



*Marc Tillmanns  
Responsable de l'Agence  
MINERGIE® romande  
Fribourg, Schweiz*

## **Evaluation et analyse de rénovations effectuées selon le standard MINERGIE®**



# L'assainissement dans toute sa splendeur

La grande partie des activités liées à la construction en Suisse repose sur l'assainissement des bâtiments. La rénovation, lorsque la qualité est garantie, permet de maintenir la valeur du bâtiment sur le long terme. Le standard MINERGIE® devient ainsi un instrument fort intéressant. La haute qualité de confort et de salubrité d'un habitat, qui répond à des exigences de construction poussées, est liée à une faible consommation d'énergie. C'est ce constat qui fixe les exigences MINERGIE®.

Il a été maintes fois démontré que les bâtiments MINERGIE® sont rentables. Les coûts annuels (coûts du capital et d'exploitation) sont plus bas que pour les bâtiments conventionnels. La plus value et les avantages évidents des bâtiments MINERGIE® renforcent encore cet argument. L'accroissement du confort et l'importante réduction des charges de chauffage n'en constituent qu'une partie des éléments. Le bâtiment conserve, sur le long terme, sa valeur immobilière, protège contre les bruits extérieurs et le pollen, élimine les risques de moisissures, garantit une qualité d'air optimale et constante.

Les coûts d'investissement pour la rénovation de 16 bâtiments analysés<sup>8</sup> se situent entre 990 et 5'300 CHF par m<sup>2</sup> de surface brute de plancher. Convertis en m<sup>3</sup>, ces coûts s'élèvent en moyenne à 500 CHF/m<sup>3</sup>. Les surcoûts de ces mêmes bâtiments se situent entre 0.7% et 10.6%, (moyenne : 5.8%). Ce qui représente un surcoût de 15 à 176 CHF par m<sup>2</sup> de surface brute de plancher.

D'autre part, si l'on tient compte des coûts d'exploitation, une autre analyse<sup>7</sup> démontre que les coûts annuels (coût du capital investi + énergie + entretien et taxes) se situent en dessous de ceux des bâtiments conventionnels (-0.6% en moyenne).

Bien que les coûts d'investissement puissent se révéler légèrement plus élevés pour un bâtiment MINERGIE®, les aides financières sous forme de subvention, de rabais pour les modules de construction MINERGIE®, les taux hypothécaires préférentiels et la majoration du taux d'utilisation au sol sont des éléments favorisant largement la construction selon l'état de la technique et du confort actuel.

17% de la population Suisse souffre d'allergie et 60% de nuisance au bruit.

En Suisse, les dégâts dus à l'humidité représentent 5.8 milliards de francs par an.

Transformation totale de la maison Fournier (VS 131): 490 CHF/m<sup>3</sup>.

Rénovation d'un bâtiment de deux logements – ZH 070 :  
Coûts annuels :  
- Conventionnel  
CHF 54'342.- (100%)  
- MINERGIE®  
CHF 53'354.- (98%)  
Economie financière sur l'énergie : 78%

Rénovation d'un bâtiment de 8 appartements - NE 036 :  
Coûts annuels de l'énergie avant les travaux CHF 10'956.30.-  
Coûts annuels de l'énergie après les travaux CHF 3'494.40.  
Economie : 68%

Marcel Rose, Directeur des finances de la banque cantonale de Zurich :  
« Le financement d'objets optimisés selon le standard MINERGIE® est intéressant pour les banques car de tels bâtiments deviennent encore plus attractifs en cas de crise énergétique. De plus, du à la préservation de la valeur du bien fonds, le risque lié à l'hypothèque est moindre. »

L'augmentation de la surface habitable par une rénovation optimisée a également ses arguments favorables en matière de rentabilité. Les coûts d'assainissement, voire les surcoûts engendrés pour obtenir un bâtiment **MINERGIE®** offrant des surfaces attractives supplémentaires s'amortissent ainsi plus facilement. C'est un autre aspect de la conservation de la valeur du bien fonds.

Certains cantons majorent jusqu'à 10% le taux d'utilisation au sol pour les bâtiments Minergie

De plus, la pratique démontre que l'assainissement selon ce standard ne se focalise pas uniquement sur l'abaissement de la demande en énergie, mais que la qualité architecturale se révèle, dans la plus part des cas, exemplaire. Il n'est pas rare de constater que la nouvelle peau du bâtiment lie l'art à la technologie en intégrant des composants relatifs à la technique du bâtiment (canaux d'amenée d'air neufs, dispositifs de protection solaire...).

## Quintessence

L'analyse des rénovations selon le standard **MINERGIE®** permet de pointer quelques caractéristiques spécifiques:

- Dans la plus part des cas, l'assainissement est couplé à un agrandissement de la surface habitable ou au moins à une nouvelle conception des volumes.
- L'enveloppe du bâtiment est l'élément central de la rénovation.
- L'aération mécanique contrôlée à double flux est de loin le système le plus prisé.
- Le choix du combustible et de l'installation de production de chaleur reste très varié.
- Le nouvel agencement des volumes, et leurs extensions éventuelles augmentent sensiblement la valeur immobilière d'une rénovation MINERGIE.

Ruedi Kriesi, Dr sc. Tech. Directeur de Zehnder Confosystems AG – Wädenswil :

« Toute personne qui aujourd'hui choisit de construire selon le standard **MINERGIE®** a de bien meilleures chances de posséder encore une maison moderne dans **15 ans** ».

