



Nouveaux bâtiments Minergie® : performances réelles, coûts et durabilité l'exemple du Pommier à Genève

Jean-Marc Zgraggen
Institut de l'environnement - Groupe énergie

7 mai 2009



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

Suivi énergétique du Pommier :

1. Présentation du projet « Pommier »
2. Bilan thermique : objectif et réalité
3. Bilan énergétique détaillé
4. Le coût de l'efficacité énergétique

Mise en perspective des résultats :

5. Consommation énergétique
6. Investissements et charges d'exploitation
7. Conclusions



Première partie : Suivi énergétique du Pommier



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**



1. Présentation du projet « Pommier »



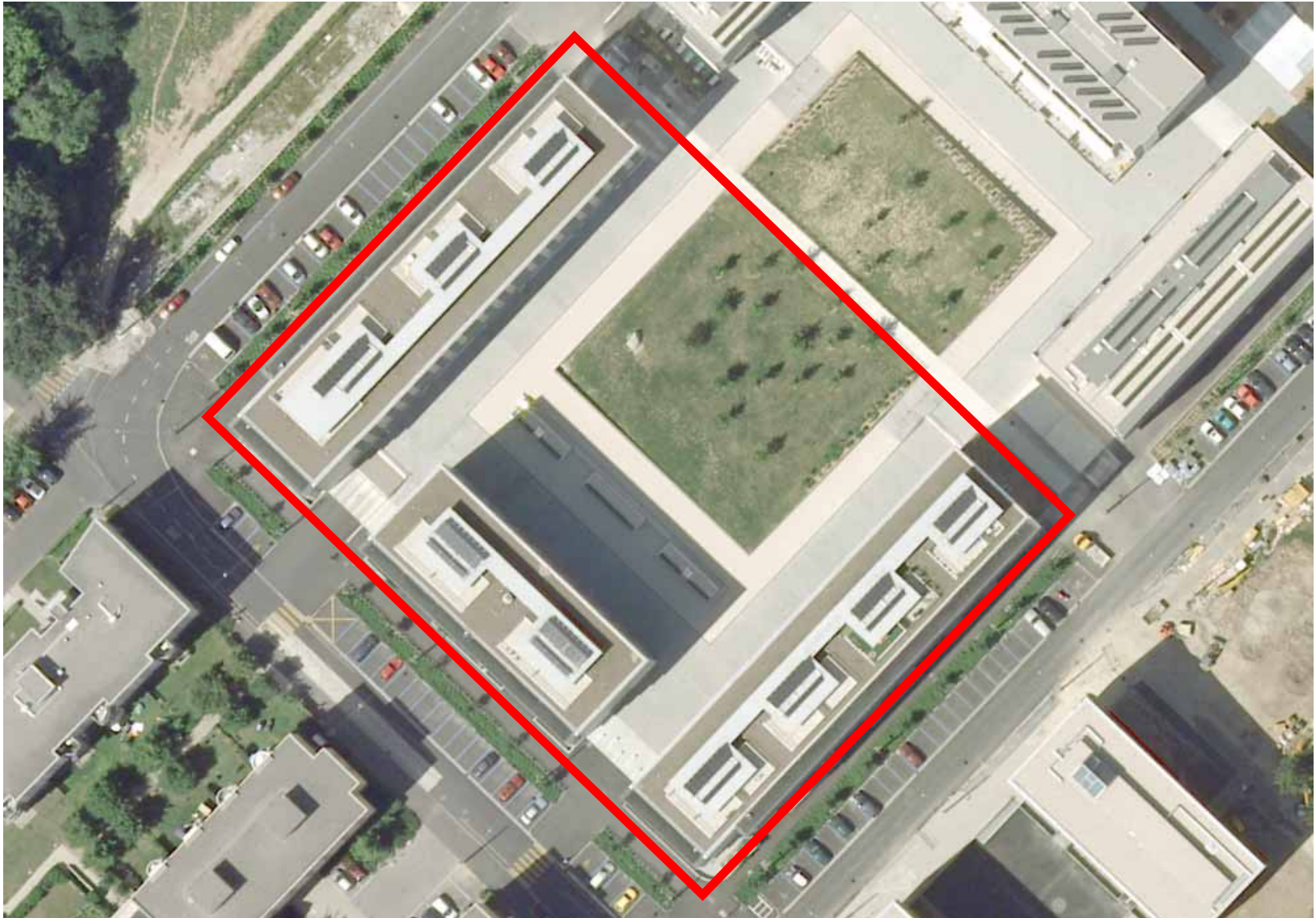
**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

Les acteurs



- Maître d'ouvrage : 
- Architectes :
Collectif BBBM
& Metron
- Ingénieur thermicien :
SB Technique
- Premier bâtiment
locatif Minergie® de
cette envergure

Quartier du Pommier au Grand-Saconnex



Façade Nord-Est (côté cour)



Façade Sud-Ouest (côté rue)



Typologie interne

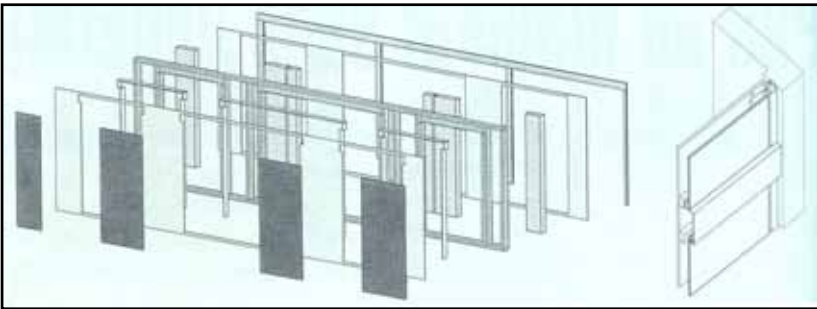


Quelques chiffres



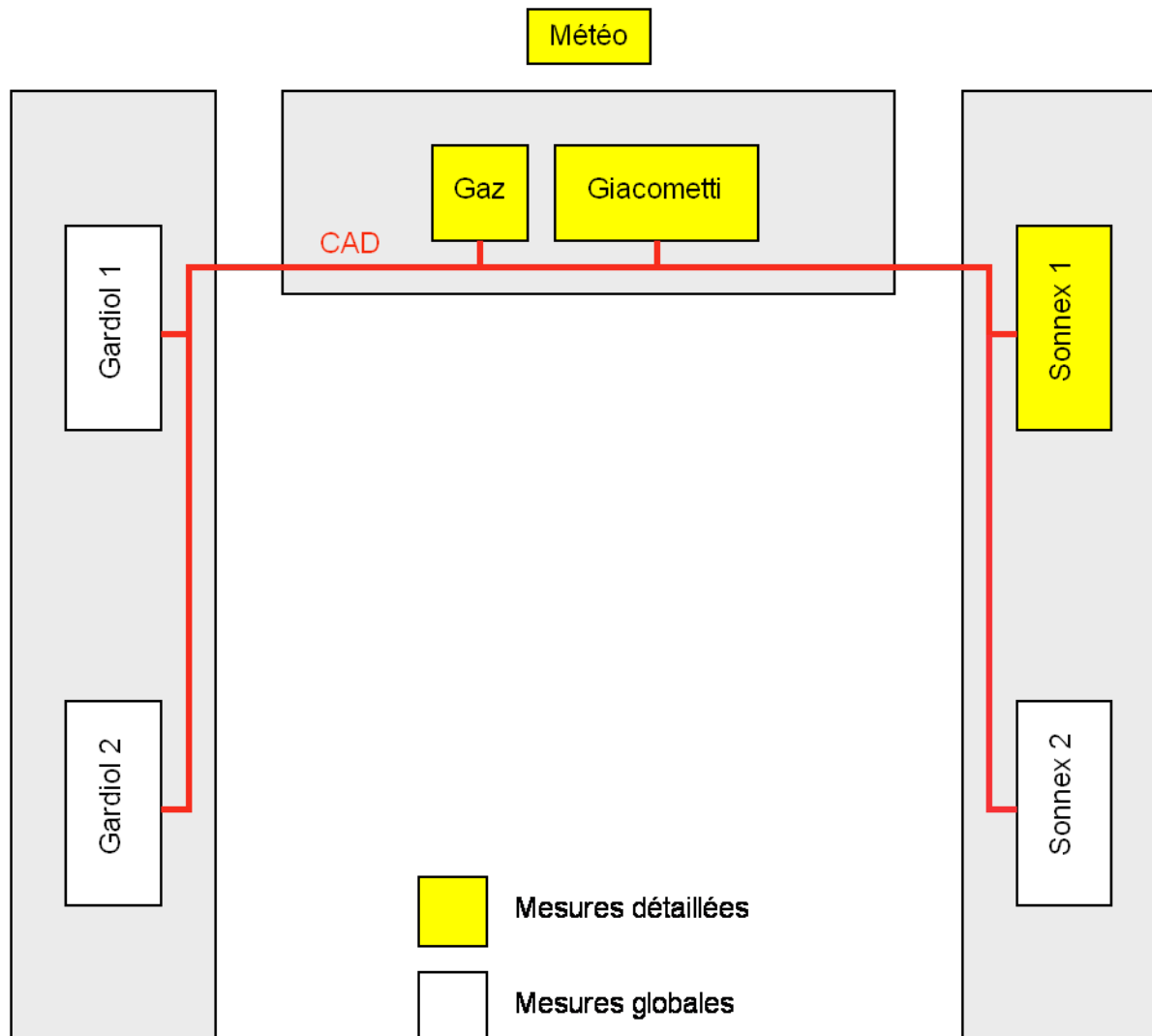
- SRE = 21'000 m²
- 117 logements
- 1660 m² de surface commerciale
- Cube SIA 535.- TTC
- En service depuis l'été 2004

