



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

INSTITUT DES SCIENCES
DE L'ENVIRONNEMENT

Cycle de formation Energie-Environnement

Séminaire 2011-2012

jeudi 29 mars 2012

Rénovation énergétique des logements: un défi pour Genève

Retour d'expérience d'un immeuble locatif
rénové MINERGIE à Onex

Jad Khoury

Université de Genève

GENERGIE

Groupe Energie

www.unige.ch/energie



Plan de l'exposé

I- Rénovation thermique à Genève: constats et enjeux

II- Retour d'expérience d'un bâtiment rénové Minergie (GE)

- a. Concept de rénovation du bâtiment
- b. Bilans énergétiques détaillés
- c. Demande thermique : objectif V/S réalité
- d. Performance des sous-systèmes
- e. Bilan économique et coût de l'efficacité énergétique

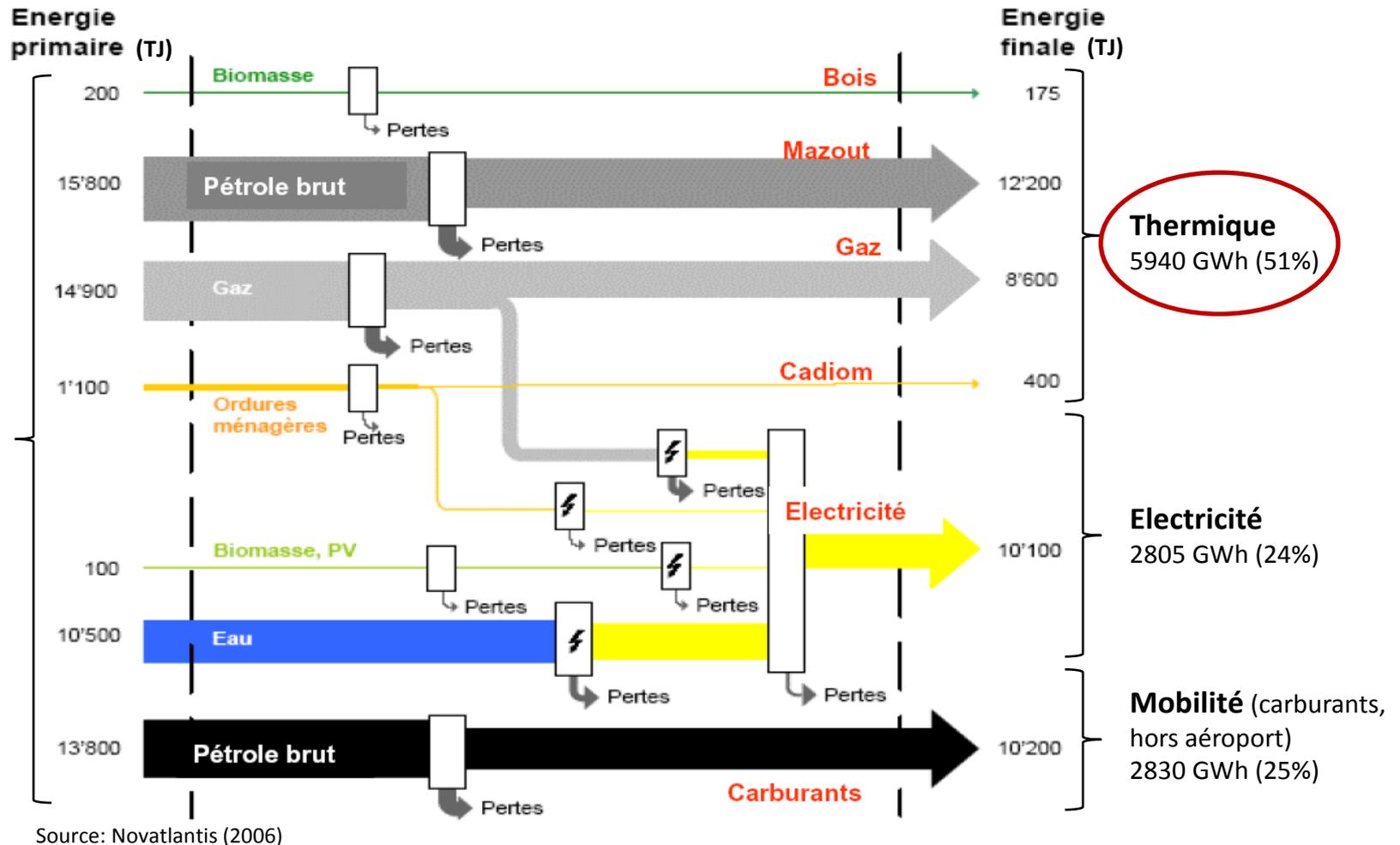
III- Points de discussion et conclusions



Introduction

Rénovation thermique à Genève: constats et enjeux

Consommation énergétique du canton de Genève



Primaire
15670 GWh
(~ 4'000 W/hab)
avec une pop.
~ 454'000

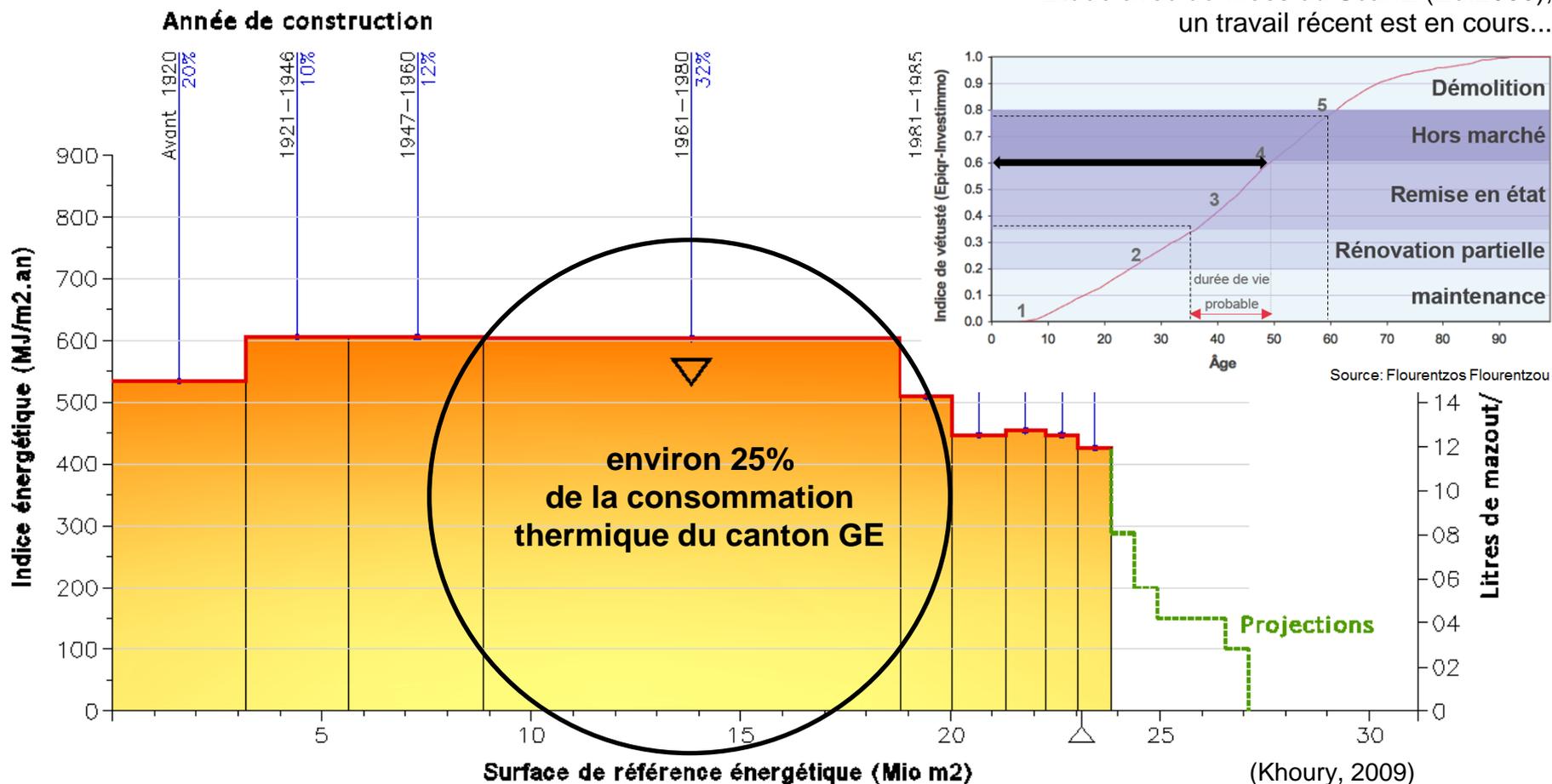
Thermique
5940 GWh (51%)

Electricité
2805 GWh (24%)

Mobilité (carburants,
hors aéroport)
2830 GWh (25%)

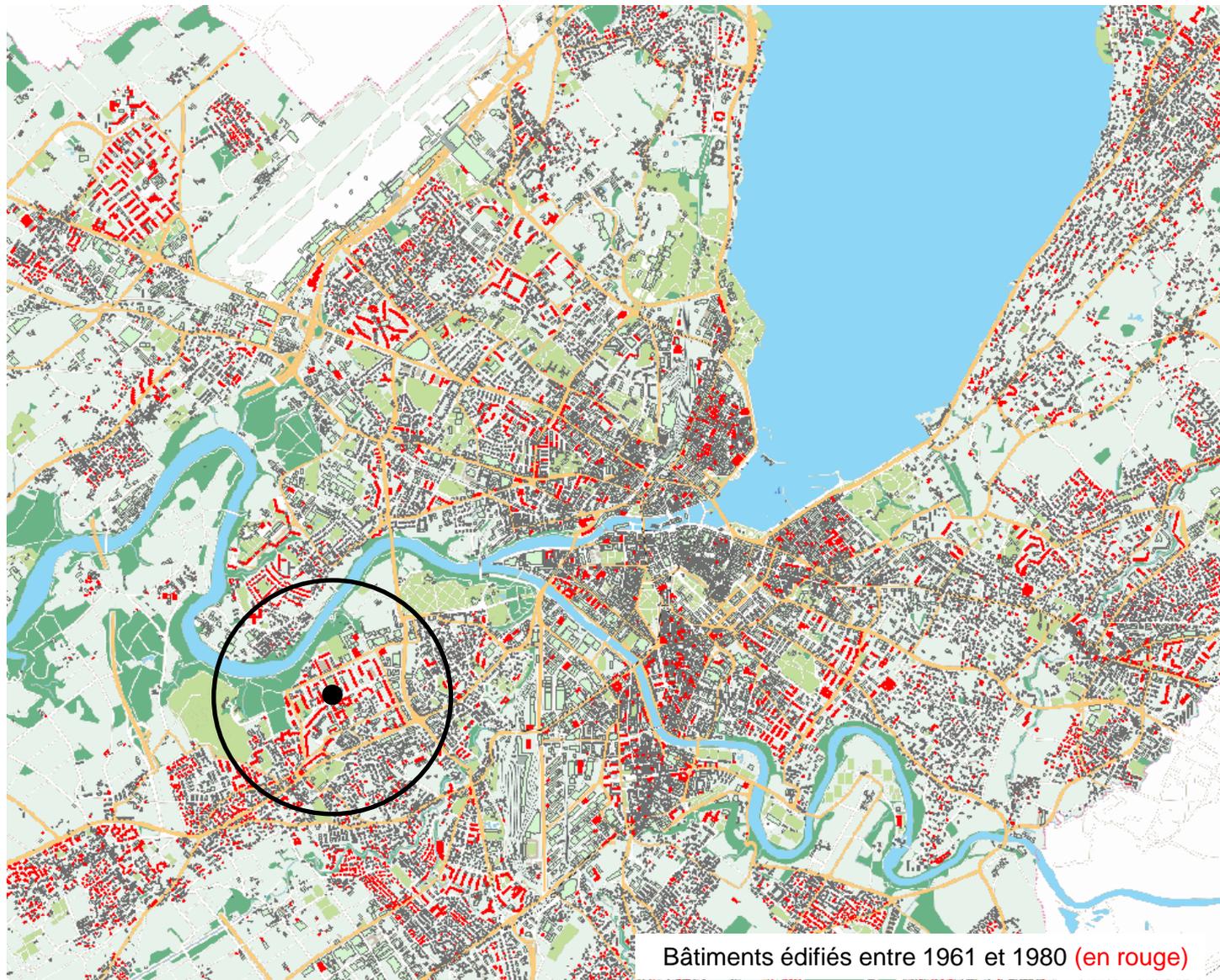
Les bâtiments environ **50% de l'énergie finale** utilisée dans le canton de Genève principalement pour répondre aux besoins de chauffage

Consommation énergétique des bât. résidentiels (>2 log) à Genève selon l'époque de construction



Le gisement d'économies d'énergie se trouve dans le parc de logements existants, en particulier dans les bâtiments édifiés entre 1960 et 1980.