A ce jour, plus de 2'200 labels **MINERGIE®** ont été décernés. La part du marché est estimée à 8% et devrait atteindre les **40%** d'ici les 10 prochaines années.

## Conclusions

- Les coûts annuels moyens des bâtiments Minergie sont aujourd'hui déjà plus bas que ceux des bâtiments conventionnels.
- Avec l'augmentation des coûts de l'énergie (taxe sur le CO2...), cette différence de coût s'accroîtra encore en faveur de **MINERGIE®**.
- Les exigences législatives actuelles en matière de construction ne correspondent plus à l'état de la technique.
- Les nombreux bâtiments **MINERGIE®** (plus de 2'200) labellisés en Suisse posent les jalons pour le futur. **MINERGIE®** innove et crée de nouveaux potentiels de développement.
- La confédération, les cantons, nos partenaires de l'économie agissent dans le sens du développement durable et de l'utilisation rationnelle de l'énergie et formulent clairement : **MINERGIE®** signifie confort, qualité de vie, efficacité énergétique, rentabilité des investissements occasionnés et recourt aux énergies renouvelables.
- Celui qui construit et conçoit ses bâtiments selon le standard **MINERGIE®**, se distingue de ses concurrents et se profile sur le marché avec un produit attractif.

Werner Setz, architecte à Ruppenswil et partenaire spécialiste de **MINERGIE®**:

« Nous bénéficions clairement d'une augmentation de nos mandats depuis que nos objectifs se basent également sur la construction de bâtiments efficaces en matière d'énergie. Le message que nous sommes des spécialistes en la matière se transmet de bouche à oreille ».

### Le potentiel est de 70% et non de 5% !

« Cette polémique en matière d'énergie dure déjà depuis les années septante, suite à la crise pétrolière. Autour de cette discussion, nous avons très longtemps parlé de difficultés techniques. En effet, nous n'avons pas réalisé de grands progrès. Des améliorations existent, mais dont le développement reste limité par rapport à leur considérable potentiel. Le plus choquant, c'est que nous ne sommes, dans la plus part des cas, même pas prêts à réaliser nos nouveaux bâtiments selon l'état actuel de la technique. Nous ne parlons plus de 5% d'économie en matière d'énergie, mais de 50% à 70%. C'est incroyable que la connaissance actuelle trouve si peu d'application ! »

Interview avec Dietmar Eberle, professeur dans la division architecture et développement à l'EPF de Zurich<sup>11</sup>.

### Sources

- <sup>1</sup>Haus Fournier – ein Haus im Haus  
Lukas Egli Architekt – Riehen
- <sup>2</sup>Nombreuses informations, témoignage et photographies de:  
- Vincent Fournier, St Léonard  
- Blaise Favre, architecte EPF – Venthône
- <sup>3</sup>VILLE DE NEUCHÂTEL / Façades immeuble F.-C. de Marval 24 et 28 à Neuchâtel  
Projet de concours / Réalisation Minergie  
L'Atelier d'Architecture jean-baptiste cotelli SA / St-Blaise
- <sup>4</sup>Rénovation de bâtiments selon le standard **MINERGIE®**  
Hanspeter Bürgi & Peter Raaflaub - Berne
- <sup>5</sup>La maison **MINERGIE®** – Guide de conception  
Rudolf Fraefel, architecte diplômé EPF, SIA - Grüningen
- <sup>6</sup>**MINERGIE®** le confort économique  
Conférence Romande de Délégués à l'Energie - Neuchâtel
- <sup>7</sup>Wirtschaftliche **MINERGIE®**-Bauten: Daten, Beispiele, Erkenntnisse  
Hanspeter Bürgi, dipl. Architekt ETH SIA, directeur de l'Agence **MINERGIE®** construction.
- <sup>8</sup>Vorbildlich sanierte Gebäude  
Energiefachstellen der Ostschweizer Kantone und des Fürstentums Liechtenstein.
- <sup>9</sup>tec dossier  
sia – Beilage zu Heft Nr. 26/27. Juni 2003
- <sup>10</sup>Bauen für die Zukunft  
Lika-Media-Consulting – Zürich
- <sup>11</sup>Gebäudetechnik, numéro 1/2002.

## Exemple 1

### Transformation d'une grange à St Léonard / VS

« La maison dans la maison » obtient le label MINERGIE®  
et le prix solaire 2003

#### Remerciements

Ces informations et la réalisation de ce projet innovant sont l'œuvre des personnes suivantes :

##### Le maître de l'ouvrage

Christine et Vincent Fournier – St Léonard

##### L'architecte concepteur

Lukas Egli, architecte HTL – Riehen

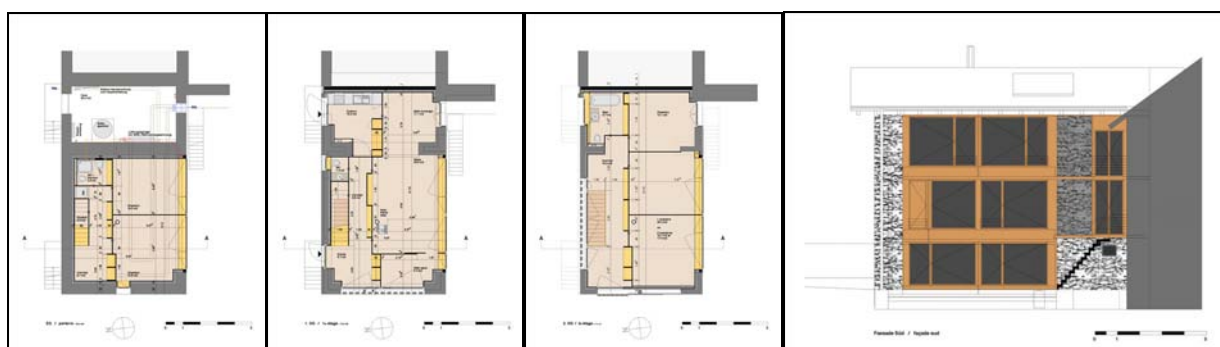
##### Collaborateur au projet et direction des travaux

Favre Blaise, architecte EPF - Venthône

## 1 Introduction

Une construction en bois réalisée selon le standard MINERGIE® dans une grange évidée fait preuve de créativité et d'intelligence. Cette maison d'habitation de 8 chambres réparties sur 3 étages en est le résultat.