Performance calculée de l'enveloppe

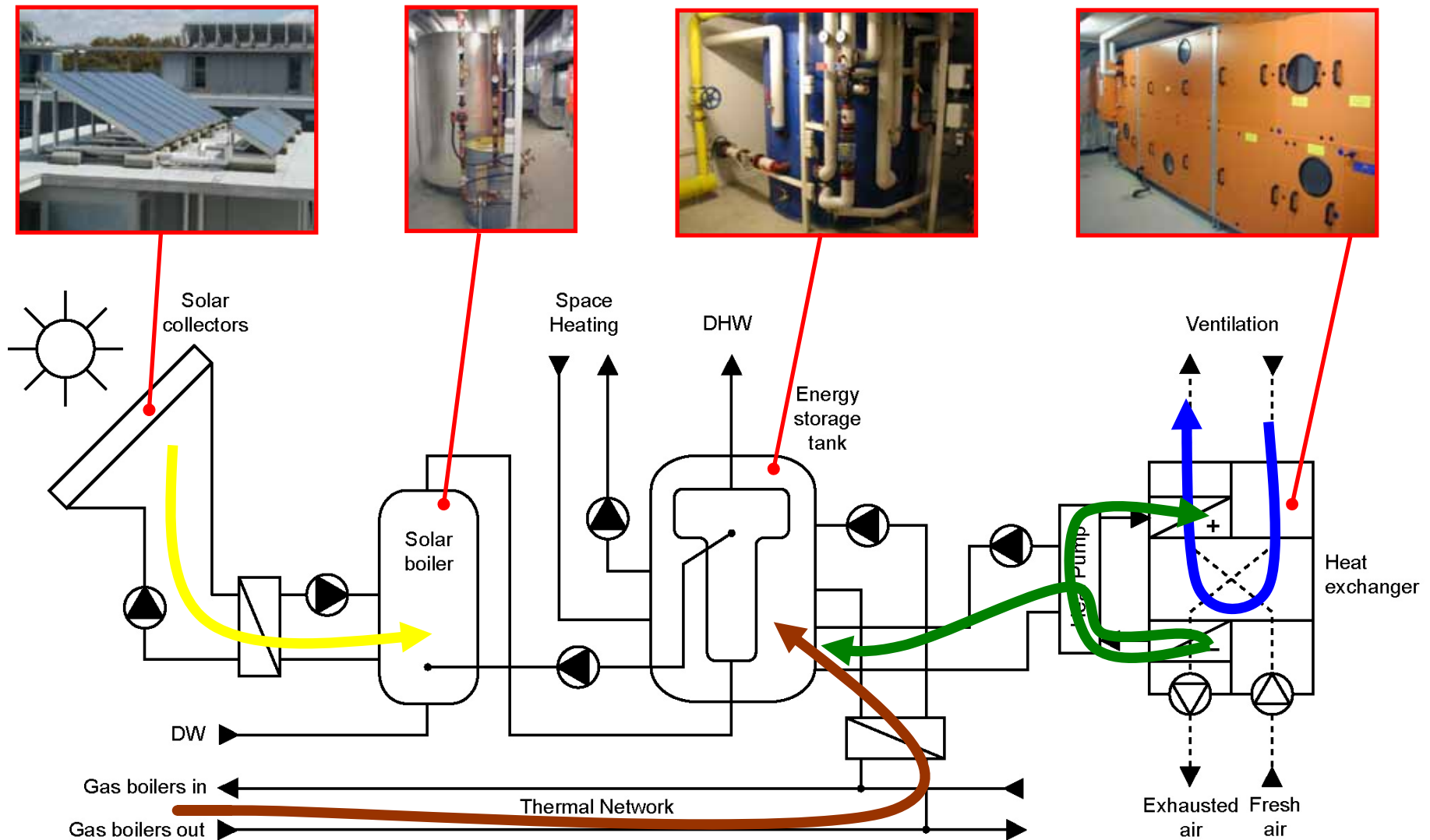


<u>Élément</u>	<u>W/m2.K</u>
• Vitrages	1.0
• Cadres fenêtres	1.7
• Façades	0.2-0.3
• Toiture	0.2
• Plancher	0.3-0.4

