ER’19 Bellegarde 18-22

Amélioration énergétique et surélévation Minergie® d’un immeuble de logement locatif

François Baud, Bernard Thissen

Avant

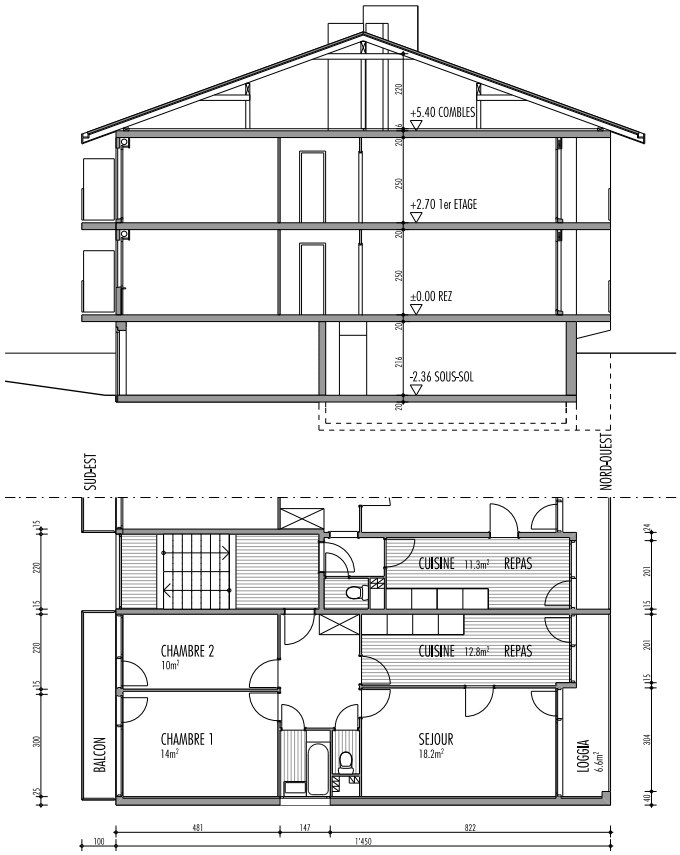
Après

Informations générales

Construit en 1962-1963, ce bâtiment regroupait 12 appartements (6 x 4 pièces et 6 x 5 pièces), totalisant 54 pièces et répartis sur 3 allées

- Volume SIA (116) avant/après travaux : 5’150 m³ / 7'818 m³
- Surface de Référence Énergétique (SRE) avant/après travaux : 1’093 m² / 1'640 m²
- Indice Dépense de Chaleur avant/après travaux : 699 MJ/m² / 145 MJ/m²

État existant



• Bon état général de la structure en béton/maçonnerie et de la charpente
• Toiture “froide“ pouvant encore durer, moyennant un entretien régulier
• Fenêtres et portes fenêtres remplacées en 1993 en bon état général

• Consommation d’énergie très importante pour le chauffage
• Pas d’isolation (sauf ajout minimal sur dalle des combles)
• Fenêtres et portes fenêtres thermiquement peu efficaces en regard des standards actuels (pas étanches et vitrage sans couche sélective)
• Ventilation naturelle insuffisante
• Installations sanitaires vétustes
• Performances phoniques mauvaises

Objectifs du projet

Les objectifs initiaux du projet étaient

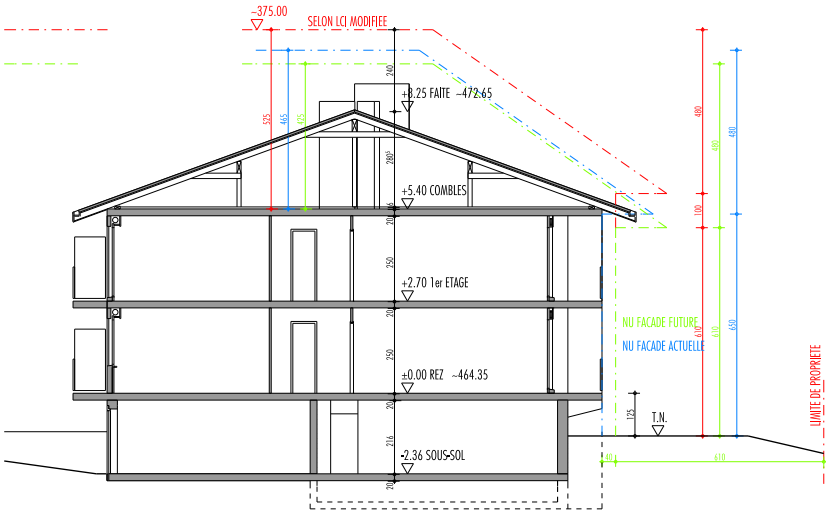
Amélioration énergétique :

