapeur (ép. max 6-8 cm)

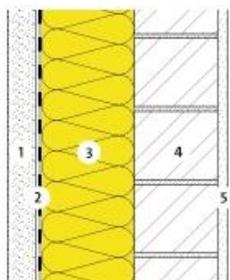


Matériaux isolants, quelques caractéristiques

							
	Laine de verre	Laine de pierre	Fibre de bois	Cellulose	Polystyrol EPS	XPS	Polyuréthane
Isolation	030	033	038	038	030	032	020
Protection incendie	RF1 - pas de contribution au feu	RF1 - pas de contribution au feu	RF3 - contribution admissible au feu	RF2 - faible contribution au feu	RF3 - contribution admissible au feu	RF3 - contribution admissible au feu	RF3 - contribution admissible au feu
Protection contre le bruit	+++	+++	+++	+++	---	---	---
Ouvert à la diffusion vapeur	+++	+++	+++	+++	-	-	-

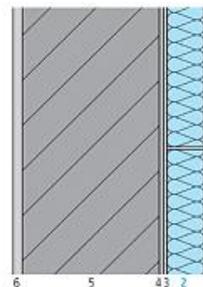
Source: Isover

Murs monolithiques avec isolation intérieure en laine de verre (source, Isover)



1. Carreau de plâtre massif 6 cm
2. Pare-vapeur du panneau isolant
3. Isolation thermique et phonique PB M KRAFT
035, $\lambda_D = 0.035 \text{ W/(m K)}$
4. Brique ciment 18 cm
5. Enduit extérieur 20 mm

Mur extérieur » Mur hors sol » Isolation intérieure (source, Swisspor)



Éléments de construction: détails et caractéristiques

Couches/désignation	Épaisseur mm	Conductivité thermique λ W/(m·K)
1 Crépi intérieur armé	10	0,700
2 swissporXPS 300 GE ¹⁾	var.	0,035 ²⁾
3 Mortier de collage sur toute la surface	4	0,900
4 Crépi intérieur	10	0,700
5 Brique	300	0,370
6 Crépi extérieur	20	0,870

Pare-vapeur: Attention à la pose!



- Quelle durabilité?
- Ne pas percer!

Stratégies de rénovation

Scénarios de rénovation définis pour les études de cas



Etude de cas 1 – Etat existant



toiture
mansardée, en tuiles

ballustrade
fer forgé

protection solaire
volet en bois

balcons
dalle béton posée sur des consoles
en pierre naturelle

embrasure
pierre naturelle

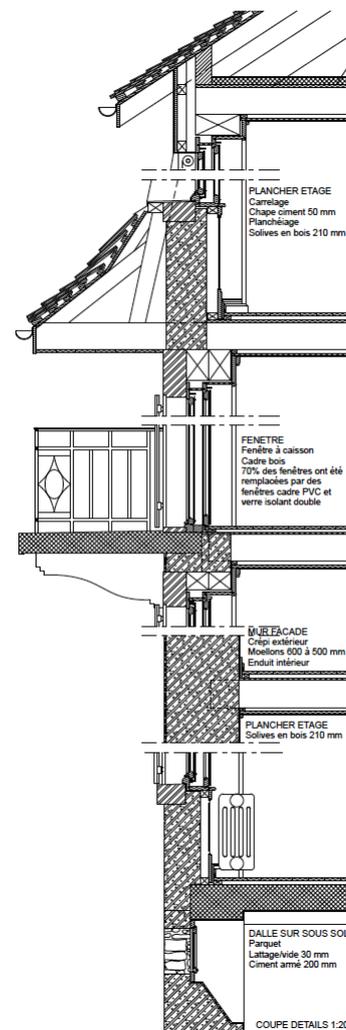
dalle d'étage
plancher avec poutres en bois

fenêtre
cadre bois, fenêtre avec contre-
fenêtre

mur de façade
maçonnerie de moellons crépie de 50
à 60 cm d'épaisseur diminuant avec
l'élévation des étages

socle
maçonnerie de moellons apparents

Extrait de la façade est.

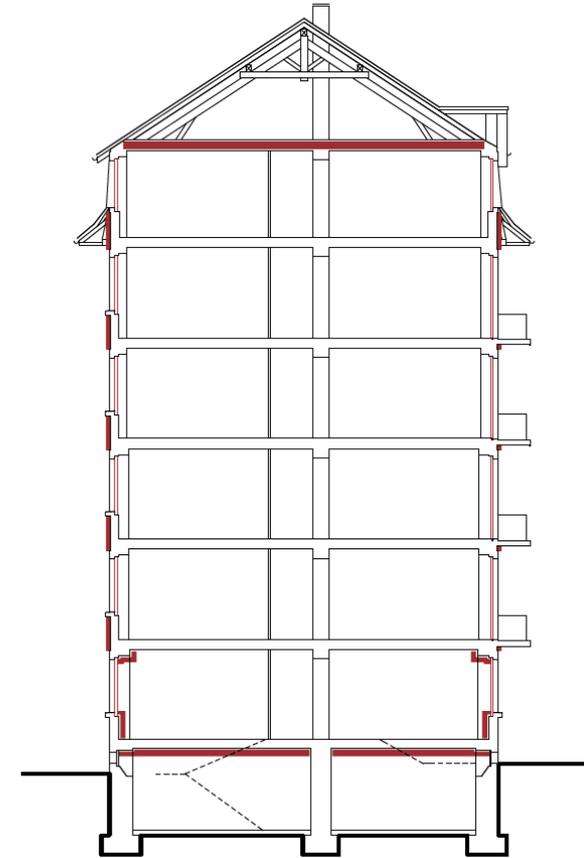
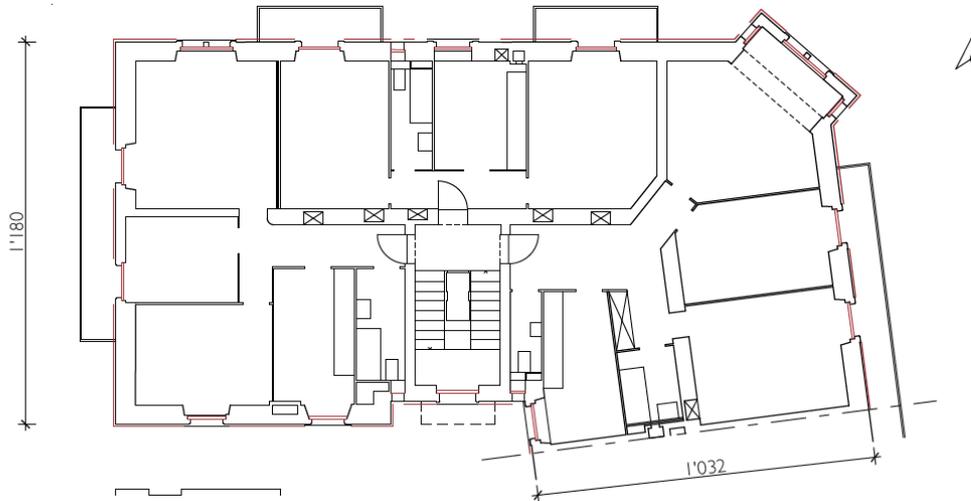


Etude de cas 1 – Scénario de rénovation

Décors en pierre naturelle – isolation par l'intérieur

Mesures du scénario 1

- remplacement des fenêtres
- crépi isolant minéral 40 mm
- isolation plancher des combles
- isolation sous la dalle sur sous-sol