Bâtiments édifés entre 1961 et 1980



Bâtiments édifés entre 1961 et 1980 (en rouge)

1 constat, des enjeux et plusieurs questions...

- Les grands ensembles d'habitation construits dans les années 60-80 ont passé la cinquantaine. Voilà pourquoi nous assistons pour la 1^{ère} fois à une accumulation de cycle d'assainissement simultanés.
- Enjeu énergétique = 1200 à 1500 GWh th. consommés (20 à 25% de la consommation du parc)
Et bien d'autres : enjeux techniques, financiers, socio-politiques, environnementaux, mais aussi patrimoniaux, de santé publique ...

- Quels leviers utiliser pour relever ce défi et réussir la transition énergétique? Quels sont les principaux freins?
- Quels sont les moyens financiers nécessaires et les ressources humaines mobilisables, pour rénover environ 3500 log/an d'ici 2030? N'oublions pas les 2500 log/an à construire !
- Y-a-t-il une vitesse critique pour l'amélioration de l'efficacité énergétique dans l'existant?



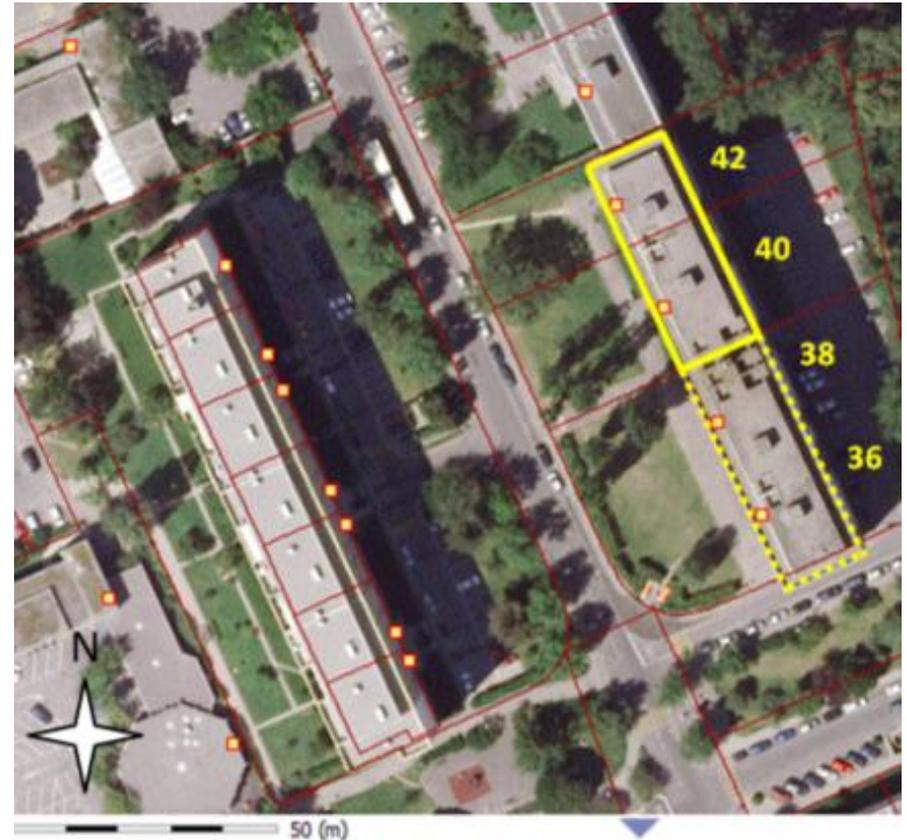
2^{ème} partie

Retour d'expérience d'un immeuble locatif
rénové MINERGIE à Onex

Situation des bâtiments



Plan de situation du bâtiment
Cité-Nouvelle d'Onex

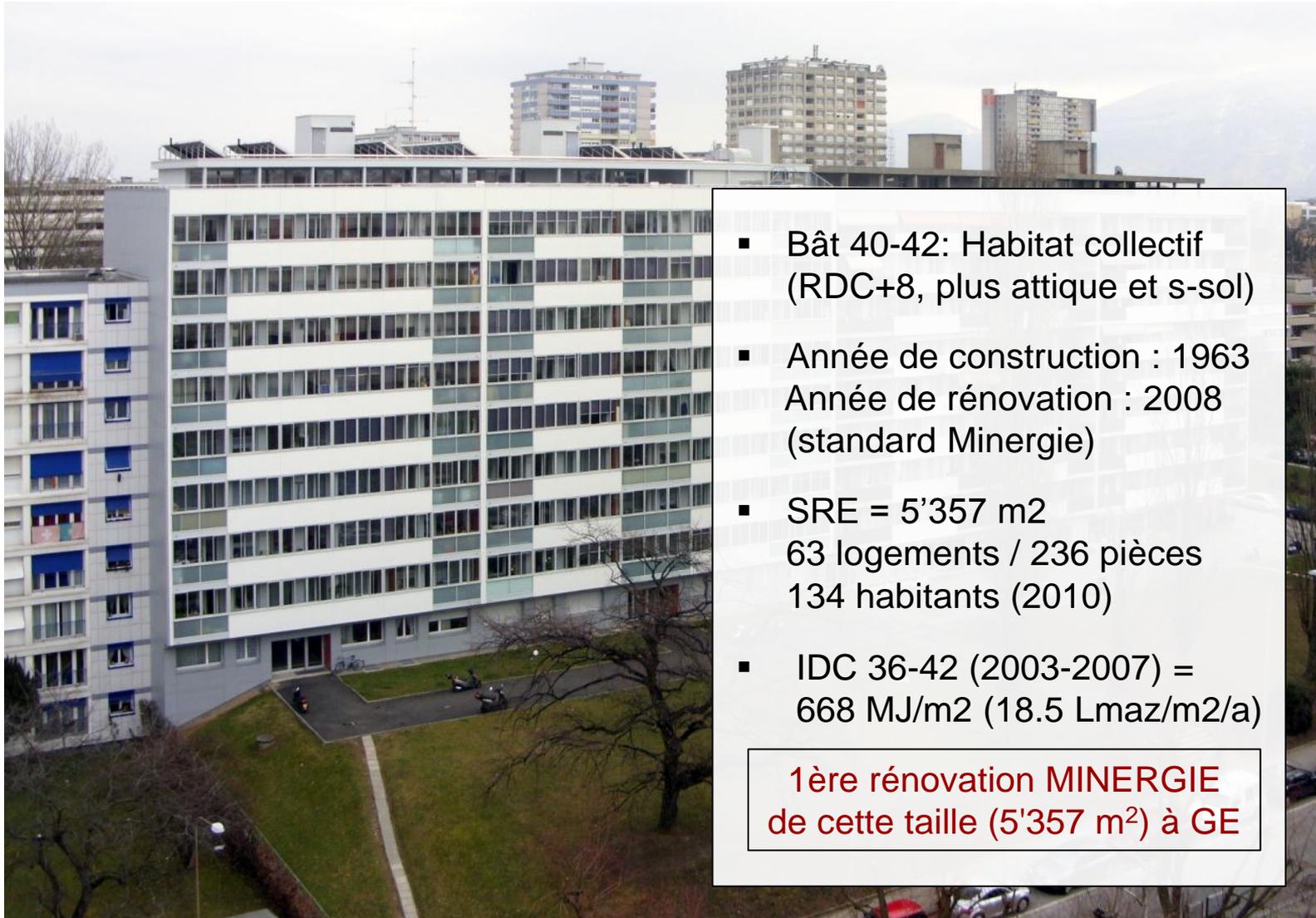


Avenue du Gros-Chêne 40-42
1213 Onex, Genève

Façade Sud-Ouest des bâtiments (côté rue)



Façade Sud-Ouest des bâtiments (côté rue)



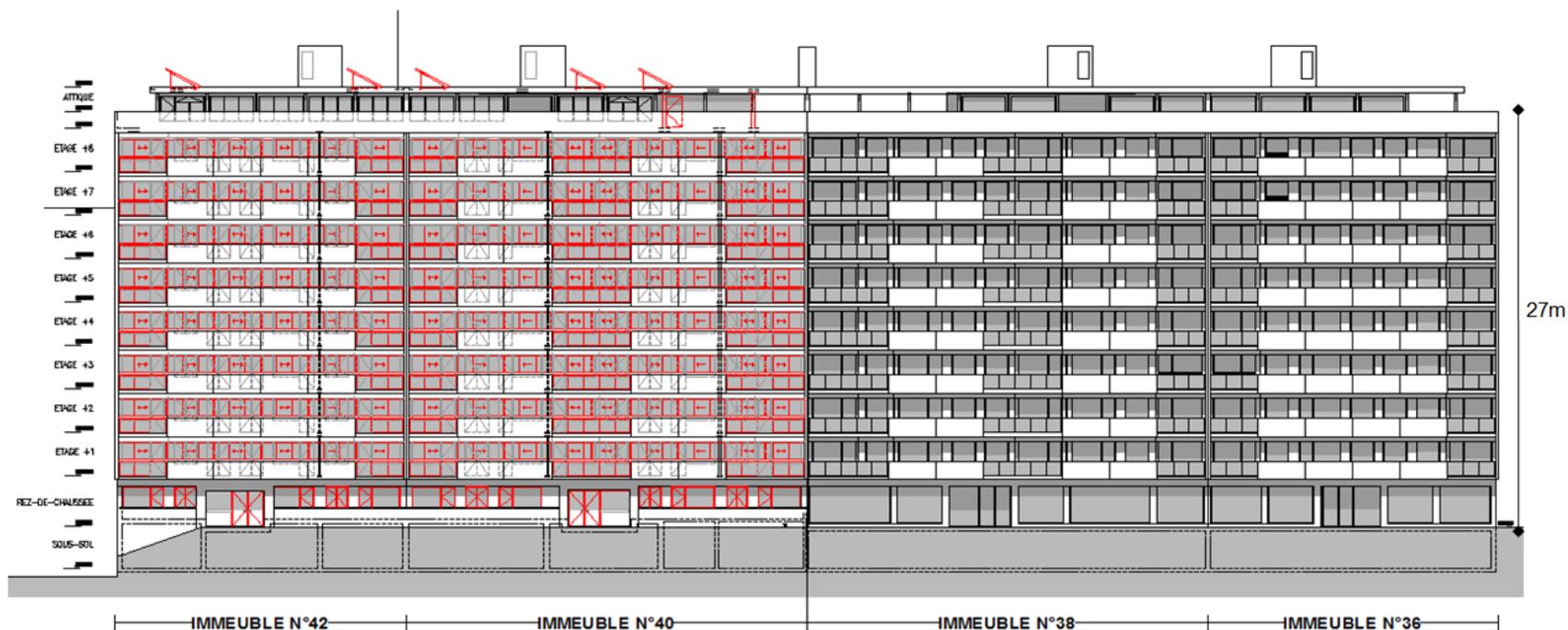
- Bât 40-42: Habitat collectif (RDC+8, plus attique et s-sol)
- Année de construction : 1963
Année de rénovation : 2008 (standard Minergie)
- SRE = 5'357 m²
63 logements / 236 pièces
134 habitants (2010)
- IDC 36-42 (2003-2007) =
668 MJ/m² (18.5 Lmaz/m²/a)

**1ère rénovation MINERGIE
de cette taille (5'357 m²) à GE**

Façade Sud-Ouest des bâtiments (côté rue)



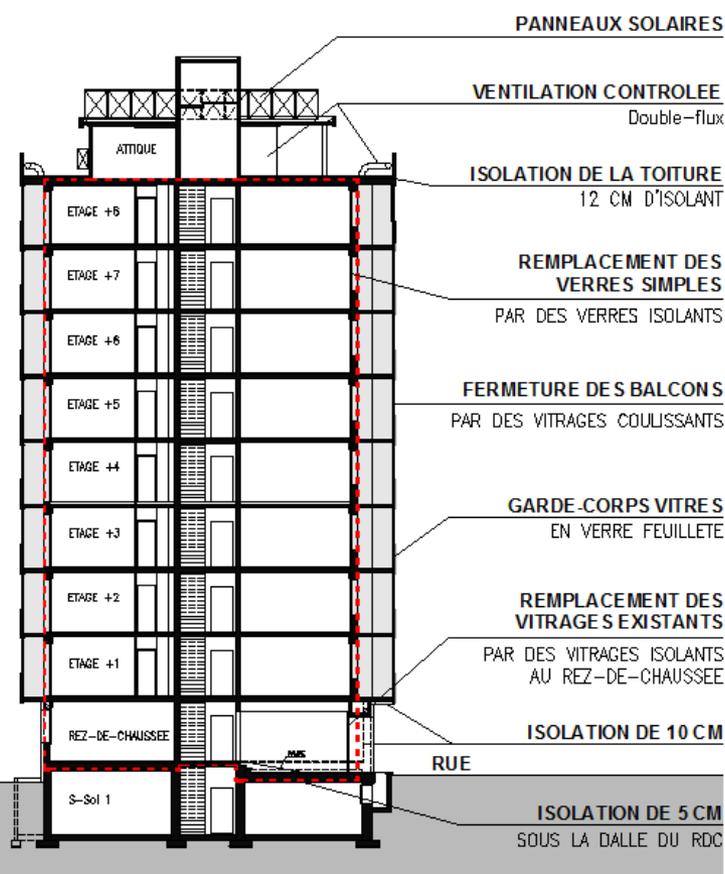
Façade Sud-Ouest des bâtiments (côté rue)



