

RENOVER PAR ETAPES

Feuille de route pour une rénovation durable

Stefanie Schwab, professeure associée, stefanie.schwab@hefr.ch

 smart living lab

TRANSFORM

Transform Institute
Heritage, Construction and Users



Vision de l'OFEN pour le parc immobilier suisse: ROSEN

RÉDUCTION (complémentaire à la vision Substitution)

- Jusqu'en 2050, la consommation d'énergie finale (chaleur et électricité) du parc immobilier suisse sera passée à 65 TWh, contre 90 TWh actuellement.

OPTIMISATION

- Jusqu'en 2050, l'état énergétique de chaque bâtiment en Suisse est connu.
- Jusqu'en 2030, l'optimisation de l'exploitation énergétique devient obligatoire pour tous les bâtiments.

SUBSTITUTION (complémentaire à la vision Réduction)

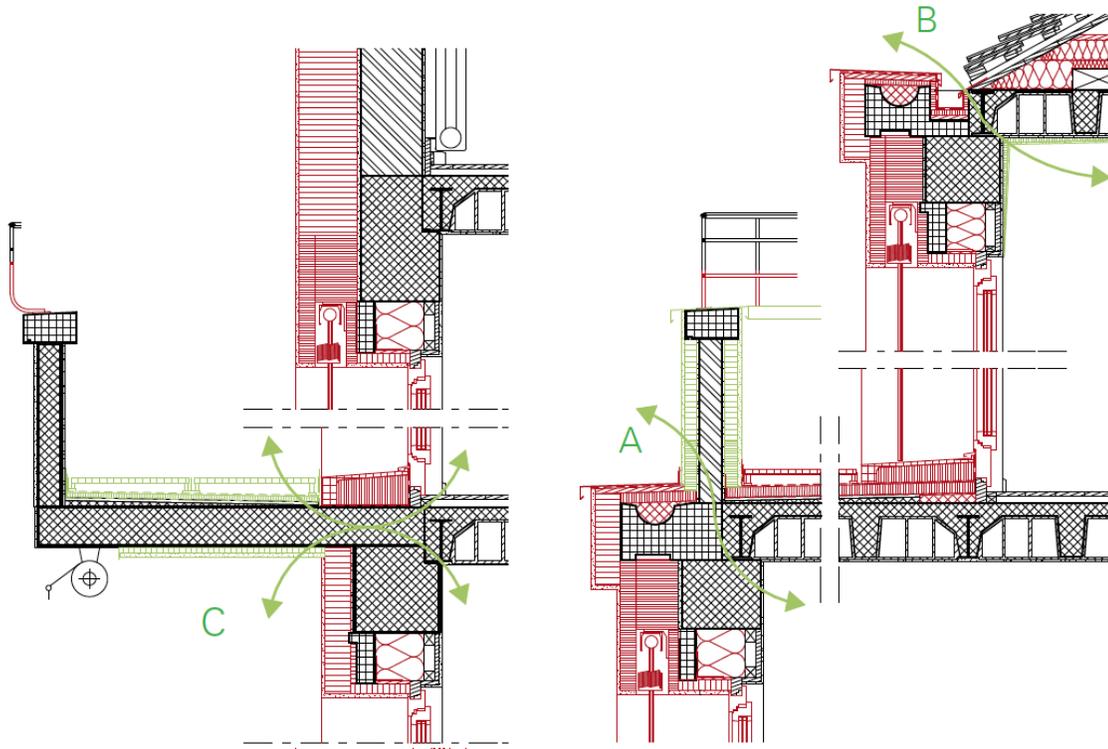
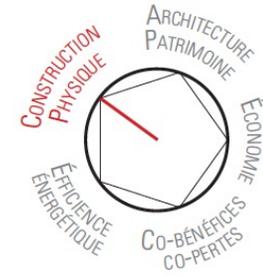
- Jusqu'en 2050, sauf exception, il n'y a plus de mazout, de gaz ou d'électricité directe pour chauffer.
→ La grande majorité des bâtiments auront fait l'objet d'une rénovation énergétique et les chauffages au mazout ou au gaz ainsi que les chauffages électriques fixes à résistance auront été remplacés par des énergies renouvelables.

ENERGIES RENOUVELABLES

- Jusqu'en 2050, couverture aussi importante que possible des besoins propres à tout moment de l'année et production d'énergie pour d'autres usages.

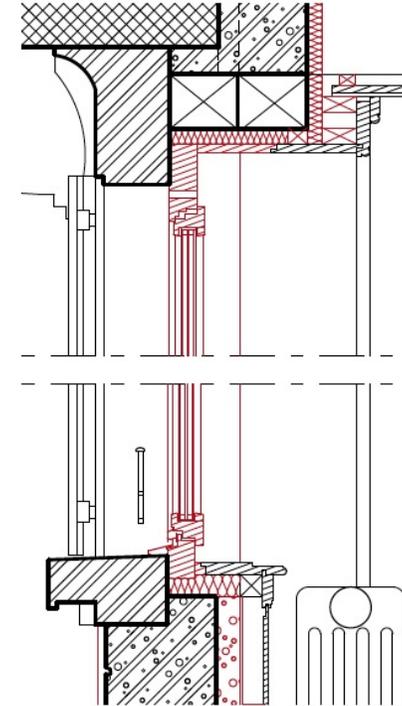
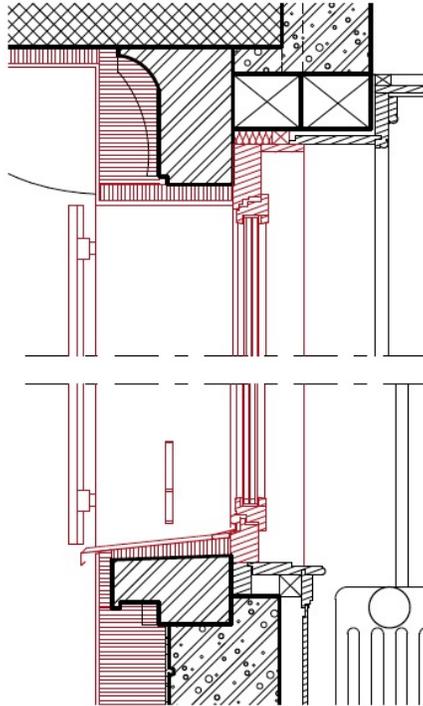
ENJEUX ET RISQUES

CONSTRUCTION ET PHYSIQUE



ENJEUX ET RISQUES

ARCHITECTURE ET PHYSIQUE



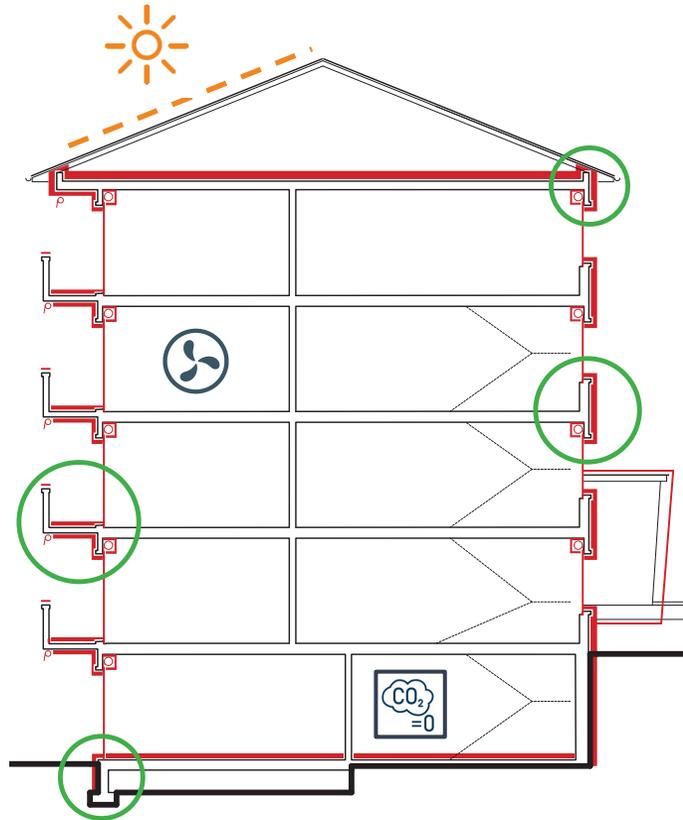
ENJEUX ET RISQUES

UNE RENOVATION DURABLE



ENJEUX ET RISQUES

UNE APPROCHE GLOBALE



Comment augmenter la quantité des rénovations et garantir **la qualité et la durabilité** des travaux ?

Quelles interventions sont réalistes et **quelle méthodologie** permet d'atteindre ces objectifs ?

TYOLOGIE DES BATIMENTS

eREN_Building models for multi-family buildings in Western Switzerland



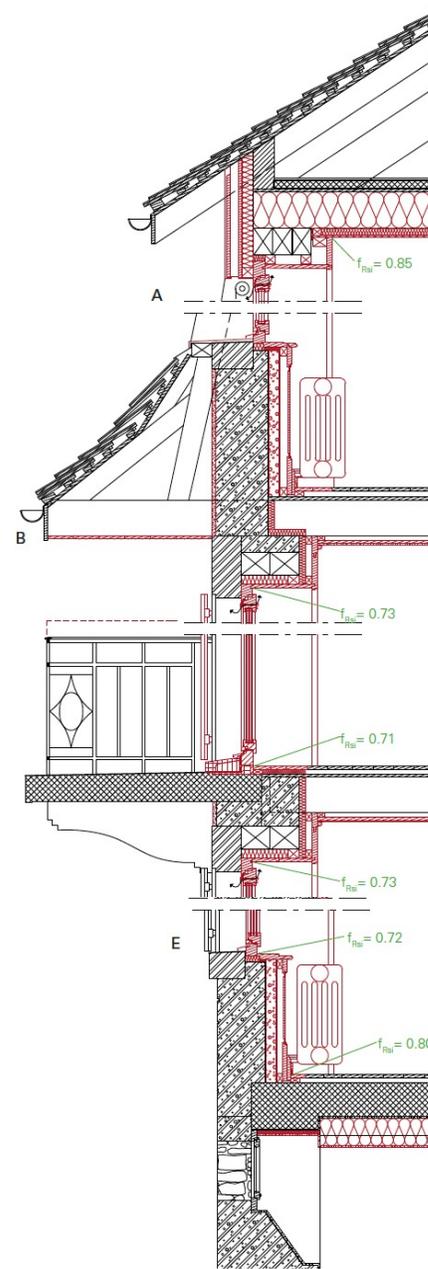
TYOLOGIE DES BATIMENTS

IMMEUBLE LOCATIF AVANT-GUERRE



- Dach**
bewohntes Mansardgeschoss, Mansarddach mit Biberschwanzeindeckung
- Geländer**
schmiedeeisernes Geländer
- Sonnenschutz**
Holzfensterläden
- Balkon**
Betonplatte auf Tragkonsolen aus Naturstein
- Fenstereinfassung**
Naturstein
- Geschossdecke**
Holzbalkendecke
- Fenster**
Holzrahmen, Kastenfenster mit Einfachverglasung
- Aussenwand**
verputztes Bruchsteinmauerwerk, 50-60 cm, die Mauerstärke verringert sich in den oberen Geschossen
- Sockel**
Mauerwerk, Natursteinverkleidung

Ausschnitt der Ostfassade

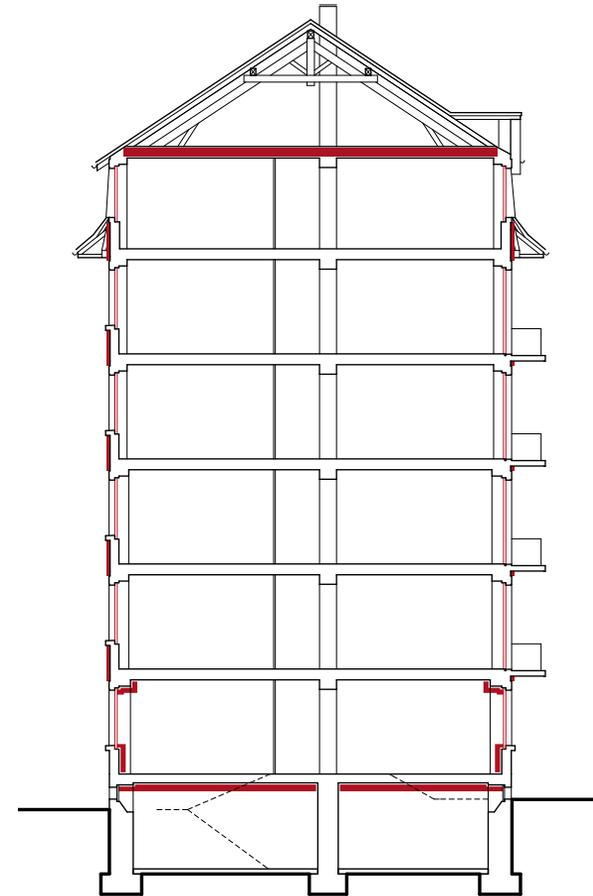
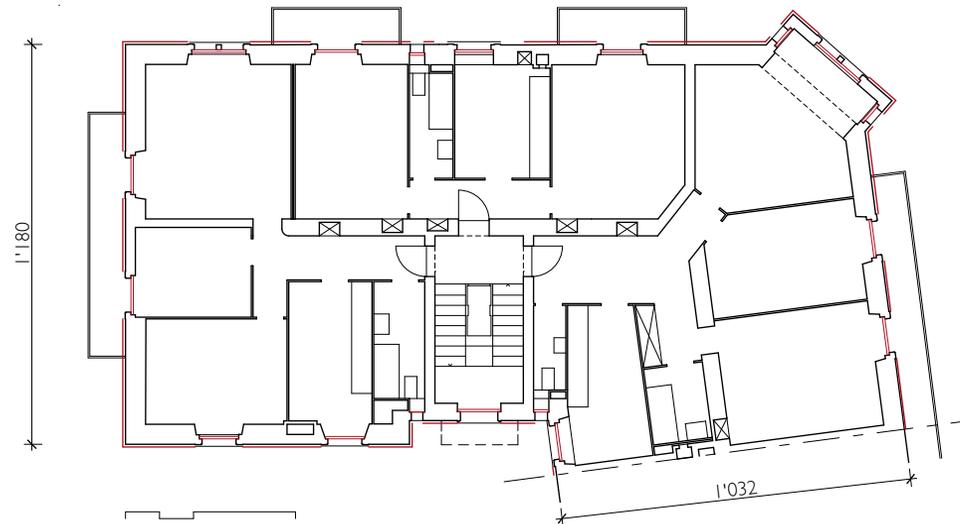