Etude de cas 1 – Scénario de rénovation

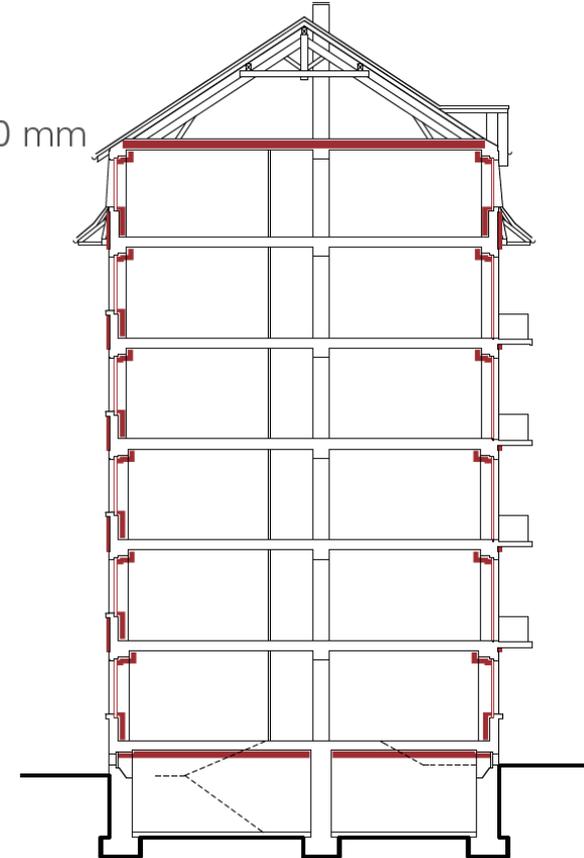
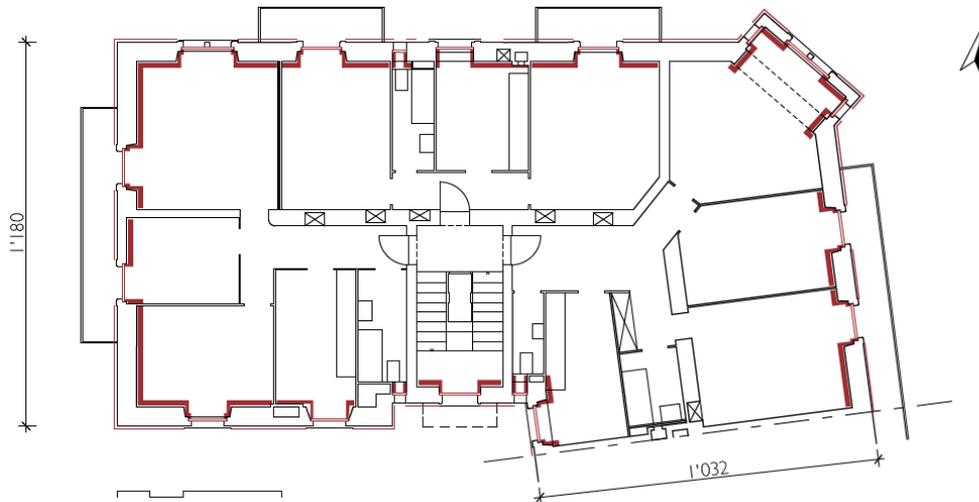
Décors en pierre naturelle – isolation par l'intérieur

Mesures du scénario 1

- remplacement des fenêtres
- crépi isolant minéral 40 mm
- isolation plancher des combles
- isolation sous la dalle sur sous-sol

Mesures du scénario 2

- remplacement des fenêtres
- crépi isolant minéral 20 mm
- isolation int. de panneau minéral 60 mm
- isolation plancher des combles
- Isolation sous la dalle sur sous-sol



Etude de cas 1 – Scénario de rénovation

Décors en pierre naturelle – isolation par l'intérieur

Mur de façade

U_{mes} : 1.75 W/m²K (±14%)

Ucal existant: 1.70 W/m²K

Ucal rénové sc. 1: 0.74 W/m²K

Ucal rénové sc. 2: 0.41 W/m²K



- . Crépi isolant minéral 20 mm
- . Maçonnerie de moellons 550 mm
- . Isolation 60 mm

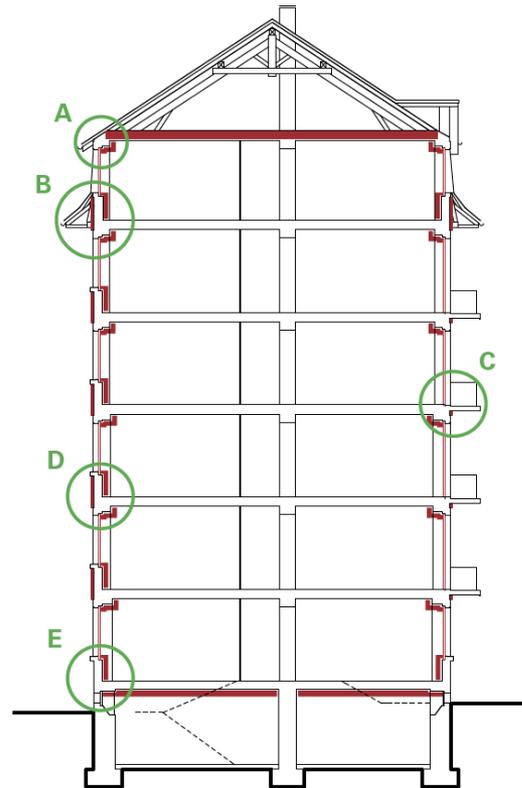
Mur de façade socle

Ucal existant: 1.55 W/m²K

Ucal rénové: 0.46 W/m²K



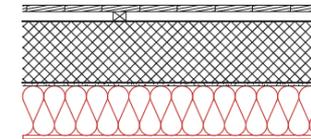
- . Maçonnerie de moellons 600 mm
- . Isolation 60 mm



Dalle sur sous-sol

Ucal existant: 1.35 W/m²K

Ucal rénové: 0.18 W/m²K

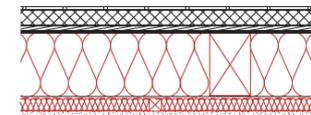


- . Revêtement de sol 20 mm
- . Lattage 30 mm
- . Ciment armé 200 mm
- . Isolation 160 mm

Toiture, dalle des combles

Ucal existant: 0.98 W/m²K

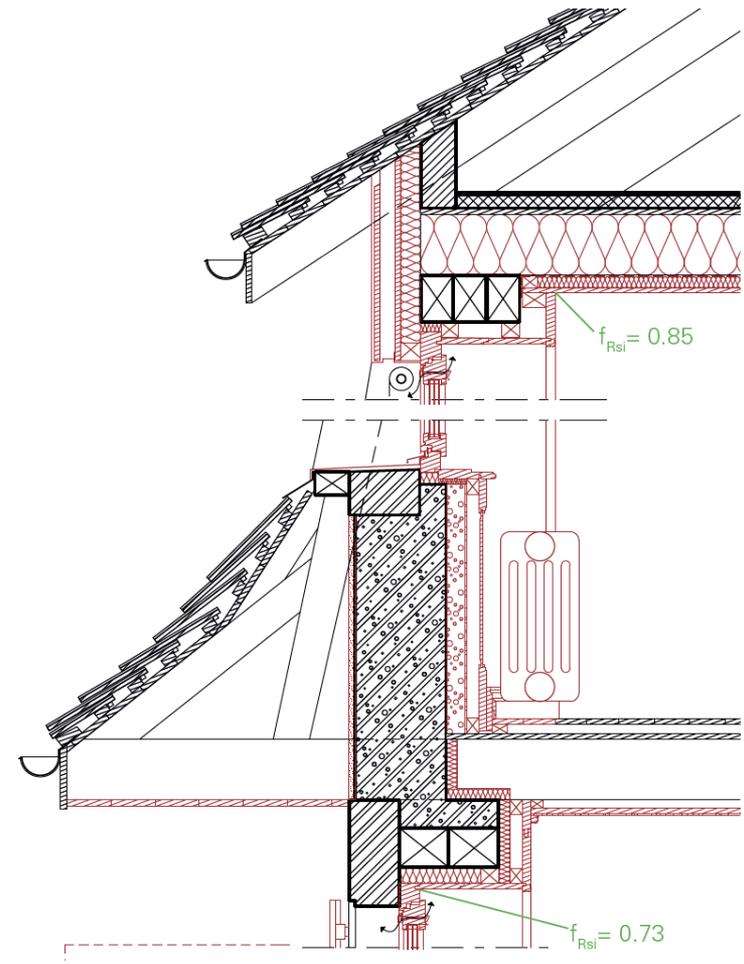
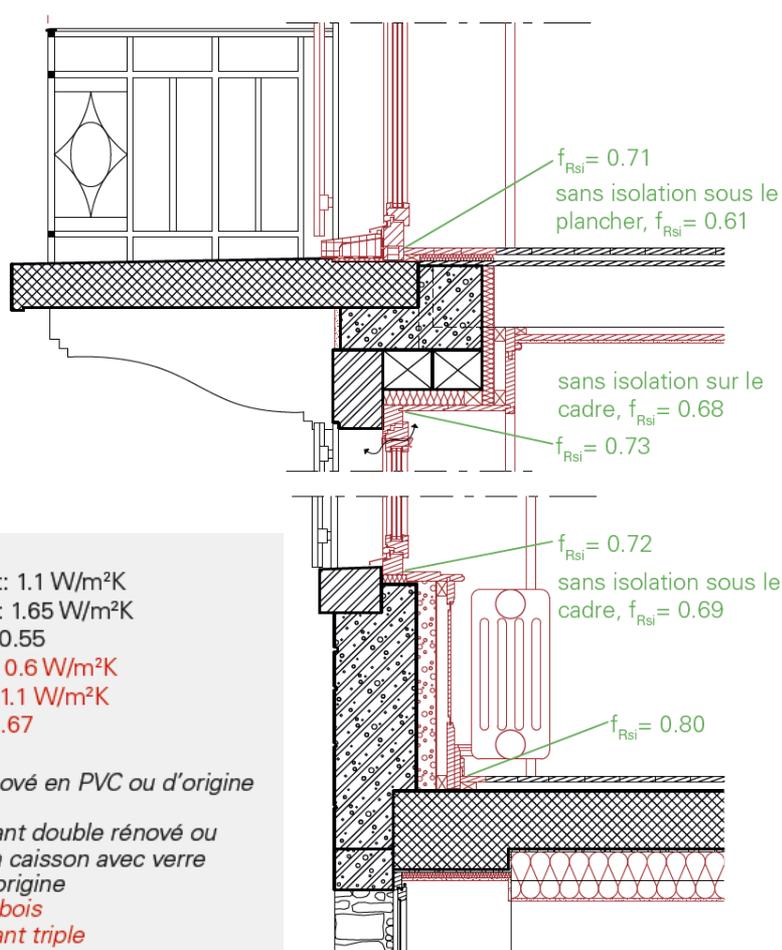
Ucal rénové: 0.18 W/m²K