- Diminuer les charges et la production de CO2 en minimisant les besoins énergétiques pour le chauffage (seuil visé : Haute performance énergétique ou Minergie®)
- Diminuer la dépendance aux énergies fossiles en utilisant une forte part d’énergie renouvelable pour le chauffage et la production d’eau chaude sanitaire
- Augmenter le confort thermique des habitants tant en hiver qu’en été
- Assurer la pérennité des bâtiments en proposant des solutions durables demandant un minimum d’entretien dans le temps
- Minimiser les nuisances aux habitants et au voisinage durant les travaux

Rénovations intérieures des logements :

- Remplacer les alimentations et écoulements sanitaires en fin de vie
- Rénover les locaux sanitaires et les cuisines vétustes
- Améliorer les performances phoniques entre logements
- Renforcer ponctuellement la structure pour répondre aux contraintes sismiques

Une modification de la LCI (loi sur les Constructions et Installations) intervenue en cours d'étude a offert l'opportunité de fixer un objectif supplémentaire.



Valorisation des droits à bâtir par la création d'un niveau supplémentaire

- Création de logements supplémentaires à haute performances énergétiques
- Autofinancement de la surélévation par les revenus locatifs des appartements crées
- Augmentation de la valeur du bâtiment

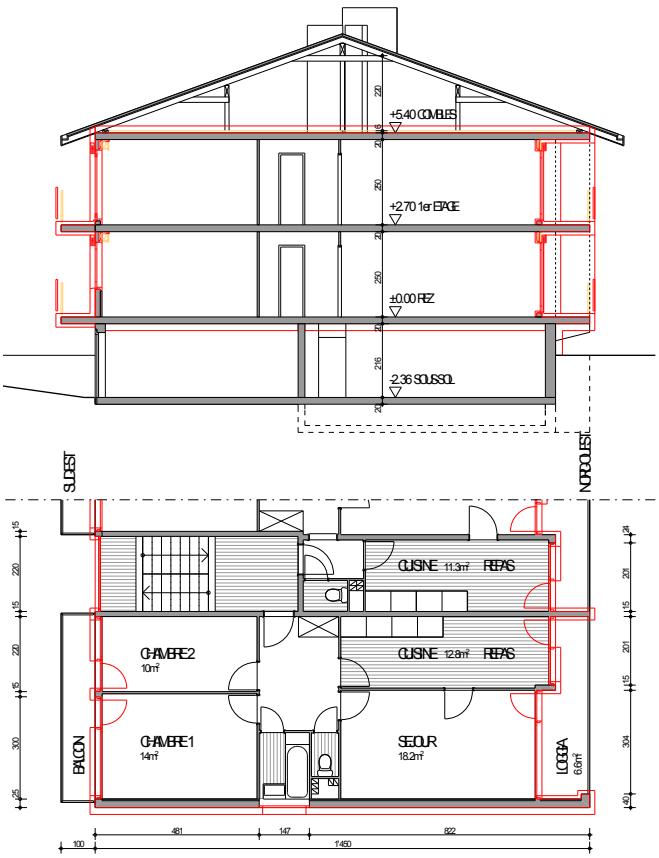
Les stratégies proposées

- Réduire fortement les déperditions énergétiques des éléments opaques et vitrés de l'enveloppe des bâtiments par une isolation performante
- Augmenter l'efficacité énergétique de la production de chaleur et d'eau chaude sanitaire, par des concepts techniques innovants basés sur des solutions robustes et éprouvées, faisant largement appel aux énergies renouvelables
- Récupérer et valoriser une grande part de l'énergie contenue dans l'air extrait par la ventilation des locaux