TYPOLOGIE DES BATIMENTS

IMMEUBLE LOCATIF AVANT-GUERRE

Mesures du scénario 1

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



TYPOLOGIE DES BATIMENTS

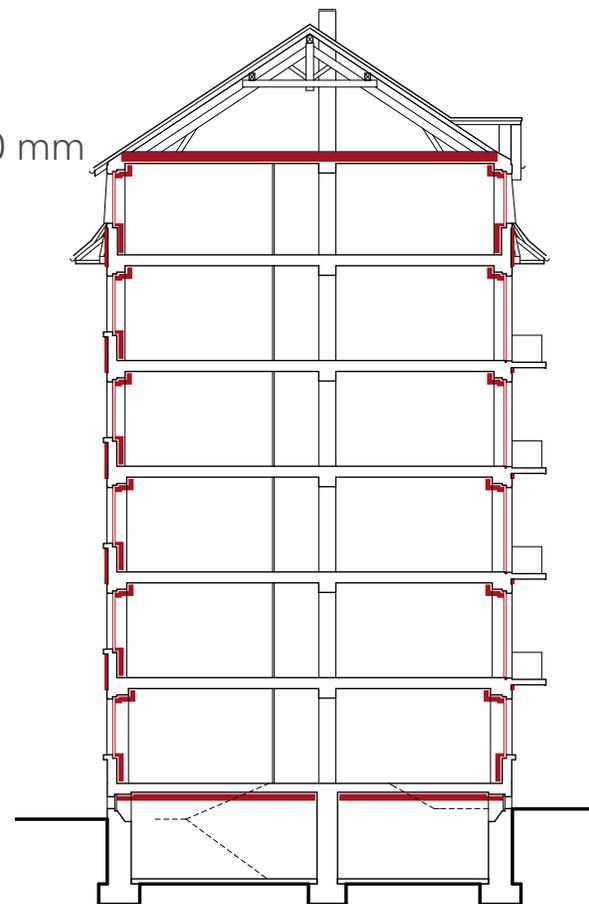
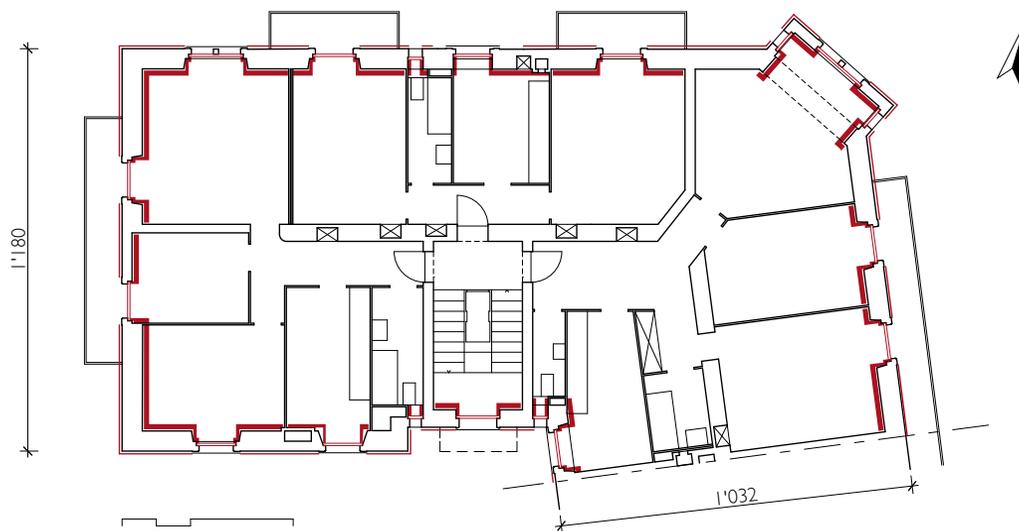
IMMEUBLE LOCATIF AVANT-GUERRE

Mesures du scénario 1

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

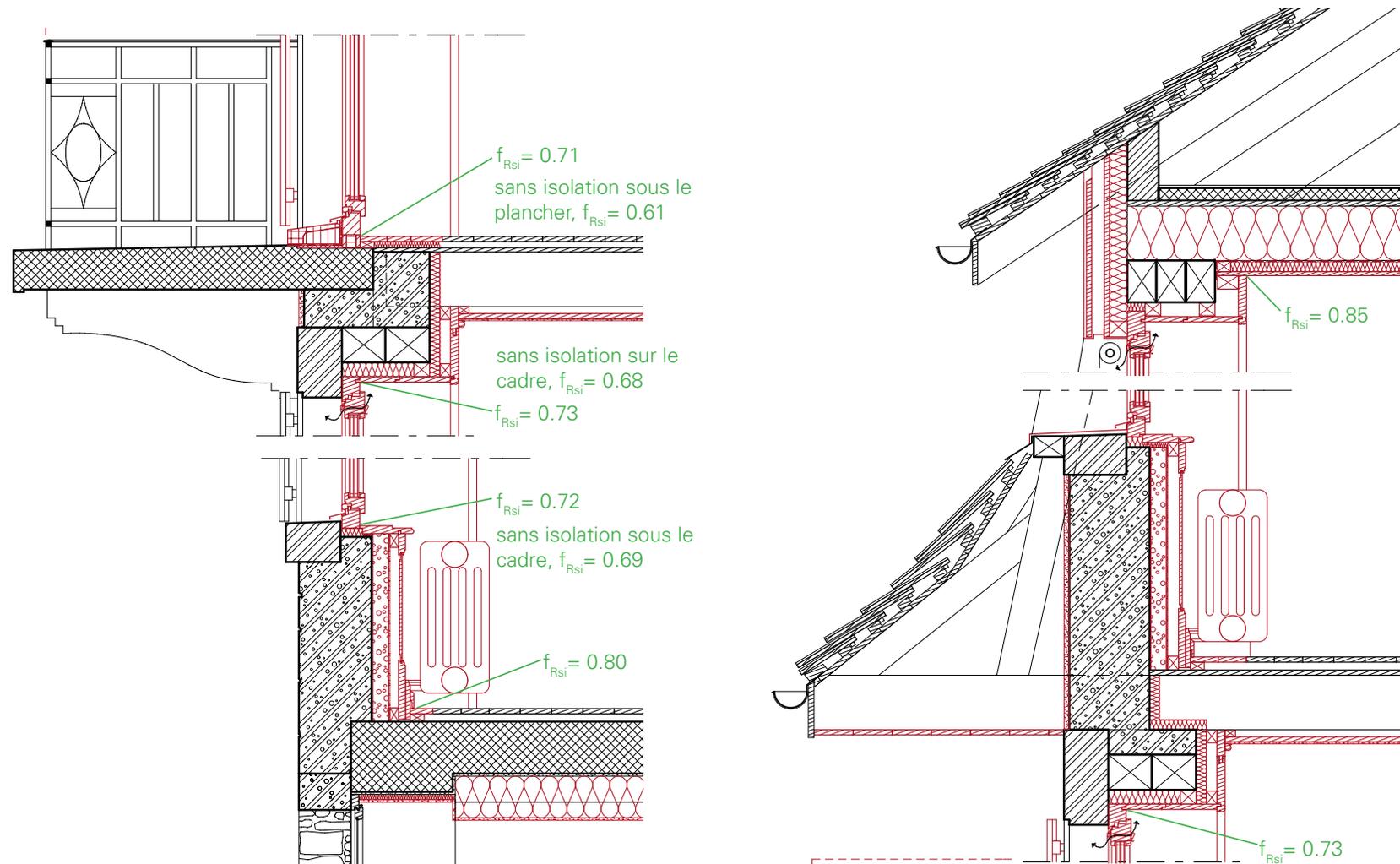
Mesures du scénario 2

- 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



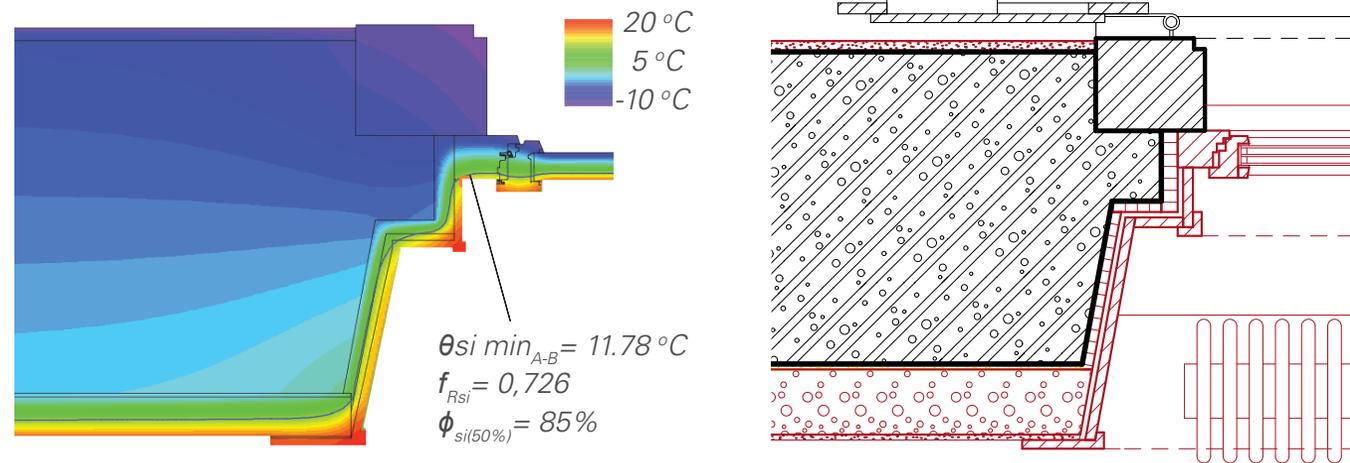
TYOLOGIE DES BATIMENTS

IMMEUBLE LOCATIF AVANT-GUERRE



TYPOLOGIE DES BATIMENTS

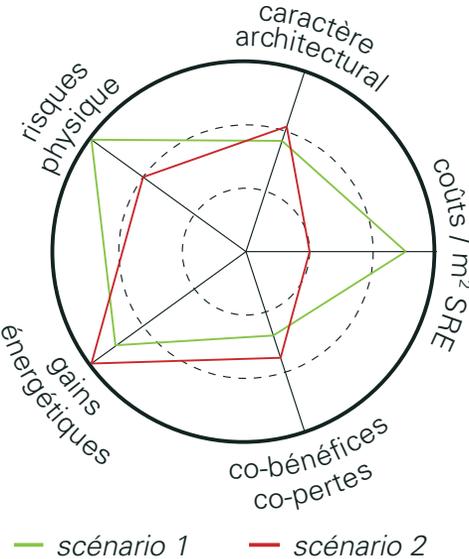
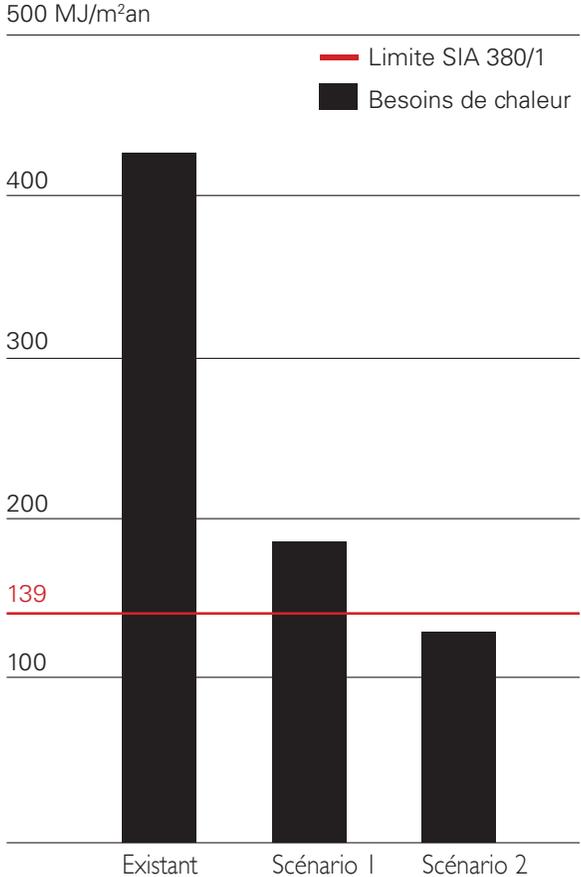
IMMEUBLE LOCATIF AVANT-GUERRE



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 admissibles dans l'angle.

TYPOLOGIE DES BATIMENTS

IMMEUBLE LOCATIF AVANT-GUERRE

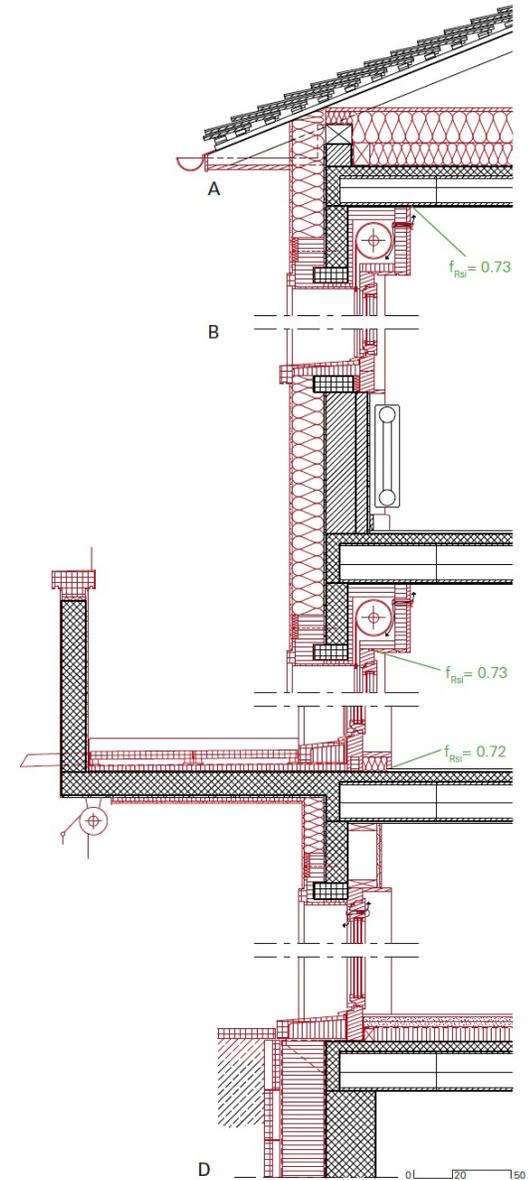


TYOLOGIE DES BATIMENTS

IMMEUBLE LOCATIF APRES-GUERRE



- Dach**
flachgeneigtes Walmdach mit Ziegeldindeckung und Dachüberstand
- Oberste Geschossdecke**
Hourdisdecke
- Fenstereinfassung**
Kunststein
- Geschossdecke**
Hourdisdecke
- Fenster**
Holzrahmen, Doppelverglasung
- Sonnenschutz**
Rollstoren mit innenliegendem Storenkasten
- Aussenwand**
Ziegelmauerwerk verputzt mit Luftschicht und innerer Vorsatzschale (ca. 30 cm dick)
- Aussenbereich**
Loggia, leicht auskragend, Betonplatte auf Aussenwänden aufliegend, verputzte Mauerwerksbrüstung
- Decke über Kriechkeller**
Hourdisdecke
Ausschnitt der Südostfassade