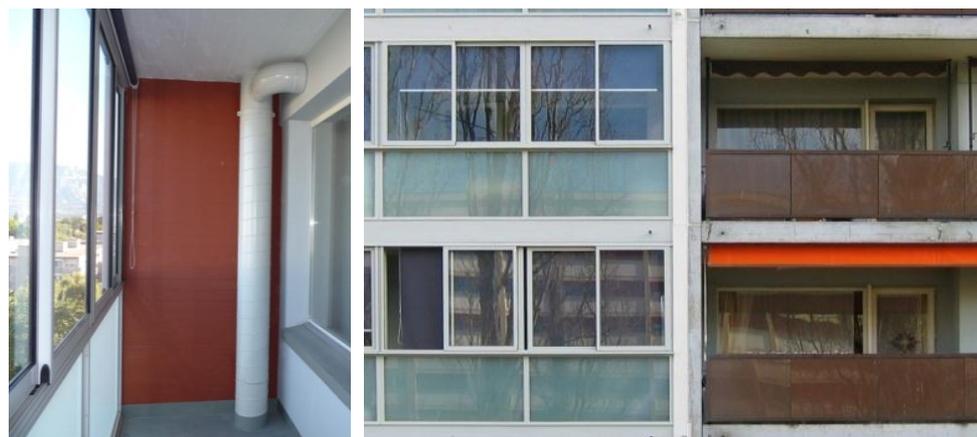
		Bâtiment 40-42	Bâtiment 36-38
Enveloppe		Rénovation complète	Non rénové
Production de chaleur	Avant	Chaufferie commune au mazout pour bât. 36-38-40-42	
	Après	Passage à CADIOM + solaire thermique (ECS)	Passage à CADIOM
Ventilation		Contrôlée (Vdf+PAC intégrée)	Simple

Concept de rénovation 40-42 : Enveloppe

Coupe type après rénovation



Eléments d'enveloppe [W/m ² K]	Valeur U avant rénovation	Valeur U après rénovation
Toiture (contre extérieur)	0.95	0.22 ± 0.09
Façades (opaque)		
Murs étages (SO & NE)	1.5	1.72 ± 0.15
Murs RDC (SO & NE)	1.5	0.26 (NM)
Mur pignon (NO)	3.0	0.33 (NM)
Fenêtres (vitrage)		
Vitrage (contre balcon)	5.9	1.05 ± 0.07
Vitrage simple (loggia)	-	3.42 ± 0.23
Loggia fermée	-	1.2 (calculée)
Plancher RDC	1.26	0.44 (NM)



Balcons vitrés du bâtiment 40-42 après rénovation

Acteurs impliqués dans la rénovation

Intervenants :

Propriétaire	SI Horizons du Sud A
Représentant	Architektur + Planung, Zürich
Régie	Regimo Genève SA, Genève
Conseil MO	css conseils et services sa, Le Lignon
Conseil juridique	Etude Bolsterli & Associés, Genève
Planification:	
Architecte	ass architectes associés sa, Le Lignon
Ingénieur civil	Pierre Moser, Genève
Ingénieur CVC	SB technique Sàrl, Genève
Ingénieur S	Ryser Eco Sàrl, Lancy
Ingénieur E	Scherler Ing. Conseil SA, Genève
Physique	Solem SA, Carouge
Réalisation:	
Entreprise totale	Unirenova, Karl Steiner SA, Genève

Suivi énergétique complet (2008-2010)

- Suivi énergétique complet du bâtiment rénové sur la période 2008-2010

En tout, 47 points de mesure relevés toutes les 10 sec, puis moyennés et enregistrés toutes les 5 min.
- Projet initié et financé par le Service de l'Energie.
- Etude réalisée par le groupe Energie de l'Université de Genève :
Floriane Mermoud et Jad Khoury
Bernard Lachal, Eric Pampaloni



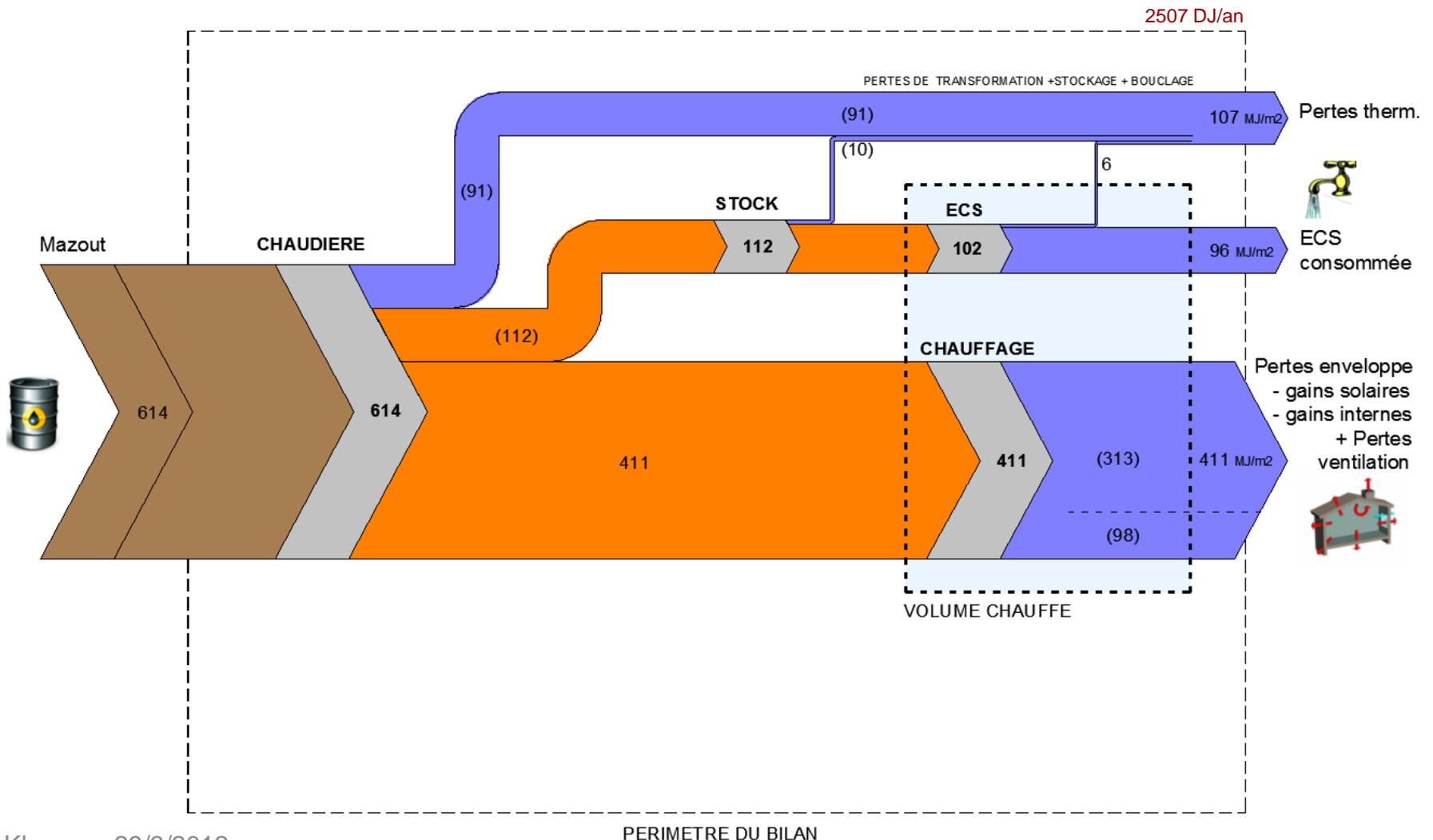
Rapport disponible sous :
www.unige.ch/energie



Bilans énergétiques détaillés

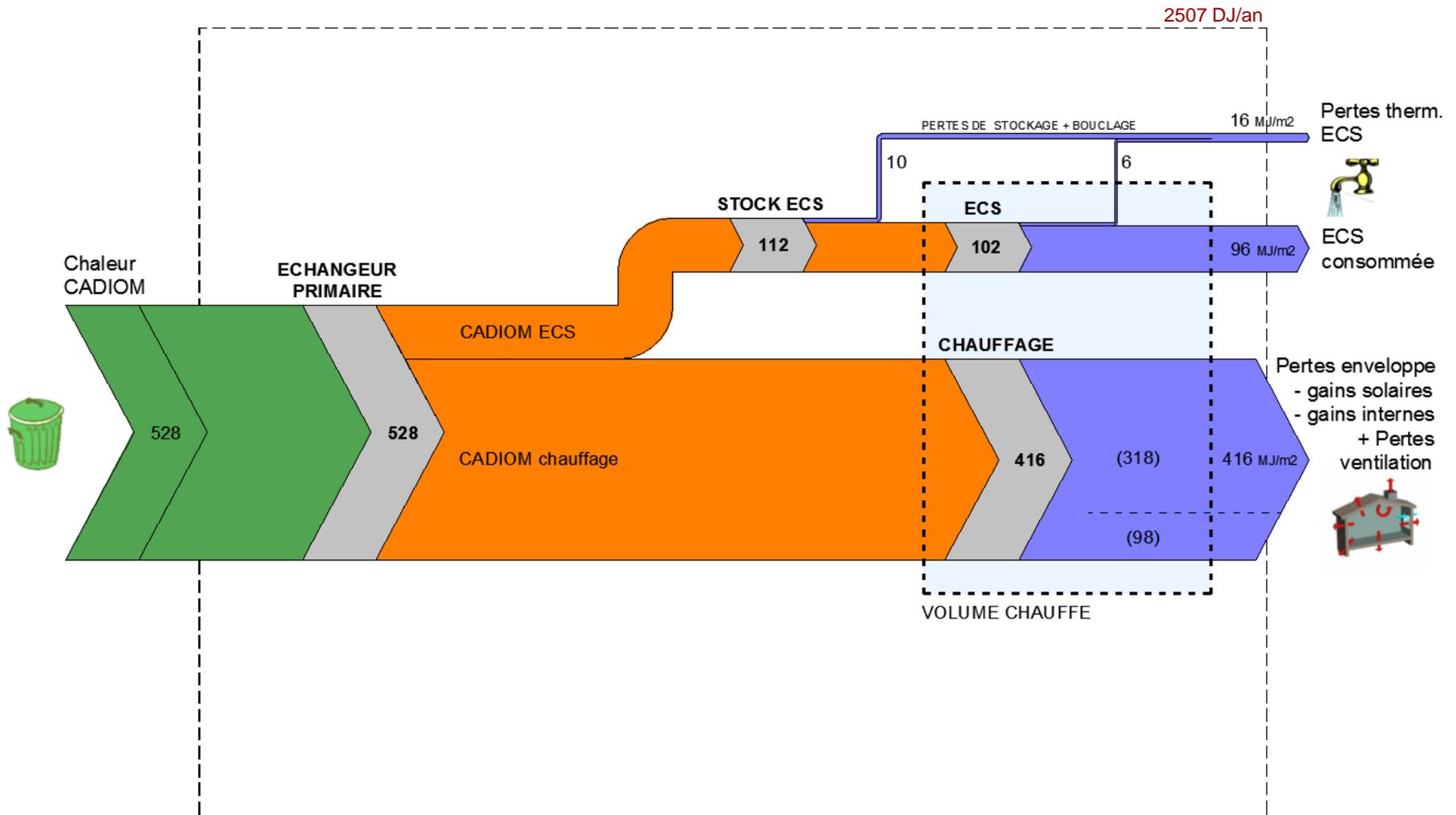
Bilan énergétique du bâtiment 36-42 (calculé moy. 03-07)

Mazout + Enveloppe non rénovée



Bilan énergétique du bâtiment 36-38 (mesuré moy. 08-10)