Concept énergétique



Principe de fonctionnement des sous-stations



Campagne de mesure : 2004 - 2008



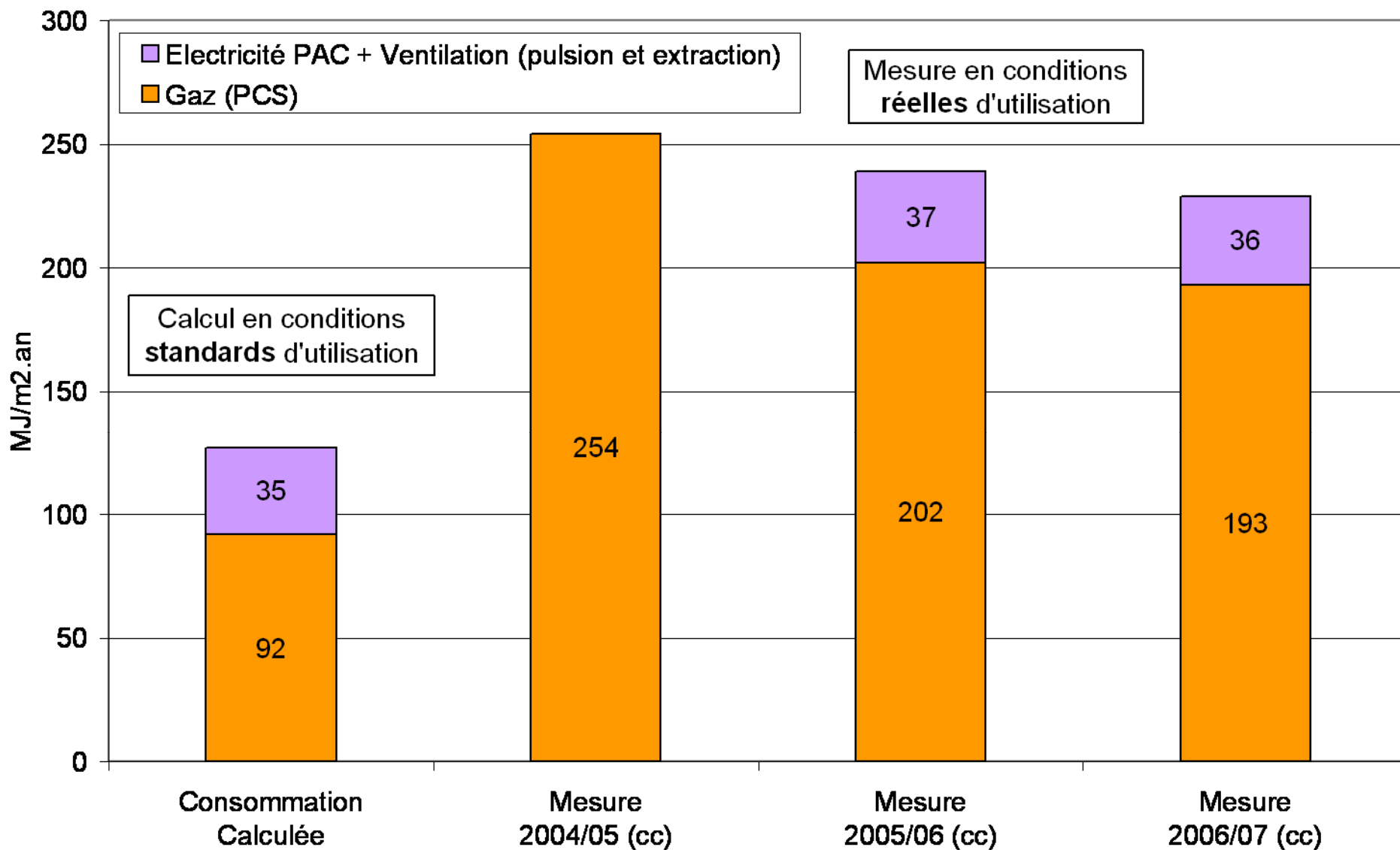


2. Bilan thermique : objectif et réalité

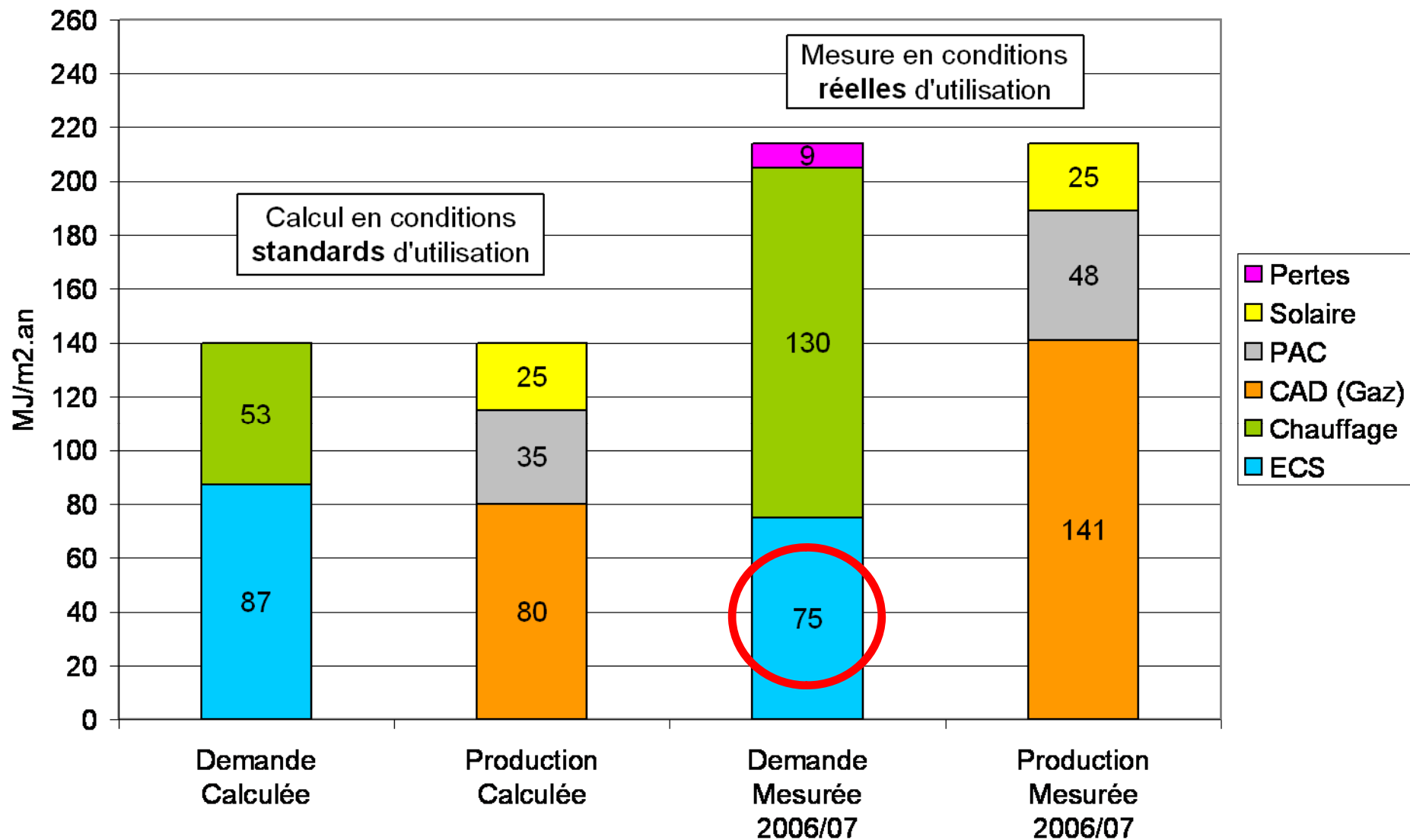


**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

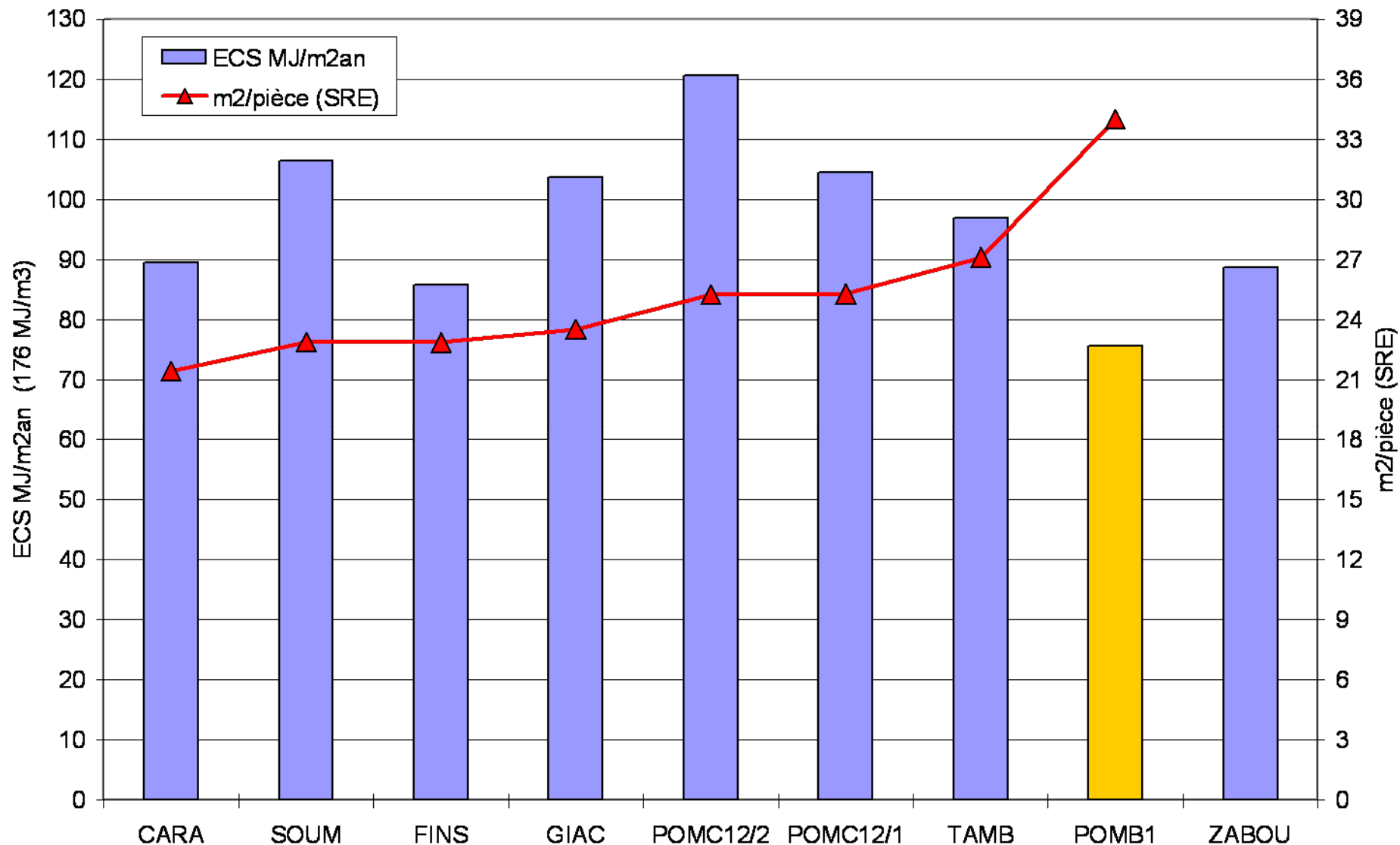
Consommation énergétique



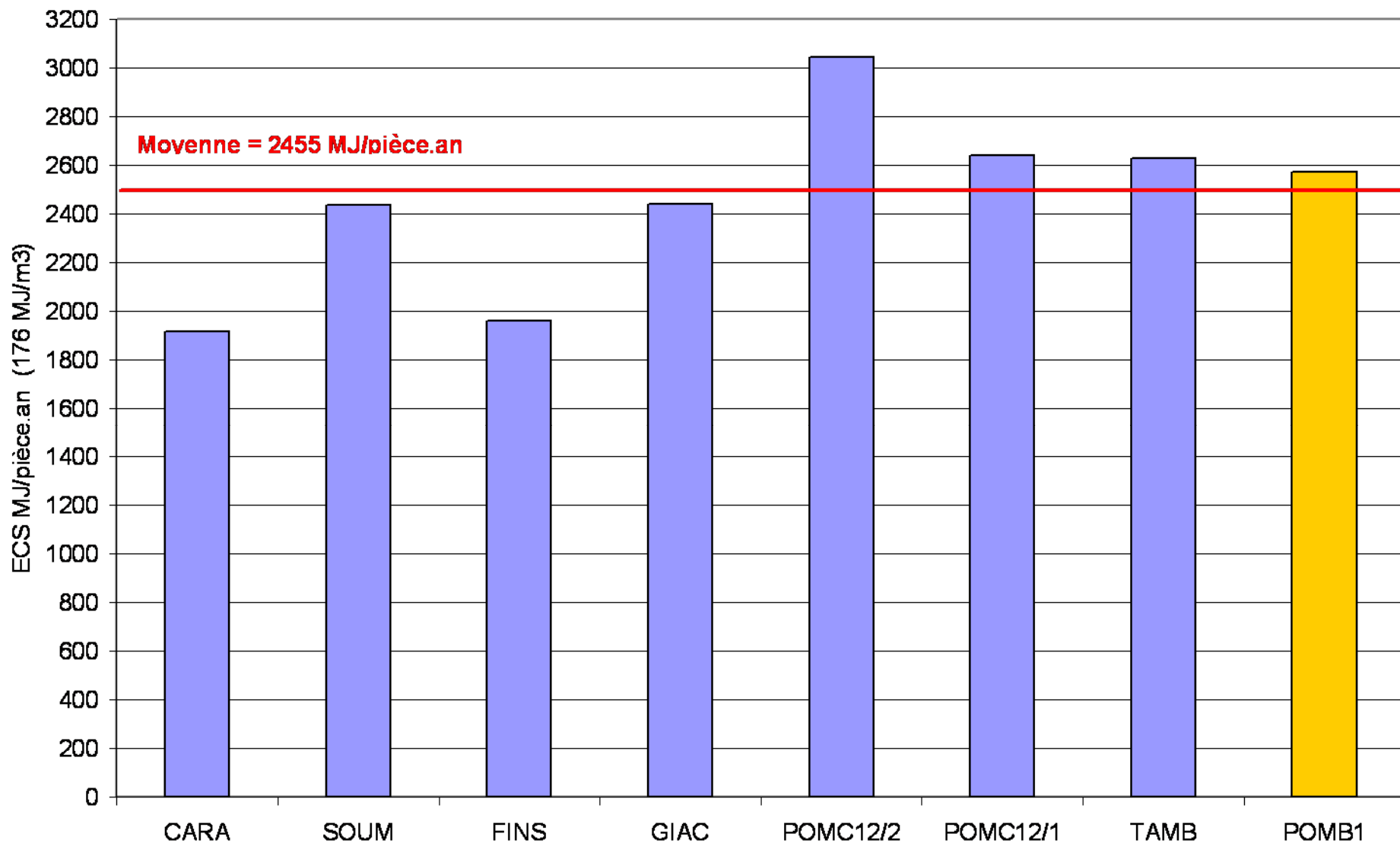
Bilan thermique



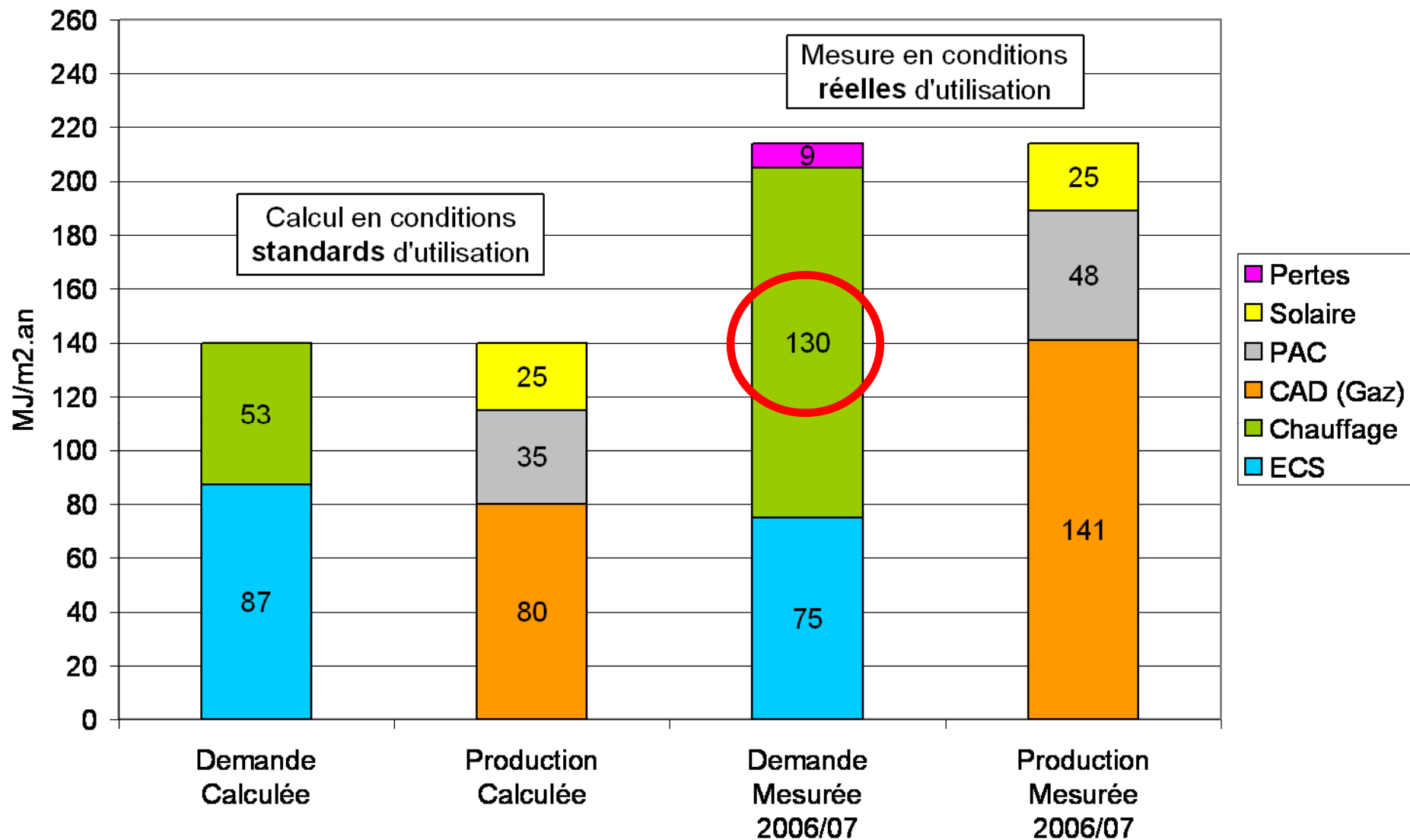