La maison se dit « emballée » de l'intérieur, par la mise en place d'un matériau prédominant : le panneau en sapin en 3 couches. Ce concept d'uniformité matérielle et de monochromie, tant au niveau du sol, des murs que du plafond, peut être qualifié d'avant-gardiste. Depuis la ruelle du village, l'intervention se veut modeste, conservant ses petites ouvertures d'origine et le vieil escalier d'accès. Ce côté ludique de la « peau extérieure » contraste avec la plastique intra muros. Le mur existant est doublé à l'intérieur, disposant d'un vide qui tolère les irrégularités de l'ancienne paroi. Cette marge constructive est remplie de cellulose, faisant office d'isolation. Côté cour, le mur existant, exposé sans artifices ni lissages, est mis en scène derrière le verre, et joue le rôle de capteur solaire passif.



#### Données du bâtiment :

Année de construction (enveloppe) : environ 1990

Début des travaux de transformation : été 2001

Durée des travaux : environ 10 semaines

Emménagement : automne 2001

## 2 Déroulement de la construction

La grande partie des travaux préparatoires fut de démonter l'ancien plafond de l'écurie.



Les éléments en bois ont été intégralement préfabriqués en atelier. Plafond, murs, escaliers, armoires ont été complètement réalisés en panneaux en sapin.

Les forces verticales sont soutenues par les éléments formant les murs extérieurs et par les éléments centraux faisant office d'armoires. Les espaces situés entre les éléments formant les murs extérieurs et le mur en moellon existant sont remplis de cellulose.

Chacun des éléments des trois étages a été introduit par le toit à l'aide d'une petite grue. Le puzzle a été achevé en 6 jours de travail. Il s'ensuivit le montage des installations techniques, des fenêtres et l'achèvement de la construction intérieure. Le temps de construction total dura environ 10 semaines.



### 3 MINERGIE®

Avec un minimum de moyens financiers, une qualité et un confort maximal ont été atteints. Ainsi, et seulement avec deux poêles à bois et une aération mécanique contrôlée, cette construction répond aux exigences poussées de confort et d'hygiène.

Le besoin en énergie des bâtiments **MINERGIE®** est en moyenne trois fois moins important par rapport aux bâtiments conventionnels. La maison Fournier avec ses 56.6 kWh/m<sup>2</sup>a se trouve bien en dessous des exigences **MINERGIE®**. La valeur limite de l'indice de dépense d'énergie pondéré **MINERGIE®** pour la rénovation est de 80 kWh/m<sup>2</sup>a et de 42kWh/m<sup>2</sup>a pour les bâtiments neufs. Cette construction se rapproche donc des valeurs d'un bâtiment neuf.

Le concept global en matière d'énergie, l'optimisation de l'enveloppe du bâtiment et de l'aération douce avec récupération de chaleur, soutenus par l'installation solaire ont permis d'atteindre ce faible besoin en énergie.

### 4 L'enveloppe du bâtiment

Le mur existant est constitué de moellons d'une épaisseur variant de 30 à 60 cm, partiellement crépis. Les éléments formant le mur intérieur en sapin ont une épaisseur de 27 mm, consolidés par un cadre massif en bois de 60 mm. L'espace soufflé de cellulose varie, selon les irrégularités du mur existant, entre 12 et 20 cm.



La façade sud optimisée par des doubles vitrages performants réchauffe et illumine passivement les volumes intérieurs de l'habitation. Une partie du mur existant, isolé et recouvert de verre participe passivement au chauffage du bâtiment (effet de serre).

**Surfaces et volumes :**

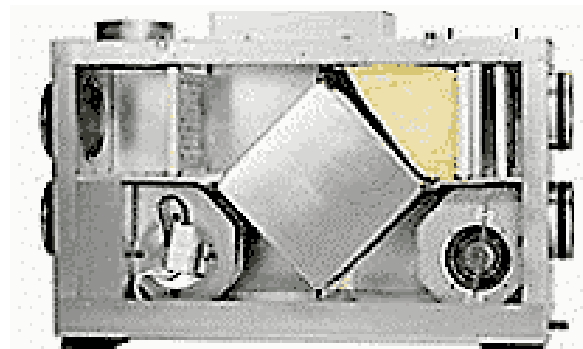
Volume transformé : environ 940 m<sup>3</sup>  
 Surface brute du plancher : environ 276 m<sup>2</sup>  
 Surface habitable nette : environ 228 m<sup>2</sup>



## 5 Installations techniques

### Chauffage :

Le chauffage est garanti avant tout par un poêle automatique à pellet placé au premier étage. L'appareil placé au centre de la maison, réchauffe les différents volumes par convection naturelle ainsi que par l'installation d'aération mécanique.