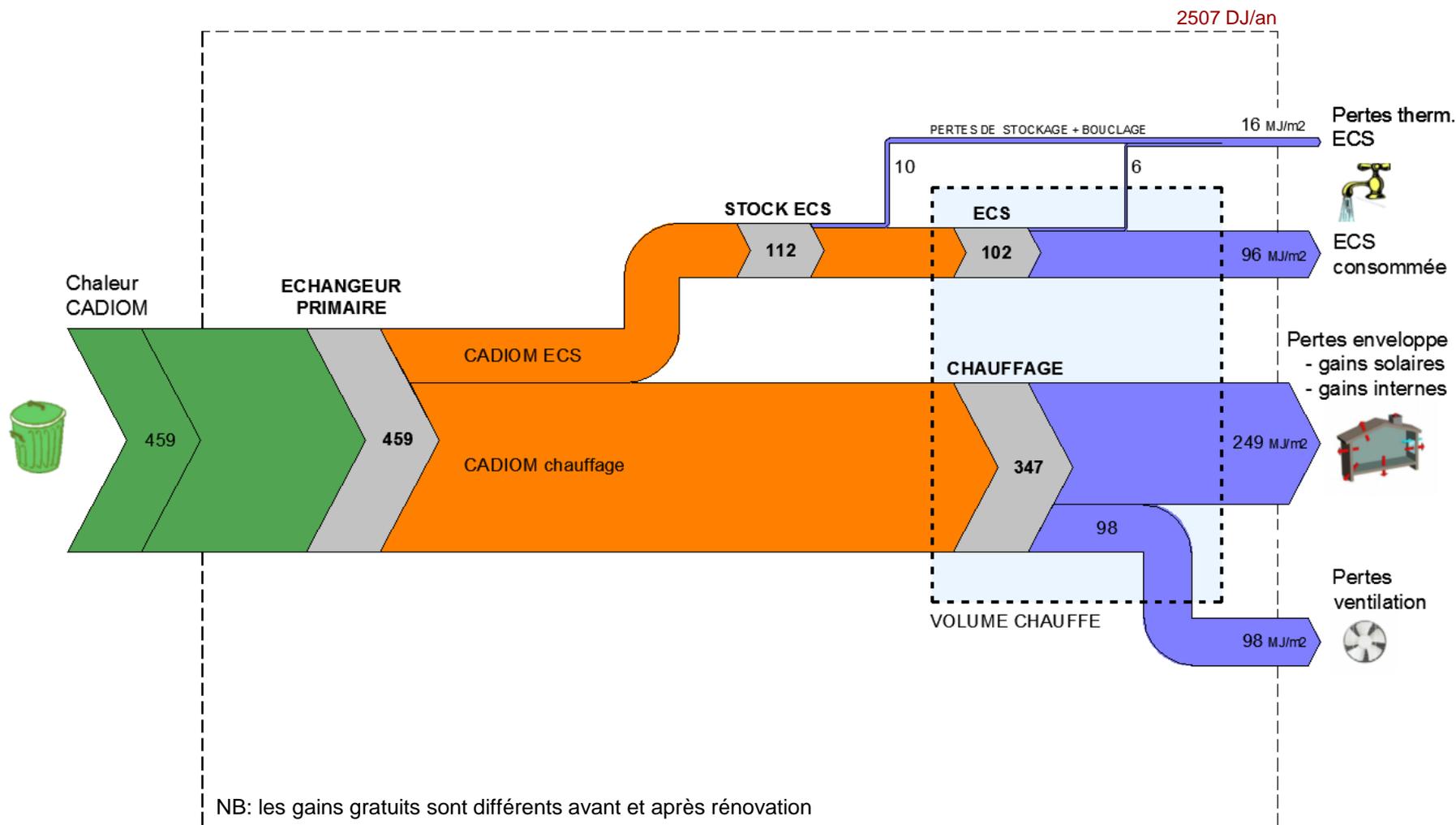
Passage à CADIOM + Enveloppe non rénovée



Bilan énergétique du bâtiment 40-42 (mesuré moy. 08-10)

CADIOM + Enveloppe rénoverée

La rénovation de l'enveloppe a permis d'économiser 80 MJ/m²/an

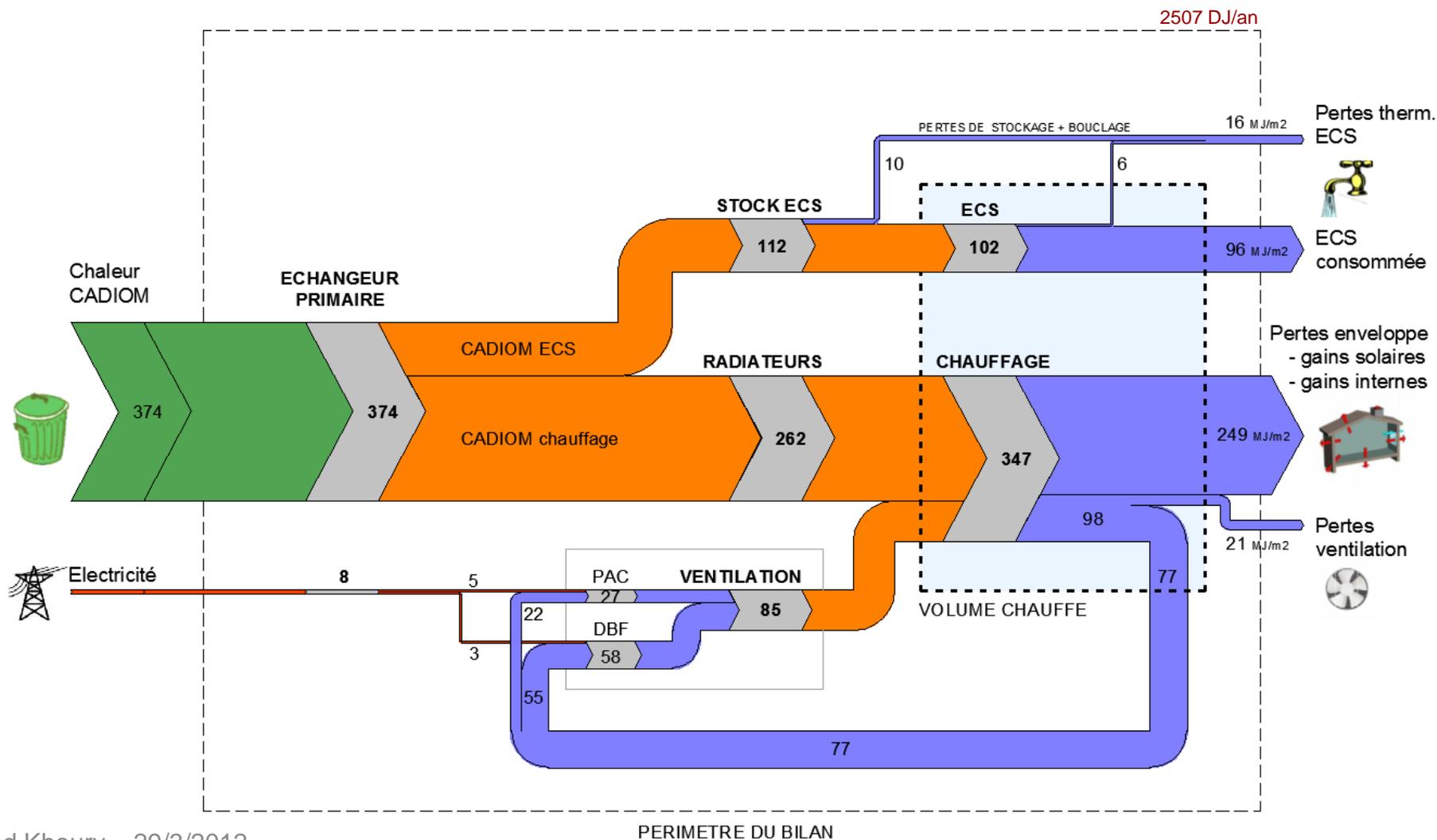


PERIMETRE DU BILAN

Bilan énergétique du bâtiment 40-42 (mesuré moy. 08-10)

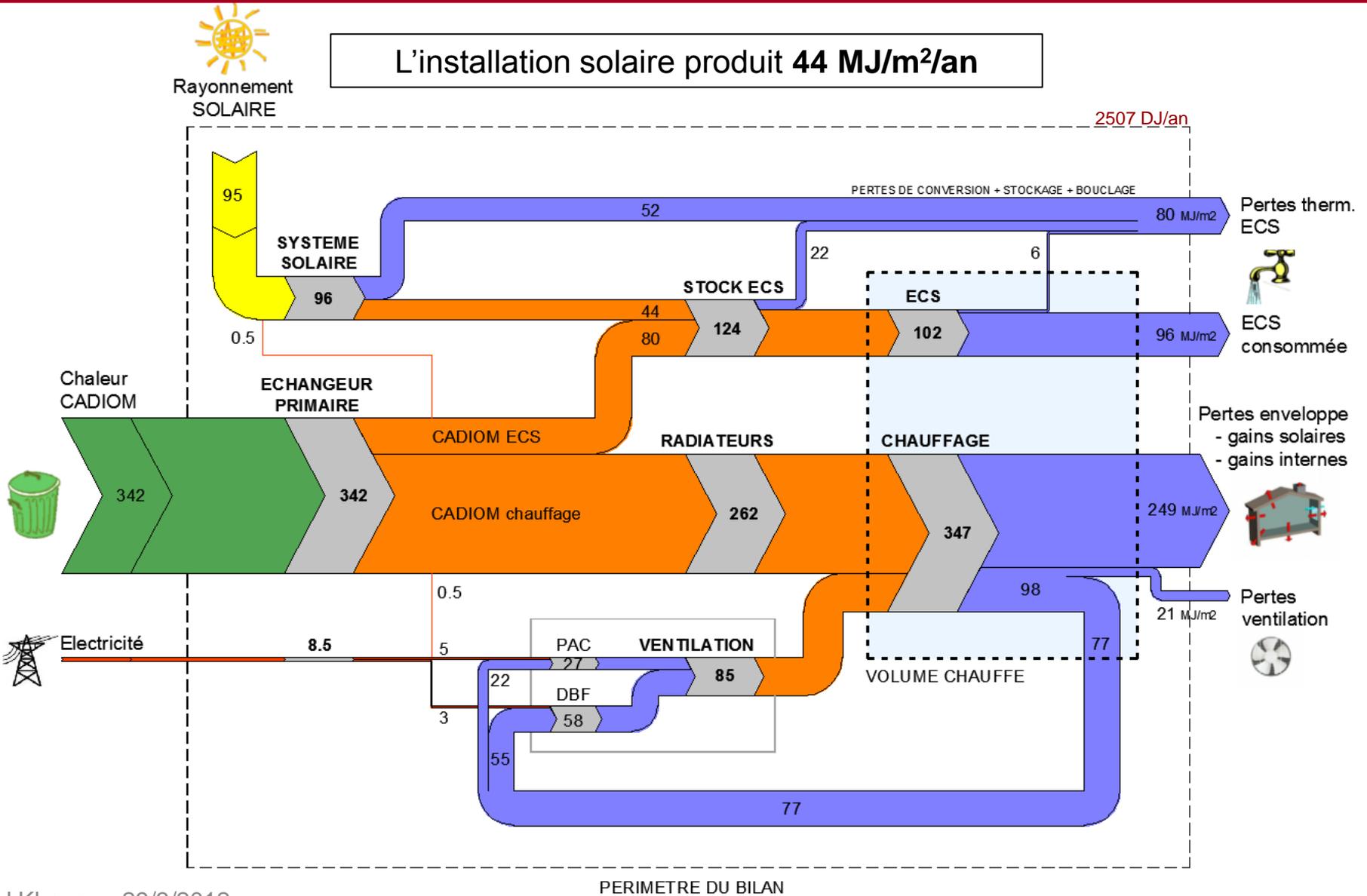
CADIOM + Enveloppe rénoverée + Valorisation des rejets thermiques (VDF)

La ventilation contrôlée a permis de récupérer **77 MJ/m²/an**



Bilan énergétique du bâtiment 40-42 (mesuré moy. 08-10)