Étude de 2 variantes d'amélioration énergétiques de l'enveloppe

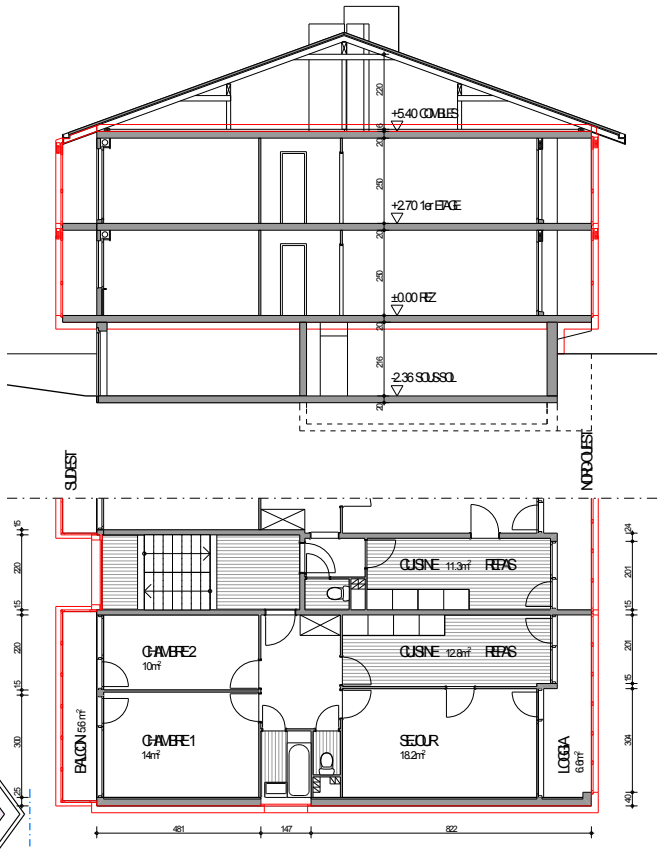
Variante 1 :

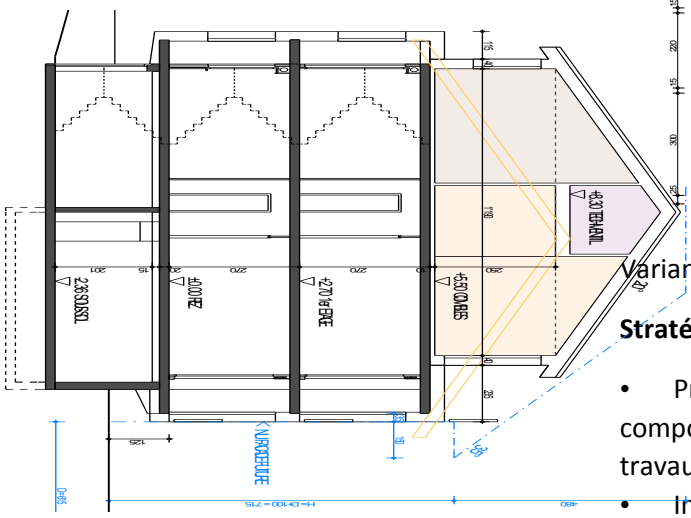
- Isolation plancher combles
- Remplacement fenêtres
- Isolation caissons stores
- Isolation balcons
- Isolation plafond sous-sol
- Isolation périphérique
- Bardage ventilé



Variante 2, en complément :

- Fermeture vitrée balcons et loggias formant nouvelle enveloppe thermique





Variante 2 avec surélévation tel que réalisé :

Stratégies de mise en œuvre

- Préfabrication des éléments d'enveloppe et des composants de la surélévation, pour diminuer la durée des travaux et les nuisances sur le chantier
- Interventions ciblées dans les locaux sanitaires et cuisines des appartements existants
- Souplesse dans les rocades d'appartements