TYOLOGIE DES BATIMENTS

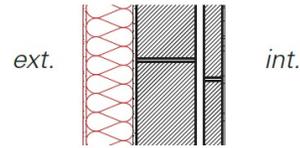
IMMEUBLE LOCATIF APRES-GUERRE

Mur de façade

Umes: non disponible

Ucal existant: 0.65 W/m²K

Ucal rénové: 0.16 W/m²K

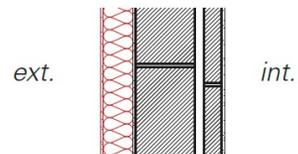


- . Isolation 160 mm
- . Enduit existant 10 mm
- . Briques T.C. creuses 200 mm
- . Vide d'air 30 mm
- . Briques T.C. creuses 60 mm
- . Enduit plâtre ~7 mm

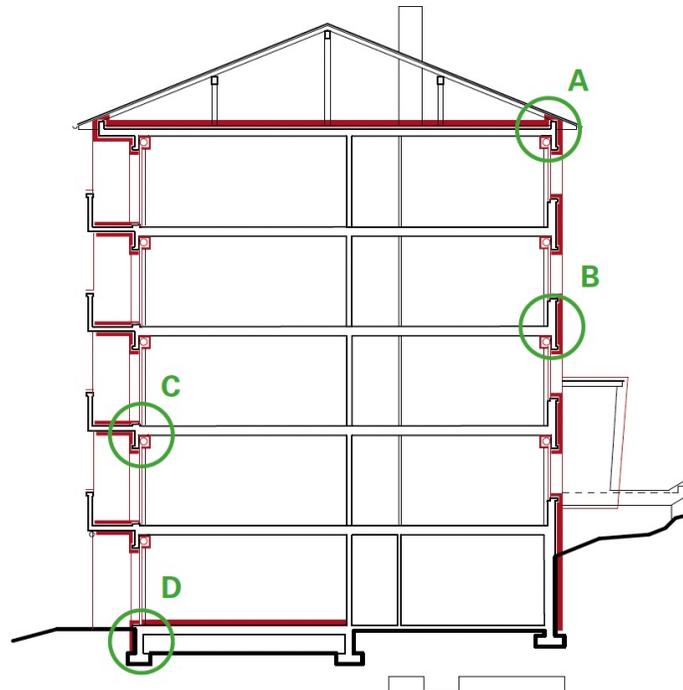
Mur de façade loggia

Ucal existant: 0.65 W/m²K

Ucal rénové: 0.24 W/m²K



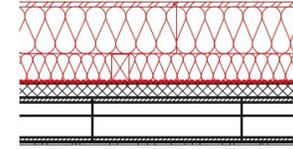
- . Isolation 100 mm
- . Enduit existant 10 mm
- . Briques T.C. creuses 200 mm
- . Vide d'air 30 mm
- . Briques T.C. creuses 60 mm
- . Enduit plâtre ~7 mm



Toiture, dalle des combles

Ucal existant: 0.30 W/m²K

Ucal rénové: 0.11 W/m²K

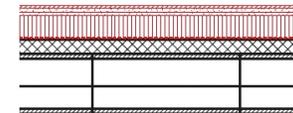


- . Isolation 160 + 100 mm
- . Pare-vapeur
- . Isolation 100 mm (démontée)
- . Dalle à hourdis T.C. et poutrelles en béton 210 mm
- . Enduit plâtre ~7 mm

Dalle sur sous-sol

Ucal existant: 1.06 W/m²K

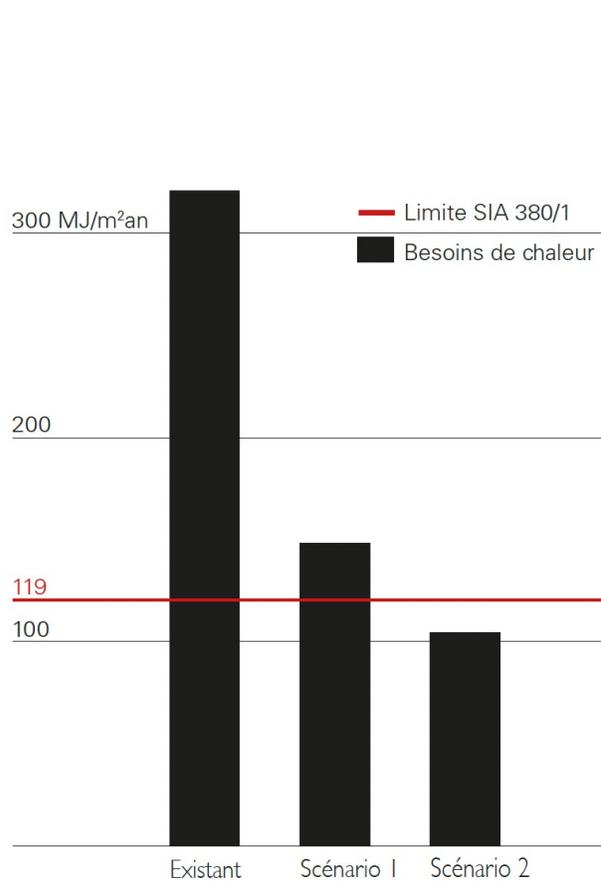
Ucal rénové: 0.31 W/m²K



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

TYPOLOGIE DES BATIMENTS

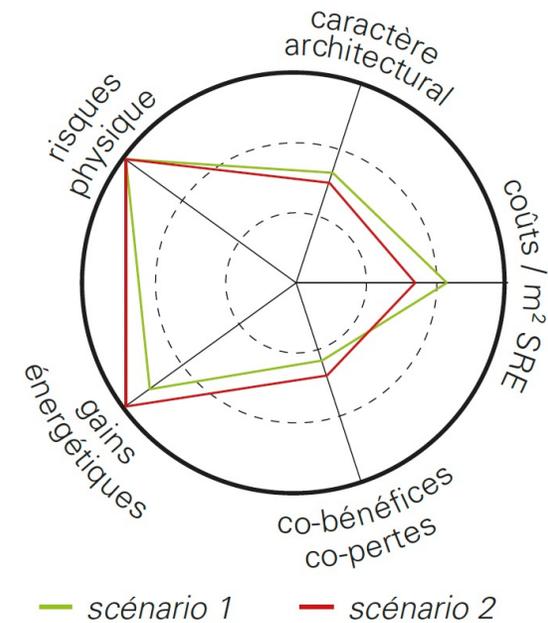
IMMEUBLE LOCATIF APRES-GUERRE



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



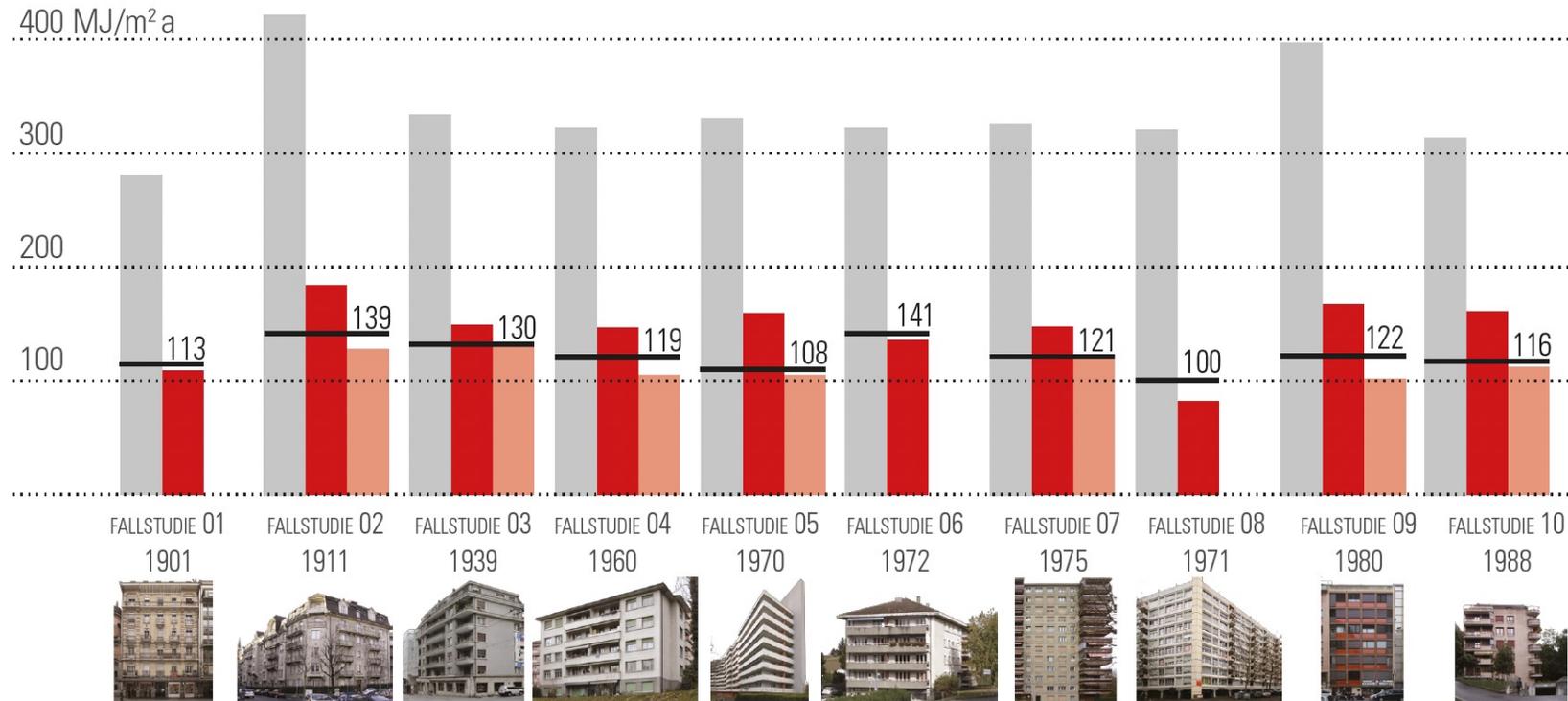
Graphique des coûts financiers du scénario répartis par éléments.



ÉVALUATION du scénario. Un résultat optimal devrait tendre vers une forme circulaire extérieure, sans point faible évident.

BILAN ENERGETIQUE

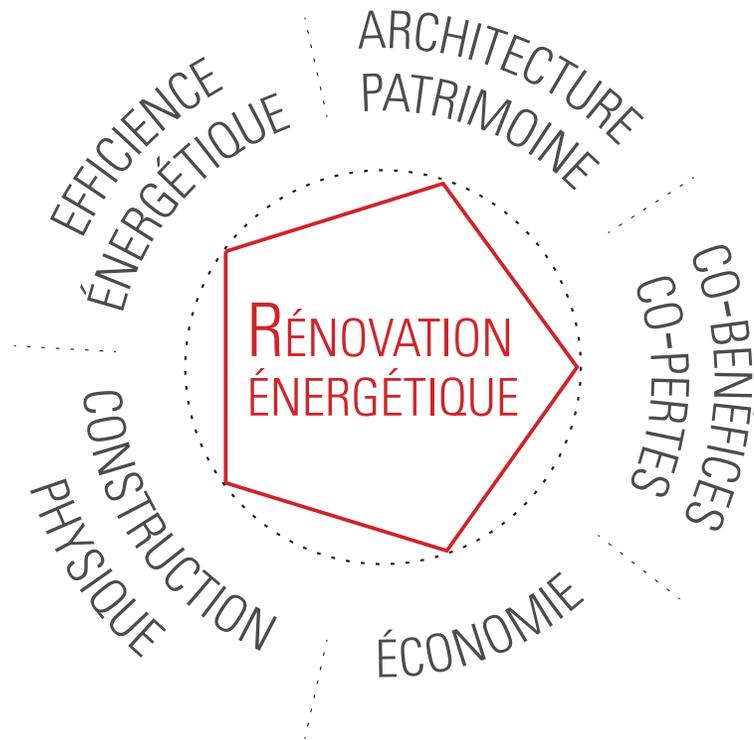
COMPARAISON DES SCENARIOS DE RENOVATION



- Heizwärmebedarf Q_h (Bestand)
- Heizwärmebedarf Q_h (● Szenario 1 – ● Szenario 2)
- Grenzwert $Q_{h,li}$ für Umbauten gemäss SIA 380/1:2009

FEUILLE DE ROUTE POUR UNE RENOVATION DURABLE

TypoRENO-VD, RenoBAT-FR



- La réglementation et les labels qui ont été jusque-là axés principalement sur les constructions neuves doivent mieux prendre en compte les **spécificités de la rénovation du bâti existant et de ses limites**.
- Les renovations doivent être considérés comme un **processus d'optimisation dans une perspective de durabilité** qui inclut l'énergie grise des éléments et la durée de vie des interventions.
- L'approche globale eREN est complétée par un bilan environnemental, une analyse des installations techniques et des obsolescences des éléments de construction.



STRATÉGIES DE RÉNOVATION POUR LE PATRIMOINE VAUDOIS
RESTAURATION ÉNERGÉTIQUE

PATRIMOINE BATI

RESTAURATION ÉNERGÉTIQUE POUR LE PATRIMOINE VAUDOIS



Les fiches typologiques de « restauration énergétique » des bâtiments d'habitation à caractère patrimonial associent la direction de l'énergie et du patrimoine du canton de Vaud dans une vision commune de « bonnes pratiques ».

B1
MAISON VILLAGEOISE XVIII^e - XIX^e

DESCRITIF: Cette maison villageoise recensée en note 3 est située au cœur d'un centre historique classé site ISOS A. Le bâtiment d'angle se développe sur deux étages sur rue. Sous la toiture en pente, recouverte de tuiles plates, se situe un espace de combles non chauffés. Les façades monolithiques d'environ 600 mm d'épaisseur sont constituées de pierres de molasse parfaitement coupées à l'angle. Le socle est recouvert d'un revêtement en pierre naturelle. Les planchers des étages sont réalisés avec un solivage bois. Au rez-de-chaussée, une dalle à hourdis est posée sur un vide sanitaire. Le bâtiment présente de nombreux éléments décoratifs en molasse (embrasures, corniches de fenêtres et portes, chaînage d'angle). Du côté cour, l'exposition architecturale est très simple. La maison a été fortement transformée au cours de son histoire. En 1956, la charpente côté rue a été surélevée pour permettre d'aménager la deuxième étage. Les appartements ont été rénovés au fil des années, les fenêtres et les volets d'origine remplacés par des fenêtres PVC et des volets métalliques. Le chauffage est assuré par des radiateurs et un chauffage central à mazout, partagé avec l'immeuble voisin. La ventilation des locaux se fait de manière naturelle par l'ouverture des fenêtres et des gaines de ventilation naturelle dans les sanitaires.