CADIOM + Enveloppe rénoverée + VDF + Préchauffage solaire de l'ECS

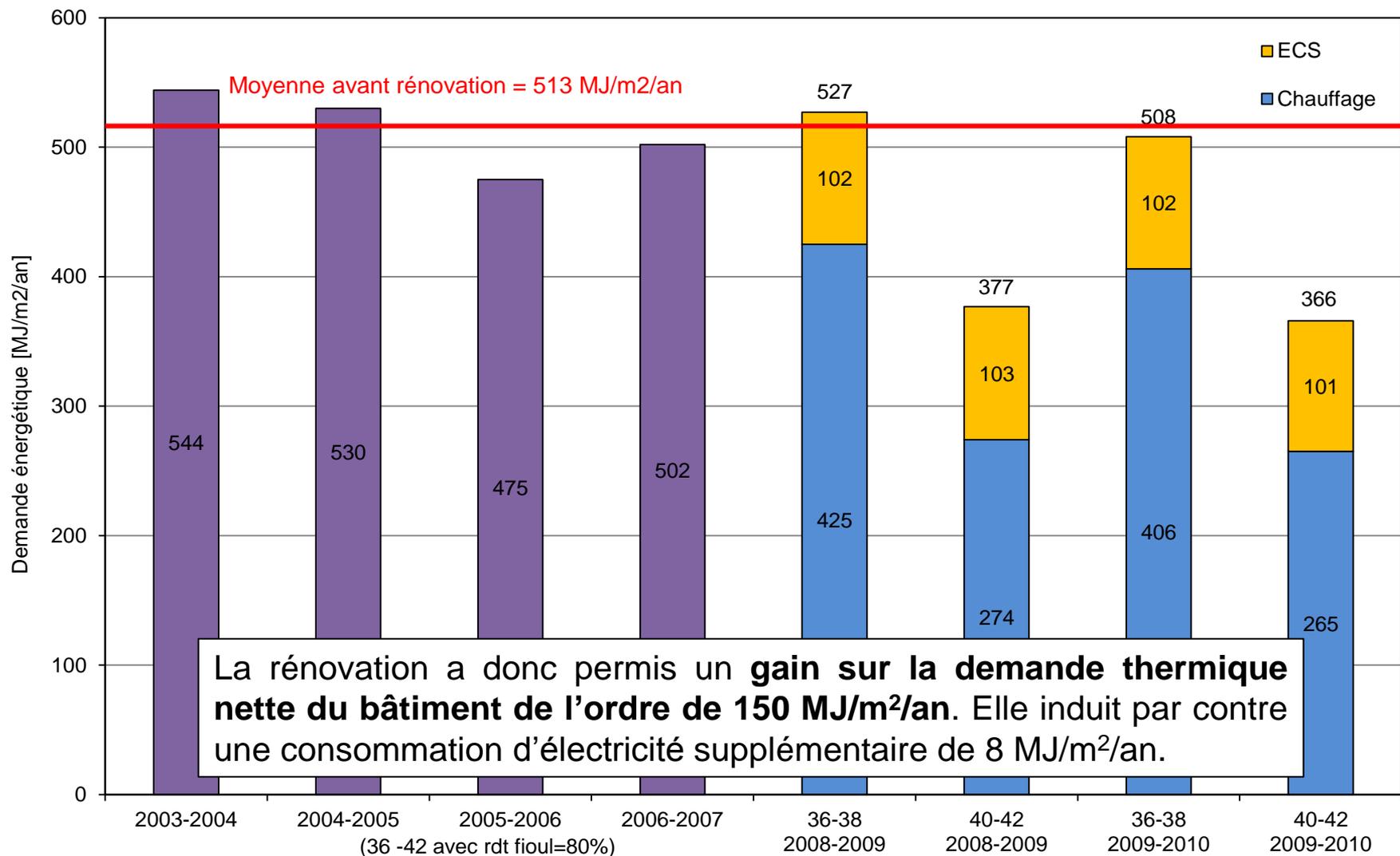




Bilan thermique: objectif V/S réalité

Evolution de la demande thermique du bâtiment

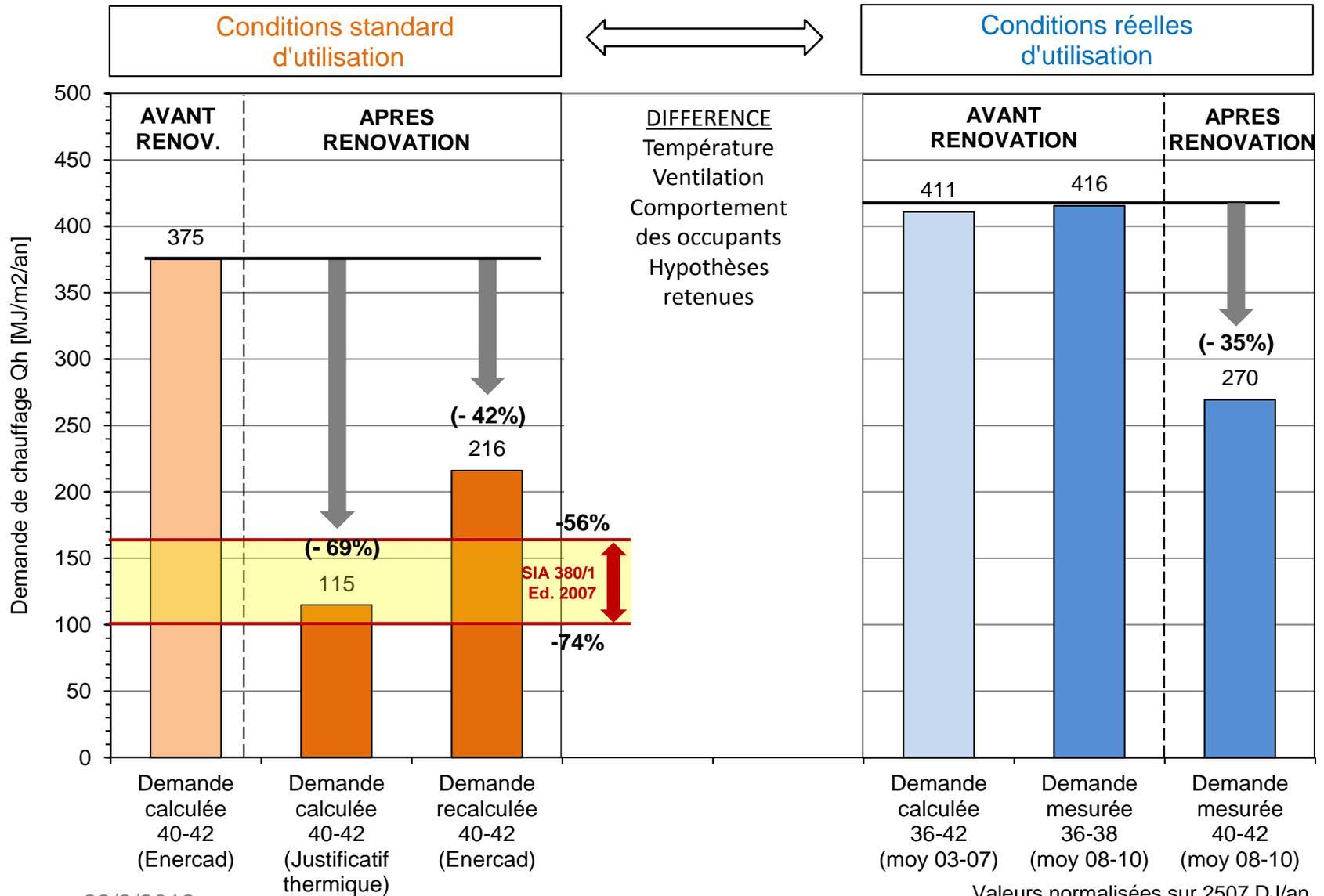
Avant / après rénovation



Valeurs normalisées sur 2507 DJ/an

Besoin de chauffage : entre objectif normé et réalité

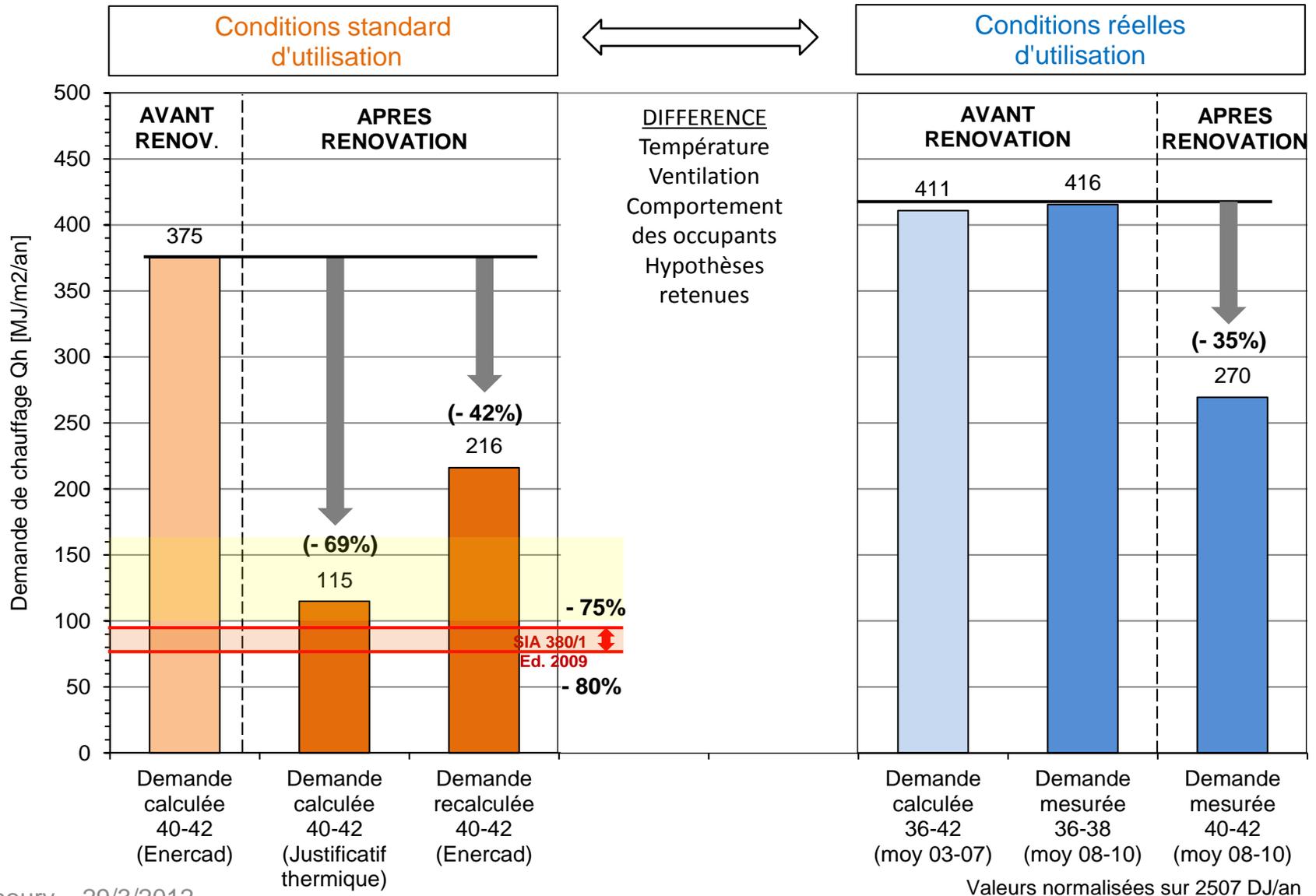
Avant et après rénovation



Valeurs normalisées sur 2507 DJ/an

Besoin de chauffage : entre objectif normé et réalité

Avant et après rénovation



Besoin de chauffage : entre objectif normé et réalité

Avant et après rénovation

- **Dans les conditions standard d'utilisation**, les besoins de chaleur pour le chauffage du bâtiment avant rénovation vaut 375 MJ/m², soit 229% de la limite SIA 380/1 : 2007 et 400% de la limite SIA 380/1 : 2009 (classe G).

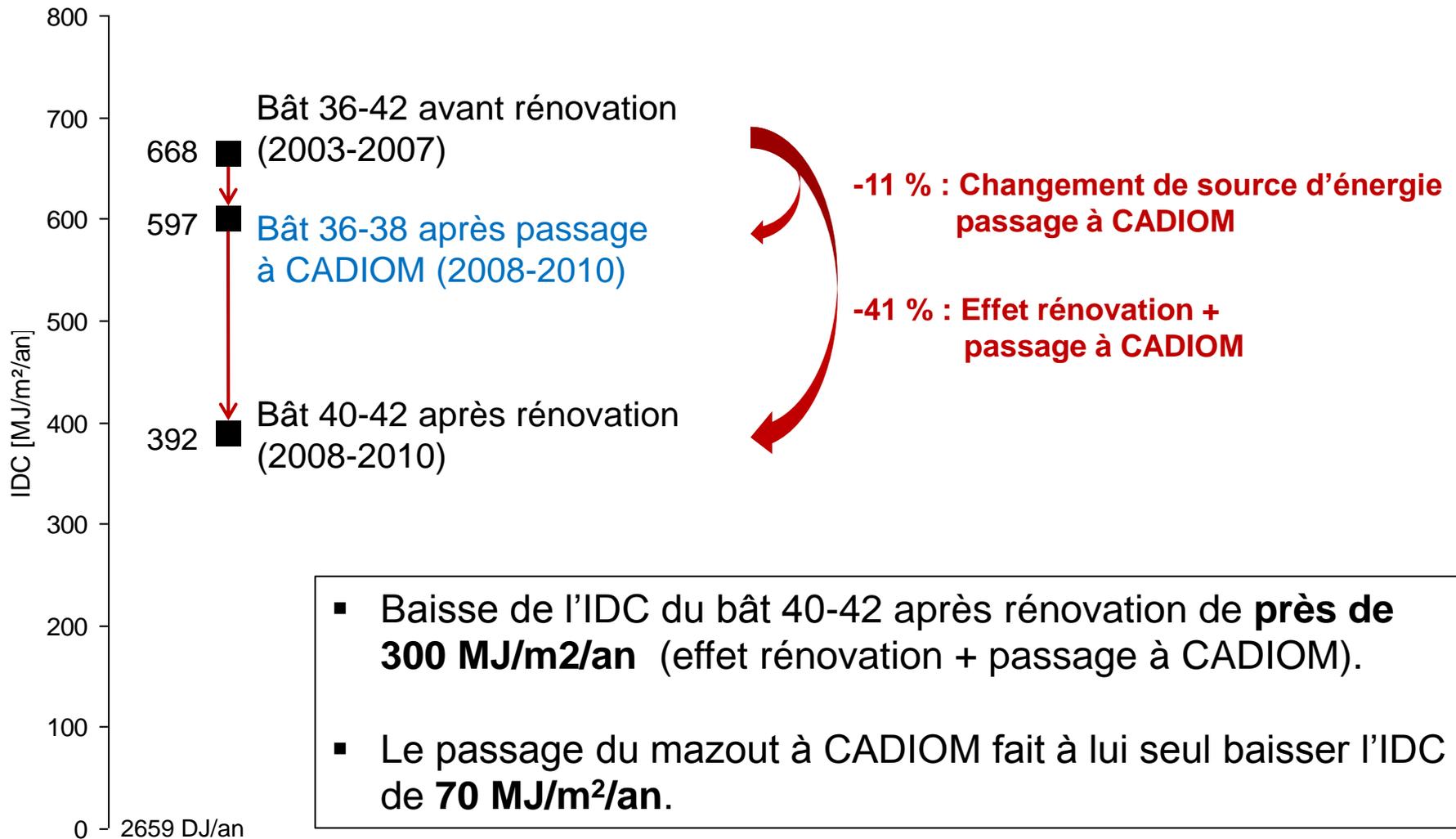
Après rénovation, le bâtiment rénové n'atteint pas la valeur limite SIA 380/1: 2007 d'après notre calcul (-42% au lieu de -56%).

