



**UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE**

INSTITUT DES SCIENCES  
DE L'ENVIRONNEMENT

# **Suivi énergétique du bâtiment 40-42 de l'avenue du Gros-Chêne à Onex (GE), rénové selon le standard MINERGIE®**

*Aspects techniques et économiques*

*Synthèse du rapport final*

**Floriane Mermoud, Jad Khoury, Bernard Lachal**

Mandat réalisé pour le compte du Service de l'énergie de l'Etat de Genève (Scane)  
par le groupe Energie/Forel de l'Institut des Sciences de l'Environnement (ISE)



Carouge, avril 2012

Contact : [floriane.mermoud@unige.ch](mailto:floriane.mermoud@unige.ch) ou [jad.khoury@unige.ch](mailto:jad.khoury@unige.ch)

## Contexte général

Les bâtiments des années 60-80 représentent 10 millions de m<sup>2</sup> à Genève, et arrivent simultanément en période de rénovation. Ils présentent en général un indice de dépense de chaleur IDC élevé (600 MJ/m<sup>2</sup>/an en moyenne à Genève en 2003) et constituent donc un gisement important d'économies d'énergie.

Ce travail concerne un **retour d'expérience – confié au groupe Energie de l'Université de Genève – sur la rénovation énergétique d'un bâtiment résidentiel datant des années 60**, situé au 40-42 avenue du Gros Chêne à Onex. L'objectif a été fixé d'atteindre le label Minergie, soit une consommation énergétique pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire inférieure à 80 kWh/m<sup>2</sup>/an après rénovation (avant 2007).

Quelques caractéristiques du bâtiment 40-42 sont données ci-dessous :

- Année de construction : 1963 ; année de rénovation : 2008.
- Surface de Référence Energétique SRE : 5'357 m<sup>2</sup>.
- 63 logements, 134 habitants (2010).

La rénovation a principalement porté sur les éléments suivants :

- Enveloppe : **fermeture des balcons en loggias** sur toute la largeur du bâtiment et sur les deux façades, remplacement des simples vitrages par des doubles vitrages, isolation de la toiture et du plancher ainsi que des murs pignons et du rez-de-chaussée.
- Production de chaleur : passage du mazout au chauffage à distance (**CADIOM**), installation **solaire** (100 m<sup>2</sup> de capteurs) pour la production d'ECS.
- Installations techniques : mise en place d'une **ventilation double-flux avec pompe à chaleur intégrée**, permettant de remonter la température de l'air pulsé au dessus de 20°C après passage dans la VDF.

Le retour d'expérience, effectué sur deux années complètes (2008-2010), a porté aussi bien sur les aspects énergétiques qu'économiques. Il est à noter que le bâtiment 40-42 a un bâtiment jumeau situé au 36-38, qui n'a pas été rénové. Celui-ci a été inclus dans le suivi et a servi de référence (situation sans rénovation) pour cette étude.

## Analyse énergétique

L'analyse énergétique a montré **une baisse de près de 300 MJ/m<sup>2</sup>/an de l'IDC du bâtiment 40-42** entre avant et après la rénovation :

MJ/m <sup>2</sup> /an	année	IDC	Remarques
<b>bât 36-42</b>	2003-2007	668	avant rénovation, mazout
<b>bât 36-38</b>	2008-2010	597	non rénové, passage à CADIOM
<b>bât 40-42</b>	2008-2010	392	rénové, passage à CADIOM

Il est cependant à noter que le **changement de source d'énergie** (passage de mazout à CADIOM) compte pour une partie importante dans cette baisse : le bâtiment 36-38, qui n'a pas été rénové, a vu son IDC perdre 70 MJ/m<sup>2</sup>/an suite au seul passage à CADIOM.

La demande thermique nette du bâtiment (=énergie qu'il faut fournir au bâtiment, toutes sources confondues) a été mesurée pour les deux bâtiments sur les deux années de suivi et a été rapportée à une année « moyenne » à Genève (2'507 DJ<sub>12/18</sub>/an, moyenne observée depuis 1992) :

MJ/m <sup>2</sup> /an	40-42 (rénové)	36-38 (non rénové)
2507 DJ/an	08-10	08-10
<b>Demande chauffage</b>	270	416
<b>Demande ECS</b>	102	
<b>TOTAL</b>	<b>372</b>	<b>518</b>

La rénovation a donc permis un **gain sur la demande thermique nette du bâtiment de l'ordre de 150 MJ/m<sup>2</sup>/an**. Elle induit par contre une **consommation d'électricité supplémentaire de 8 MJ/m<sup>2</sup>/an**.