CONCEPTE: La stratégie adoptée est de mettre en œuvre un crépi isolant qui permet de garder les nombreux éléments décoratifs en pierre de la façade rue et d'agir de manière plus importante sur les éléments déjà transformés comme les dalles, la façade côté cour et les fenêtres. Le bâtiment est connecté au chauffage à distance et ventilé par un système simple flux hygro-contrôlable. Une étape de valorisation des combles complète l'intervention.

Année de construction: 1797/1856
Périmètre de protection: ISOS A
Buts au recensement: 3
Protection: non
Surface bâtie (m²): 197
Nombre de logements: 6/6
SNB (A₀) (m²): 508/655
Surface A₀ (m²): 285
Facteur d'enveloppe (A₀/A₀) 1/4 1/2: 1.12
Besoin de chaleur chauffage + ECS (kWh/m²/an): 160/54

Installations techniques:
Chauffage à distance radiateurs avec l'immeuble voisin Radiateurs avec vanne thermostatique Ventilation naturelle
Chauffage à distance Radiateurs/ Ventilation simple flux avec registres hygrocontrôlables

toiture:
en pente avec tuiles plates
isolation sur dalle ou entre chevrons
avant-toit
litré/ossage bois peint
peinture à l'huile

protection solaire:
volets battants métalliques
réellement volets battants bois
avec peinture à l'huile

corniches:
corniches en saïbe en molasse
peinture minérale

embrasures:
encadrements en molasse
peinture minérale

fenêtres:
fenêtres PVC doubles vitrages
remplacées par fenêtres bois à double vitrages avec registres hygrocontrôlables

façade:
maçonnerie en molasse
parfaitement coupée à la chaux
revêtement en crépi isolant/mazout

éléments décoratifs:
éléments en molasse
peinture minérale

portes d'entrée:
porte d'origine en bois, sans d'ornement

chauffage d'angle:
éléments en molasse
peinture minérale

avancé:
revêtement en pierre naturelle

En noir: existant en rouge: rénovation.



A RURAL ISOLÉ XVIII^e - XIX^e



B MAISON VILLAGEOISE XVIII^e - XIX^e



C IMMEUBLE CONTIGU CENTRE HISTORIQUE XVIII^e SITE ISOS



D VILLA URBAINE fin XIX^e début XX^e



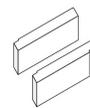
E IMMEUBLE DE RAPPORT fin XIX^e début XX^e



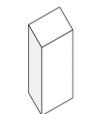
F PILOT URBAIN début XX^e



G IMMEUBLE LOCATIF début XX^e



H BARRE LOCATIVE



I TOUR LOCATIVE



J ADMINISTRATION

FEUILLE DE ROUTE

RENOVATION PAR ETAPES

- Optimisation des espaces chauffés et non-chauffés, optimisation installations
- Isolation des dalles et murs contre locaux non-chauffés dans les parties communes
- Isolation de l'enveloppe extérieure
- Remplacement chaudière fossile
- Mesures complémentaires à l'intérieur des locaux, aération des espaces
- Valorisation (en bleu)



Un crêpi isolant permet de garder les nombreux éléments décoratifs sur rue



Une isolation en silicate de calcium est appliquée côté cour



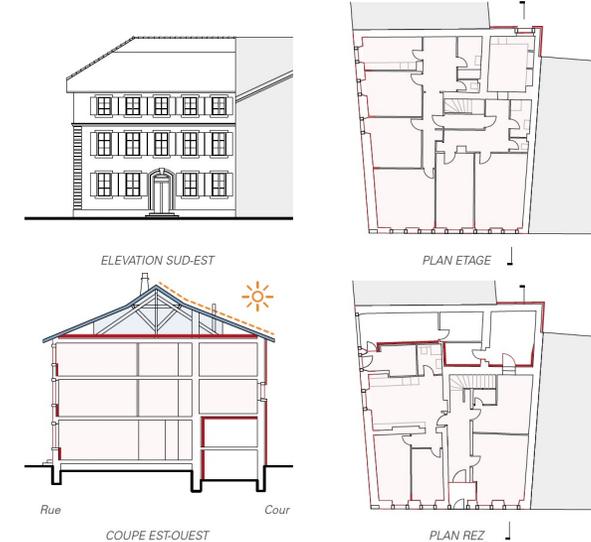
Des tuiles solaires couvrent le pan de toiture côté cour



Les tuiles photovoltaïques s'intègrent dans le site historique



Les ornements et la porte d'entrée en bois sont préservées



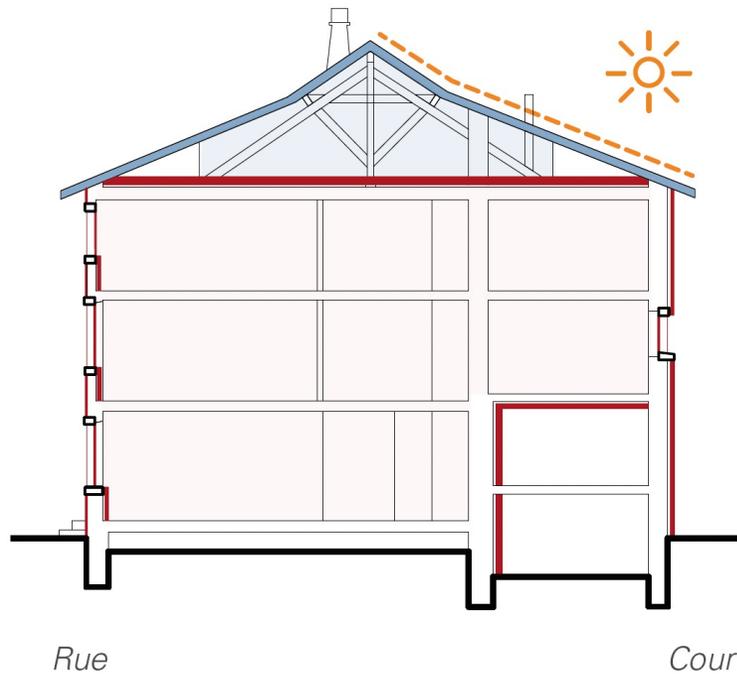
Plan et coupe schématiques. En rouge, les éléments de l'enveloppe isolés dans le scénario. En bleu, l'étape supplémentaire de la valorisation des combles. En orange, l'intégration des panneaux photovoltaïques. En rose, l'enveloppe thermique.

STRATÉGIE DE RÉNOVATION - ENVELOPPE

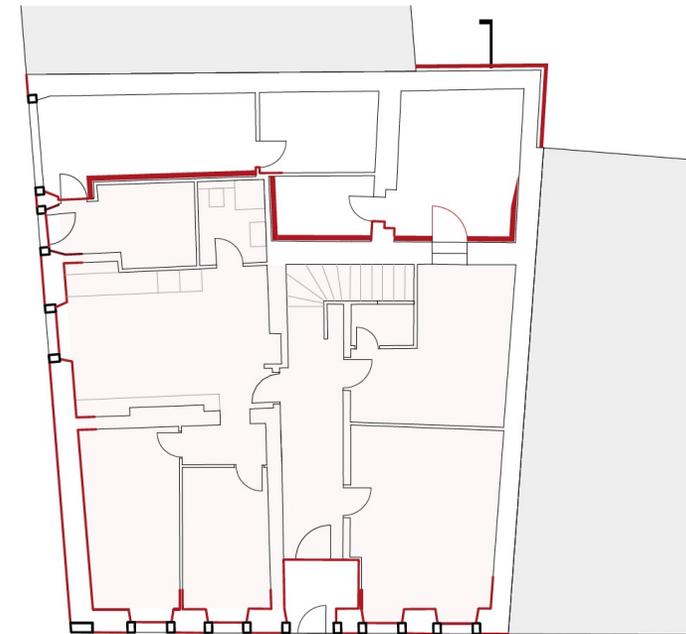
- 1 - DALLE COMBLES:** Sur le plancher en bois des combles, une isolation en ouate de cellulose est insufflée entre les tirants de la charpente existante.
- 2 - MURS REZ NON-CHAUSSÉE:** Les murs intérieurs contre les espaces non chauffés sont isolés avec des panneaux en silicate de calcium de 80 mm ouverts à la diffusion de vapeur.
- 3 - PLAFOND CAVE:** Le plafond des caves est isolé par dessous avec la laine de bois qui permet d'intégrer les installations techniques au plafond.
- 4/5 - CRÉPIS EXTÉRIEURS RUE ET COUR:** Le crépi existant côté rue est remplacé par un crépi isolant minéral. Il permet de conserver une lecture des embrasures existantes et d'égaliser les différentes épaisseurs. Les embrasures et éléments décoratifs sont protégés avec une peinture minérale. La façade cour sans ornements est isolée par l'extérieur avec des panneaux minéraux en silicate de calcium et les embrasures sont reconstruites.
- 6 - FENÊTRES ET EMBRASURES:** Les fenêtres en PVC double vitrage sont remplacées par des fenêtres en bois avec triples vitrages. Des grilles hygro-réglables sont intégrées dans les cadres. Pour réduire les ponts thermiques et améliorer l'étanchéité à l'air, des nattes de chanvre sont posées dans les embrasures.
- 7 - SOL REZ:** Afin de préserver la hauteur et les cadres des portes existantes, la dalle du rez-de-chaussée sur vide sanitaire est isolée uniquement avec une fine couche de liège ou un isolant plus performant.
- 8 - ISOLATION INTÉRIEURE:** Sur la façade rue, une isolation intérieure en panneaux de silicate de calcium de 60 mm ouverts à la diffusion de vapeur complète l'intervention sur les murs intérieurs, mais nécessite des travaux conséquents dans les appartements. Une fine couche d'isolation de laine de chanvre permet d'atténuer le pont thermique au niveau des têtes de poutres en bois.
- 9 - VALORISATION DES COMBLES:** Un aménagement des combles est envisageable et permet d'exploiter le volume intéressant sous la charpente isolée.

OPTIMISATION ESPACES ET INSTALLATIONS

- Optimisation des espaces chauffés / non-chauffés
- Isolation distribution de chaleur, vannes thermostatiques
- Optimisation de la régulation du chauffage
- Remplacement des appareils électriques et luminaires gourmands en énergie

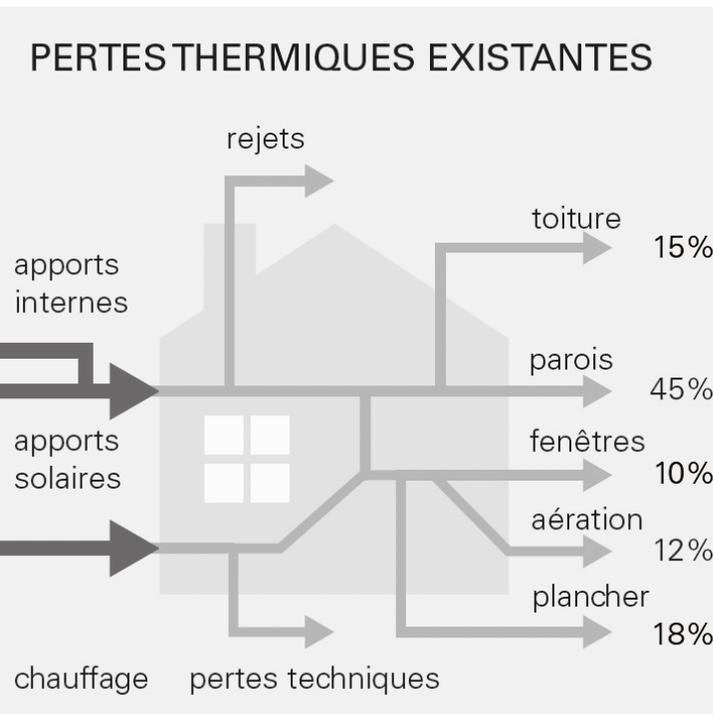


COUPE EST-OUEST



PLAN REZ

ENVELOPPE THERMIQUE

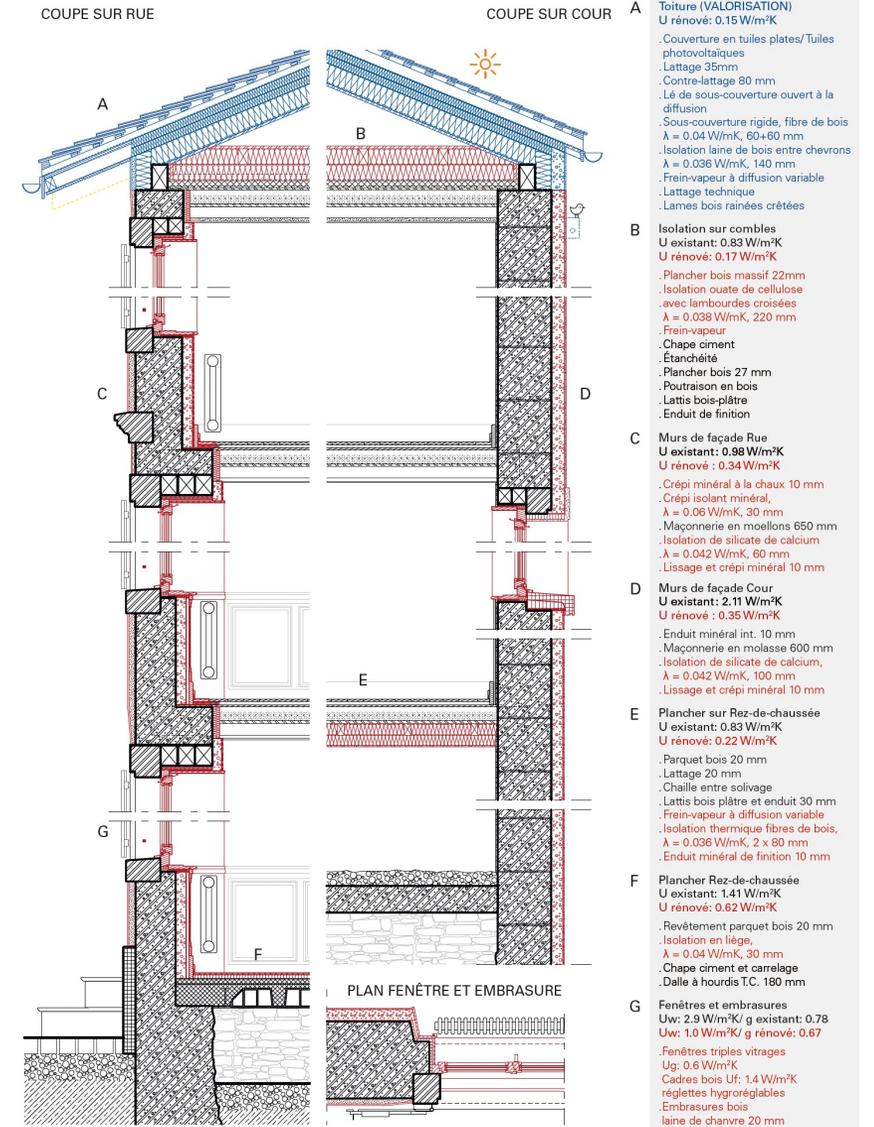


Isolation dalle des combles
Isolation murs contre non-chauffé
Isolation plafond caves

Isolation mur extérieur côté cour
Crépi isolant côté rue

Changement fenêtres et concept d'aération
Isolation sol rez
Isolation intérieure

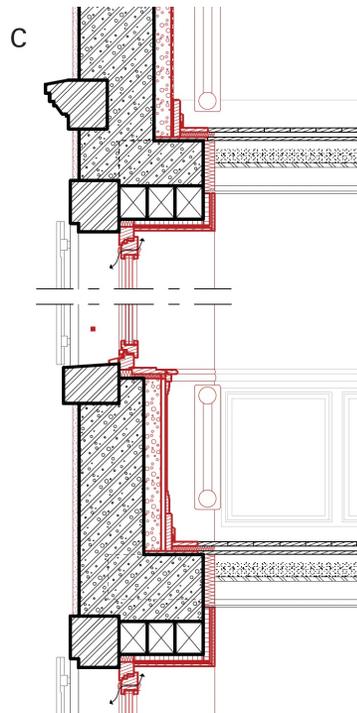
Valorisation des combles



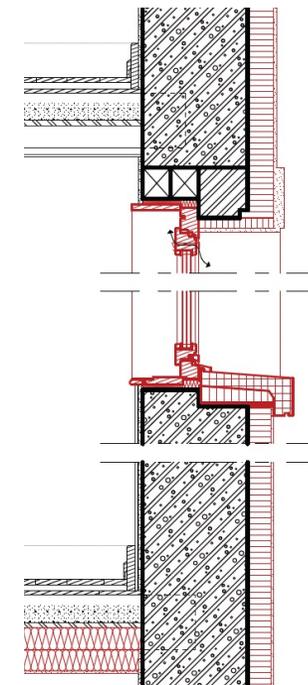
Si la valeur U maximale admissible selon SIA 180:2014 ne peut pas être respectée pour des raisons patrimoniales, une vérification de physique du bâtiment est exigée (tableau 7, chap. 4.1.2).