- . Revêtement de sol 12 mm
- . Sous-couche en ciment 50 mm
- . Planchéage 20 mm
- . Poutraison 210 mm
- . Isolation 210 mm + 40 mm
- . Pare-vapeur

Etude de cas 1 – Scénario de rénovation

Décors en pierre naturelle – isolation par l'intérieur

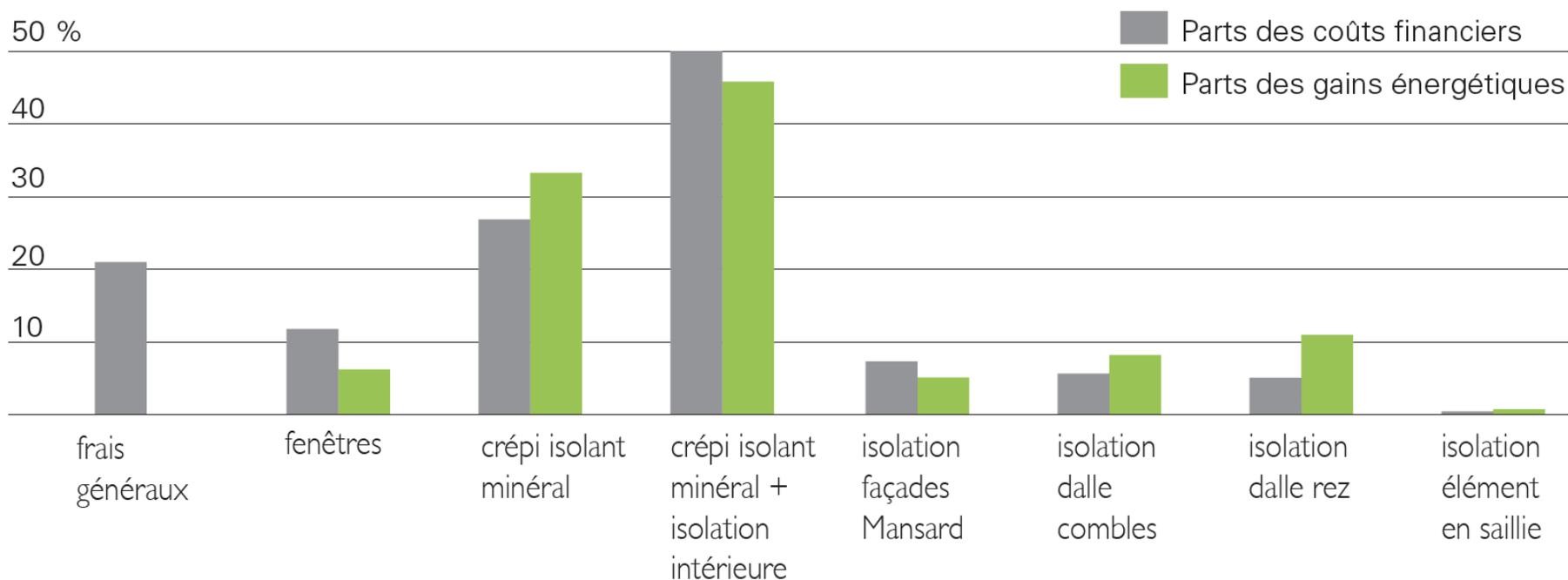


Fenêtres
Ug existant: 1.1 W/m²K
Uf existant: 1.65 W/m²K
g existant: 0.55
Ug renové: 0.6 W/m²K
Uf renové: 1.1 W/m²K
g renové: 0.67

- . Cadre renové en PVC ou d'origine en bois
- . Verre isolant double renové ou fenêtres à caisson avec verre simple d'origine
- . Cadre en bois
- . Verre isolant triple

Etude de cas 1 – Scénario de rénovation

Décors en pierre naturelle – isolation par l'intérieur



Graphique représentant la part des coûts et les gains énergétiques par mesures d'intervention.

Etude de cas 1 – Scénario de rénovation

Coûts d'investissement

Élément de construction	Coût [CHF/m ² d'élément]
Toiture /plancher combles	370
Façades	
Scénario 1	575
Scénario 2	1060
Plancher sur espace non-chauffé	320

Coût total (TTC)

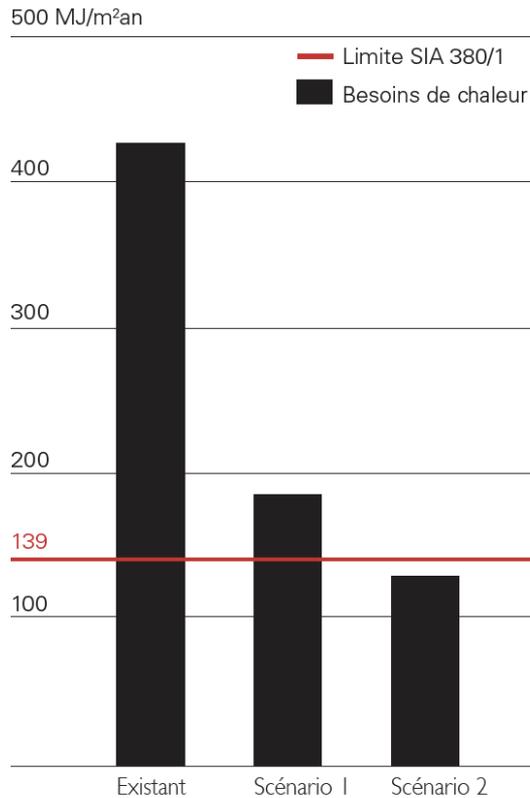
- Scénario 1 : 1'005'000 CHF
- Scénario 2 : 1'715'000 CHF

Coût par m² SRE (TTC)

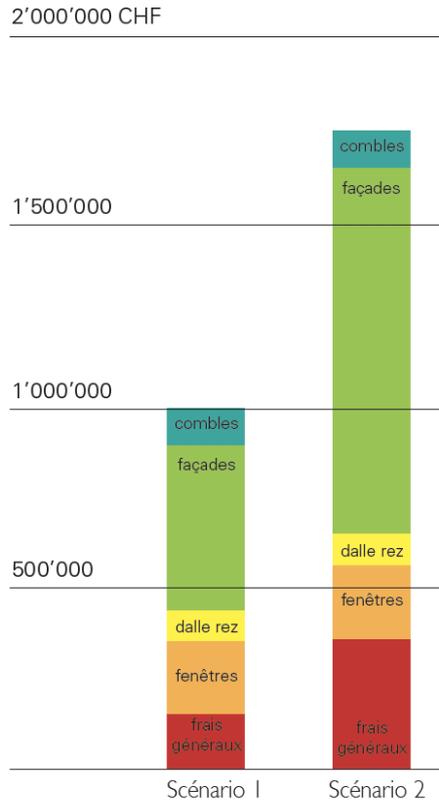
- Scénario 1: 645 CHF
- Scénario 2: 1'110 CHF

Etude de cas 1 – Scénario de rénovation

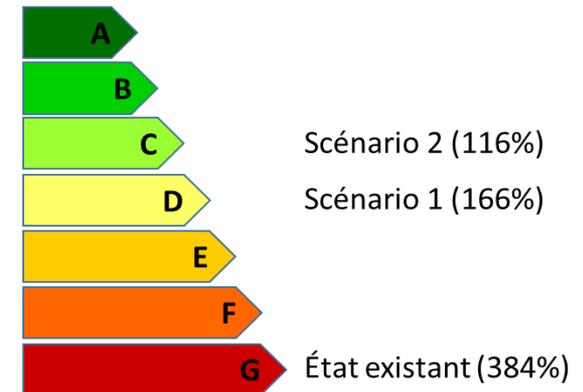
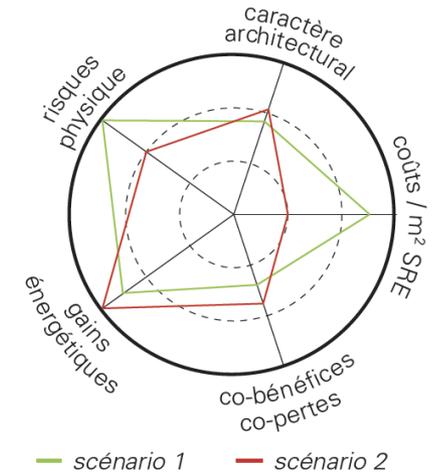
Décors en pierre naturelle – isolation par l'intérieur