Il est à noter que les simulations réalisées avec le logiciel Enercad aboutissent à une demande de chauffage théorique du bâtiment différente de celle mesurée. D'une part, le résultat obtenu dépend des hypothèses entrées dans le logiciel : la valeur relevée dans le justificatif thermique est de 115 MJ/m<sup>2</sup>/an (rapportée à 2'507 DJ/an), tandis que la valeur que nous avons obtenue en refaisant la simulation est de 216 MJ/m<sup>2</sup>/an. D'autre part, ces valeurs sont simulées dans des conditions d'utilisation « standard » du bâtiment (taux de ventilation standard et température intérieure de 20°C). Il est donc difficile de comparer la demande de chauffage réelle du bâtiment (incluant le comportement des occupants) avec les valeurs normées.

Au niveau des sous-systèmes :

- La rénovation de l'enveloppe a permis d'économiser 80 MJ/m<sup>2</sup>/an.
- La ventilation double-flux avec PAC permet de récupérer environ 80 MJ/m<sup>2</sup>/an.
- L'installation solaire produit 45 MJ/m<sup>2</sup>/an.

## Etude des sous-systèmes

### **Performances techniques**

#### ▪ **Enveloppe (loggias)**

La performance de l'enveloppe thermique dépend en grande partie de celle des loggias, qui constituent environ 75% de l'enveloppe thermique contre extérieur du bâtiment rénové. La fermeture des balcons en loggias par des vitrages simples et le remplacement des vitrages simples donnant sur les balcons en vitrages doubles ont permis d'abaisser la valeur U de l'ensemble de la loggia à 1.2 W/m<sup>2</sup>K.

Cependant, les résultats des mesures réalisées sur 4 appartements situés au 4<sup>e</sup> et 8<sup>e</sup> étages, comportant des loggias orientées sud-ouest et nord-est, montrent que l'utilisation des loggias est très différente selon les occupants et selon la nature de la pièce adjacente (salon ou chambre). **Malheureusement les loggias ne sont pas toujours utilisées de manière correcte** (ouverture de l'une voire des deux parois durant l'hiver). Par exemple, l'ouverture des portes-fenêtres intérieures des loggias a pour effet d'augmenter la valeur U de la paroi de 1.2 à 4.2 W/m<sup>2</sup>K (proche de la valeur avant rénovation...), **entraînant une baisse considérable de la performance énergétique de l'enveloppe**.

- **Ventilation**

La ventilation contrôlée présente de bons niveaux de performance, résumés ci-dessous :

Effacité échangeur (VDF)	COP double-flux (VDF)	COP PAC	COP global moyen (VDF+PAC)
0.65-0.7	10-60	3-8	11

Le COP global annuel de l'installation de ventilation (VDF et PAC confondues) atteint 11, ce qui est une valeur intéressante.

- **Installation solaire**

L'installation solaire est bien dimensionnée et offre des performances classiques :

rendement conversion	productivité	taux couverture solaire	COP
45%	635 kWh/m <sup>2</sup> /an	40%	75

### **Performances économiques**

- **Coût de la rénovation**

Le **coût total de la rénovation** (travaux d'entretien + travaux d'amélioration énergétique) s'est élevé à **1058 CHF HT/m<sup>2</sup> SRE** : cette valeur est comparable à d'autres rénovations de même type à Genève. 65% de ce montant a été dédié aux travaux d'amélioration énergétique. Les subventions (principalement de l'Etat) se sont montées à 110 CHF HT/m<sup>2</sup> SRE.

- **Coût du kWh économisé et de la tonne de CO<sub>2</sub> évitée**

Le coût du kWh économisé a été calculé à partir des données économiques et des performances techniques des sous-systèmes. Pour le coût de la tonne de CO<sub>2</sub> évitée, les facteurs de conversion retenus par l'OFEV ont été utilisés (265 gCO<sub>2</sub>/kWh mazout).