- **Dans les conditions réelles d'utilisation**, la baisse mesurée des besoins de chauffage est d'environ un tiers.

Ainsi en visant une réduction de la demande de chauffage de 2/3, on n'en réalise effectivement que la moitié (baisse de 1/3)

- La demande de chauffage du bâtiment 36-38 doit être divisée au moins par 4 pour satisfaire les exigences de la norme SIA 380/1: 2009.

Evolution de l'IDC





Performances des sous-systèmes

Performance des sous-systèmes : VDF et solaire

- **Ventilation contrôlée**

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

La ventilation contrôlée (VDF+PAC) présente une bonne performance énergétique. Mais, son intégration dans le bâtiment est difficile et onéreuse.

- **Installation solaire**

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

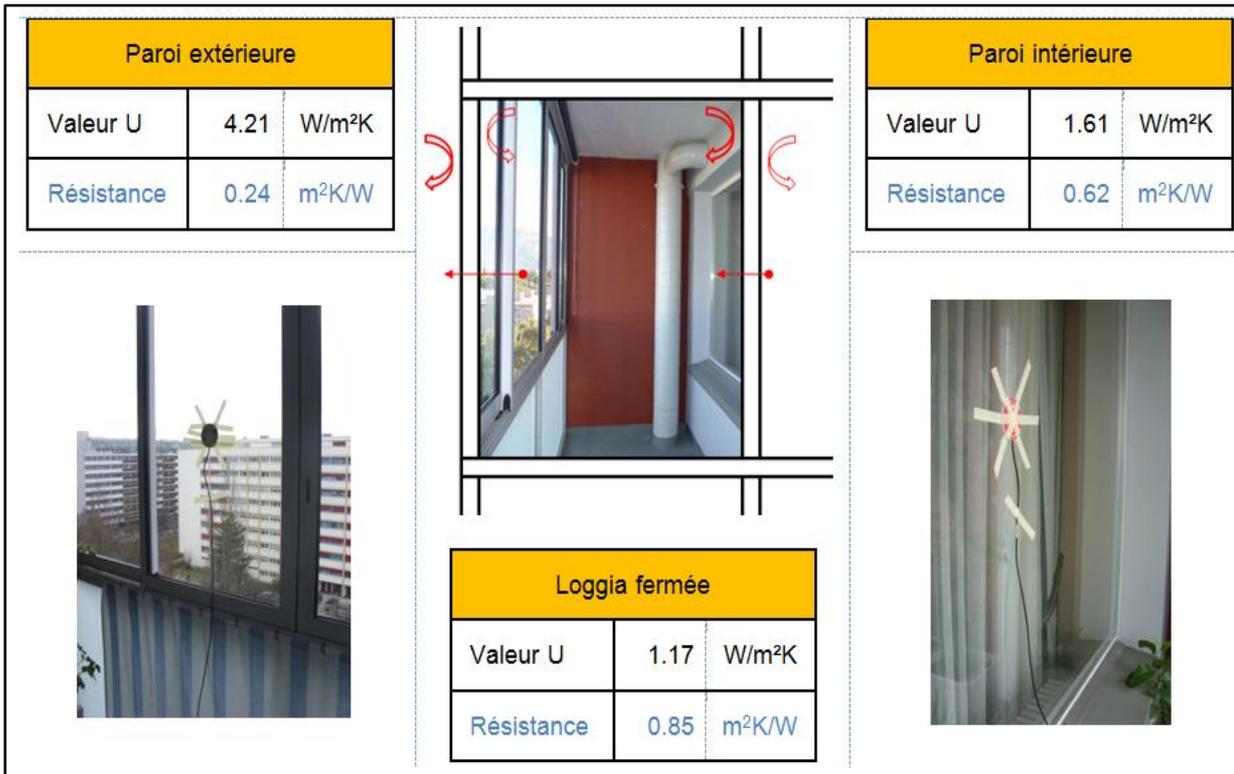
L'installation solaire est bien dimensionnée et offre des performances classiques.

Cependant, son intérêt énergétique est contestable sur un bâtiment raccordé à CADIOM... Cette installation solaire diminue les besoins estivaux et donc augmente les rejets thermiques dans le Rhône...

Performance des sous-systèmes : Enveloppe (loggias)

La performance de l'enveloppe thermique du bât. 40-42 dépend en grande partie de celle des loggias, qui constituent environ 75% de l'enveloppe contre extérieur.

Différents comportements observés en hiver et leur influence sur la performance des balcons vitrés



Situation 1 $U_{loggia} = 1.2 \text{ W/m}^2\text{K}$
Loggia fermée en hiver

Situation 2 $U_{loggia} = 1.6 \text{ W/m}^2\text{K}$
La paroi intérieure est fermée, mais les fenêtres extérieures de la loggia sont ouvertes.

Situation 3 $U_{loggia} = 4.2 \text{ W/m}^2\text{K}$
La paroi intérieure est ouverte, et les fenêtres extérieures de la loggia sont fermées.

Situation 4 **Pire scénario !!!**
La paroi intérieure et les fenêtres extérieures de la loggia sont ouvertes.

Comportement des loggias

L'ouverture des portes-fenêtres intérieures a pour conséquence de **diminuer la résistance thermique de la loggia froide d'un facteur 3.5** (de 0.85 à 0.24 m²K/W)

Différentes gestions des balcons vitrés sud-ouest le 10/2/2012 à 10h, Text= -8°C

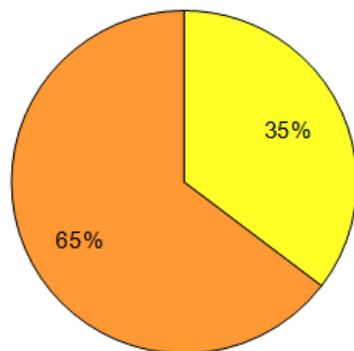
- Une utilisation correcte des loggias par les usagers devrait:
- réduire les pertes thermiques à travers les balcons vitrés
 - diminuer la demande énergétique du bâtiment rénové
 - entraîner une baisse des charges énergétiques des locataires.



Bilan économique et coût de l'efficacité énergétique

Coût de la rénovation

Désignation	Investissement	%/total
Total HT (hors subventions)	1'058 CHF/m²	100%
Travaux d'entretien	374 CHF/m ²	35%
Travaux d'améliorations énergétiques (dont subventions 110 CHF/m ²)	684 CHF/m ²	65%
Total HT (subventions déduites)	948 CHF/m²	



- Travaux d'entretien + honoraires [374 CHF/m²]
- Travaux d'améliorations énergétiques + honoraires [684 CHF/m²]
 - 2/3 assainissement enveloppe
 - 1/3 assainissement des installations techniques

N.B. Tous les coûts annoncés sont hors taxes (HT) et sont exprimés en CHF/m² SRE. Les honoraires des intervenants ont été répartis proportionnellement aux coûts des travaux.

Hors subventions, le **coût total de la rénovation** (travaux d'entretien + travaux d'amélioration énergétique) s'est élevé à 5'670'000 CHF, soit 90'000 CHF/lgt ou **1'058 CHF HT/m² SRE**.

Les **subventions** accordés (~110 CHF/m²) ont permis de réduire le coût **des travaux de rénovation énergétique à 574 CHF HT/m² SRE**.



Coût des solutions d'efficacité énergétique

L'analyse économique portera sur les trois solutions d'efficacités énergétiques intégrées au bâtiment 40-42 :



Solaire thermique



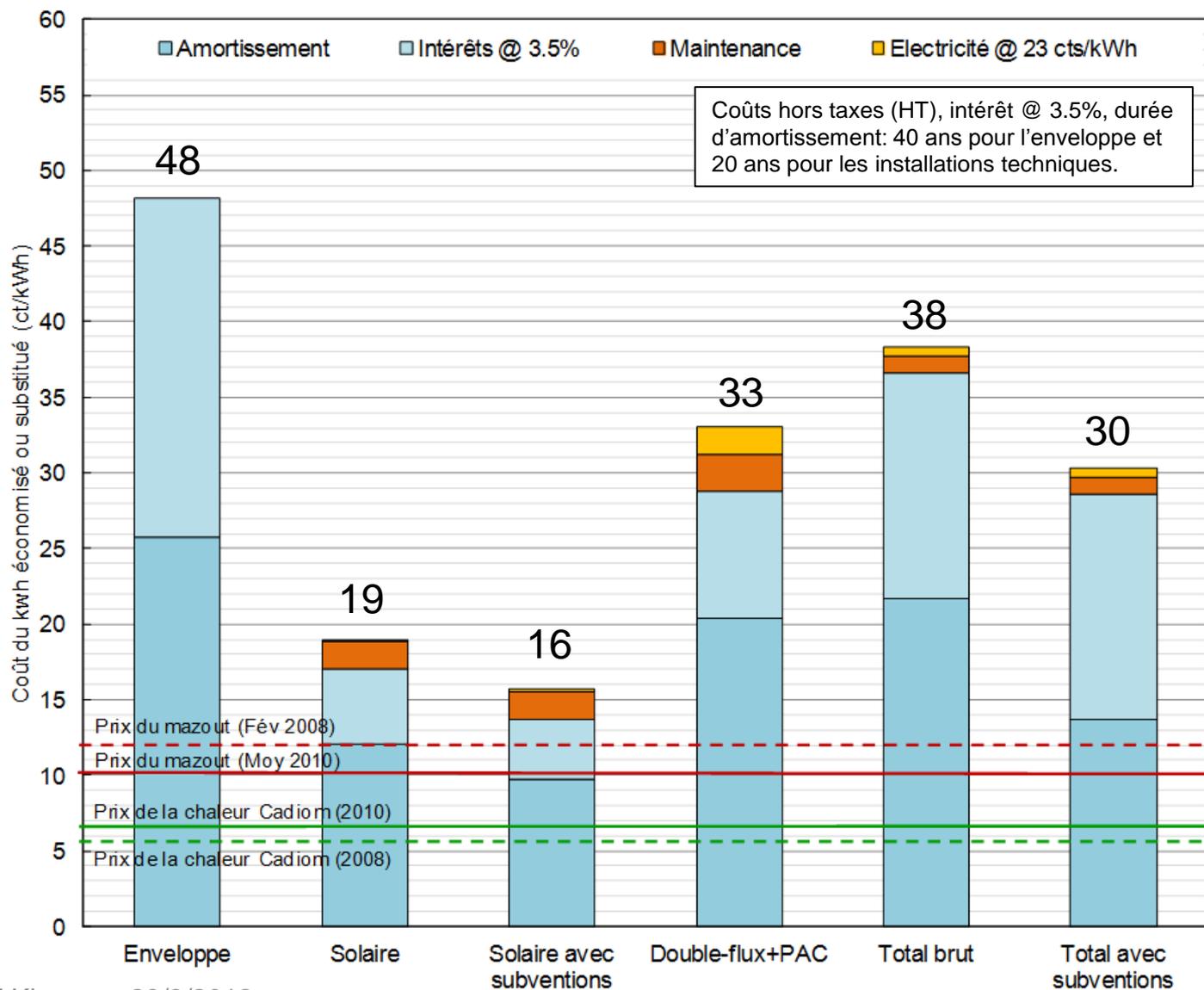
Enveloppe assainie



Double flux+PAC

Le coût du kWh économisé et de la tonne de CO₂ évitée est calculé à partir des données économiques (devis final selon CFC) et des performances mesurées des sous-systèmes (suivi énergétique).