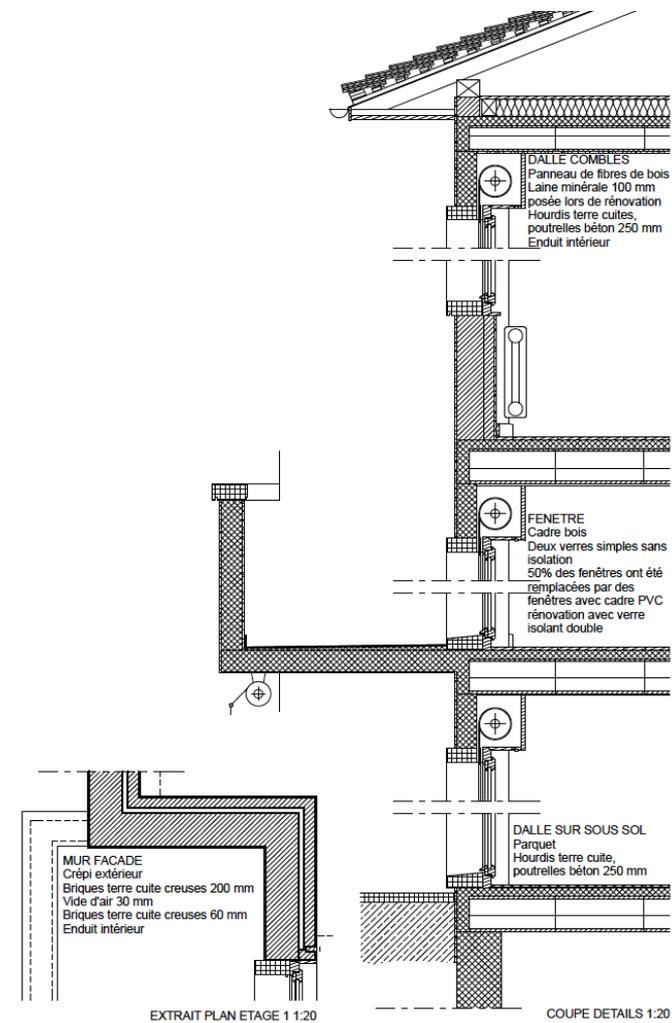
Graphique des besoins de chaleur de l'état existant et du scénario.



Graphique des coûts financiers du scénario répartis par éléments.



Etude de cas 2 – 1960 état existant

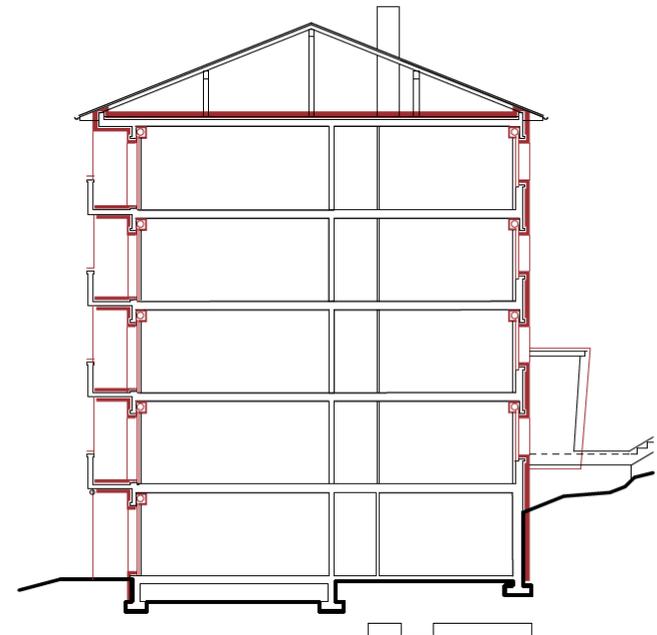
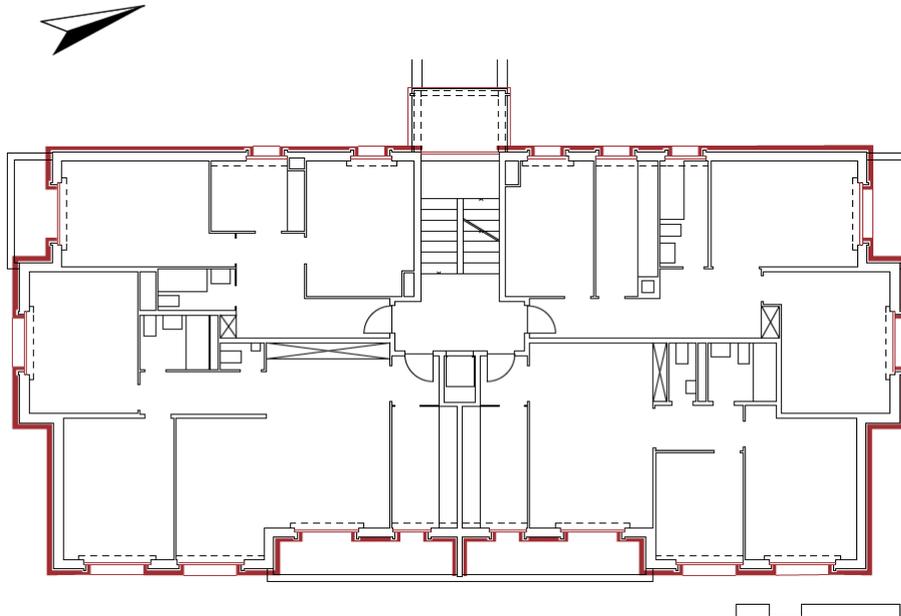


Etude de cas 2 – Scénario de rénovation

Isolation extérieure et reconstruction de détails propres

Mesures du scénario 1

- remplacement des fenêtres
- isolation extérieure
- isolation sur et sous dalle de balcons
- isolation de la dalle des combles



Etude de cas 2 – Scénario de rénovation

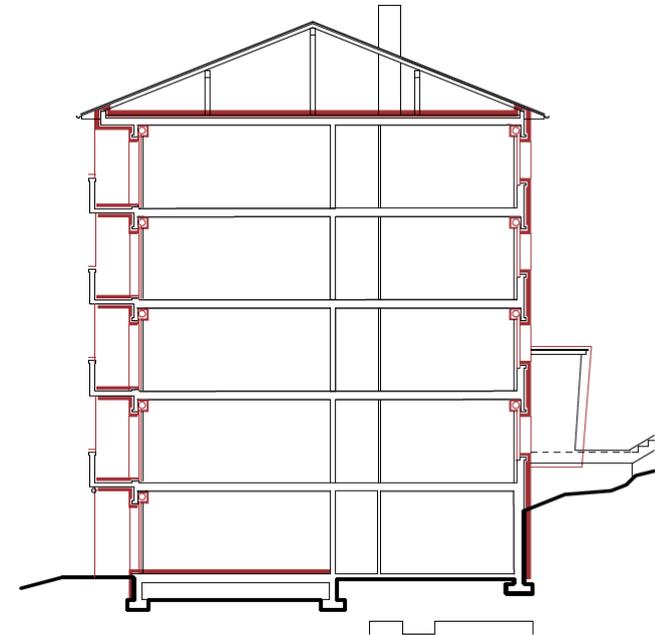
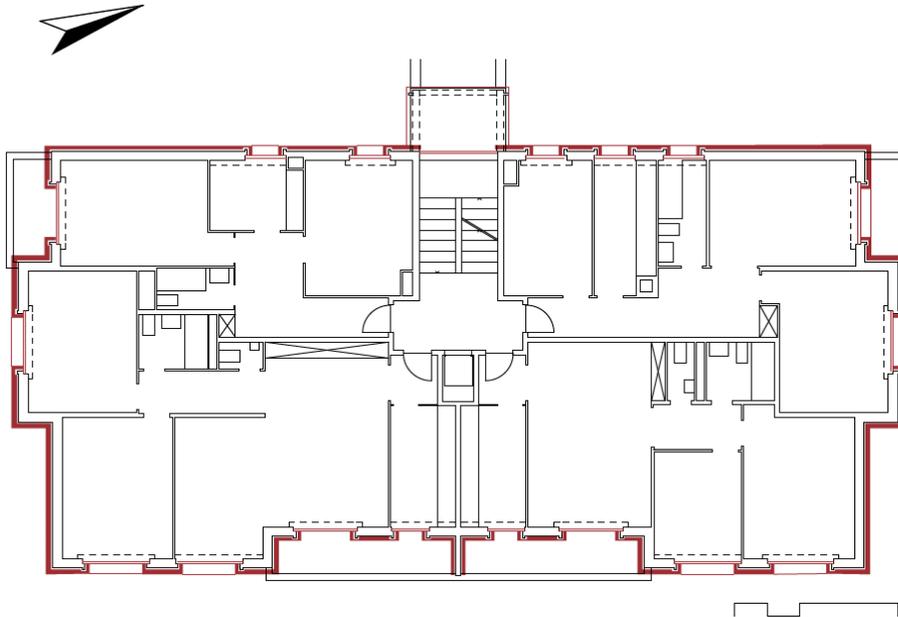
Isolation extérieure et reconstruction de détails propres