	HT	global	avec subv.	enveloppe	ventilation	solaire
<b>Coût du kWh économisé</b>		38 cF	30 cF	48 cF	33 cF	19 cF
<b>Coût de la tonne de CO<sub>2</sub> évitée</b>		1'050 CHF	750 CHF	1'420 CHF	850 CHF	320 CHF

Les **coûts du kWh économisé** (en particulier celui de l'enveloppe) **peuvent paraître élevés** par rapport au prix du kWh mazout et surtout du kWh CADIOM, mais il faut prendre en compte le fait que la rénovation énergétique a amené des **co-bénéfices importants**, comme l'augmentation de la valeur du patrimoine bâti et l'amélioration du confort des locataires.

- **Répercussion du coût des travaux d'amélioration énergétique sur les loyers**

Selon l'ancienne LDTR (avant le 5 août 2010), les propriétaires ont la possibilité de répercuter sur les loyers les coûts des travaux de rénovation à plus-value, à concurrence du seuil LDTR de 3'363 CHF/pce/an. Dans le cas du bâtiment 40-42, la hausse totale de l'état locatif a été de l'ordre de 100'000 CHF/an, soit une hausse par pièce d'environ 420 CHF/an. Cette valeur n'est cependant pas représentative de l'augmentation de loyer observée par les locataires, d'une part car il s'agit d'une hausse moyenne sur l'ensemble des locataires (or certains loyers n'ont pas été augmentés du fait qu'ils dépassaient déjà le plafond LDTR avant rénovation), d'autre part car cette hausse

a été en partie compensée par la baisse des charges énergétiques liée à la rénovation (baisse effective de 189 CHF/pce/an). Il est à noter que la part des loyers dépassant le seuil LDTR de 3'363 CHF/pce/an est passée de 30% avant rénovation à 70% après rénovation.

Au final, la répartition du coût des travaux de rénovation à plus-value énergétique se fait comme suit : subventions (principalement Etat) : 17%, locataires : 35% (la contribution nette du locataire s'élève à 19%, les 16% restants étant compensés par la baisse des charges énergétiques), propriétaire : 48% (solde des travaux de rénovation à plus-value qui n'a pas pu être reporté sur les loyers).

## Points de discussion

### **Réflexion sur le mode de calcul de l'indice Minergie**

Une réflexion a été menée sur le mode de calcul de l'indice de demande d'énergie selon la méthode Minergie, notamment sur les pondérations appliquées en fonction des sources d'énergie : dans le cas du bâtiment 40-42 au Gros Chêne, l'énergie produite par l'installation solaire n'est pas comptabilisée, l'énergie fournie par CADIOM est pondérée d'un facteur 0.6 et l'électricité consommée d'un facteur 2. Ainsi, **l'indice obtenu, qui s'élève à 67 kWh/m<sup>2</sup>/an dans le cas du bâtiment 40-42, n'a pas de signification physique (ni énergie utile, ni énergie finale) et ne peut donc pas être utilisé comme valeur de référence pour la consommation des bâtiments en vue d'une généralisation à l'ensemble du parc bâti.** A noter que le bâtiment 40-42 respecte les exigences du label Minergie en rénovation (valeur limite de l'indice : 80 kWh/m<sup>2</sup>/an avant 2009).

### **Pertinence des solutions techniques choisies**

#### ▪ **Enveloppe (loggias)**

**Le choix des loggias s'imposait du fait de la présence de balcons sur les deux façades du bâtiment,** rendant difficile une isolation par l'extérieur sans ponts thermiques. Par contre, la solution retenue, la loggia « froide », a l'inconvénient de présenter des performances très dépendantes du comportement des occupants. **Il aurait été envisageable d'opter pour des loggias « chaudes »**, dans ce cas l'enveloppe extérieure du bâtiment aurait englobé les loggias (isolation des garde-corps et double vitrages extérieurs). Même si cette solution a l'inconvénient d'augmenter la surface chauffée du bâtiment, elle a l'avantage d'être moins dépendante du comportement des occupants : au final, la consommation de chauffage pour le bâtiment sera très probablement inférieure. Cette solution est par contre plus onéreuse à mettre en œuvre que les loggias froides.