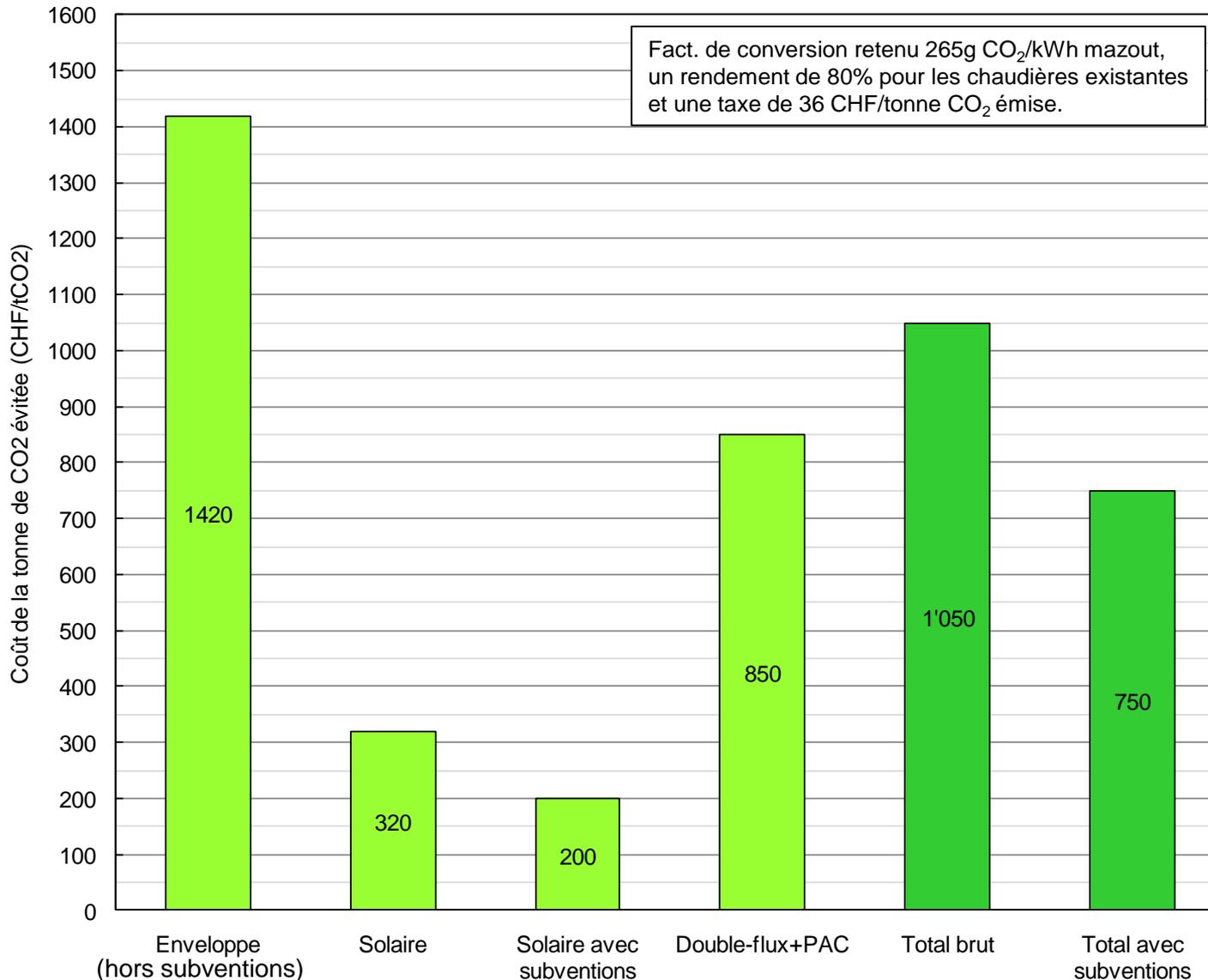
Coût du kWh économisé / substitué



Prix du mazout (rapporté à l'énergie utile en considérant un rend. de la chaudière 80%)

Prix de la chaleur CADIOM 2008 et 2010

Coût de la tonne de CO2 évité



Des coûts à la tonne de CO2 évités, globalement élevés

122 tCO2 évitées/an

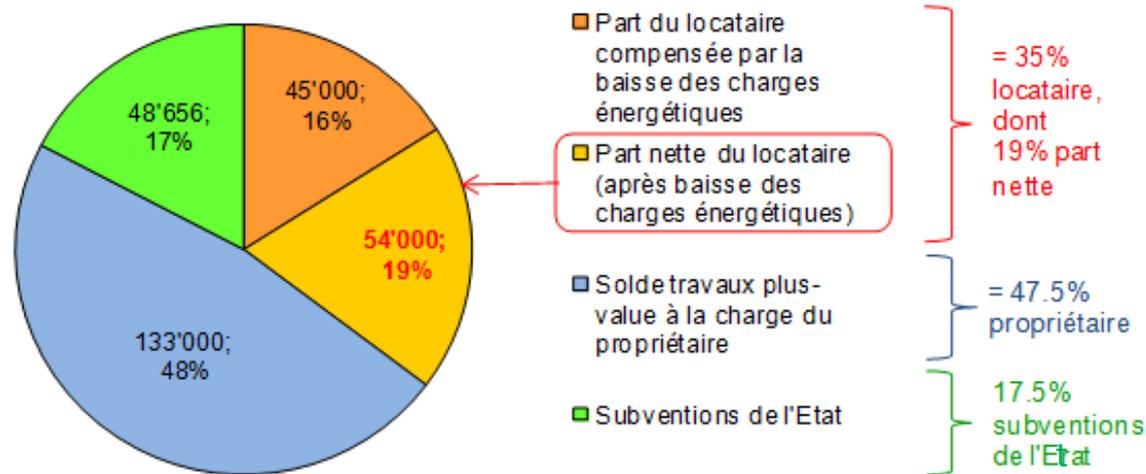
Coût de la tonne de CO2 évitée = **750 CHF/ tCO2**

Coût de la tonne de CO2 évitée par le **Grenelle de l'env. pour la rénovation des bâtiments = 300 à 350 euros/tCO2**

Répartition annuelle du coût des travaux à plus-value entre propriétaire, locataires et Etat (LDTR avant le 5.8.2010)

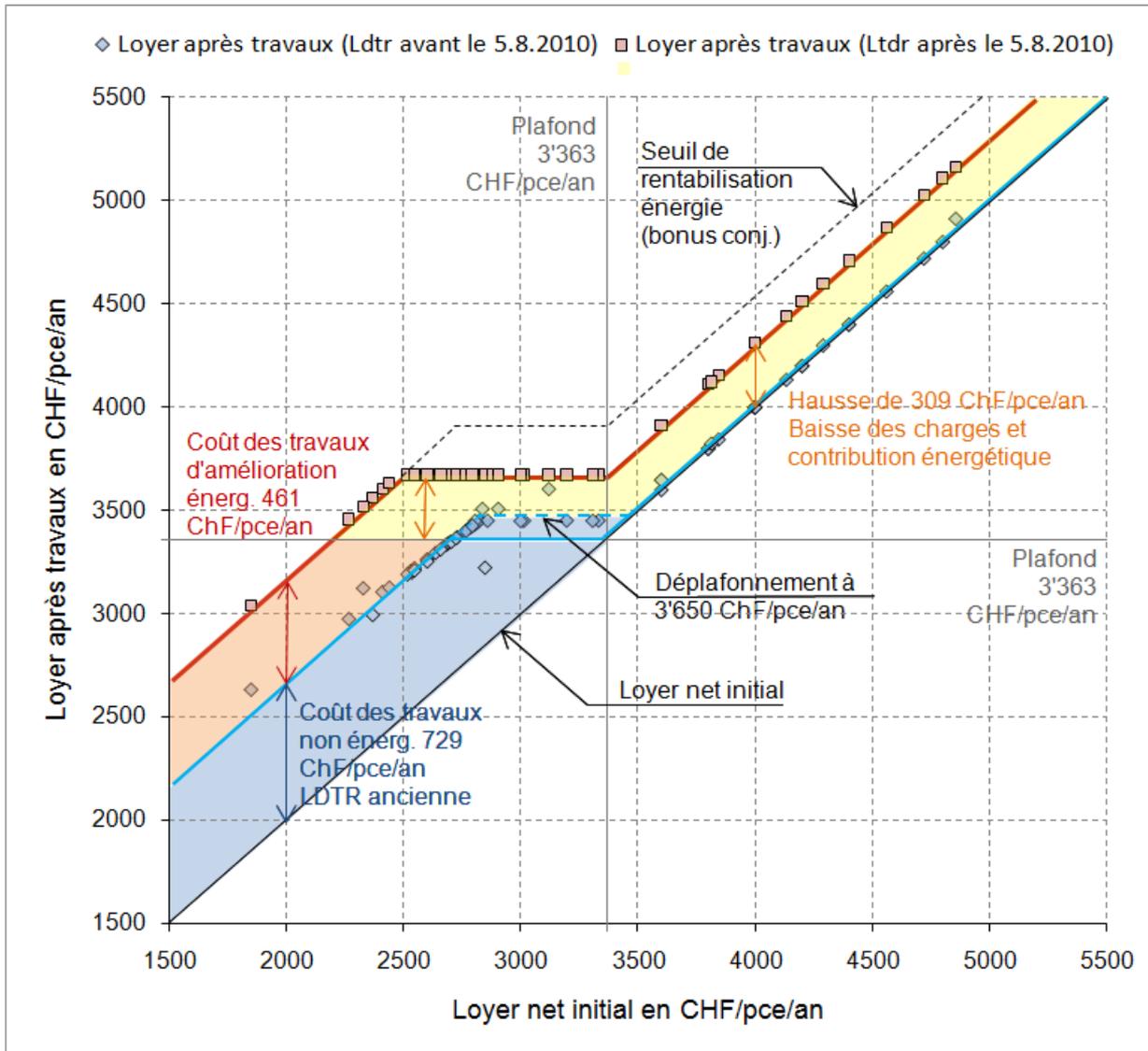
Le financement des travaux à plus-value se répartit comme suit :

- 17% Etat: subventions directes uniquement
- 35% locataires : dont 16% sont compensés par la baisse des charges énergétiques (part nette : 19%)
- 48% propriétaire : solde des travaux de rénovation à plus-values qui n'a pas pu être reporté sur les loyers à cause du seuil LDTR



Hypothèses: LDTR avant le 5.8.2010, 60% travaux plus-values et 40% travaux d'entretien, baisse effective des charges de 189 CHF/pce/an (issu du suivi énergétique), un taux d'intérêts de 8.25% (selon DCTI).

Répercussion du coût des travaux sur les loyers (après le 5.8.2010)