Mesures du scénario 1

- remplacement des fenêtres
- isolation extérieure
- isolation sur et sous dalle de balcons
- isolation de la dalle des combles

Mesures du scénario 2

- Idem scénario 1
- isolation sur la dalle du vide sanitaire

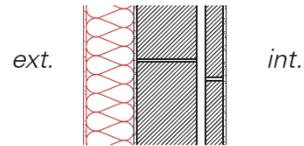


Etude de cas 2 – Scénario de rénovation

Isolation extérieure et reconstruction de détails propres

Mur de façade

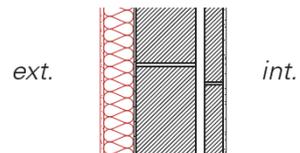
Umes : non disponible
 Ucal existant : $0.65 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Ucal rénové : $0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$



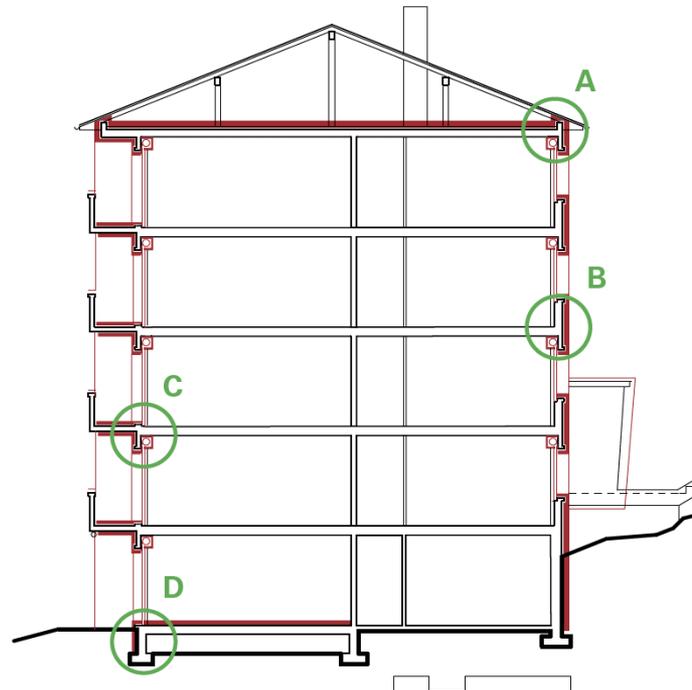
- . Isolation 160 mm
- . Enduit existant 10 mm
- . Briques T.C. creuses 200 mm
- . Vide d'air 30 mm
- . Briques T.C. creuses 60 mm
- . Enduit plâtre ~7 mm

Mur de façade loggia

Ucal existant : $0.65 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Ucal rénové : $0.24 \text{ W/m}^2\text{K}$

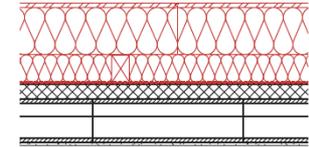


- . Isolation 100 mm
- . Enduit existant 10 mm
- . Briques T.C. creuses 200 mm
- . Vide d'air 30 mm
- . Briques T.C. creuses 60 mm
- . Enduit plâtre ~7 mm



Toiture, dalle des combles

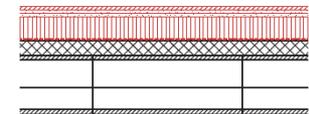
Ucal existant : $0.30 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Ucal rénové : $0.11 \text{ W/m}^2\text{K}$



- . Isolation 160 + 100 mm
- . Pare-vapeur
- . Isolation 100 mm (démontée)
- . Dalle à hourdis T.C. et poutrelles en béton 210 mm
- . Enduit plâtre ~7 mm

Dalle sur sous-sol

Ucal existant : $1.06 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Ucal rénové : $0.31 \text{ W/m}^2\text{K}$



- . Isolation 80 mm
- . Dalle à hourdis T.C. et poutrelles en béton 250 mm

Etude de cas 2 – Scénario de rénovation

Isolation extérieure et reconstruction de détails propres

Fenêtres

Ug existant: 1.1 ou 3.0 W/m²K

Uf existant: 1.9 W/m²K

g existant: 0.75

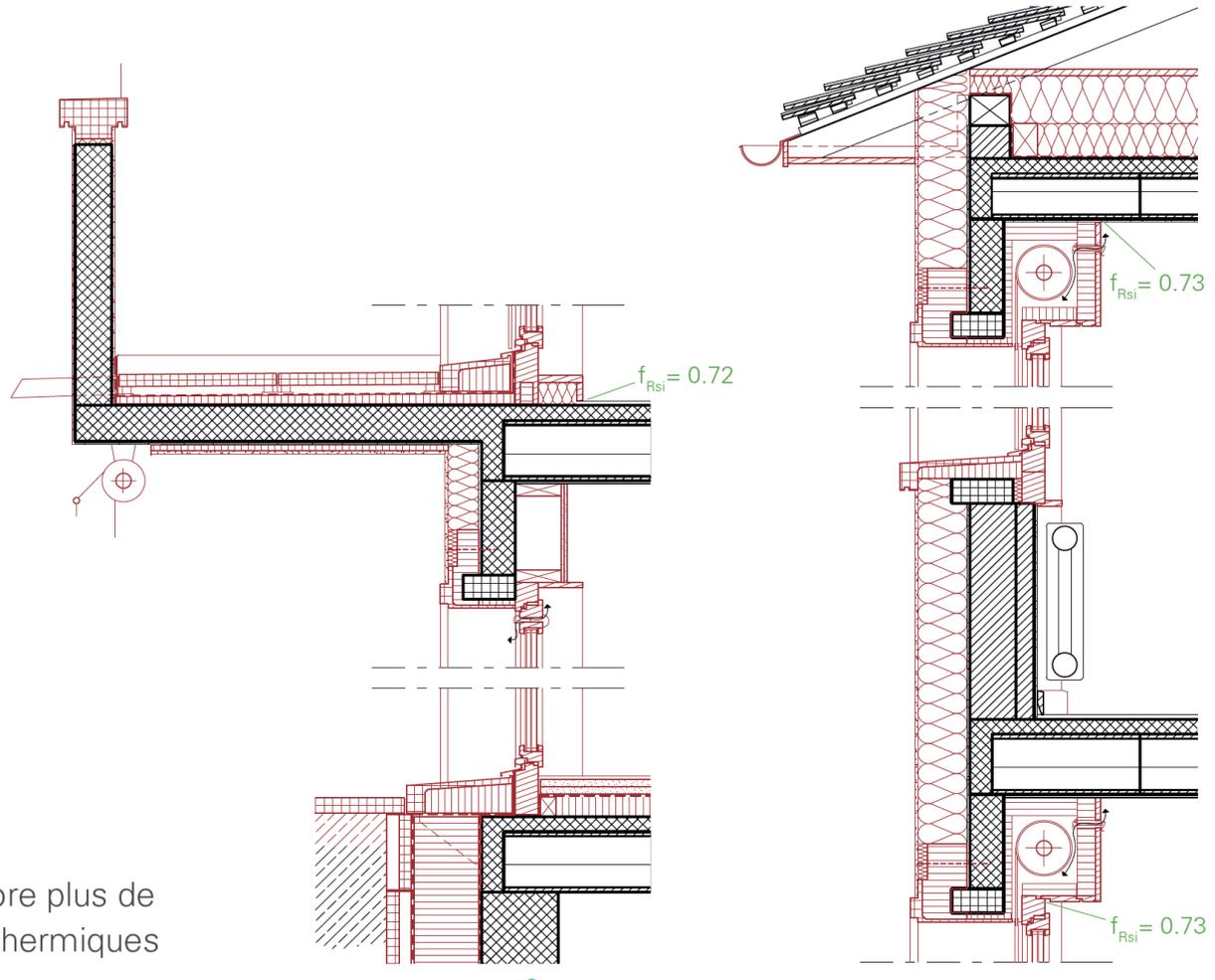
Ug rénové: 1.00 W/m²K

Uf rénové: 1.1 W/m²K

g rénové: 0.6

- . Cadre rénové en PVC ou d'origine en bois
- . Verre isolant double rénové ou deux verres simples sans isolation d'origine
- . Cadre en bois
- . Verre isolant double

Dans le scénario 2, il y a encore plus de 18 % de perte par les ponts thermiques



Etude de cas 2 – Scénario de rénovation

Coûts d'investissement

Élément de construction	Coût [CHF/m ² d'élément]
Toiture	280
Façades	720
Dalle sur vide sanitaire	610

Coût total (TTC)