Études techniques réalisées

- 3 scénarios de production de chaleur et d'eau chaude sanitaire, tenant compte des possibilités offertes par le site et comportant une part plus ou moins importantes d'énergie renouvelable
- 2 scénarios de ventilation avec récupération de chaleur

Opportunité mise à profit

- La surface de la toiture est importante en regard des besoins énergétique d'un bâtiment de 3 niveaux doté d'une enveloppe performante
- Les besoins du système de chauffage sont couverts par environ 100 m2 de capteurs solaires thermiques non vitrés faisant également office de couverture
- Le solde de ce pan de toiture, soit une surface de 170 m2 a été revêtue de capteurs photovoltaïques d'un modules identiques aux capteurs thermiques pour une parfaite intégration

ICESOL – Capteurs solaires thermiques combinés avec pompes à chaleur et stocks à changement de phase eau-glace

En zone urbaine il n'est pas toujours possible d'effectuer de forages pour des sondes géothermiques couplées à des pompes à chaleur. Les pompes à chaleur air/eau sont une alternative certes meilleur marché, mais à la performance moindre. Leur plage de puissance est limitée ce qui empêche leur utilisation dans certains gros projets immobiliers et des législations en matière d'impact sonore limitent également leur champ d'application.

Le système de chauffage ICESOL est un système relativement récent et qui présente une alternative intéressante :

1. Performance similaire à une pompe à chaleur couplée à de la géothermie, donc adapté pour des projets MINERGIE / HQE
2. Pas d'impact sonore
3. Intégration facile des composants de l'installation
4. Pas d'appauvrissement énergétique de l'environnement

L'inconvénient principal réside dans la grande surface de toiture nécessaire pour y disposer les capteurs qui, si elle est insuffisante, peut limiter la puissance de la production de chaleur. Le cas échéant, un système bivalent peut être adapté en couplant le système ICESOL à un appoint électrique ou à gaz qui complète la production de chaleur lorsque les conditions météo sont trop défavorables.

Pour le projet Bellegarde, nous disposions de toitures inclinées avec une relativement grande surface et une orientation favorable pour l'intégration de capteurs solaires, faisant également office de couverture étanche d'une toiture pour laquelle on devait trouver un nouveau revêtement, car le bâtiment a été réhaussé. Un secours par corps de chauffe électrique a été intégré dans le système.

Bien que novateur, ICESOL intègre des composants éprouvés depuis de nombreuses années dans le domaine du chauffage. Le caractère novateur réside dans la combinaison des différents composants. ICESOL a déjà prouvé son efficacité. Le système se décline en trois éléments : une pompe à chaleur saumure/eau, des capteurs sélectifs non vitrés et un accumulateur à changement de phase (eau-glace).

Principe de fonctionnement : L'énergie solaire thermique couvre une partie importante des besoins en eau chaude hors période de chauffage. Pendant les autres six mois de l'année les panneaux solaires, le stock à changement de phase et la pompe à chaleur fonctionnent de concert pour assurer le confort dans le bâtiment. En automne, en mi-saison ou même en hiver, lorsque l'ensoleillement est conséquent, l'énergie solaire est captée à un niveau de température suffisant pour permettre son utilisation en direct pour le chauffage voire pour l'eau chaude sanitaire. Si le niveau de température de retour du champ de capteurs solaires n'est pas suffisant (< 20°C), l'énergie captée est dirigée vers le stock à changement de phase et l'évaporateur de la PAC. La pompe à chaleur élève la température, par le biais du compresseur, à celle nécessaire pour les besoins de chauffage et d'eau

chaude sanitaire. Les capteurs solaires thermiques sont ainsi utilisés dans une plage de températures nettement plus large qu'une installation solaire classique. Les apports solaires sont maximaux.