ENVELOPPE EXTERIEURE

FACADE RUE – FACADE COUR



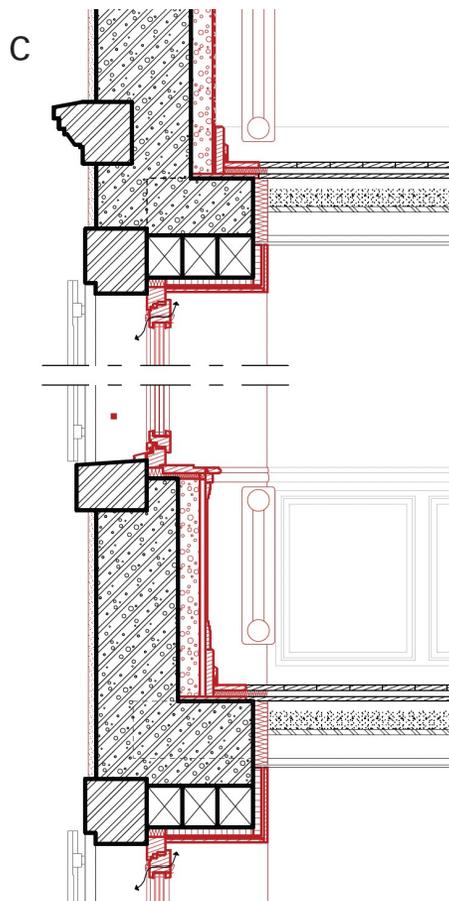
Un crépi isolant sur la façade rue permet d'améliorer la performance des murs et de préserver les embrasures en pierre naturelle.



La façade cour plus modeste est isolée avec une isolation périphérique performante.

FENETRES ET AERATION

TRIPLE VITRAGE – GRILLE HYGROREGLABLE



Fenêtres et embrasures

Uw existant: 2.9 W/m²K

g existant: 0.78

Uw rénové: 1.0 W/m²K

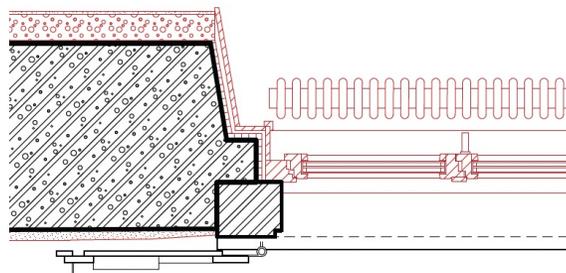
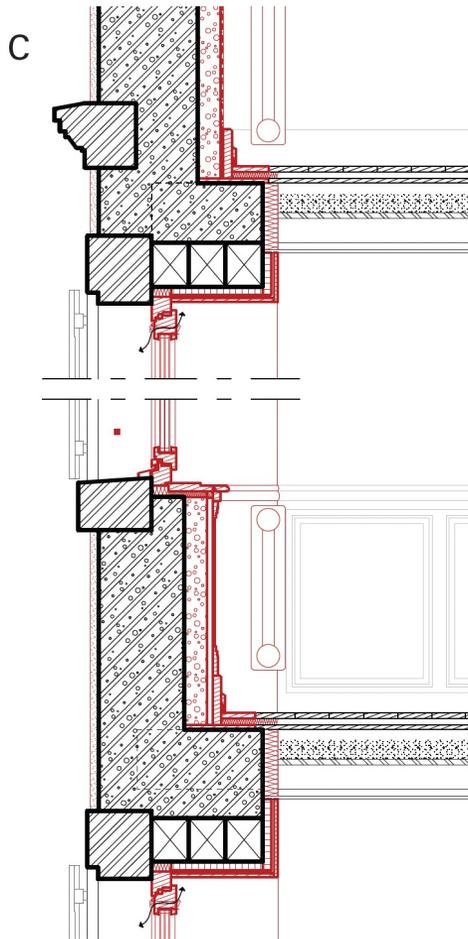
g rénové: 0.67

- .Fenêtres triple vitrage
- .Cadre bois réglette hygroréglable
- .Embrasures bois avec crépis isolant



ISOLATION INTERIEURE

MURS ET SOLS



INSTALLATIONS TECHNIQUES

- **CHAUFFAGE:** chaudière à énergie fossile remplacée par un type de production de chaleur renouvelable en fonction du lieu
- **VENTILATION:** mise en place d'un concept de ventilation (grilles hygroréglables et extraction dans les sanitaires ou ventilation double flux)
- **ELECTRICITE:** réduction de la consommation électrique et énergie solaire (équipement des communs avec des luminaires à LED, installation des panneaux photovoltaïques/solaires)

PRODUCTION DE CHALEUR

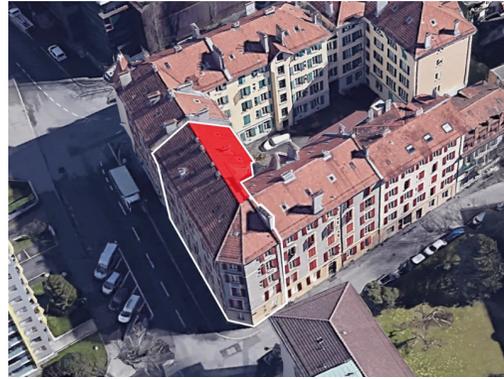
Productions de chaleur renouvelables en fonction des possibilités du lieu.

- Chauffage à distance (renouv.)
- PAC air-eau
- PAC sol-eau
- Chaudière à bois
- Chaudière à pellets
- Solaire thermique

ENERGIE SOLAIRE



Emplacement possible



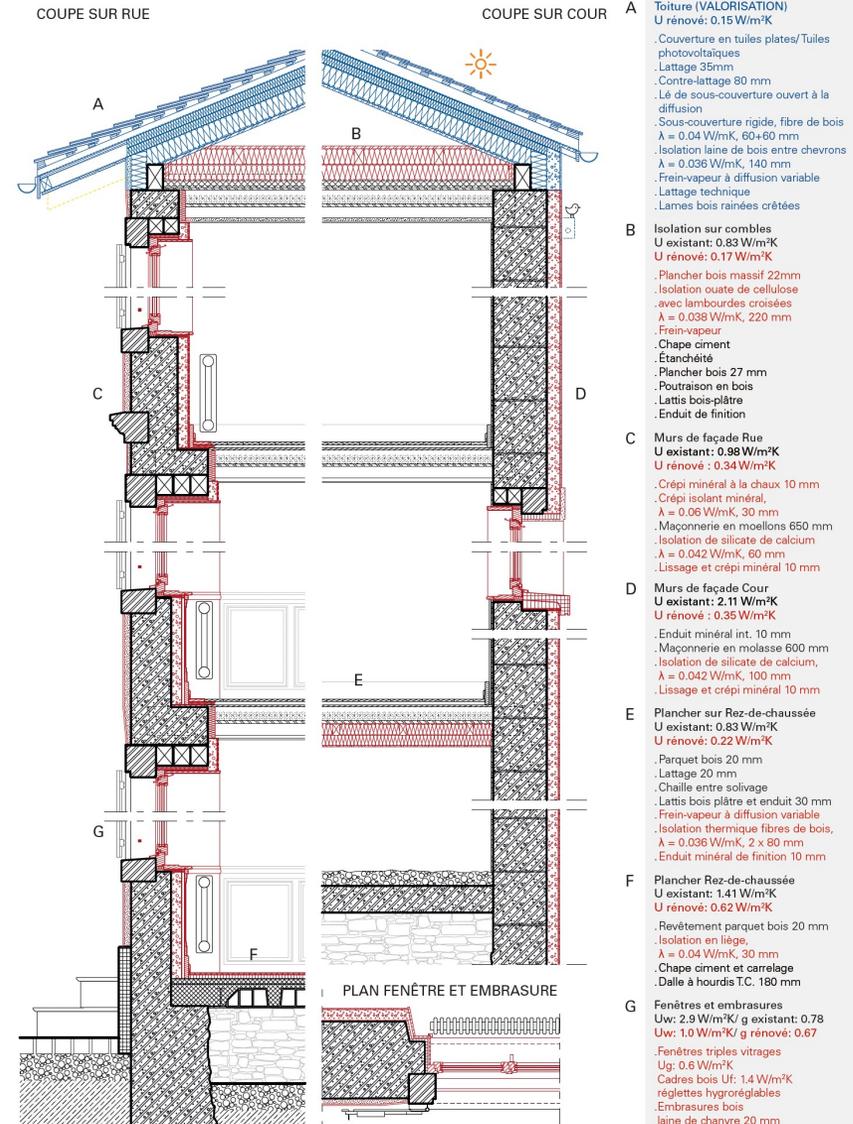
Type de produit adapté



CHANGEMENT CHAUDIERE

ETAPES DE RENOVATION

- 1 - Attic slab insulation
- 2 - Insulation of walls against unheated areas
- 3 - Cellar ceiling insulation
- 4 - Exterior wall insulation on courtyard side
- 5 - Insulating plaster on the street side
- 5' - Renewable district heating
- 6 - Changing windows
- 7 - Ground floor insulation
- 8 - Interior insulation
- 9 - Densification of attic space



Si la valeur U maximale admissible selon SIA 180:2014 ne peut pas être respectée pour des raisons patrimoniales, une vérification de physique du bâtiment est exigée (tableau 7, chap. 4.1.2).

RENOVATION PAR ETAPES

BESOINS DE CHALEUR ET EMISSION A EFFETS DE SERRE

BESOINS DE CHALEUR

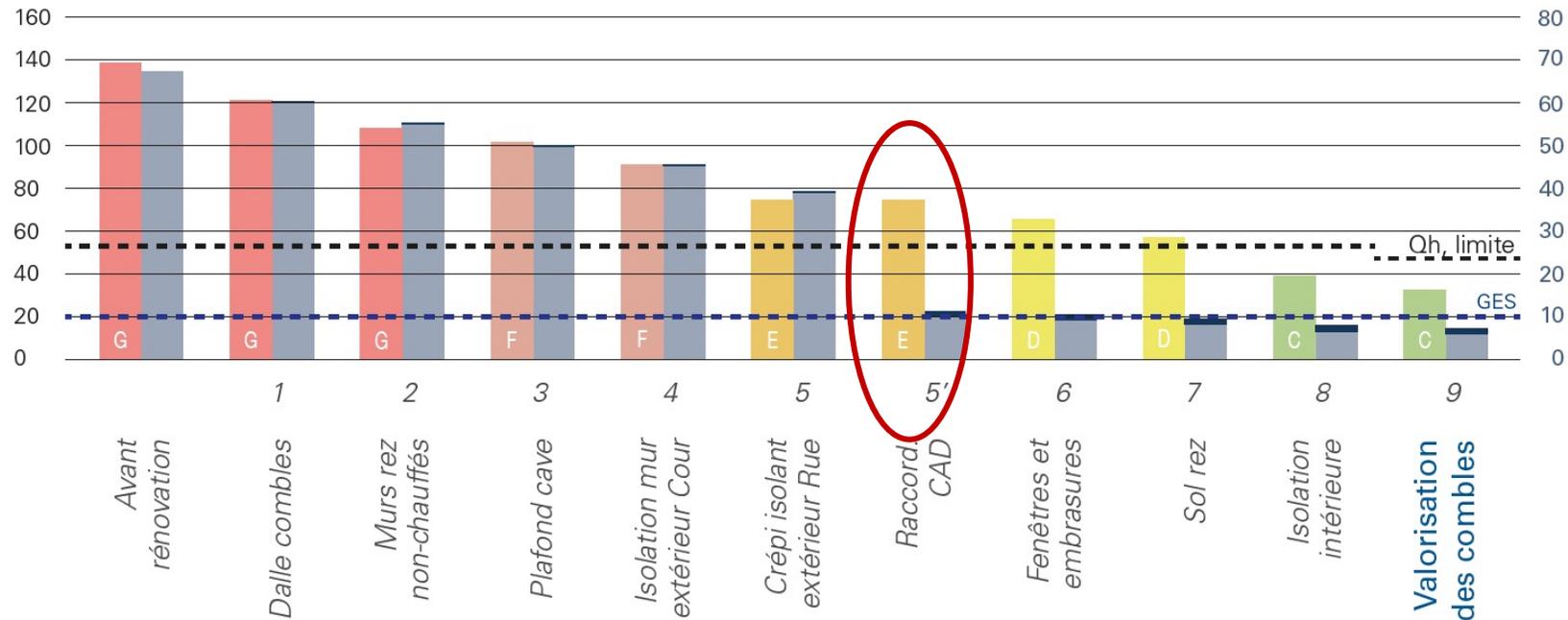
Qh selon SIA 380/1:2016 [kWh/m²a]

Qh,li transfo 150% 2016 [kWh/m²] - - - - -

ÉMISSIONS A EFFETS DE SERRE

GES [kgCO₂-éq/(m²a)] selon SIA 2040

----- Valeur indic. SIA 2040 construction ● + exploitation ●



- Dans toutes les études de cas, il est possible d'atteindre les objectifs en matière de carbone avec des mesures raisonnables au niveau de l'enveloppe (étiquette D), tout en remplaçant la production de chaleur par une source d'énergie renouvelable.
- Quel est le meilleur moment pour changer de système de chauffage ?