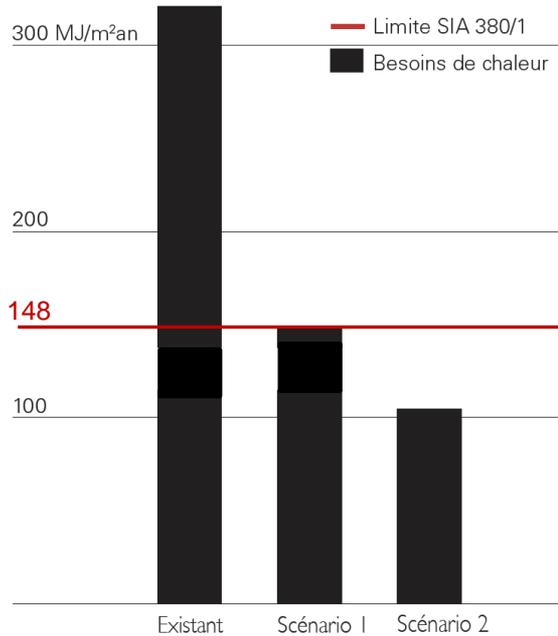
- Scénario 1 : 1'160'000 CHF
- Scénario 2 : 1'375'000 CHF

Coût par m² SRE (TTC)

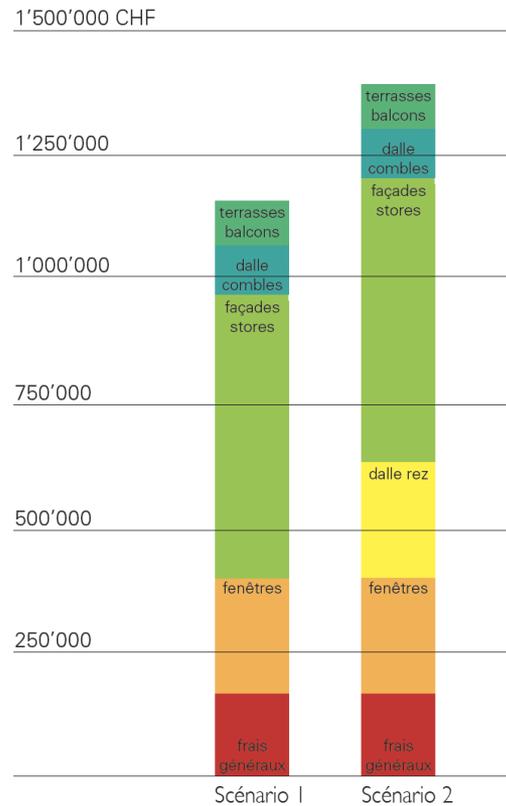
- Scénario 1: 760 CHF
- Scénario 2: 895 CHF

Etude de cas 2 – Scénario de rénovation

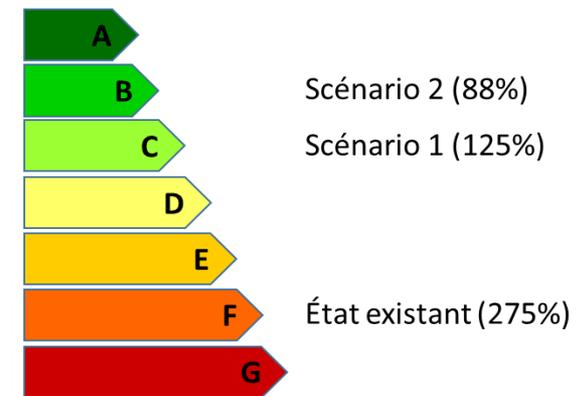
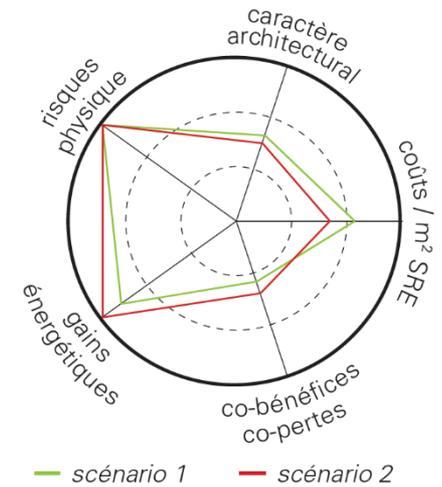
Isolation extérieure et reconstruction de détails propres



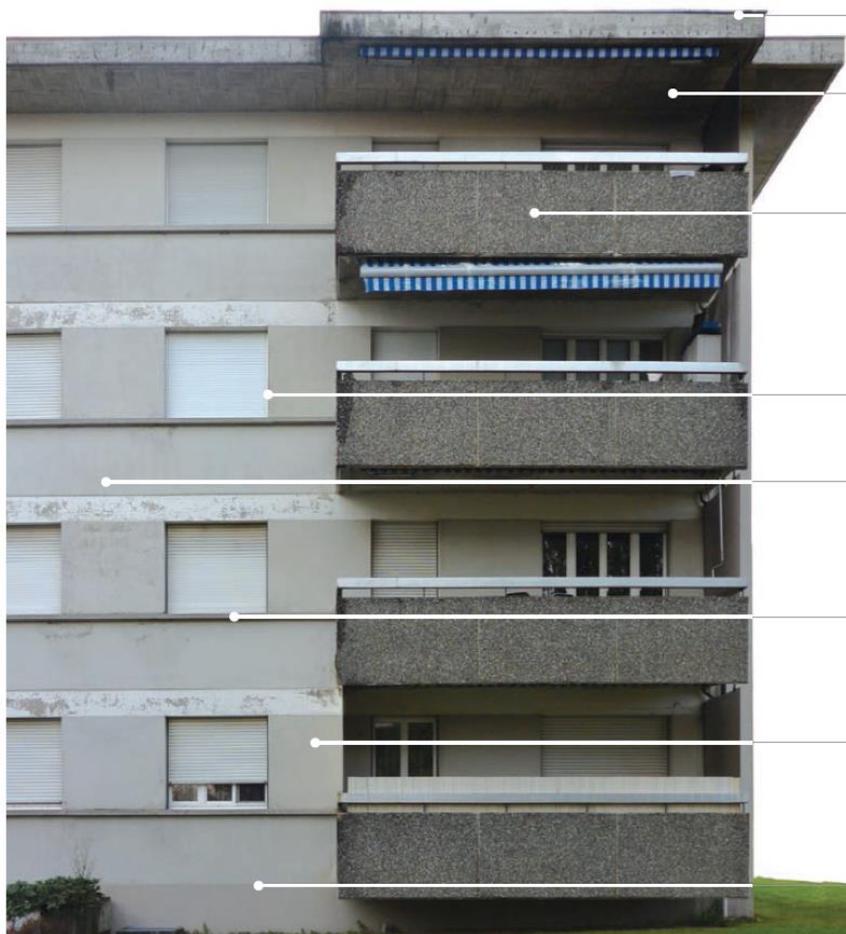
Graphique des besoins de chaleur de l'état existant et du scénario.



Graphique des coûts financiers du scénario répartis par éléments.



Etude de cas 3 – 1972 état existant



toiture

à faible pente couverte de tuiles

dalle des combles

en béton armé, isolation ultérieure par dessus, porte-à-faux pour l'avant-toit

espace extérieur

balcon en porte-à-faux avec dalle en béton armé et garde-corps en béton lavé

embrasure

crépie

dalle d'étage

béton armé

bandeau

tablette en ciment

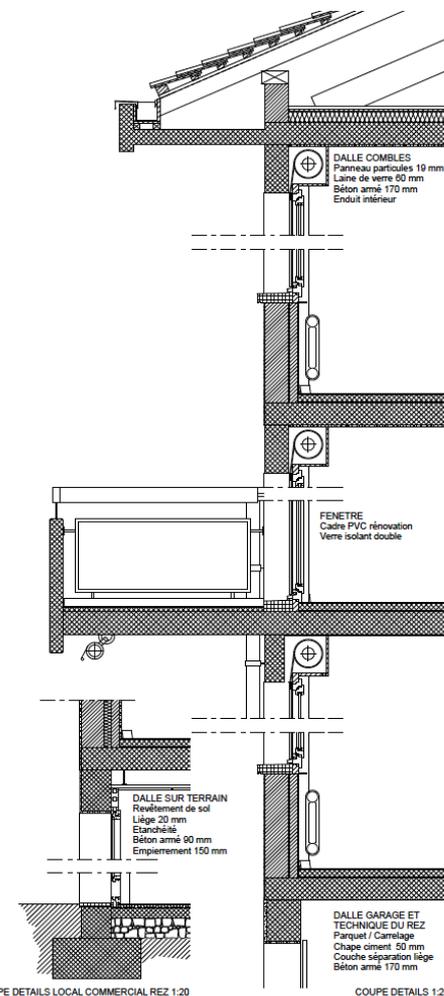
mur de façade

maçonnerie crépie avec une faible isolation (2 à 6 cm) et doublage intérieur

dalle sur sous-sol

béton armé sans isolation

Extrait de la façade ouest.