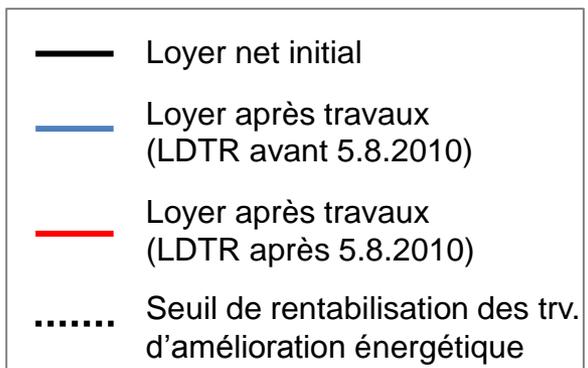


LDTR avant le 5.8.2010

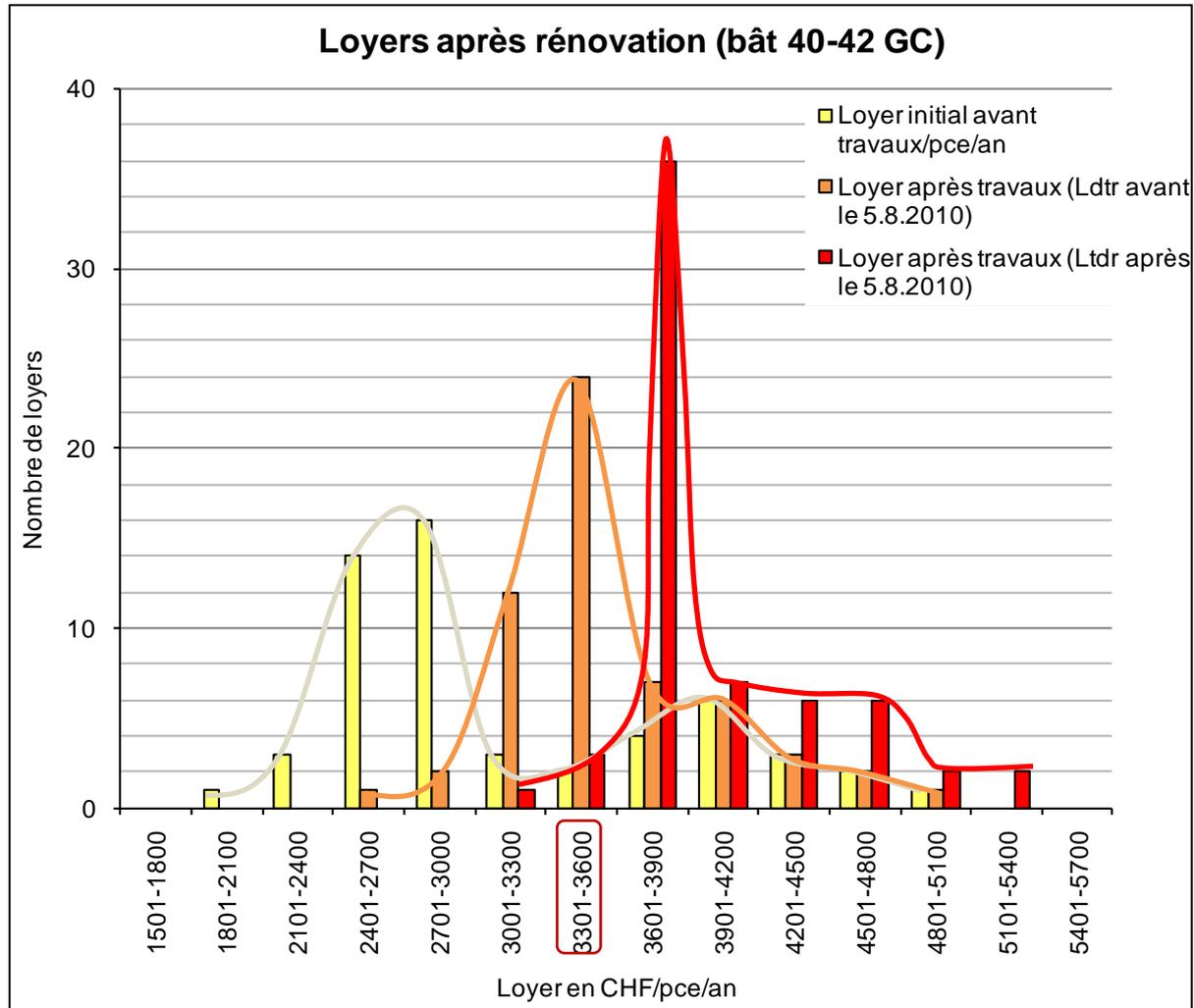
Hausse totale de l'état locatif de l'ordre de 100'000 CHF/an, en partie compensée par la baisse des charges énergétiques (45'000 CHF/an).

LDTR après le 5.8.2010

Hausse totale de l'état locatif de de 175'000 CHF/an, en partie compensée par la baisse des charges énergétiques (45'000 CHF/an).



Des hausses de loyers en perspective



Avant travaux

2/3 des loyers < plafond LDTR

Après travaux (LDTR < 5.8.10)

1/3 des loyers < plafond LDTR

Après travaux (LDTR > 5.8.10)

1 loyer / 63 < plafond LDTR



Points de discussion et conclusions

Points de discussion (1)

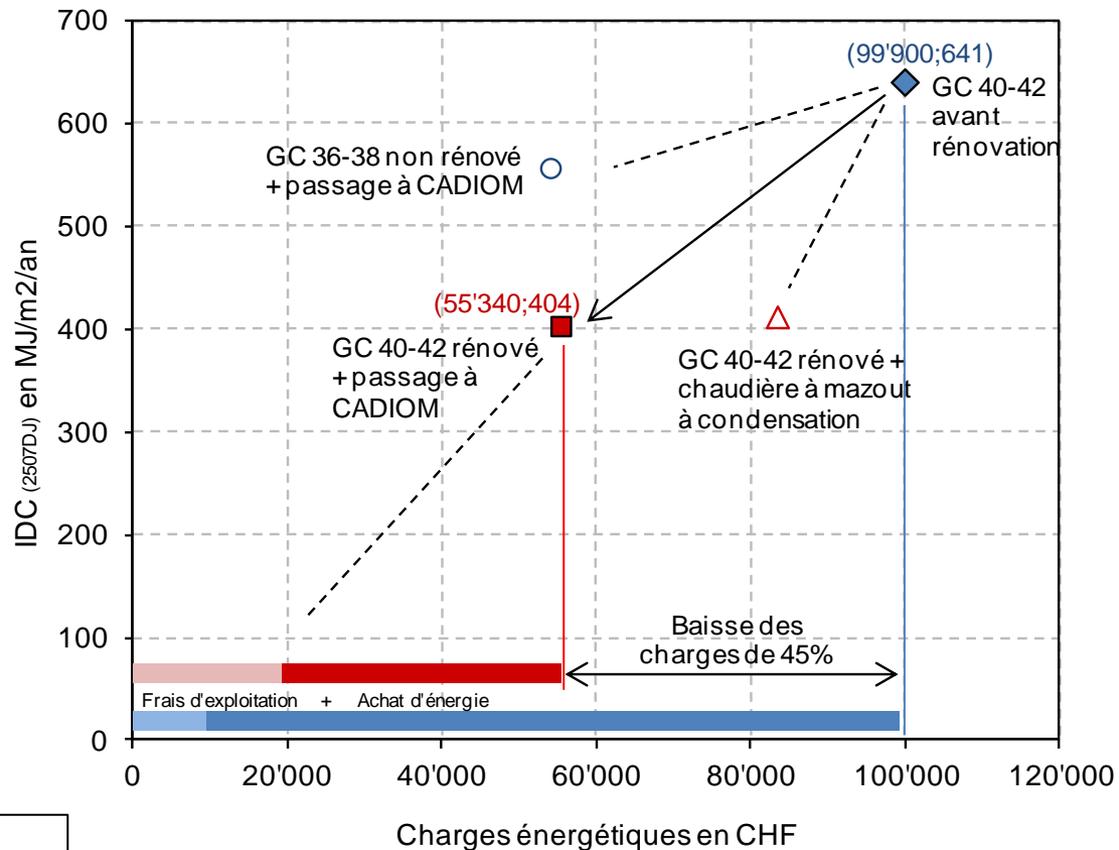
Influence du passage à CADIOM sur la baisse des charges énergétiques

La rénovation a engendré:

- une diminution d'un facteur 2.5 des frais de chauffage
- une augmentation d'un facteur 2 des frais d'exploitation.

Au prix actuel de l'énergie, le raccordement du bât 36-38 au réseau CADIOM entraîne une baisse significative des charges énergétiques (-46%) sans avoir rénové les bâtiments.

Un prix aussi bas de la chaleur risque de rendre difficile la rentabilité des rénovations énergétiques des bâtiments raccordés à CADIOM.



- ◆ GC 40-42 état initial (03-07)
- GC 40-42 rénové + passage à CADIOM (08-10)
- △ GC 40-42 rénové + ch. mazout à condensation (hyp 08-10)
- GC 36-38 non rénové + passage à CADIOM (08-10)

Points de discussion (2)

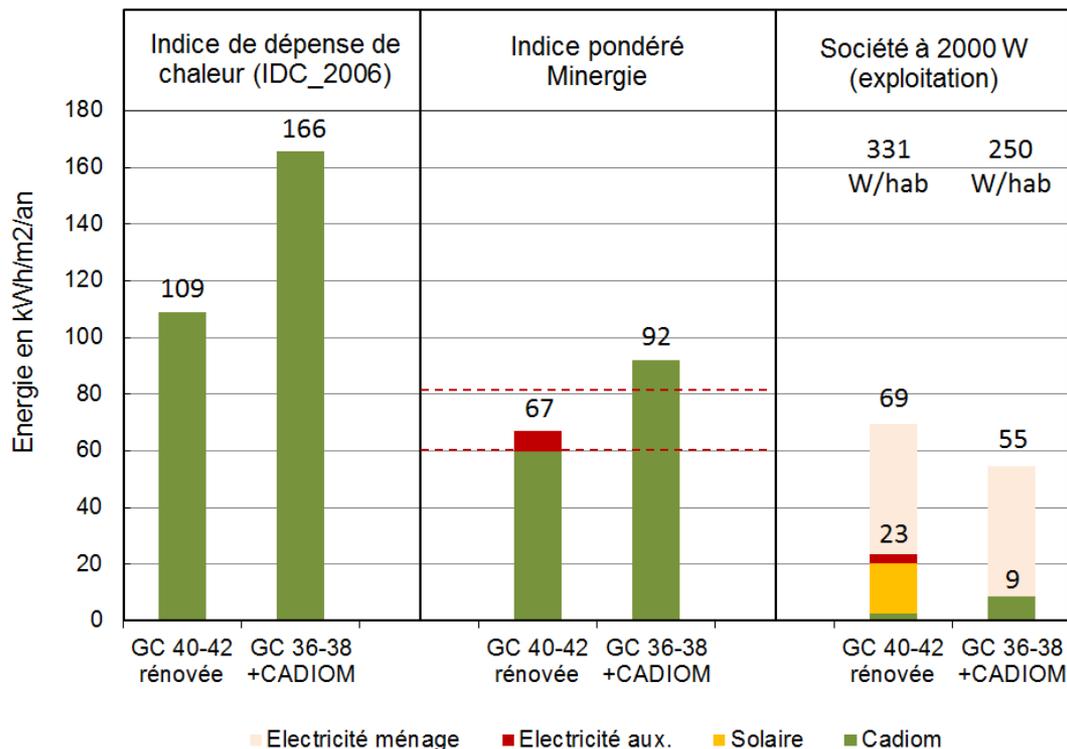
Limites dans l'utilisation des indicateurs énergétiques

Indicateurs	 Solaire thermique	 Chaleur CADIOM	 Electricité (mix GE)
Indice de dépense de chaleur (IDC_2006)	0	1.075	-
Indice pondéré Minergie	0	0.6	2
Facteur de conversion Société à 2000 W *	1.44	0.06	1.35

* Facteurs d'énergie primaire, www.2000watt.ch

Facteurs de pondération adoptés par 3 indicateurs différents :

- IDC
- MINERGIE
- Facteurs 2000 W



Incidence des facteurs pondérations sur les indices énergétiques des bâtiments 40-42 et 36-38 :

- **Calcul Minergie (avant 2009):**
 IDE (40-42) = 67 kWh/m²/an
 IDE (36-38) = 92 kWh/m²/an
- **Calcul 2000 watts:**
 IDE_p (40-42) = 69 kWh/m²/an
 IDE_p (36-38) = 55 kWh/m²/an !!!

L'utilisation de ces indicateurs ne permet une généralisation !

Conclusions du retour d'expérience

- **Le bilan de la rénovation peut être de qualifier de positif, mais est-ce suffisant pour réussir la transition énergétique ?**
 - Baisse de la demande de chauffage : Objectif (-2/3), Réalité (-1/3)
- **Il faut généraliser les bonnes pratiques et tirer les enseignements des points à améliorer.**
 - La loggia « froide » a l'inconvénient de présenter des performances très dépendantes du comportement des occupants.
- **Toutefois, il reste une marge d'amélioration énergétique (15 à 20%) pour ce bâtiment rénové.**
 - Baisser les temp. intérieures (22-23°C) et gérer correctement les loggias ...
- **Le coût global du kWh économisé (30cts/kWh) et le coût de la tonne de CO2 évitée (750 CHF/t.CO2) peuvent paraître élevés, mais ne tiennent pas compte des co-bénéfices.**
- **La rénovation engendre une baisse des charges énergétiques, mais une hausse significative des loyers les plus bas.**

Conclusions générales

- **Défi: ~ 10 mio SRE nécessitent une rénovation d'ici 2030.**
 - Potentiel théorique d'économies d'énergie : ~ 800 GWh th
 - Coûts estimés : 10 Milliards CHF, dont 2/3 pour l'amélioration énergétique
 - Pénurie de personnes qualifiées -> Davantage de formations
- **Quels leviers utiliser?**
 - Le levier réglementaire n'est pas suffisant, même si (incitation -> obligation)
 - Le levier financier est le plus utilisé aujourd'hui...
 - Les leviers de planification et de pilotage appropriés sont nécessaires (utilisation d'indicateurs pertinents, contrôle et suivi de l'exploitation du parc)
 - Les leviers de l'innovation (pas seulement technique, mais aussi économique, politique, et comportemental).
- **Quels sont les principaux freins?**
 - Freins techniques : besoins en énergie, problème des balcons ...
 - Freins politico-sociales : les habitudes, l'état locatif à Genève ...
 - Freins économiques : prix bas de l'énergie, investissements lourds, retour à long terme v/s marché à court terme

Merci de votre attention