Consommation d'ECS - MJ/m2an



Consommation d'ECS - MJ/pièce.an



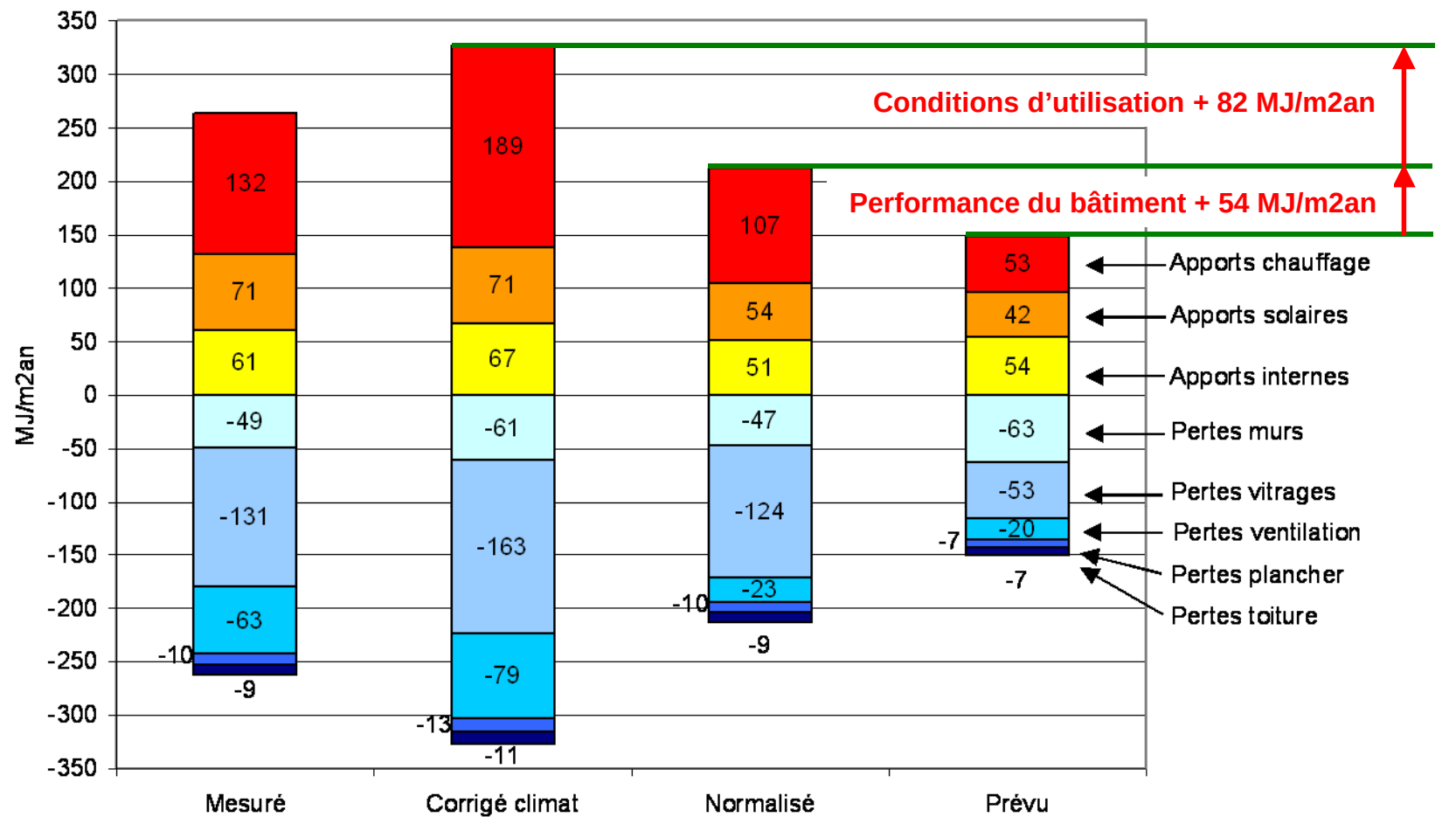
Bilan thermique



Expliquer la différence ?

Paramètre	Calcul initial	Nouveau calcul	$\approx \Delta Q_h$ MJ/m ² .an
Température des logements [°C]	20	22.5	+33
Ponts thermiques	Partiel	Complet	+20
Efficacité du récupérateur de chaleur [%]	80	65	+12
Gains internes électriques [MJ/m ² .an]	100	76	+8
Taux de renouvellement d'air [m ³ /h/m ³]	0.7	1.12	+6
Coefficient U des vitrages Nord [W/m ² K]	0.8	1.0	+5
Conditions de calcul	MO 1993	SIA 2001	+4
Climat	Standard GE	Mesuré 06/07	-45
ΔQ_h observé			+43
Ventilation naturelle (fenêtres ouvertes) [vol/h]	0	0.1	+19
Facteur de voilage (protections extérieures)	0	0.3	+10
ΔQ_h total considéré			+72

Normalisation des mesures



Mesurée 06/07	Normée GE	Normée GE	Normée GE
23	23	20	20
1.12	1.12	0.7	0.7
0.1	0.1	0	0

Météo
 Température logements °C
 Taux ventilation m3/h/m2
 Ventilation naturelle vol/h