#### ▪ **Ventilation**

**La solution retenue,** combinant ventilation double flux et pompe à chaleur permettant de porter la température de l'air pulsé à une température confortable pour les occupants, **présente une bonne performance énergétique.** Sa mise en œuvre a par contre été onéreuse, notamment à cause de l'intégration des gaines de pulsion d'air à l'intérieur des appartements, qui se révèle souvent difficile sur de l'existant. Pour pallier à ce problème, on pourrait dans ce type de rénovation **opter pour une solution ne faisant pas intervenir de système de pulsion** (mais avec des entrées d'air contrôlées), et sur laquelle la récupération de la chaleur sur l'air vicié se ferait grâce à une pompe à chaleur utilisée pour le préchauffage de l'ECS. Ce type de solution se révélerait sans doute **moins onéreux** mais nous disposons malheureusement de peu de retour à l'heure actuelle...

## ▪ Solaire

Bien que l'installation solaire fonctionne correctement, son intérêt énergétique est contestable. En effet, les quantités de chaleur disponibles l'été sur le réseau CADIOM suite à l'incinération des ordures ménagères sont très largement supérieures aux besoins estivaux des bâtiments connectés. De ce fait, les Cheneviers sont contraints de rejeter la chaleur en excès dans le Rhône. Toute installation solaire sur un bâtiment relié à CADIOM tendra à diminuer les besoins estivaux et donc à augmenter les rejets thermiques dans le Rhône. **Il n'est donc pas judicieux d'équiper les bâtiments raccordés à CADIOM de capteurs solaires pour la production d'ECS.**

## Conclusion

Le bilan de la rénovation est globalement positif, et la possibilité de mener un suivi énergétique complet a permis de tirer de multiples enseignements. La multiplication de ce type de retour d'expérience sur un grand nombre de bâtiments ayant recours à différentes solutions techniques est nécessaire pour pouvoir envisager une généralisation des résultats.

Certaines améliorations pourraient être entreprises sur le bâtiment 40-42, notamment une baisse de la température dans les appartements de 2°C (celle-ci devrait être effective avec l'équilibrage du réseau hydraulique qui est en cours). Le suivi continu des installations techniques par des professionnels qualifiés devra être maintenu pour conserver de bonnes performances techniques.

Nous avons pu observer que la performance énergétique des loggias reste modeste. L'expérience a montré que celles-ci ne sont pas toujours utilisées correctement malgré une sensibilisation spécialement réalisée auprès des occupants. Le choix de la solution « loggia chaude » plutôt que « loggia froide » pourrait permettre de limiter l'influence de l'occupant, l'enveloppe thermique du bâtiment se situant cette fois-ci à l'extérieur des loggias. Cette solution risque par contre de se révéler plus onéreuse. Concernant la ventilation, une solution plus simple ne faisant pas intervenir de système de pulsion mais permettant tout de même la récupération de chaleur sur l'air vicié pourrait être adoptée.

D'un point de vue économique, le coût du kWh économisé peut sembler important par rapport aux coûts actuels – bas – de l'énergie. Cependant, il faut bien penser à prendre en compte les co-bénéfices indirects amenés par la rénovation. L'entrée en vigueur de la nouvelle loi sur l'énergie devrait permettre aux propriétaires de reporter sur les loyers une plus grande partie des coûts liés aux améliorations énergétiques. Ils pourront également bénéficier de la contribution des locataires (à hauteur de 120 CHF/pce/an) et éventuellement des subventions du programme national d'assainissement des bâtiments pour l'amélioration de l'enveloppe thermique, complétées par des subventions cantonales pour les installations techniques, les audits et les contrats à la performance. De plus, plusieurs mesures ont été prises aux niveaux cantonal et fédéral pour inciter les propriétaires à s'engager dans des rénovations énergétiques. Cependant, malgré tous les efforts faits, la rentabilité des rénovations énergétiques est rendue difficile par le faible coût actuel de la chaleur, en particulier sur le réseau CADIOM.