En cas de pluie et de mauvais temps, une petite flambée dans le poêle à bûche situé au rez de chaussée améliore encore le confort. Bien que l'installation d'aération dispose d'un corps de chauffe électrique, cette fonction n'a pas encore été utilisée à ce jour.

### Aération mécanique :

L'aération douce et automatique permet une homogénéité de la température de l'air et de l'humidité. Elle évacue l'air chargé de polluants, assure une bonne protection contre les pollens et favorise l'exploitation des gains solaires. Les pertes d'énergie par renouvellement d'air peuvent être réduites de 85%, grâce au système de récupération de chaleur.

Le principe est très simple : de la cuisine et des salles d'eau, on aspire l'air chaud vicié. Cet air transmet sa chaleur à l'air frais par l'intermédiaire de l'échangeur de chaleur avant d'être rejeté à l'extérieur, côté route.

L'air extérieur aspiré côté cour transite par un puits canadien long de 35 mètres situé sous la dalle du rez de chaussée. Ce transit de l'air, dans un tuyau en matière plastique, permet d'élever la température de l'air frais en hiver, et respectivement de rafraîchir l'air en été. En hiver, l'air frais tempéré dans le puits canadien se chargera de la chaleur transmise par l'air vicié avant d'être pulsé dans les chambres.

Dans la maison, l'air est distribué dans des tubes verticaux et horizontaux intégrés dans des canaux prévus à cet effet. L'air pulsé transite par des ouvertures discrètes réalisées dans les parois et sous les bancs en sapin.



### Eau chaude sanitaire :

L'eau chaude sanitaire est préparée par une installation solaire compacte. Deux capteurs solaires d'une surface totale de 4 m<sup>2</sup> produisent l'eau chaude stockée dans un accumulateur de 500 litres. En cas de besoin, le corps de chauffe électrique se met automatiquement en marche.

#### Données énergétiques :

Surface de référence énergétique (SRE): 244 m<sup>2</sup>  
 Volume chauffé : 509 m<sup>3</sup>  
 Demande d'énergie de chauffage (70%): 37.5 kWh/m<sup>2</sup>a  
 Demande d'énergie pour l'ECS (30%): 17 kWh/m<sup>2</sup>a  
 Indice de dépense d'énergie pondéré **MINERGIE®**:  
 56.6 kWh/m<sup>2</sup>a  
 Valeur U de sol et du toit : 0.22 W/m<sup>2</sup>K  
 Valeur U des murs extérieurs : 0.25 W/m<sup>2</sup>K  
 Rendement de l'échangeur de chaleur : 85%  
 Débit d'air (allure 1 à 3) : 125, 170, 350 m<sup>3</sup>/h  
 Taux de couverture solaire (4 m<sup>2</sup>) : 53%



## 6 Coûts

Avec moins de 490 CHF/m<sup>3</sup> d'investissement, les avantages financiers priment sur les surcoûts. Ce faible montant pour un bâtiment qui répond à des exigences poussées de confort et de qualité est dû principalement à l'optimisation du chauffage et au choix d'un matériau unique, le sapin. La maçonnerie a été évitée au maximum, la distribution de chaleur classique est inexistante, le chauffage passif et actif solaire sont optimisés. Dans la maison Fournier, même par une température de -10° C, on ne chauffe pas, lorsque le soleil brille.

Poêle à granulés automatique	4'000.-
Cheminée	10'000.-
Installation solaire	10'000.-
Aération mécanique double flux	10'000.-
Puits canadien	5'000.-
Combustible (hiver 2002-2003)	700.-
Coûts de la transformation	480'000.-
Coûts au mètre cube	490.-

## 7 Attrait, sentiments de la famille composée de 5 personnes

Heureux de leur choix, les propriétaires recommandent vivement la qualité de vie apportée par l'enveloppe étanche bien isolée, l'aération mécanique ainsi que par l'utilisation des énergies renouvelables.

« Nous vivons pleinement chaque journée ainsi que les saisons au gré du déplacement du soleil. Grâce à l'installation solaire et au poêle à granulés, très peu de fumée s'échappe de la cheminée. Chaque semaine, le remplissage du poêle automatique rappelle que le confort peut s'obtenir avec peu de technique ».

Résultats convaincants



Côté route



Côté jardin (façade sud)

« Nous voulions à tout prix conserver l'histoire et le cachet de cette ancienne bâtisse... notre idée de la maison dans la maison nous ravit ».



Avant les travaux



## **Exemple 2**

### **Rénovation des immeubles F.-C. de Marval 24 et 28 à Neuchâtel**

#### **Remerciements**

Ce rapport<sup>3</sup> détaillé et la réalisation de ce projet exemplaire sont l'œuvre de :

#### **L'Atelier d'Architecture jean-baptiste cotelli SA / St-Blaise**

Maître de l'ouvrage : Ville de Neuchâtel

#### **1.0 Projet**

- 1.1 Brève synthèse du bâtiment
- 1.2 Méthodologie et projet de transformation

#### **2.0 Exécution**

- 2.1 Projet d'exécution
- 2.2 Détails d'exécution

#### **3.0 Coûts**

- 3.1 Factures
- 3.2 Définition des coûts supplémentaires pour exécution Minergie
- 3.3 Rentabilité

#### **4.0 Remise des travaux**

#### **5.0 Conclusion**

## 1.0 Projet

### 1.1 Brève synthèse du bâtiment

#### Mandat

Répondre à un concours d'idées lancé par le Service d'urbanisme de la Ville de Neuchâtel pour l'isolation des façades et la pose de capteurs solaires sur les immeubles De Marval 24 et 28 à Neuchâtel.