FEUILLE DE ROUTE RENOVATION

Roadmap illustrating necessary works and investments as well as the impacts of stepwise interventions, showing technically and economically viable renovation measures ensuring the overall achievement of the climate targets.

B1
MAISON VILLAGEOISE XVIII^e - XIX^e

DESRIPTIF: Cette maison villageoise recensée en note 3 est située au cœur d'un centre historique classé site ISOS A. Le bâtiment d'angle se développe sur deux étages sur rez. Sous la toiture en pente, recouverte de tuiles plates, se situe un espace de combles non chauffés. Les façades monolithiques d'environ 600 mm d'épaisseur sont constituées de pierres de molasse partiellement crépées à l'extérieur. Le socle est recouvert d'un placage en pierre naturelle. Les planchers des étages sont réalisés avec un solivage bois. Au rez-de-chaussée, une dalle à hourdis-ciment repose sur un vide sanitaire. Le bâtiment présente de nombreux éléments décoratifs en molasse ferreuses, corniches de fenêtres et portes, chaînage d'angle. Du côté cour, l'expression architecturale est très simple. La maison a été fortement transformée au cours de son histoire. En 1956, la charpente côté rue a été surélevée pour permettre d'aménager le deuxième étage. Les appartements ont été rénovés au fil des années, les fenêtres et les volets d'origines remplacés par des fenêtres PVC et des volets métalliques. Le chauffage est aujourd'hui assuré par des radiateurs et un chauffage central à mazout, partagé avec l'immeuble voisin. La ventilation des locaux se fait de manière naturelle par l'ouverture des fenêtres et des gaines de ventilation naturelle dans les sanitaires.

CONCEPT: La stratégie adoptée est de mettre en œuvre un crépi isolant qui permet de garder les nombreux éléments décoratifs en pierre de la façade rue et d'agir de manière plus importante sur les éléments déjà transformés comme les dalles, la façade côté cour et les fenêtres. Le bâtiment est connecté au chauffage à distance et ventilé par un système simple flux hygro-équilibrable. Une étape de valorisation des combles complète l'intervention.

Année de construction: 1770/1956
Périmètre de protection: ISOS A
Note au recensement: 3
Protection: non
Surface bâtie (m²): 197
Nombre de logements: 5/6
SRE (A₀/m²): 509/635
Surface A₀ (m²): 945
Facteur d'enveloppe (A₀/A_v): 1/4 1/2
Besoins de chaleur chauffage: ECS Q_{th}(kWh/m²/an) 160/164

Installations techniques:
Chaudière à mazout partagée avec l'immeuble voisin Radiateurs avec vanne thermostatique Ventilation naturelle
Chauffage à distance Radiateurs Ventilation simple flux avec réglettes hygro-équilibrables

toiture
en pente avec tuiles plates
isolation sur dalle ou entre chevrons
avant-toit
bardage bois peint,
peinture à l'huile
protection solaire
volets battants métalliques
établissement volets battants bois
avec peinture à l'huile

corniches
en saillie en molasse
peinture minérale
embrasures
encadrements en molasse
peinture minérale
fenêtres
fenêtres peu doubles vitrages
remplacées par fenêtres bois triples
vitrages avec réglettes hygro-équilibrables
façade
macaronne en moellons
partiellement crépi à la chaux
remplacé par crépi isolant minéral
éléments décoratifs
éléments en molasse
peinture minérale
porte d'entrée
porte d'origine en bois, sans d'entrée
chaînage d'angle
éléments en molasse
peinture minérale
socle
soubassement en pierre naturelle

En noir: existant, en rouge: rénovation.

Un crépi isolant permet de garder les nombreux éléments décoratifs sur rue

Une isolation en silicate de calcium est appliquée côté cour

Des tuiles solaires couvrent le pan de toiture côté cour

Les tuiles photovoltaïques s'intègrent dans le site historique

Les ornements et la porte d'entrée en bois sont préservés

STRATÉGIE DE RENOVATION - ENVELOPPE

- 1 - DALLE COMBLES:** Sur le plancher en bois des combles, une isolation en ouate de cellulose est insufflée entre les tirants de la charpente existante.
- 2 - MURS REZ NON-CHAUFFÉS:** Les murs intérieurs contre les espaces non chauffés sont isolés avec des panneaux en silicate de calcium de 80 mm ouverts à la diffusion de vapeur.
- 3 - PLAFOND CAVE:** Le plafond des caves est isolé par dessous avec la laine de bois qui permet d'intégrer les installations techniques au plafond.
- 4 - CRÉPIS EXTÉRIEURS RUE ET COUR:** Le crépi existant côté rue est remplacé par un crépi isolant minéral. Il permet de conserver une lecture des embrasures existantes et d'égaler les différentes épaisseurs. Les embrasures et éléments décoratifs sont protégés avec une peinture minérale. La façade cour sans ornements est isolée par l'extérieur avec des panneaux minéraux en silicate de calcium et les embrasures sont reconstruites.
- 6 - FENÊTRES ET EMBRASURES:** Les fenêtres en PVC double vitrage sont remplacées par des fenêtres en bois avec triples vitrages. Des grilles hygro-équilibrables sont intégrées dans les cadres. Pour réduire les ponts thermiques et améliorer l'étanchéité à l'air, des nattes de chanvre sont posées dans les embrasures.
- 7 - SOL REZ:** Afin de préserver la hauteur et les cadres des portes existantes, la dalle du rez-de-chaussée sur vide sanitaire est isolée uniquement avec une fine couche de liège ou un isolant plus performant.
- 8 - ISOLATION INTERIEURE:** Sur la façade rue, une isolation intérieure en panneaux de silicate de calcium de 60 mm ouverts à la diffusion de vapeur complète l'intervention sur les murs intérieurs, mais nécessite des travaux conséquents dans les appartements. Une fine couche d'isolation de laine de chanvre permet d'atténuer le pont thermique au niveau des têtes de poutres en bois.
- 9 - VALORISATION DES COMBLES:** Un aménagement des combles est envisageable et permet d'exploiter le volume intéressant sous la charpente isolée.

Plan et coupe schématiques: En rouge, les éléments de l'enveloppe isolés dans le sanitaire. En bleu, l'étape supplémentaire de la valorisation des combles. En orange, l'intégration des panneaux photovoltaïques. En noir, l'enveloppe thermique.

COUPE SUR RUE **COUPE SUR COUR**

A Toiture (VALORISATION)
U renouv: 0.17 W/m²K
Couverture en tuiles plates/Tuiles photovoltaïques
Lattage 50mm
Contre-lattage 80 mm
Laine de sous-toiture ouverte à la diffusion
Sous-couverture rigide, fibre de bois
A = 0.04 W/m²K, 60x60 mm
Isolation laine de bois entre chevrons
A = 0.038 W/m²K, 140 mm
Fini-vapeur à diffusion variable
Lattage technique
Lames bois rainées crépées

B Isolation sur combles
U existant: 0.83 W/m²K
U renouv: 0.17 W/m²K
Plancher bois massif 22mm
Isolation ouate de cellulose avec lambeaux croisés
A = 0.028 W/m²K, 200 mm
Fini-vapeur
Chape ciment
Etianchéité
Plancher bois 27 mm
Poutrennes en bois
Lattes bois-plâtres
Enduit de finition

C Murs de façade Rue
U existant: 0.58 W/m²K
U renouv: 0.24 W/m²K
Crépi minéral à la chaux 10 mm
Crépi isolant minéral
A = 0.06 W/m²K, 30 mm
Mauçonnerie en moellons 650 mm
Isolation en silicate de calcium
A = 0.042 W/m²K, 60 mm
Lattage et crépi minéral 10 mm

D Murs de façade Cour
U existant: 2.11 W/m²K
U renouv: 0.55 W/m²K
Enduit minéral int. 10 mm
Mauçonnerie en moellons 600 mm
Isolation en silicate de calcium
A = 0.042 W/m²K, 100 mm
Lattage et crépi minéral 10 mm

E Plancher sur Rez-de-chaussée
U existant: 0.83 W/m²K
U renouv: 0.32 W/m²K
Parquet bois 20 mm
Lattage 20 mm
Chaille entre solivage
Lattes bois plâtres et enduit 30 mm
Fini-vapeur à diffusion variable
Isolation thermique fibres de bois
A = 0.038 W/m²K, 2 x 60 mm
Enduit minéral de finition 10 mm

F Plancher Rez-de-chaussée
U existant: 0.41 W/m²K
U renouv: 0.62 W/m²K
Revêtement parquet bois 20 mm
Isolation en liège
A = 0.04 W/m²K, 30 mm
Chape ciment et carrelage
Dalle à hourds TC: 180 mm

G Fenêtres et embrasures
U existant: 2.8 W/m²K existant: 0.78
U renouv: 1.0 W/m²K renouv: 0.67
Fenêtres triples vitrages
U: 0.8 W/m²K
Cadres bois UR: 1.4 W/m²K
réglettes hygro-équilibrables
Embrasures bois
laine de chanvre 20 mm

PLAN FENÊTRE ET EMBRASURE

Si la valeur U maximale admissible selon SIA 180:2014 ne peut pas être respectée pour des raisons patrimoniales, une vérification de physique du bâtiment est exigée (tableau 7, chap. 4, 1.2).

PRODUCTION DE CHALEUR
Producteurs de chaleur renouvelables en fonction des possibilités du lieu.

- Chauffage à distance (renouv.)
- PAC air-eau
- PAC sol-eau
- Chaudière à bois
- Chaudière à pellets
- Solaire thermique

PERTES THERMIQUES EXISTANTES

STRATÉGIE DE RENOVATION - INSTALLATIONS TECHNIQUES

5^e - PRODUCTION ET DISTRIBUTION DE CHALEUR: La chaudière à mazout située dans le bâtiment voisin est remplacée par un raccordement au chauffage à distance renouvelable. Ce changement est possible à n'importe quelle étape. Le système de distribution de chaleur existant est conservé et isolé, les radiateurs existants sont conservés et systématiquement équipés de vannes thermostatiques et d'organes de réglages pour un équilibrage hydraulique.

VENTILATION: Le changement des fenêtres nécessite la mise en place d'un concept de ventilation simple flux. Le renouvellement d'air est assuré par des grilles hygro-équilibrables intégrées dans les cadres des fenêtres. Une extraction mécanique est intégrée dans les gaines existantes des sanitaires. Une récupération de chaleur sur les installations de ventilation peut être exigée.

ÉNERGIE SOLAIRE ET ÉLECTRICITÉ: L'ensemble du pan de la toiture, côté cour est recouvert de tuiles solaires photovoltaïques qui s'intègrent au niveau couleur et brillance dans le contexte construit. Les communs sont équipés de luminaires à LED de détecteurs de présence.

BESOINS DE CHALEUR
Châssis SIA 3801:2016 (kWh/m²/an)
GUs renouv: 100% 2016 (kWh/m²/an)

BILAN ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTAL¹

ÉMISSIONS À EFFETS DE SERRE
CO₂ eq (kg/m²/an) selon SIA 2004

COÛTS DES INTERVENTIONS²

APPROCHE GLOBALE ET LIMITE DE L'ÉTUDE DE CAS
L'étude de cas illustre les mesures adaptées pour rénover énergétiquement les différents éléments de l'enveloppe. Les mesures sont planifiées selon leur degré de facilité de mise en œuvre. L'ordre proposé prend en compte la vétusté et la durée de vie des éléments et peut varier selon les bâtiments. En isolant les murs, les dalles contre les locaux non chauffés et la façade extérieure, le bâtiment atteint l'étiquette énergétique D. Pour répondre entièrement aux exigences légales et atteindre l'étiquette C, une isolation du sol et/ou une isolation intérieure complémentaire est nécessaire et devra être planifiée lors de la prochaine rénovation des locaux, mais nécessite la dépose des radiateurs et la reprise des tablettes. D'autres contraintes, comme, par exemple, les exigences en matière de protection incendie, d'isolation phonique, la mise en conformité des éléments de sécurité ou la présence de substances nocives influencent fortement un projet de rénovation. Des réflexions sur la pertinence de la typologie, l'usage ou le potentiel de densification peuvent apporter des plus-values au projet. En cas de travaux, une réelle étude de faisabilité par des professionnels qualifiés s'avère indispensable.

COÛTS / m² SRE
Sans valorisation: 1'703 CHF/m²
Avec valorisation: 1'795 CHF/m²

Evolution Enveloppe Globale

APPRECHES ÉNERGÉTIQUES

Les solutions d'assainissement énergétique présentées dans cette fiche ne sont aucunement contraignantes pour le propriétaire du bien analysé.

Détails après rénovation 2005

A Toiture
 U actuel: 0,46 W/m²K
 Valeur U requis: 0,25 W/m²K

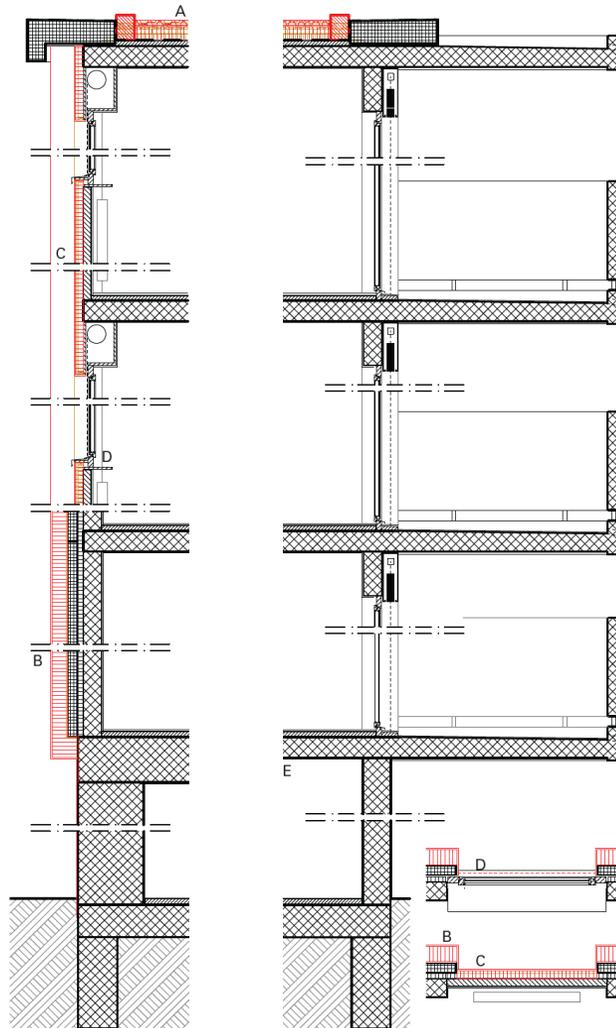
- .Graviers, 50mm
- .Couche drainante
- .Étanchéité bitumineuse
- .Isolation XPS, 100 mm
- .Barrière vapeur
- .Chape ciment en pente, 40 mm
- .Dalle béton armé, 160 mm
- .Enduit intérieur, 10 mm

B Murs de façade
 U actuel: 0,28 W/m²K
 Valeur U requis: 0,25 W/m²K

- .Enduit extérieur, 10 mm
- .Isolation EPS, 120 mm
- .Enduit extérieur sur panneau préfa.
- .Éléments béton préfabriqués, 70 mm
- .Isolation laine de verre, 40+10 mm
- .Mur béton armé, 140 mm
- .Enduit intérieur, 10mm

C Murs contre-cœur
 U actuel: 0,68 W/m²K
 Valeur U requis: 0,25 W/m²K

- .Enduit extérieur, 10 mm
- .Isolation EPS, 60 mm
- .Brique en terre cuite creuse, 60 mm
- .Enduit intérieur, 10 mm



PERTES THERMIQUES EXISTANTES

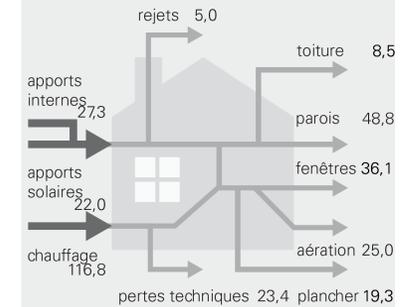


Diagramme de Sankey en [kWh/m²].
 La valeur limite SIA 380/1 est de 39,6 kWh/m² et les besoins de chaleur pour le chauffage (Q_H) sont de 93,5 kWh/m².