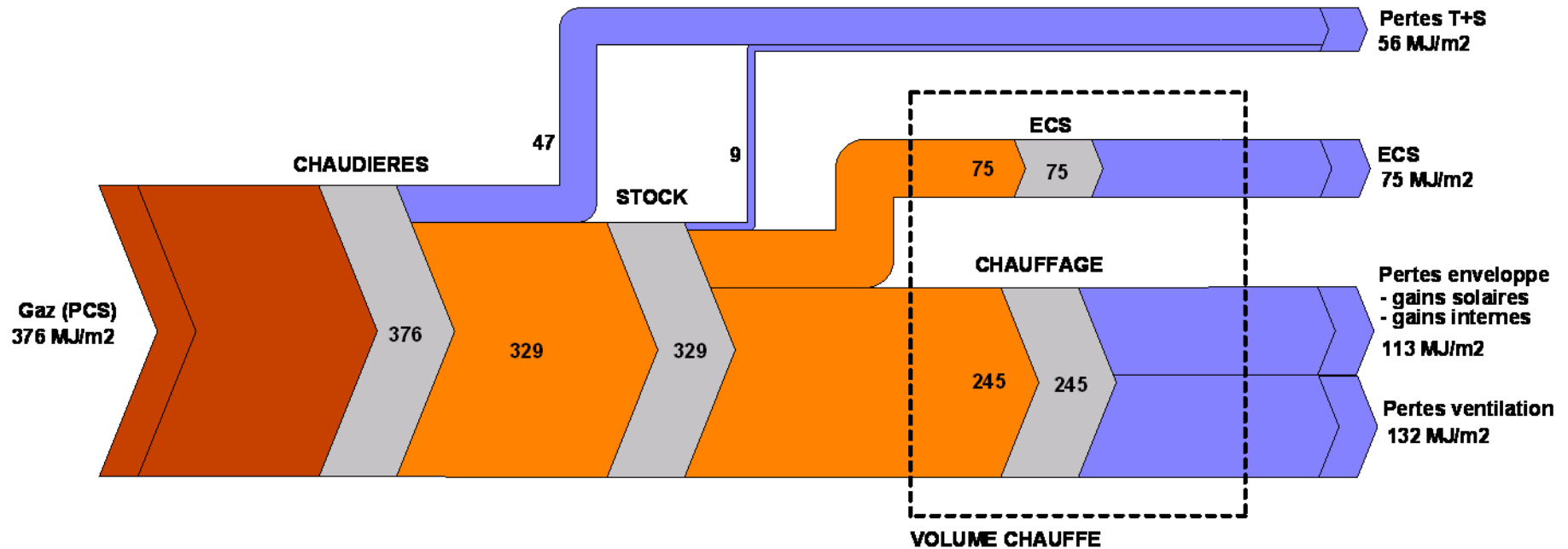


3. Bilan énergétique détaillé

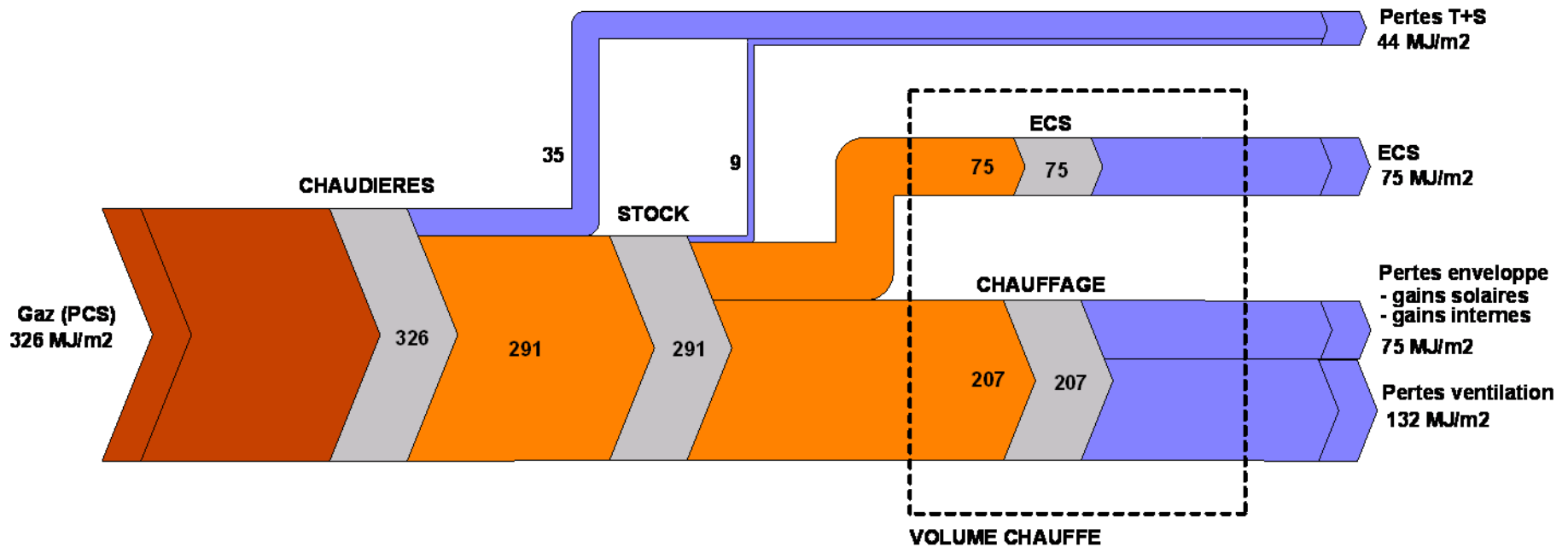


**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

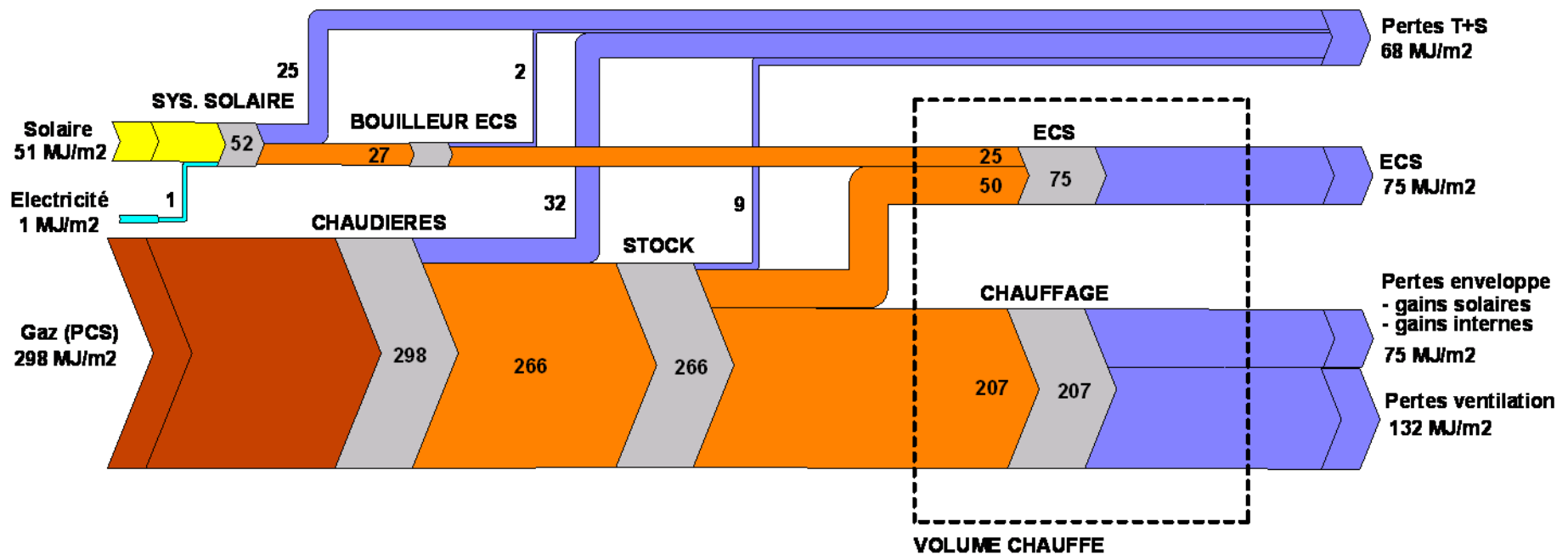
Giacometti : scénario de référence (calculé)