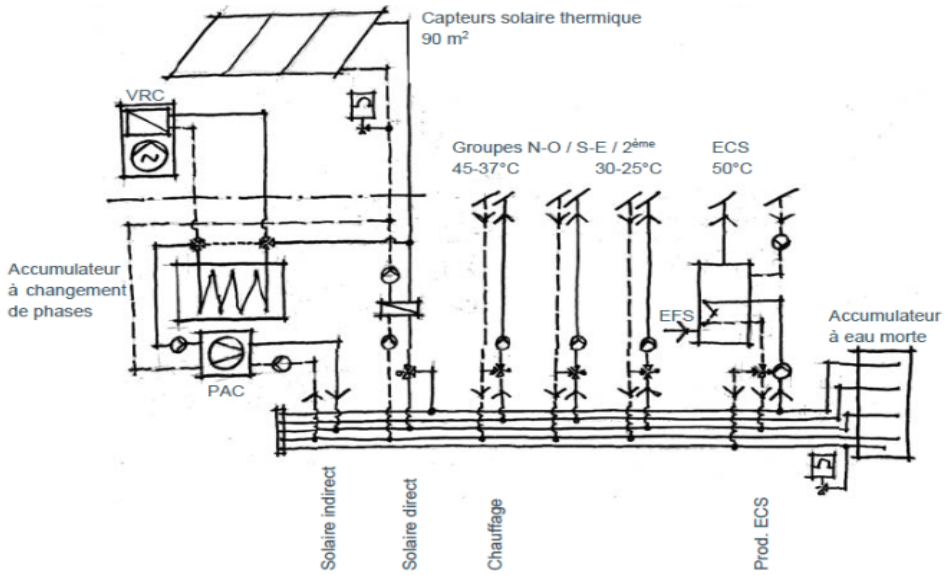


Schéma avec principe de fonctionnement du système ICESOL

Il est également possible de combiner le système ICESOL avec des capteurs hybrides (photovoltaïques + thermiques) au lieu des capteurs solaires non-vitrés. Cette combinaison est intéressante quand l'espace en toiture est limité et qu'il est souhaité de générer de l'électricité « verte ».

ICESOL et intégration de récupération de chaleur sur une ventilation simple flux

La législation dans le canton de Genève impose des installations solaires thermiques pour le pré-chauffage de l'eau chaude sanitaire et la récupération de chaleur sur les ventilation simple flux. Cela mène souvent à des concepts de chauffage comprenant :

- Pompe à chaleur air/eau pour le chauffage et (éventuellement) la production d'eau chaude sanitaire.
- Pompe à chaleur sur air extrait de la ventilation simple flux pour la production d'eau chaude sanitaire.
- Installation solaire thermique pour le préchauffage d'eau chaude sanitaire (souvent en « concurrence » contre la PAC sur air extrait)

L'intégration de la récupération de chaleur sur la ventilation simple flux dans le système ICESOL permet de simplifier (1 PAC au lieu de 2 PACs) et surtout harmoniser la valorisation de cette source d'énergie avec l'énergie solaire thermique. Le principe consiste à mettre en place un échangeur de chaleur sur l'extraction d'air vicié (à 20-22°C) et d'injecter cette chaleur dans le stock à changement de phase (eau-glace). Etant donné que le stock à changement de phase se trouve à 0°C une bonne partie de l'hiver, une quantité d'énergie importante peut être récupérée de la chaleur de l'air vicié. Dans le cadre du projet Bellegarde nous avons analysé la pertinence de ce système, notamment en comparaison avec une ventilation double flux.

Bilans des consommations avant/après rénovation

CONSOMMATION CHAUFFAGE (rapportée au m² SRE, période d'analyse : 04/2018 – 03/2019)

Les besoins de chauffage ont été réduits de 82% par rapport à la situation avant rénovation. Par contre on note une consommation 34% supérieure à la valeur calculée (LESOSAI MINERGIE). Ceci est notamment dû au fait que la partie existante du bâtiment (SRE = 1'640 m²) est équipée des anciens radiateurs. D'ailleurs nous avons mesuré que la température de distribution de chauffage était en moyenne de **41°C**, ce qui n'est pas bénéfique pour un

fonctionnement performant de la PAC (COP PAC chauffage & ECS mesuré 3.9 au lieu de 5.0) . De plus cette surconsommation a obligé à solliciter plus souvent les corps de chauffe électrique.