COUPE DETAILS LOCAL COMMERCIAL REZ 1:20

COUPE DETAILS 1:20

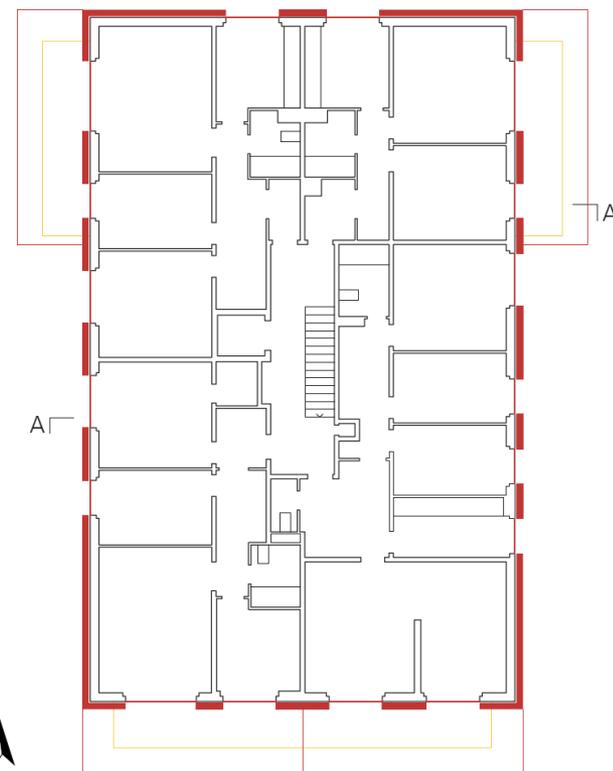
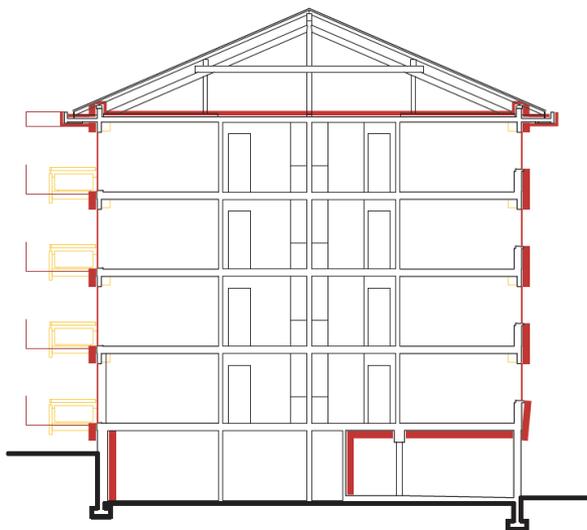


CERTIFICAT ÉNERGÉTIQUE CANTONAL DES BÂTIMENTS

Etude de cas 3 – Scénario de rénovation

Mesures du scénario

- changement des fenêtres
- isolation extérieure des façades
- isolation intérieure du rez-de-chaussée
- isolation de la dalle des combles
- isolation de la dalle sur rez-de-chaussée et les murs espaces non-chauffés
- sciage des balcons et pose de nouveaux balcons



Etude de cas 3 – Scénario de rénovation

Isolation extérieure

Fenêtres

Ug existant: 1.1 W/m²K

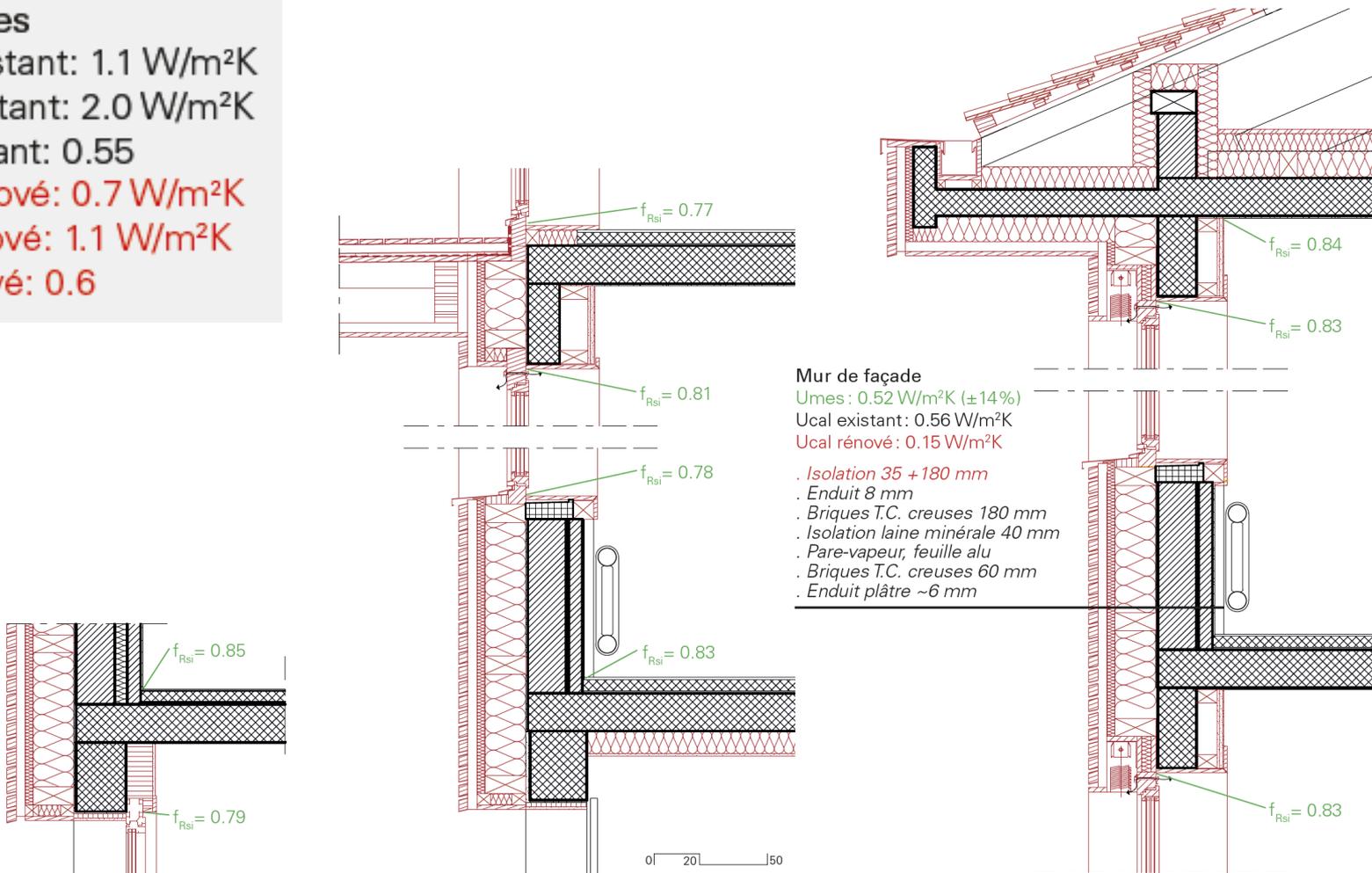
Uf existant: 2.0 W/m²K

g existant: 0.55

Ug rénové: 0.7 W/m²K

Uf rénové: 1.1 W/m²K

g rénové: 0.6



Etude de cas 3 – Scénario de rénovation

Coûts d'investissement

Élément de construction	Coût [CHF/m ² d'élément]
Toiture	340
Façades	720
Avec les balcons	1'515
Sans les balcons	1'165

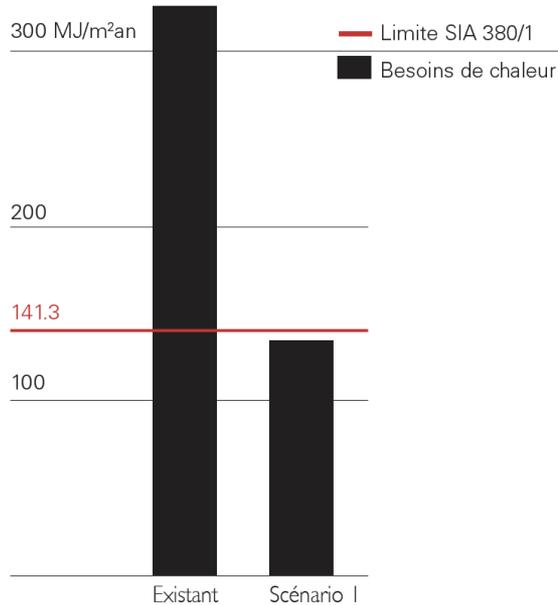
Coût total (TTC)