#### Cahier des charges

Etudier, planifier et conduire les travaux suivants :

- Réfection des façades avec pose d'isolation thermique
- Remplacement des fenêtres
- Réfection des balcons et des ferblanteries
- Remise en état et isolation thermique des toitures
- Pose de capteurs solaires pour le préchauffage de l'eau sanitaire avec production d'eau chaude centralisée.

La lecture des façades actuelles et des besoins évoqués dans le rapport du cahier des charges a été faite en mettant l'accent sur l'aspect existant, la réversibilité et l'écologie.

Les immeubles ont été projetés pendant la guerre (1943) et construits dès 1946, pour profiter des subventions dispensées à cette période afin de palier au manque de logements et de travail. Le projet comprend un groupe d'immeubles identiques disposés en six barres parallèles au lac comme la plupart des locatifs de la région à cette époque.



L'entretien est très correct à l'intérieur. Dans les années 80, on pose une chaudière à gaz (première mesure énergétique et écologique).

L'aspect extérieur voulu par les constructeurs est des plus sobres (même le socle en pierre des façades, visible sur les plans déposés a été abandonné à l'exécution pour un simple crépi). Fausse taille en ciment et tablette continue affirment les fenêtres (spécialement le deuxième étage). Les lucarnes sont exprimées en volumes simples, sans fioritures.

La construction existante est simple, sans aucune innovation technique notoire. Les murs sont en moellons de pierre d'une épaisseur allant de 70 à 55 cm, recouverts d'un crépissage à la machine. La toiture n'a aucune isolation, malgré le fait qu'elle est habitée.

Les fenêtres à double vitrages, les volets en bois, la ferblanterie en tôle galvanisée peinte et les avant-toits arrivent au bout de leur vie.

La charpente avec une sous-couverture en planche à recouvrement est saine et les tuiles en excellent état (récupération à 70% possible).

D'importantes fissures dues au tassement des fondations (au sud), sont visibles sur les façades est et ouest. Elles se sont stabilisées ces vingt dernières années et ne présentent aucun danger.

Les balcons doivent impérativement être réparés et le côté privatif amélioré.

## 1.2 Méthodologie et projet de transformation

Pour définir les besoins réels, en plus des calculs énergétiques traditionnels (LESO/ENERCAD, etc. et de divers tests des températures réelles de parois avec le Testo 635), il a été décidé d'interroger les habitants et d'aller dans les appartements des plus anciens locataires (parfois 37 ans) pour mieux comparer qualités et défauts. Ces visites ont permis de remarquer entre autre, que les portes intérieures sont toujours ouvertes sur le corridor interne, que les radiateurs sont trop poussés, que les cages d'escalier et les communs restent allumés sans raison, que les locaux sont peu ventilés chez les personnes âgées et trop chez ceux qui s'absentent la journée (ventus constamment ouverts).

### Le projet de réhabilitation demandé s'articule sur les éléments suivants :

- nouvelle « peau » isolée de la façade
- changement des fenêtres et volets
- pose de capteurs solaires

### Complément au projet initial, isolation toiture et lucarnes

Pour maintenir l'harmonie de l'ensemble, il a été choisi d'isoler les lucarnes dans l'entre-poutre, d'en isoler les joues comme les murs des parties balcons et le socle par une isolation périphérique de 6 cm et de poser sur tout le reste de la façade, une laine de pierre (12 cm / 50 kg/m<sup>3</sup>), avec ventilation et recouvrement en panneaux stratifiés de grand format (Abet AG).

Ce procédé permet de garder le côté sobre des immeubles, en maintenant les lignes fortes des bâtiments (modénatures respectant les volumes principaux, surtout les lucarnes), de les isoler de manière sérieuse avec des matériaux recyclables et de garder une option au futur (changement possible et simple du revêtement de façade).

Les couleurs pastel des panneaux, alliées à la forme des modénatures existantes, peuvent donner une continuité au caractère prévu par les constructeurs.

Les capteurs solaires sont posés en bordure de toit et affleurés aux nouvelles tuiles, ils complètent l'ensemble et passent inaperçus à cet endroit.

Sur la toiture, en plus de la ferblanterie à changer, nous ajoutons au cahier des charges une isolation de la toiture avec remise en place du plus possible de tuiles d'origine.

Un soin particulier est porté à la réfection des balcons actuellement pourvus de protections visuelles disparates et hétéroclites. Pour répondre à ce besoin d'intimité, tout en gardant une bonne cohérence, il sera posé des éléments de fermeture en métal à jalousie sur les côtés et de palier aux effets du soleil par une partie amovible devant les balcons.

Ce système pourra encore se transformer en une verrière non chauffée par la pose de vitrage et d'une paroi pliante. Elle prolongerait ainsi la jouissance du balcon aux entre-saisons et donnerait un gain énergétique réel.

## 2.0 Exécution

### 2.1 Projet d'exécution

*Pour les deux bâtiments*

#### **Travaux selon cahier des charges** **Total CHF 640'000.-**

- Façades ventilées avec isolation en laine de pierre épaisseur 12 cm et « nouvelle peau » en panneaux stratifiés (y.c. système volets)
- Nouvelles fenêtres bois
- Pose de capteurs solaires en toiture

#### **Travaux selon compléments exigés pour le projet et indexation** **Total CHF 49'000.-**

- Isolation de la toiture en laine de pierre, épaisseur de 12 cm.
- Réhabilitation des balcons et fermetures des côtés.