D Fenêtres
 U_w existant: 2,9 W/m²K
 g existants: 0,78
 Valeur U requis: 1,0 W/m²K

- .cadre bois
- .double vitrage sans gaz

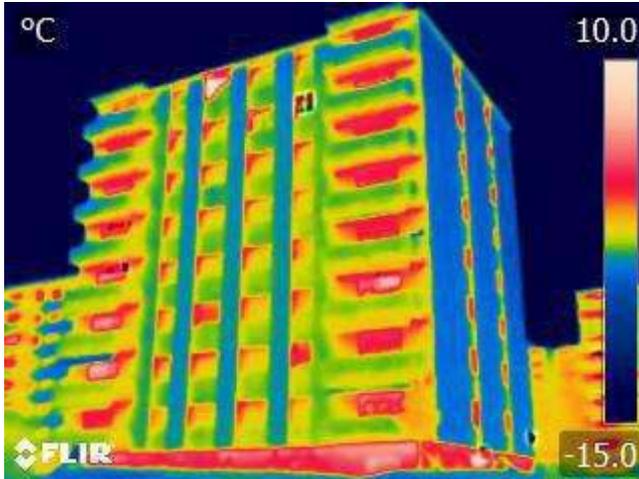
E Dalle rez-de-chaussé
 U origine (1971): 1,97 W/m²K
 Valeur U requis: 0,28 W/m²K

- .Parquet/ Carrelage 15 mm
- .Chape ciment 40 cm
- .Dalle en béton armé 160 mm

Enveloppe

Performance énergétique

Enveloppe					
07 Murs	2005	●	●	●	Isolation ajoutée sans coupure protection feu
08 Fenêtres et caisson de stores	1971	●	●	●	Double vitrage sans gaz + caisson de store non isolé
09 Toiture/couverture	2005	●	●	●	XPS ajoutée en fin de vie (25-30 ans)
10 Balcons	2005	●	●	●	Ponts thermique, carbonatation du béton

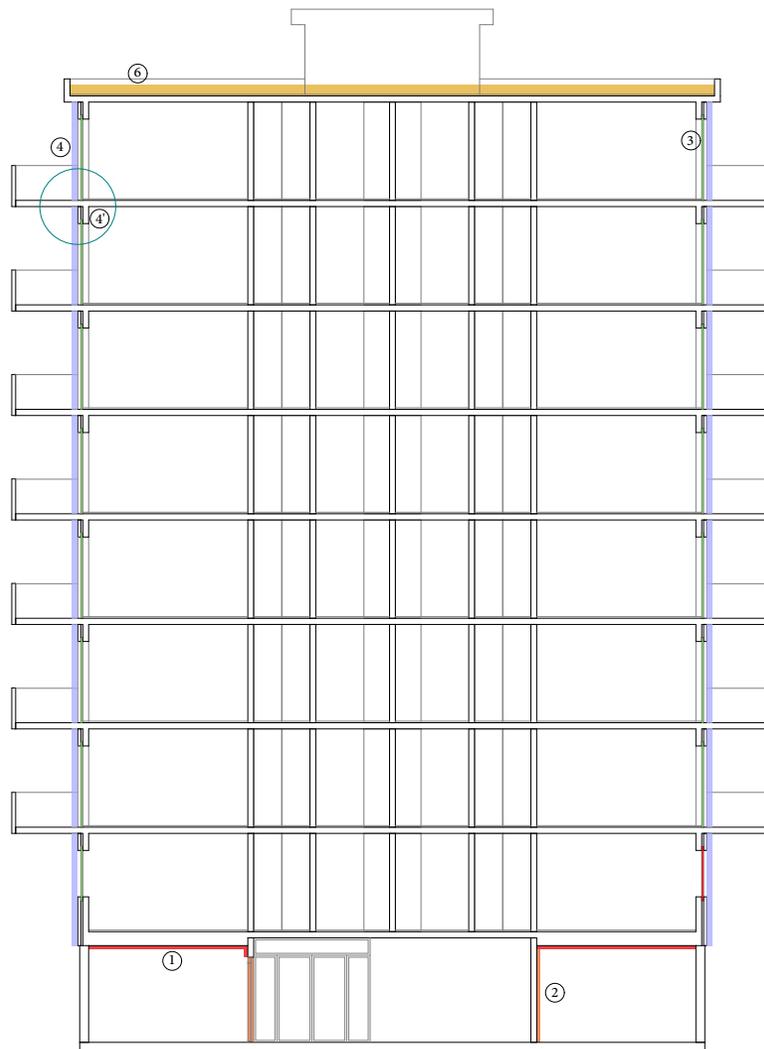


Installations techniques

Installations techniques					
11.1 Chauffage - Production de chaleur	2005	●	●	●	Production de chaleur à énergie fossile
11.2 - Distribution de chaleur		●	●	●	Radiateur sans vannes therm., conduites non isolées
12 Ventilation	1971	●	●	●	Ouverture fenêtres et ventilateur dans les sanitaires
13 Sanitaire	1971	●	●	●	Une salle de bain par appartement
14 Electricité	1971	●	●	●	Luminaires des communs à haute consommation



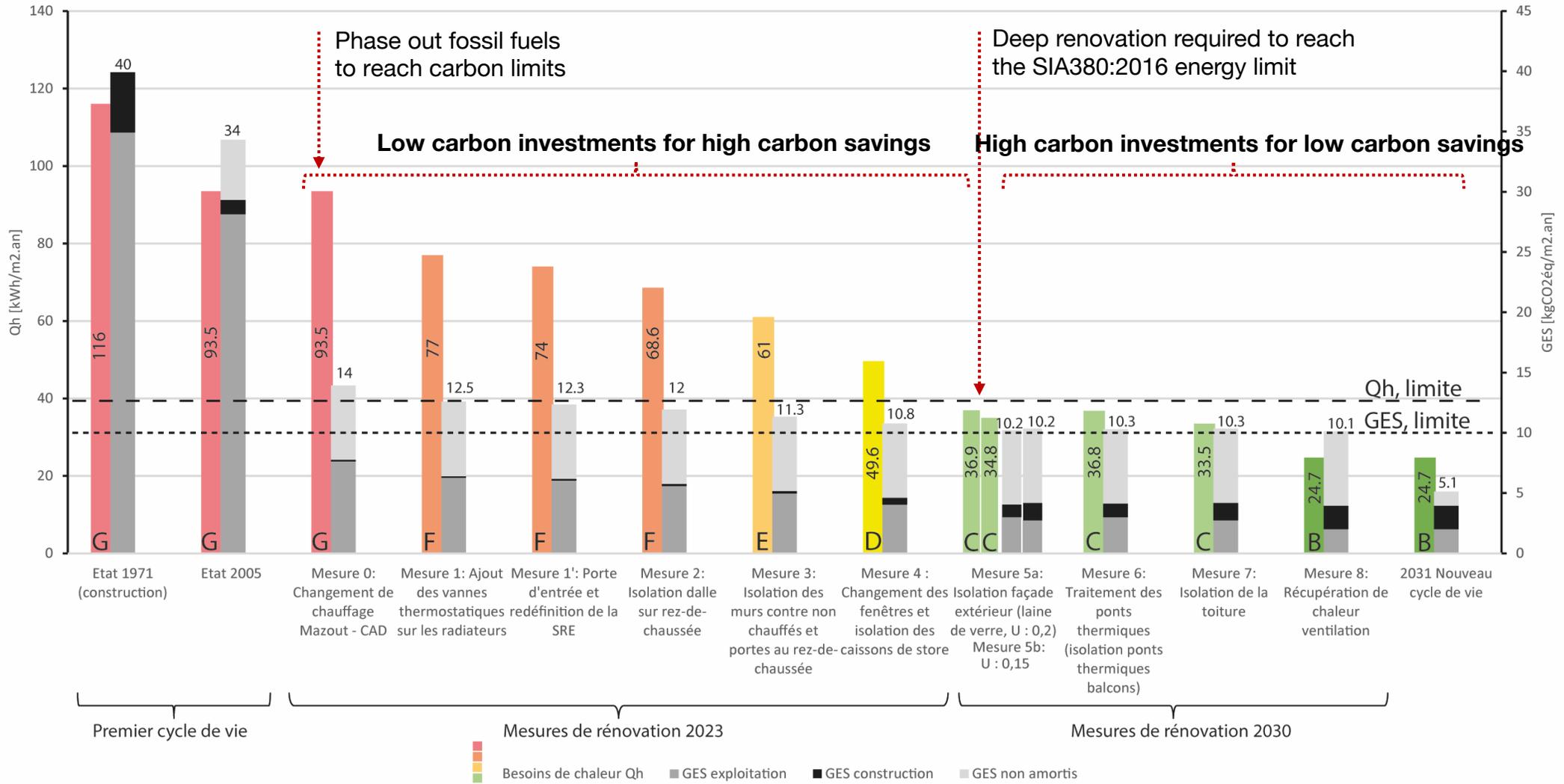
Stratégie de rénovation



- ① Isolation dalle sur rez-de-chaussée
Optimisation des installations techniques
- ② Isolation murs contre non-chauffé et portes rez-de-chaussée
- ③ Remplacement fenêtres par du triple vitrage (et isolation des caissons de store)
- ④ Rénovation énergétique façade*
- ④ Traitement des ponts thermiques
- ⑥ Isolation toiture
- ⑦ Mesures de valorisation
 - I. Démolition des balcons et nouveaux balcons
 - II. Surélévation
 - III. Intégration photovoltaïque/ solaire
 - IV. Intégration ventilation simple ou double flux
 - V. Traitement d'autres obsolescences fonctionnelles
- ④ Rénovation énergétique façade*
 - V1_Isolation périphérique crépie: laine minérale (valeur U: 0,2)
 - V2_Isolation périphérique crépie: laine minérale (valeur U: 0,15)