- Scénario 1 : 1'715'000 CHF

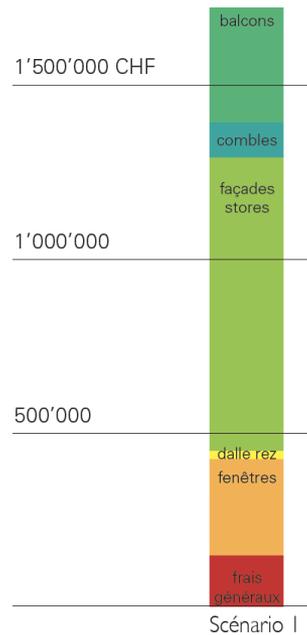
Coût par m² SRE (TTC)

- Scénario 1: 1'155 CHF

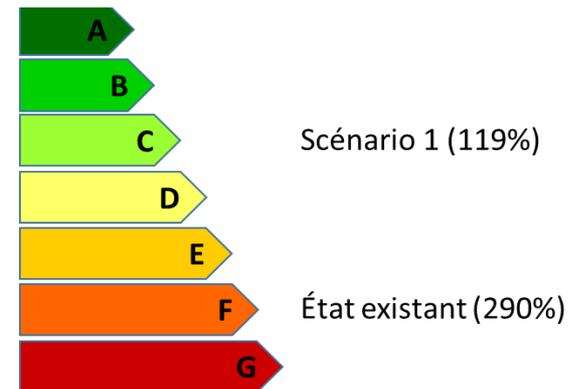
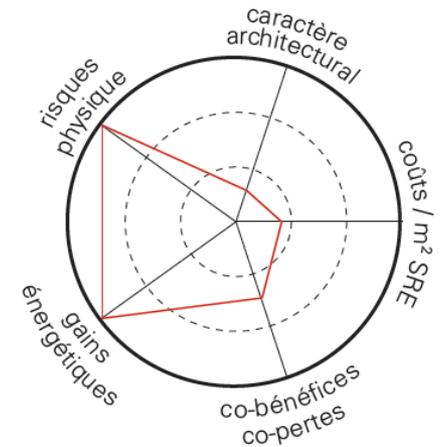
Etude de cas 3 – Scénario de rénovation



Graphique des besoins de chaleur de l'état existant et du scénario.



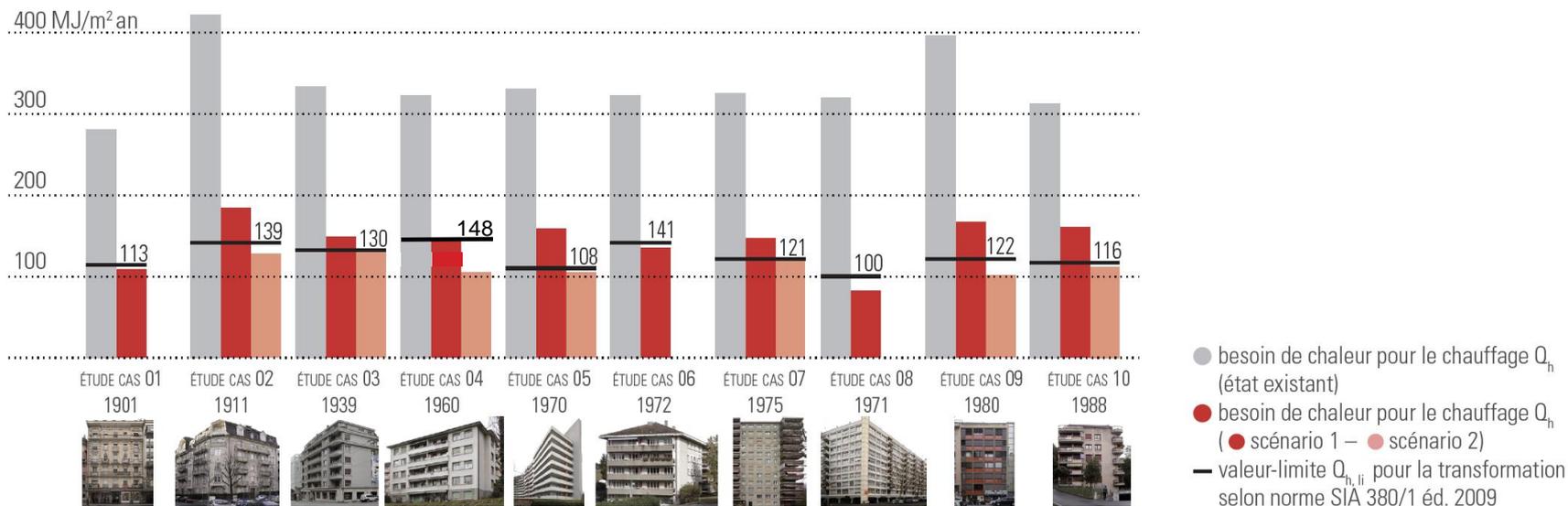
Graphique des coûts financiers du scénario répartis par éléments.



Conclusion



Conclusion – Bilans thermiques



Dans les scénarios initiaux qui n'atteignaient pas les valeurs-limites, le gain énergétique n'est pas négligeable du point de vue de l'économie d'énergie. Ils permettent déjà d'atteindre jusqu'à 88 % des gains requis par la norme SIA 380/1 éd. 2009, souvent avec un impact architectural et financier moindre.

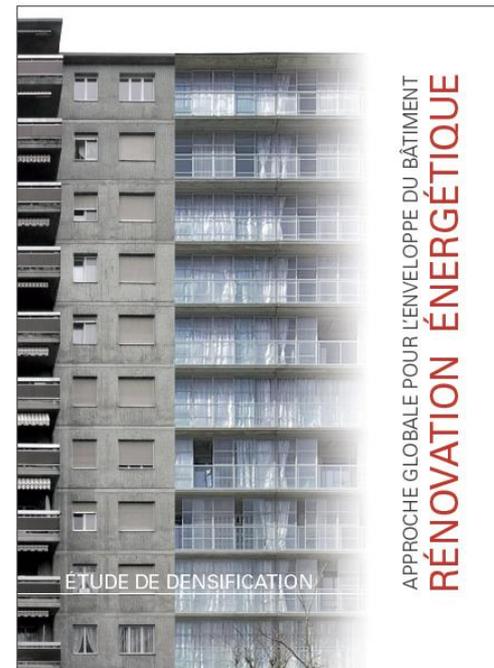
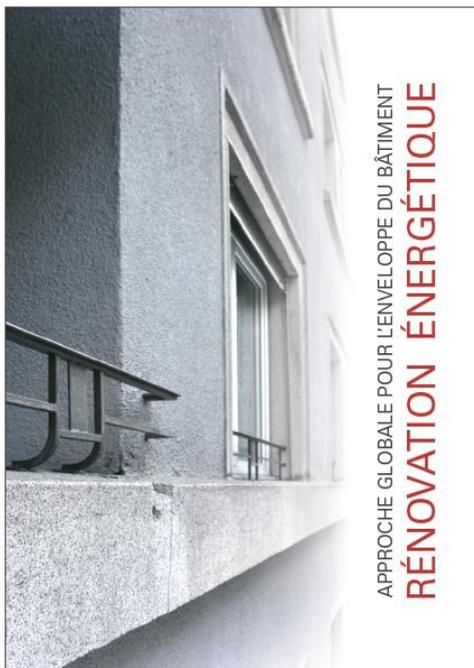
Conclusion – Visite du bâtiment

Il faut vérifier :

- la composition des couches et la capacité de diffusion de la vapeur (type de pare-vapeur, type de sous-toiture existante).
- la présence de cloisons de grenier.
- la présence de conduits de ventilation, de conduits de fumée, etc.
- la présence d'éléments décoratifs (moultures, stucs, etc.)
- la présence de lucarnes, coupoles, cheminées, sorties de ventilation primaire ou toute autre installation qui doivent être modifiées en cas d'isolation sur une toiture (ligne de vie, antennes, coupoles, etc.).
- la présence de cloisons dans les appartements lors de la mise en œuvre d'une isolation sous le plancher des combles (difficulté de raccorder le pare-vapeur).
- la présence des luminaires au plafond et prévoir leurs déplacements éventuels dans le cas d'une isolation sous le plancher des combles.
- le vide d'étage lors d'une isolation sous le plancher des combles.
- les difficultés de raccorder l'éventuel pare-vapeur aux chevrons et à la sablière.
- l'isolation de l'accès aux combles lors de l'isolation du plancher.
- la hauteur de la dernière marche d'escalier lors de l'isolation du plancher.
- l'ouverture de l'escalier escamotable et son isolation.
- la hauteur de l'acrotère lors d'une isolation sur la toiture.
- la pente d'évacuation des eaux de toiture (minimum 1.5%).
- l'isolation des superstructures en toiture (escalier d'accès, cage d'ascenseur)



Publication



ETAT DE FRIBOURG
STAAT FREIBURG
Service de l'énergie SdE
Amt für Energie AIE
www.fr.ch/sde

REPUBLIQUE ET CANTON DE GENEVE
Département de l'aménagement, du logement et de l'énergie
Office cantonal de l'énergie



Direction générale
de l'environnement (DGE)
Direction de l'énergie

CRDE
Conférence Romande des Délégués à l'Energie

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'énergie OFEN