#### **Travaux complémentaires pour l'obtention du label MINERGIE®** **Total CHF 60'000.-**

- Passer de 12 à 14 cm avec l'isolation des façades.
- Passer de 12 à 16 cm avec l'isolation de la toiture.
- Ventilation contrôlée à simple flux (ventilateur Limodor).
- Pose d'éléments d'aération dans les cadres de fenêtres (système SECCO PLUS d'Egokiefer).
- Isolation de la dalle plafond des caves.

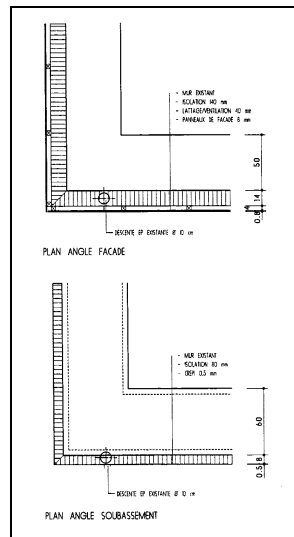
#### **Résultat à obtenir :**

- Réduction de la consommation d'électricité du système existant pour la production d'eau chaude par une production liée à l'énergie solaire.
- Réduction de la consommation de gaz pour la production de chaleur par une isolation en façade et en toiture sur les plafonds de caves, ainsi que le changement des fenêtres.
- Réduction de l'entretien des façades et avant-toits par une finition (façades et volets) en stratifié et la diminution des ferblanteries (écoulements cachés, chéneaux encaissés en uginox).
- Amélioration de la salubrité par l'installation d'une ventilation contrôlée à simple flux.
- Amélioration du confort des balcons par des parois latérales masquant les voisins (possibilité d'ajouter un pare-soleil et même de fermer en verrière).
- Élément important : information et dialogue avec les locataires

## 2.2 Détails d'exécution

### Façades

Pose d'une isolation en laine de pierre en deux couches croisées avec carrelets imprégnés, épaisseur 14 cm. Coupe-vent complet scotché aux raccordements des embrasures, du socle et de la toiture. Espace ventilé de 5 cm et finition par des panneaux compacts en stratifiés, épaisseur 8 mm (400 m<sup>2</sup>).

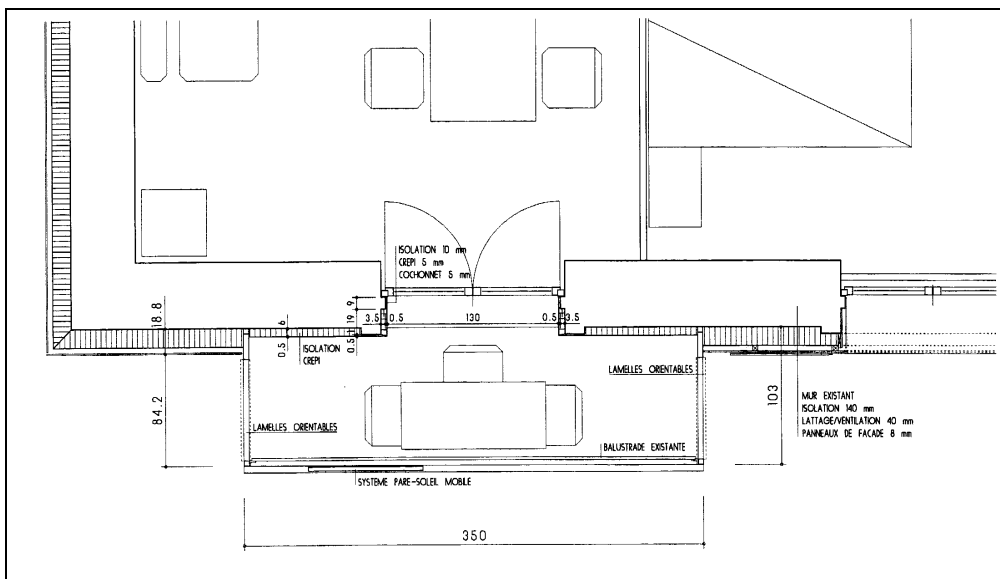


### Socle

Le socle du bâtiment est partiellement enterré et contient les caves et les buanderies (sud). Isolation en panneaux de mousse polystyrène expansé EPS imputrescible, ép. 8 cm avec treillis, ribage et peinture minérale (103,3 m<sup>2</sup>).

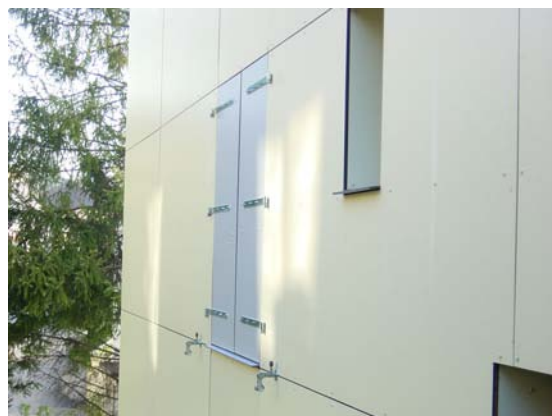
### Partie balcon

Afin de ne pas rendre les balcons inutilisables, repose des balustrades à l'extérieur et isolation idem socles, mais en 6 cm d'épaisseur (40,3 m<sup>2</sup>).