	MJ/m².an	Réduction consommation avant <=> après	théorique <=> mesuré
Consommation théorique avant rénovation	624		
Consommation théorique après rénovation	108	**-83%**	
Consommation mesurée après rénovation	145	**-77%**	**+34%**

La partie neuve du bâtiment (SRE = 529m²) est équipée d'un chauffage au sol dont la consommation a été conforme aux valeurs de dimensionnement. Ceci plaide en faveur de la mise en place de systèmes de chauffage par rayonnement à basse température (chauffage au sol ou plafond rayonnant) au lieu de garder l'ancienne distribution de chaleur dans les projets de rénovation énergétique.

CONSOMMATION EAU CHAUDE SANITAIRE (rapportée au m2 SRE, période d'analyse : 04/2018 – 03/2019)

	MJ/m².an	Réduction consommation avant => après	théorique => mesuré
Consommation théorique avant rénovation	75		
Consommation théorique après rénovation	75	**0%**	
Consommation mesurée après rénovation	84	**+13%**	**+13%**

La consommation d'eau chaude est également supérieure à la valeur selon la norme SIA380/1. A noter que la valeur mesurée n'intègre pas les pertes de la boucle de circulation sanitaire !

Bilans des couts du chauffage et de l'eau chaude sanitaire avant/après rénovation

	Cout total (CHF/m2SRE)	Réduction avant => après
Avant rénovation	28.10	
Après rénovation	3.74	-87%

Période d'analyse : 04/2018 – 03/2019, Rendement de l'ancienne chaudière estimée à 70%, Prix du mazout 100 CHF/100 litres, consommation d'électricité pour les pompes de circulation/vannes/régulation estimé à 3% de la consommation d'énergie thermique, tarif électricité SIG 0.19CHF/kWh, productivité de l'installation photovoltaïque 35'350 kWh (source Helion), estimation 25% d'autoconsommation électrique PV pour le fonctionnement du système ICESOL

Pertinence du système de récupération de chaleur sur la ventilation simple flux

Pendant la période de mesure 19 000 kWh/an ont été récupérés comme source d'énergie pour le système ICESOL avec, tout comme pour une ventilation double, une récupération nettement plus importante en hiver. Une simulation effectuée par le bureau Putallaz Ingénieurs Conseils révèlent qu'une quantité équivalente d'énergie, soit environ 19 000 kWh/an aurait été récupérée avec une ventilation double flux. Ce concept parait donc pertinent du point de vu énergétique. Il l'est évidemment également du point de vue économique, surtout dans

le cadre de projets de rénovations énergétiques dans lesquels il est souvent très onéreux d'implémenter un système de ventilation double flux.

Le COP d'une ventilation double a été mesuré à 2.9 sur une installation de ventilation double flux d'un immeuble (SRE m2) à Genève dont le bureau d'ingénieur Perenzia a fait le suivi. Dans un système ICESOL la récupération de chaleur sur la ventilation est couplée sur le stock d'eau/glace et utilisée en source pour la PAC ensemble avec l'énergie solaire. Il est donc difficile de mesurer le COP de la PAC sur la récupération de chaleur sur l'air vicié. Pour le projet Bellegarde nous l'avons estimé à environ 3.1 (eau chaude et chauffage). Nous avons mesuré un rendement de récupération de chaleur de l'ordre de 80%, similaire à celui d'installations à ventilation double flux.

F. Baud, B. Thissen, 06.05.2019

Partenaires du projet:

SIGNATERRE L'ÉNERGIE SIMPLIFIÉE
www.signa-terre.ch

PUTALLAZ INGENIEURS-CONSEILS SARL
www.putallaz-ing.ch

SERVICES PLUS ENERGIES
www.spenergies.ch

ENERGIE SOLAIRE
SWISS SOLAR ENERGY PRODUCTS SINCE 1973
www.energie-solaire.com

FRANCOIS BAUD & THOMAS FRÜH ATELIER D'ARCHITECTURE
www.archi.ch

Helion Solar
www.helion.ch