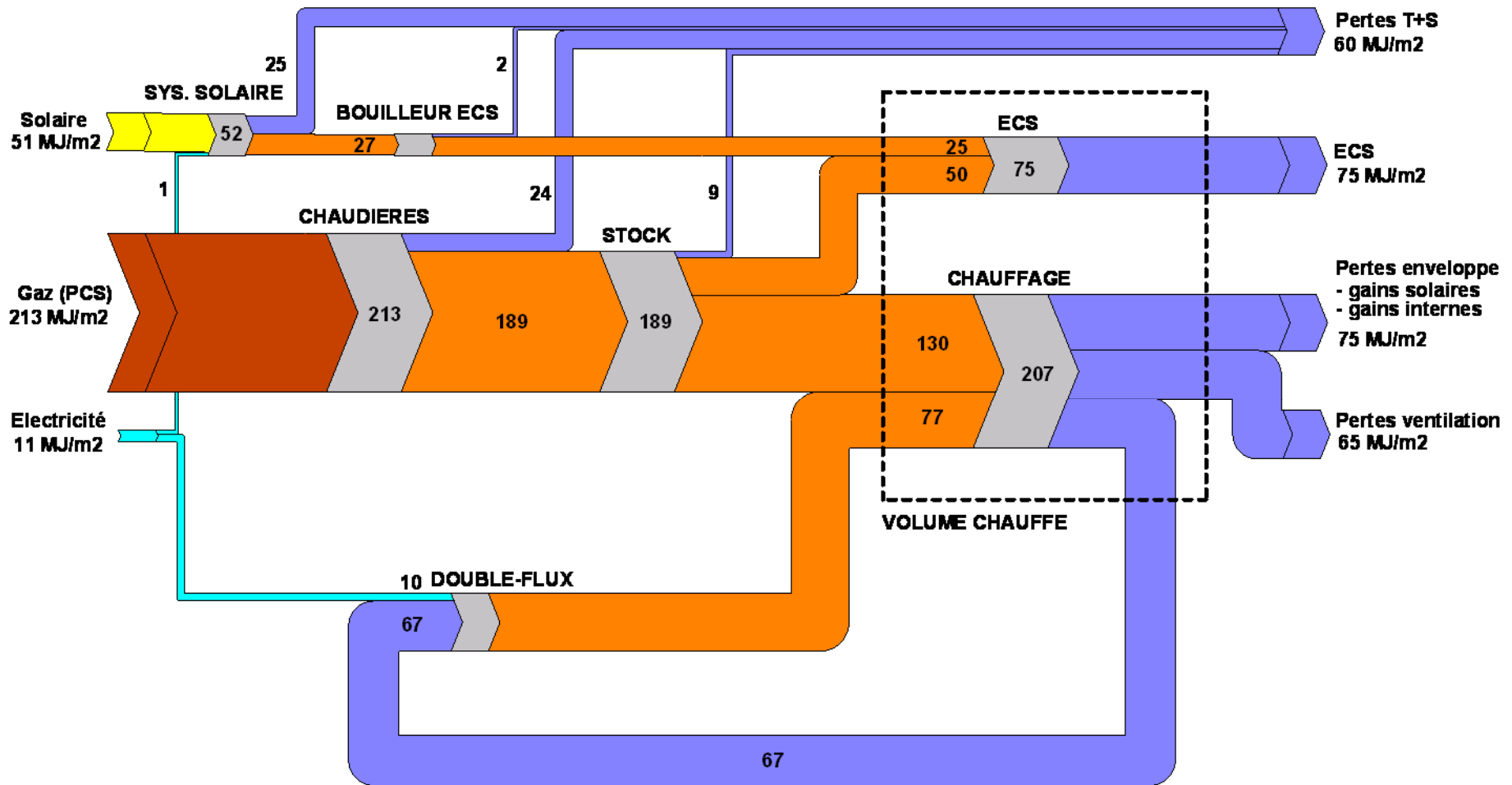
Amélioration thermique de l'enveloppe



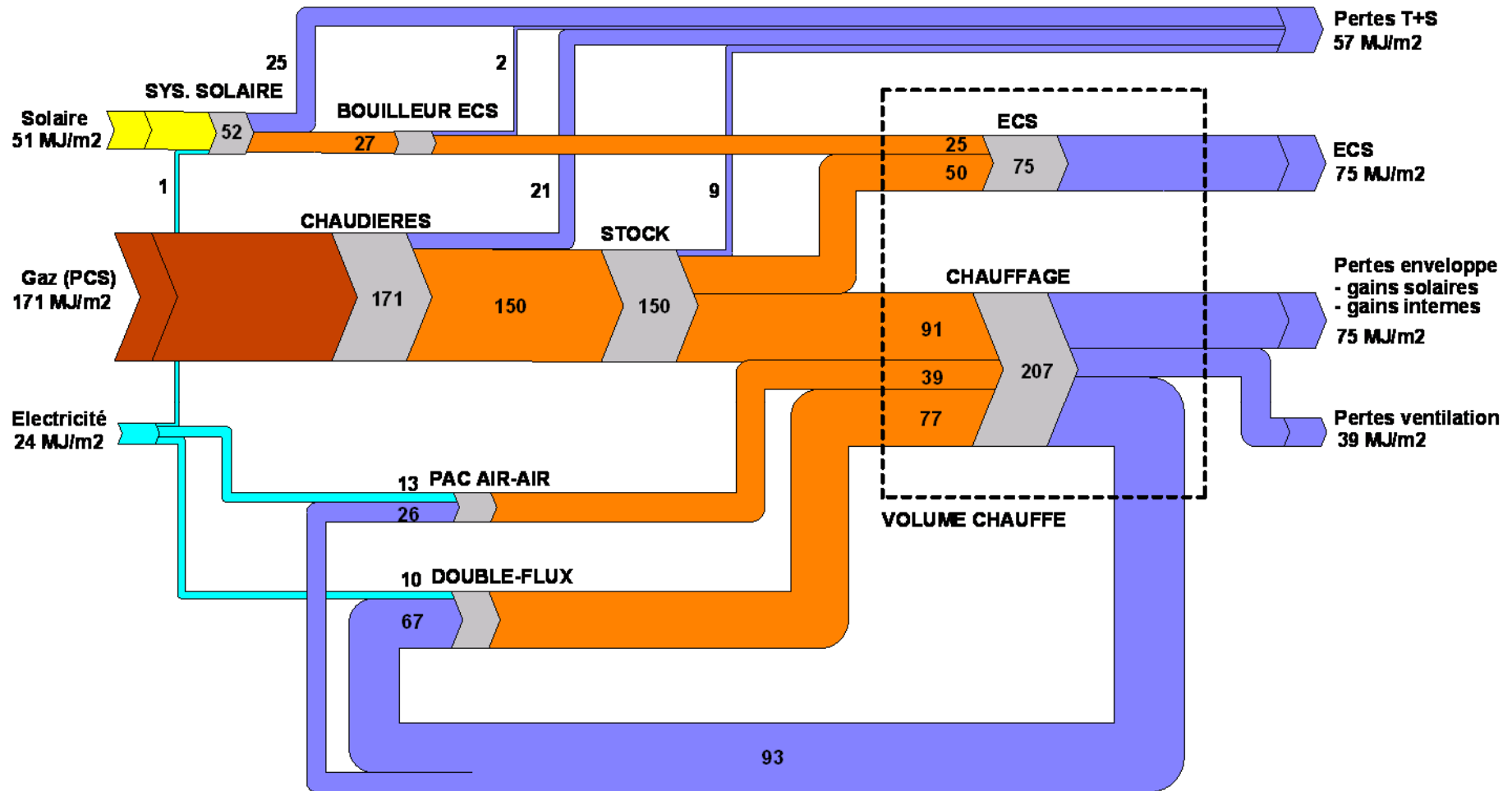
Préchauffage solaire de l'ECS