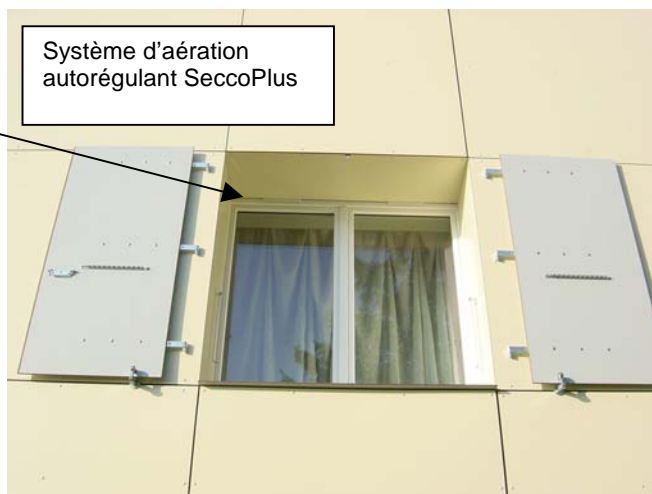






### Fenêtres

Exécution avec cadre bois. Vitrage 24 mm avec argon ( $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) et mise en place d'un système SECCO PLUS d'Egokiefer fixé dans le haut du cadre avec régulation mécanique variant selon la pression du vent par un système fermeture automatique à pression, pour obtenir de manière constante  $16 \text{ à } 18 \text{ m}^3/\text{h}$  d'air neuf par élément.



Système d'aération autorégulant SeccoPlus

### Ventilation

Mise en place d'un système de ventilation contrôlée (aération douce) avec une aspiration côté cuisine (sur l'évier) et une aspiration côté bain (au dos). Le ventilateur s'enclenche selon un réglage horaire à définir et est lié à l'allumage de la cuisine et du bain. L'air vicié est expulsé dans l'espace ventilé de la façade (entre le coupe-vent et la peau en stratifié, donc de manière invisible).



Caractéristiques:  
Limodor série M avec relais automatique C - NR

$40 \text{ m}^3 / \text{h} - 8 \text{ W} - \text{continu}$   
 $60 \text{ m}^3 / \text{h} - 11 \text{ W} - \text{réglable par tranche de } 15'$

## Réglage de la ventilation

	Débit d'air (m <sup>3</sup> /h)	Durée (h)	Volume d'air (m <sup>3</sup> )	Consommation électrique (Wh/jour)
<sup>1</sup> Appartement 3 ½ pièces	60	24	1'440	264
<sup>2</sup> Appartement 2 ½ pièces	60 40	22 2	1'000	198

<sup>1</sup> Surface 61,5 m<sup>2</sup>

Volume 147,6 m<sup>3</sup>

Nombre moyen de locataires 2,5

<sup>2</sup> Surface 42,9 m<sup>2</sup>

Volume 98,7 m<sup>3</sup>

Nombre moyen de locataires 2

Après une année d'utilisation, un réglage définitif sera entrepris.

Après trois mois d'utilisation hivernale, la plupart des locataires admettent avoir senti un climat plus sain et n'entendre aucun bruit de ventilation.

### Important

Le système de ventilation est lié aux amenées d'air prévues dans les fenêtres, donc au système de volets.

### Installations techniques :

Une installation solaire de 7 capteurs Terza-K de Ruesch a été posée sur chaque toit d'immeuble. Elle alimente un système de deux chauffe-eau de 500 l chacun (un chauffe-eau solaire et un chauffe-eau d'appoint posé en série avec mitigeur thermostatique).

Ces installations sont raccordées à la chaudière à gaz existante, avec pompe de charge et vase d'expansion pour assurer une pression constante. Une pompe de brassage permet un bon échange entre les deux boilers.

#### Données énergétiques :

Surface de référence énergétique (SRE): 587 m<sup>2</sup>

Volume chauffé : 1'532 m<sup>3</sup>

Demande d'énergie de chauffage (64%): 49.7 kWh/m<sup>2</sup>a

Demande d'énergie pour l'ECS (36%): 28 kWh/m<sup>2</sup>a

Indice de dépense d'énergie pondéré **MINERGIE®**: 87.9 kWh/m<sup>2</sup>a

Débit d'air (allure 1 et 2) : 40, 60 m<sup>3</sup>/h

Taux de couverture solaire (11.3 m<sup>2</sup>) : 28%

### 3.0 Coûts

#### 3.1 Factures

##### Totaux des factures pour les deux immeubles :

Echafaudages	29'000.-
Isolation façades	75'320.-
Charpente	24'000.-
Couverture	107'000.-
Fenêtres	81'200.-
Ferblanterie	52'100.-
Maçonnerie	23'000.-
Peinture	71'200.-
Revêtement façades	125'700.-
Volets	34'100.-
Capteurs solaires et chauffage	69'800.-
Electricité + ventilation	19'700.-
Percements pour ventilation	8'390.-
Serrurerie balcon	48'000.-
Supplément exécution inox	2'000.-
Nettoyages	1'000.-
Architecte	38'000.-
Copies	3'200.-
Taxes	920.-
Divers et finitions	1'000.-
Embrasures velux	2'400.-
Isolation caves	6'400.-
<b>Total</b>	<b>823'430.-</b>
Subvention solaire	- 15'300.-
Subvention Minergie	- 58'700.-
<b>Coût final pour 2 bâtiments</b>	<b>749'430.-</b>

#### 3.2 Définition des coûts supplémentaires pour une exécution MINERGIE®

##### Système ventilation contrôlée à simple flux

Percements façades	4'200.-	
Installation Limodor	3'000.-	
Raccordement électrique	4'500.-	
Tuyau PVC et sortie	<u>2'500.-</u>	
<b>Total ventilation</b>		<b>14'200.-</b>

##### Isolation

Isolation toiture, complément épaisseur 255 m <sup>2</sup> à CHF 25.-	6'375.-	
Isolation façades, complément épaisseur 472 m <sup>2</sup> à CHF 5.-	2'360.-	
Isolation sous plafond cave 120 m <sup>2</sup> à CHF 25.-	3'000.-	
Isolation complémentaire des embrasures et tablettes 160 mm à CHF 25.--	<u>3'680.-</u>	
<b>Total isolation</b>		<b>15'415.-</b>

<b>Total par immeuble</b>	<b>29'615.-</b>
<b>Total arrondi pour les deux immeubles</b>	<b>60'000.-</b>

### 3.3 Rentabilité

Le tableau suivant compare les dépenses réelles avant et après rénovation.