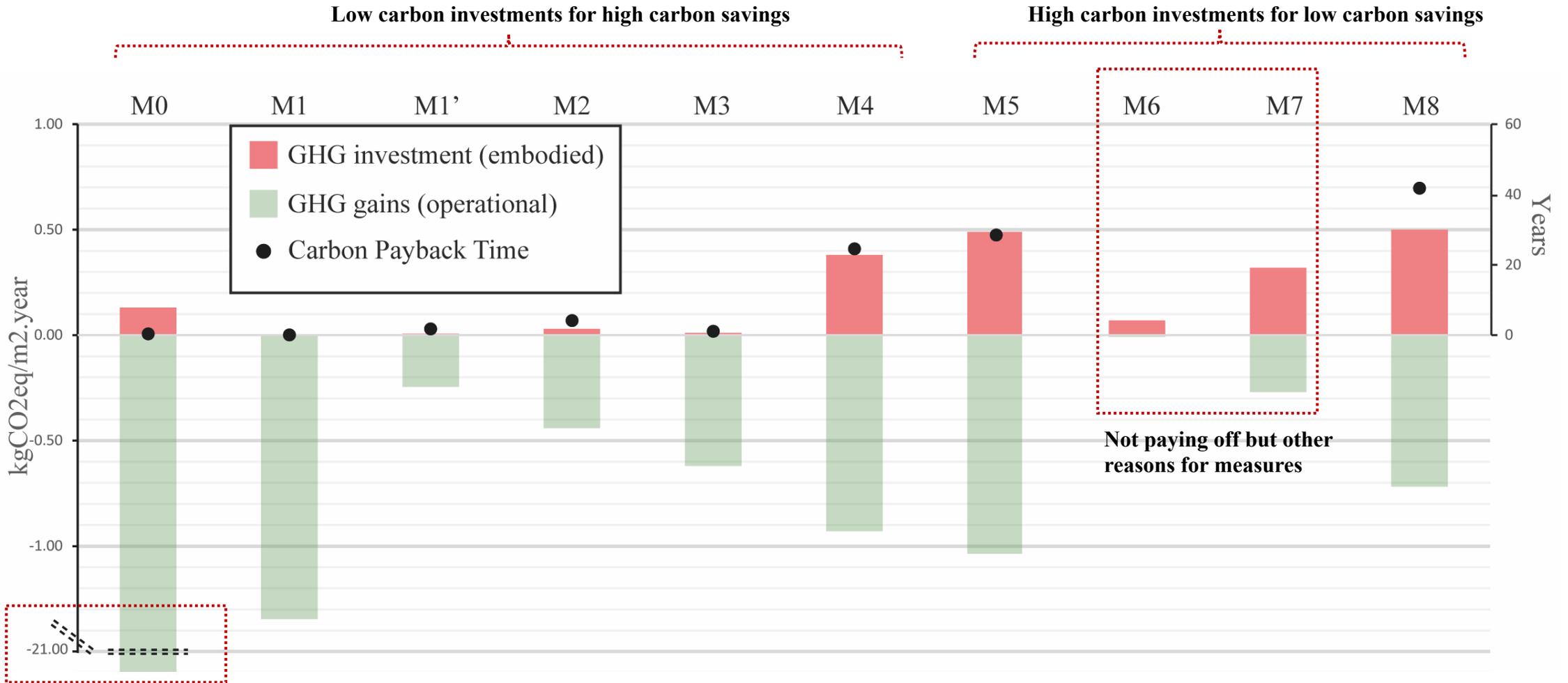
ENERGY BALANCE AND ECO-BALANCE

STEPWISE MEASURES



CARBON PAYBACK TIME

STEPWISE MEASURES

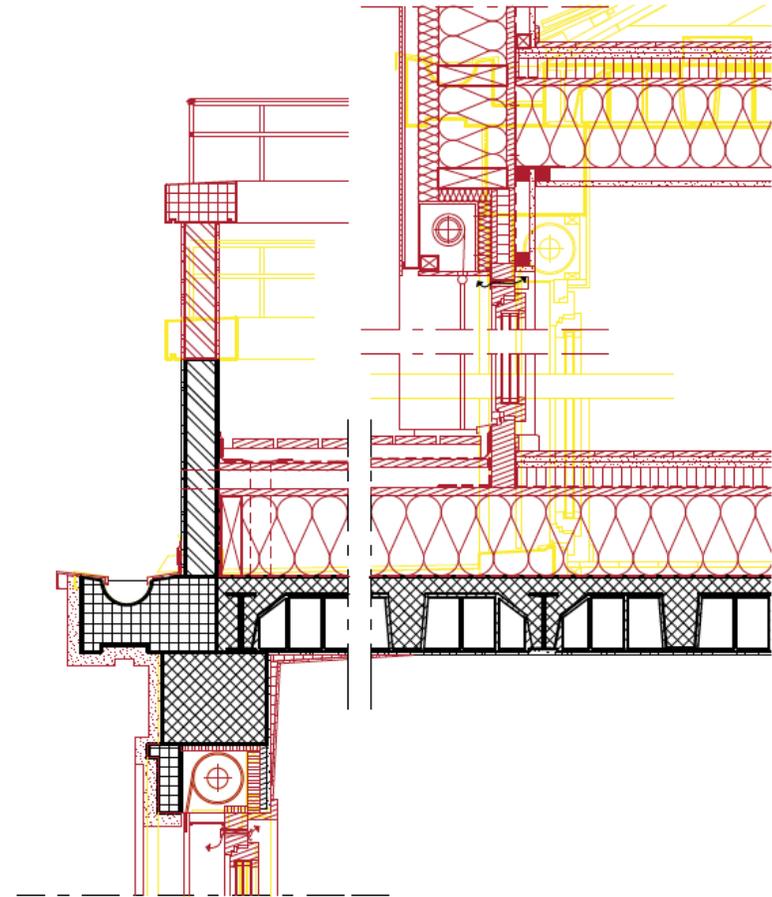


Phase out fossil fuels = carbon savings out of scale

OBSOLESCENCES

RENOVATION DE BATIMENT

- Architecture et usage
- Construction sans obstacles
- Sécurité des personnes - Dispositifs contre la chute
- Protection incendie
- Protection contre le bruit
- Performance énergétique
- Enjeux climatiques
- Sécurité structurelle et sismique
- Substances nocives
- Qualité de l'air ambiant
- Conformité installations électriques



FEUILLE DE ROUTE

APPROCHE GLOBALE

- Les rénovations ne sont que pertinentes si elles tiennent compte de la durée de vie des éléments, si elles préservent les qualités existantes et en créent de nouvelles. Ils doivent donc être considérés comme un **processus d'optimisation dans une perspective de durabilité** qui inclut l'énergie grise des éléments et la durée de vie des interventions.
- D'autres besoins doivent être pris en compte, comme le confort, la physique du bâtiment, le potentiel de densification, et les autres obsolescences.
- Les fiches typologiques sont un outil précieux pour les planificateurs et services concernés. Toutefois, pour garantir des rénovations durables, il est nécessaire d'**encourager activement et de subventionner des études globales** établies par des professionnels qualifiés.
- **Une feuille de route individuelle** donne au propriétaire une idée viable des travaux et des investissements nécessaires. Des interventions par étapes permettent de rendre les rénovations techniquement et économiquement réalisables tout en garantissant la réalisation des objectifs climatiques globaux.

FEUILLE DE ROUTE APPROCHE GLOBALE

108 IMMEUBLE HAUTE CONJONCTURE

DESRIPTIF: Cet immeuble d'habitation localisé à huit étages sur rez-de-chaussée est représentatif d'un immeuble localisé des années 70 à Fribourg. La typologie et la construction du bâtiment sont rationnelles et économiques. La structure portuse est en béton. Les façades sont composées d'un mur porteur intérieur en béton, d'une isolation et des panneaux préfabriqués. Les trames verticales des fenêtres ont une composition différente. Ce type de bâtiment a généralement été rénové de manière ponctuelle après 30-40 ans. Dans ce cas une couche de 12 cm d'isolation périphérique crépe a été ajoutée en façade en 2005. Le revêtement des contre-cœurs avec une fine couche d'isolation et des panneaux en fibres de ciment ont été remplacés par des panneaux isolés crépis. La toiture plate a été rénovée et isolée avec 10 cm XPS. La rénovation ponctuelle n'a pas été satisfaisante. Les fenêtres sont d'origine, le rez-de-chaussée chauffé n'est pas isolé et de nombreux ponts thermiques ne sont pas résolus. Des dégâts de carbonatation sont visibles sur les éléments préfabriqués des balcons. Le bâtiment présente de nombreuses obsolescences normatives et les appartements n'ont pas été rénovés. Le bâtiment est chauffé à l'énergie fossile et l'isolation des façades en EPS ne répond pas aux exigences incendie d'un bâtiment à moyenne hauteur.

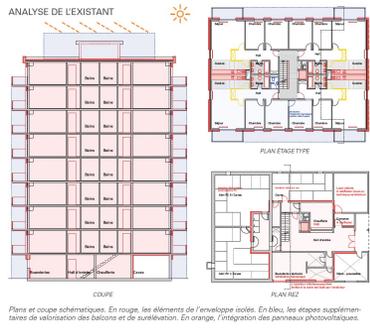
CONCEPT: Les mesures proposées tiennent compte de la durée de vie des éléments et hiérarchisent les interventions dans le temps. Dans un premier temps des mesures de rénovation énergétique facilement réalisables et ayant peu d'impact pour les locataires ont été identifiées: pose des vannes thermostatiques, raccordement au chauffage à distance, isolation des pignons et murs contre non-chauffés. Les fenêtres sont remplacées, les caissons de store isolés et un concept d'aération mis en place. Au prochain cycle de rénovation pour l'enveloppe une nouvelle isolation périphérique est à privilégier et présente l'occasion de changer le caractère du bâtiment et résoudre les nombreux ponts thermiques. Une étape de valorisation complète les réflexions.



Situation 1: 5/100

Type	immeuble localisé
Année de construction	1971
Année de rénovation	2005
Nombre d'étages	102 / 8/9
Nombre de logements	32 / 32
Surface bâtie (m ²)	366 / 368
Hauteur du bâtiment (m)	25 / 29
Catégorie KE41	moyenne hauteur
Note au recensement	-
Site ISO5	-
SRE [A ₁ (en ²)]	3020 / 3005
Surface A ₁ (m ²)	2828
Facteur d'enveloppe (A _v /A ₁)	0,87
Besoins de chaleur mesurés	-
Consommation réelle (E _{act}) [kWh/m ²]	140
Energie finale calculée (E _{calc}) [kWh/m ²]	143/69
Installations techniques	-
Chaudière à mazout / radiateur sans vannes thermostatiques / ventilation par ouverture des fenêtres et extraction mécanique dans les salles d'eau	-

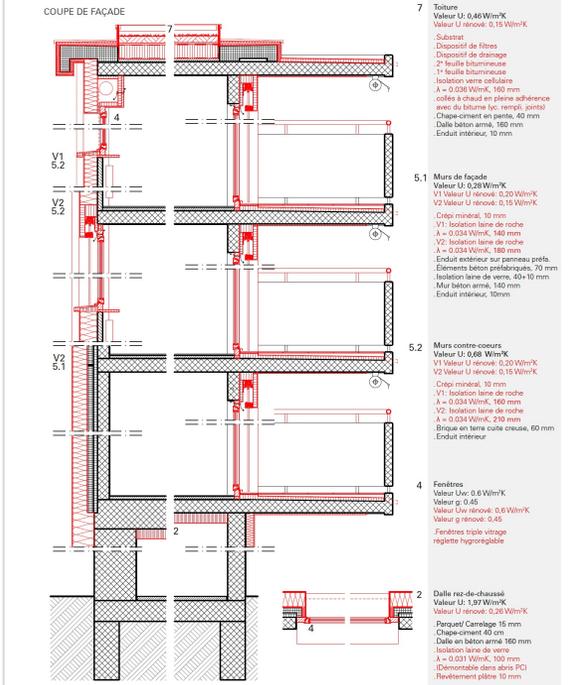
toiture
accroché
fenêtres
protection solaire
store à rouleau, caisson intérieur, isolation du caisson de store
façade
Balcons
socle



STRATEGIE RENOVATION

- 1- REDEFINITION SRE:** Le remplacement de la porte d'entrée coulisante par une porte battante ou la création d'un sas d'entrée limitent les pertes au rez. Le radiateur de la salle d'entrée est démonté.
- 2- ISOLATION DALLE DU REZ:** Une isolation au plafond du rez améliore les performances thermiques entre espaces chauffés et non-chauffés. Isolation de l'abri PC doit être facilement démontable.
- 3- ISOLATION MURS CONTRE NON CHAUFFES ET PORTES:** Les murs du rez de-chaussée contre les espaces non-chauffés des caves sont isolés par l'extérieur. Le bardage est isolé avec une isolation intérieure en liège de calcium de 90mm. Une isolation extérieure du socle permet d'éviter l'induction intérieure.
- 4- FENÊTRES ET CAISSON DE STORE:** Les fenêtres d'origine sont remplacées par des fenêtres triple vitrage et équipées de grilles hygro-glabiles. Les caissons de store sont isolés ou remplacés par des stores à lamelles avouées.
- 5- FAÇADE:** L'isolation thermique EPS ajoutée en 2005 de manière ponctuelle présente de nombreuses faiblesses et ne répond pas aux exigences incendie d'un bâtiment à hauteur moyenne. Une nouvelle isolation périphérique en laine minérale sur toutes les surfaces remplace l'isolation actuelle. La variante 1 (V1) vise à atteindre les exigences légales et maintient la position de la fenêtre et des caissons de store. La variante 2 vise des exigences élevées et permet d'intégrer des nouveaux stores à lamelles dans l'isolation.
- 6- TRAITEMENT DES PONTS THERMIQUES:** Les ponts thermiques des balcons, de l'accroché et du socle doivent être résolus pour éviter des problèmes de moisissures dans les appartements. Les dalles des balcons sont isolées par dessus et dessous ou remplacées par des nouvelles balcons suspendues. Le pont thermique de l'accroché en béton est isolé par l'extérieur ou l'intérieur. L'isolation périphérique descend suffisamment bas au niveau du socle pour résoudre ce pont thermique.
- 7- ISOLATION DE LA TOITURE:** L'isolation de la toiture plate a été remplacée en 2005. Lors du prochain cycle de rénovation la composition est remplacée par une toiture végétalisée et une isolation en verre cellulaire qui présente une longue durée de vie.
- 8- VALORISATION:** La structure du bâtiment permet la surélévation en construction légère. La densification est néanmoins limitée à un étage à cause de la hauteur du bâtiment (ZEm). A partir de 30m le bâtiment change de catégorie incendie et doit répondre aux exigences accrues, très difficilement réalisable dans un bâtiment existant. La démolition et reconstruction des balcons permettra de résoudre les ponts thermiques et présente une occasion pour changer l'image et l'attractivité de l'immeuble. Les fenêtres peuvent être agrandies par la suppression des contre-cœurs pour accéder aux balcons agrandis et amener plus de lumière naturelle.

OBsolescences: Une rénovation globale est l'occasion de remédier aux différentes obsolescences de l'immeuble. Les parties d'appartements sont changées pour répondre aux exigences feu et acoustique. Les contre-cœurs et garde-corps sont surélevés si nécessaire. L'ascenseur est changé pour permettre l'accès à mobilité réduite. La disposition de plan permet facilement des améliorations comme l'ouverture de la cuisine sur le salon, l'ajout d'un VVC à côté de l'entrée ou la possibilité de créer des logements de 2-4 pièces. L'isolation phonique peut être améliorée en posant un revêtement absorbant.



PRODUCTION DE CHALEUR
Production de chaleur renouvelables en fonction des possibilités de lieu

- Chauffage à distance (renouv.)
- PAC eau-eau
- PAC air-eau
- Géothermie
- Chaudière à bois
- Chaudière à pellet
- Solaire thermique

PERTES THERMIQUES EXISTANT

toiture	6,2%
parois	6,2%
fenêtres	36,2%
chauffage	49,4%
portes techniques	23,4 p/m ² K

APPORTS THERMIQUES [kWh/m²]

Chauffage	115,8	41,9
Apports internes	2,3	2,3
Apports solaires	22,0	12,6

2005 Rénové

PERTES THERMIQUES [kWh/m²]

Toit	8,5	2,6
Parois	48,8	20,2
Fenêtres	36,1	12,6
Aération	29,0	21,1
Portes	19,3	7,3
Portes techniques	23,4	8,4

VALEUR LIMITE [kWh/m²]

2005	39,6	39,8
Rénové	112,5	33,5

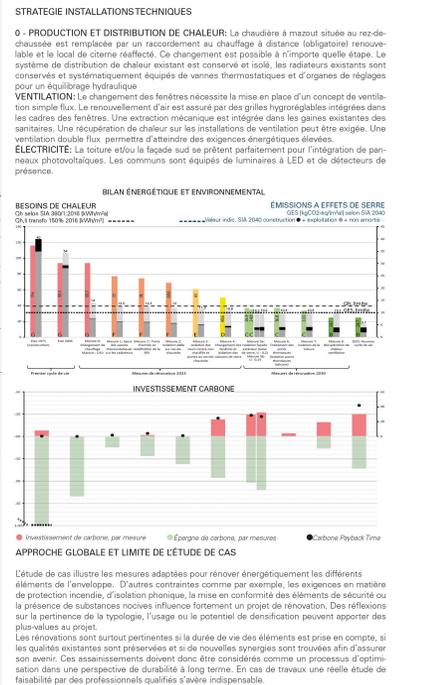
BESOINS CHALEUR [kWh/m²]

2005	39,6	39,8
Rénové	112,5	33,5

CECB
Certificat énergétique centralisé des bâtiments avec les valeurs standard de ventilation et électrique

Evolution Enveloppe Globale

● Investissement de carbone par mesure □ Épargne de carbone par mesures ● Carbone Payback Time



OUTILS ET PUBLICATIONS

The image displays a series of technical architectural drawings for a building renovation project. It includes:

- CHARACTERISTIQUES:** A list of building specifications and materials.
- STRATEGIE D'INTERVENTION:** A floor plan showing the layout of the building and the location of various interventions.
- DETAILED - SECTION 2:** A detailed cross-section of the building showing the internal structure, insulation, and mechanical systems.
- LES RENDEMENTS:** A series of bar charts and graphs showing the energy performance and efficiency of the building after renovation.