Pour un bâtiment de 8 appartements

	Avant rénovation		Après rénovation	
	kWh	CHF.-	kWh	CHF.-
<b>Gaz</b>	136'092.00	8'709.90	45'609.90	2'919.03
<b>Electricité ECS</b>	17'289.60	2'246.40		
<b>Electricité ventilation</b>			1'702.30	575.37
<b>Total</b>	153'381.60	<b>10'956.30</b>	47'312.20	<b>3'494.40</b>
Economie financière par année sur les agents énergétiques : <b>7'461.90.-</b> <b>L'économie financière s'élève donc à 68%</b>				

Le coût de l'énergie mensuel par appartement s'élève donc à :

- avant les travaux 114.10.-
- après les travaux 36.40.-

Le décompte final confirme que l'investissement est des plus rentable :

#### Conditions financières

Investissement	374'500.-
Taux hypothécaire	3.5%
Amortissement	1%

L'accent ayant été mis sur la durabilité des matériaux et le peu d'entretien du système, le taux d'amortissement est minoré à 1 %.

#### Charges hypothécaires par appartement

Charges hypothécaires mensuelles brutes	175.55.-
Economie mensuelle sur les agents énergétiques	77.70.-
Charges hypothécaires mensuelles nettes	97.85.-

Ces excellents résultats ont pu être obtenu grâce à l'orientation donnée par le maître de l'ouvrage dans son cahier des charges, en demandant une isolation des façades et la pose de capteurs solaires en plus d'une simple réponse à la vétusté des immeubles.

#### Répartition financière des divers travaux

Vétusté (cahier des charges)	50 %
Confort	34 %
Minergie	16 % (8% par bâtiment)

## 4.0 Remise des travaux

Elle doit se prolonger aux locataires qui sont partie prenante et acteur principal du projet et doivent être conduits à utiliser les locaux pour réussir au mieux les économies d'énergie souhaitées.

### Mode d'emploi transmis aux locataires :

1. Actuellement les radiateurs sont dépourvus de vannes thermostatiques.  
Dès lors, en cas de sensation de « trop chaud » (par exemple après une heure de soleil en hiver), il est important de réduire le chauffage en tournant la vanne en position « ouverture minimale ».  
Lors d'absence durant la journée, on peut également ouvrir la vanne à moitié.
2. Le système de ventilation mis en place fonctionne sans arrêt (consommation équivalente d'une lampe de 60 W allumée 3h par jour) et évacue 40 m<sup>3</sup> par heure d'air vicié (volume d'une grande chambre).  
Dès que l'on utilise les WC ou la cuisine, le débit augmente de 33%.  
Chaque appartement est donc suffisamment aéré avec ce système. Dès lors l'aération par ouverture des fenêtres n'est pas nécessaire.
3. Bannir les fenêtres ouvertes durant l'hiver, et surtout les vents.

## 5.0 Conclusion

Ces bâtiments mal isolés, qui à première vue n'attiraient pas les regards, semblaient peu entretenus. Ils s'affirment aujourd'hui de plusieurs manières :

- L'implantation forte par l'alignement sur la voie ferrée de l'ensemble et la construction en colline domine nettement le quartier.
- La conception architecturale intelligente des espaces intérieurs a permis sans grande modification de remettre les appartements aux normes du jour.
- Le soin initial apporté au type de construction, en plus de lui avoir assuré une bonne longévité, supporte sans problème toutes les améliorations techniques nécessaires et à moindre frais.

Pour ce faire, nous avons constaté qu'une étude approfondie avec des systèmes diversifiés (optimisation, facteur social, développement durable, etc.) nous a permis d'obtenir, par une marche pas à pas, des résultats suffisants en eux-mêmes mais qui conjointement répondent aux besoins les plus élevés.

En pratique, une réhabilitation ne peut être seulement technique. Le vécu du bâtiment doit servir à définir son existence future au filtre des besoins réels de ses habitants.

Les travaux exécutés sont à notre avis une première étape d'assainissement. Plusieurs éléments non conformes au niveau souhaité pourraient être améliorés sans grande dépense :

- |   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. Régulation du chauffage<br>- système inefficace, donc dépense d'énergie inutile  | (1'000.- / immeuble)  |
| 2. Pose de vannes thermostatiques<br>- indispensable à une économie d'énergie réelle (surtout après l'amélioration de confort dû à la nouvelle isolation) | (4'500.- / immeuble)  |
| 3. Ra fraîchissement peinture salles de bain  | (9'000.- / immeuble)  |
| 4. Caissons ventilations cuisines   | (1'000.- / immeuble)  |
| 5. Ra fraîchissement peinture cuisines  | (6'000.- / immeuble)  |
| 6. Pare-soleil balcons  | (7'000.- / immeuble)  |
| 7. Fermetures vitrées simples des balcons   | (52'000.- / immeuble) |