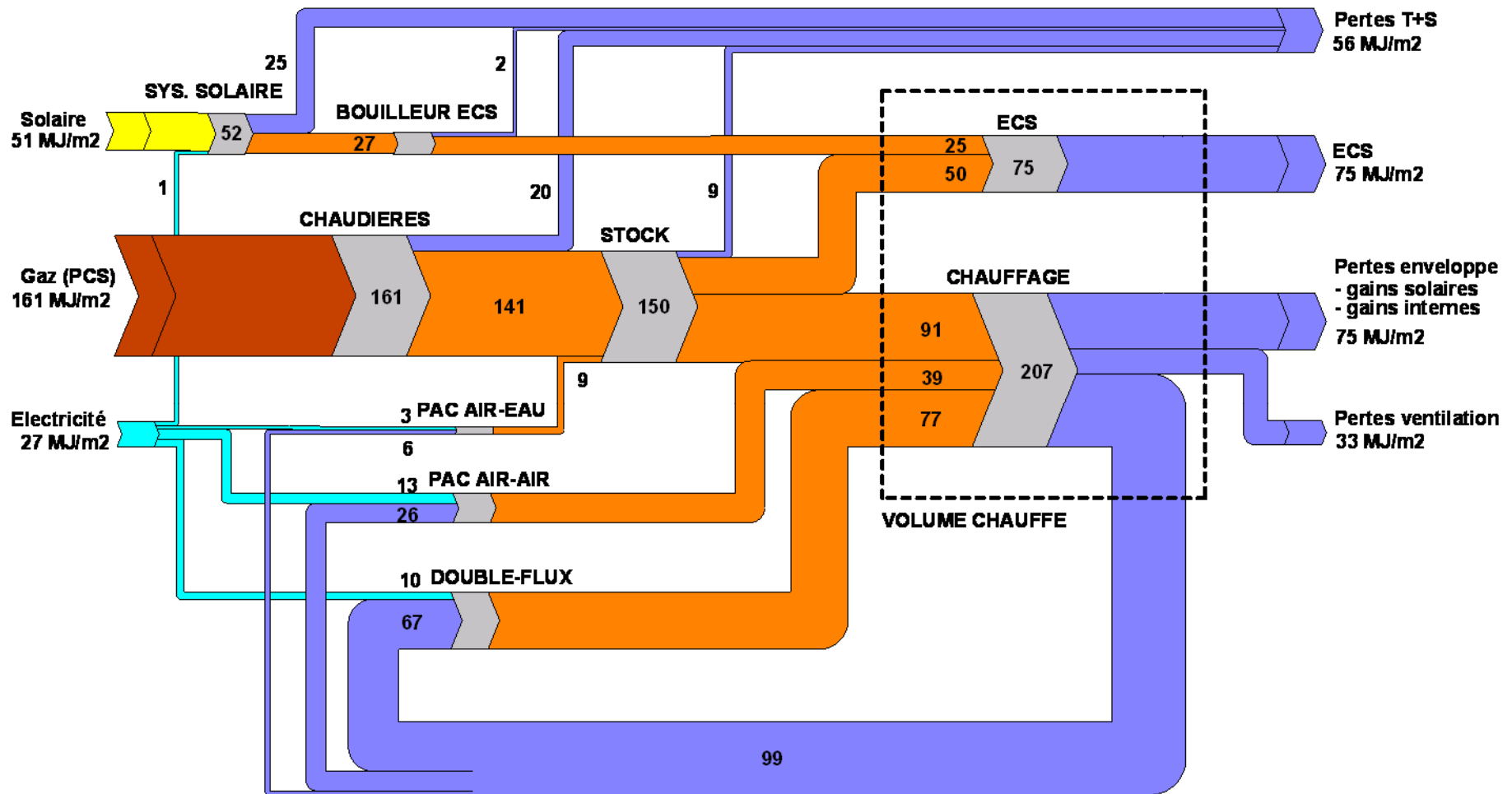
Valorisation des rejets thermiques (double-flux)



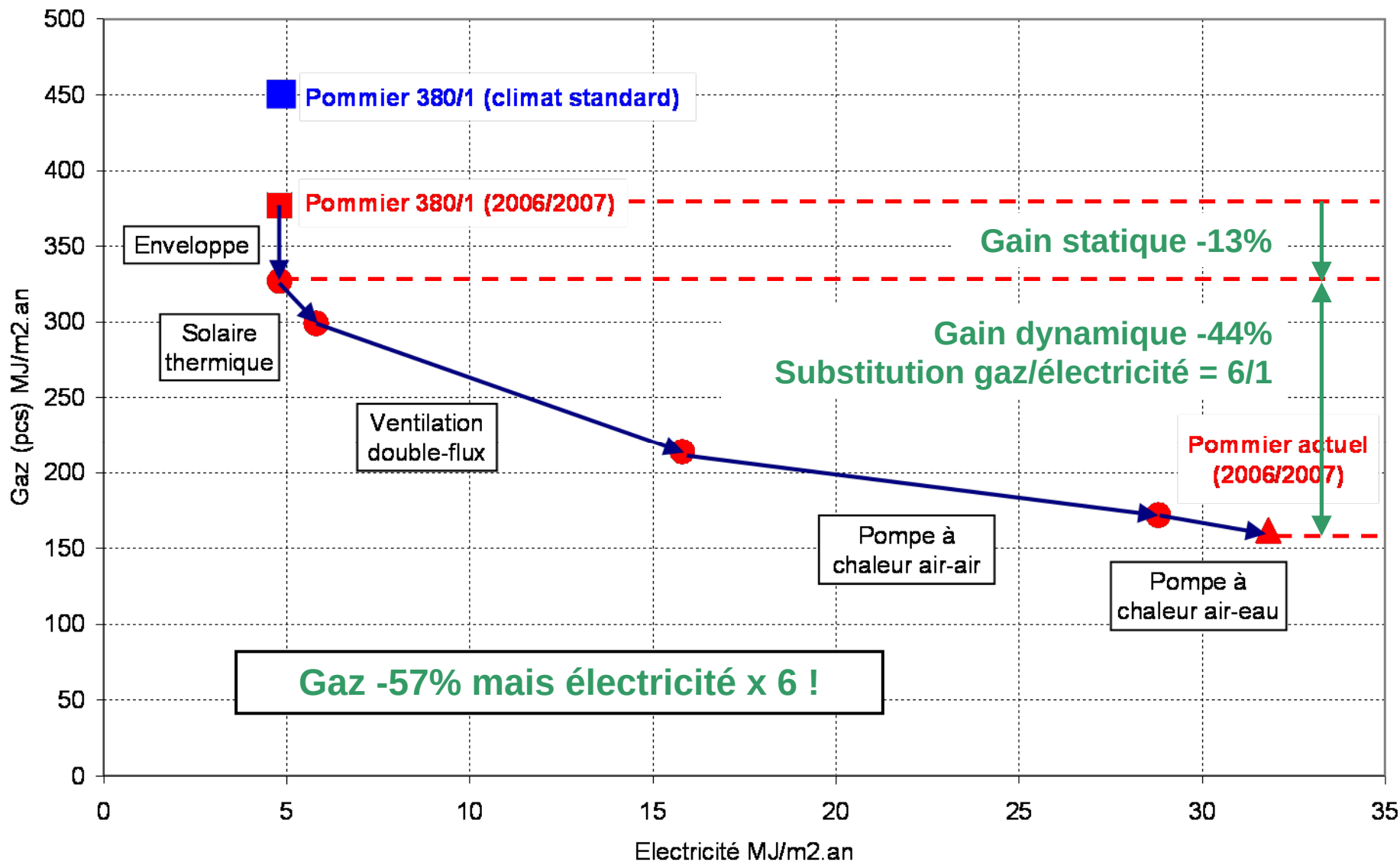
Valorisation des rejets thermiques (PAC air-air)



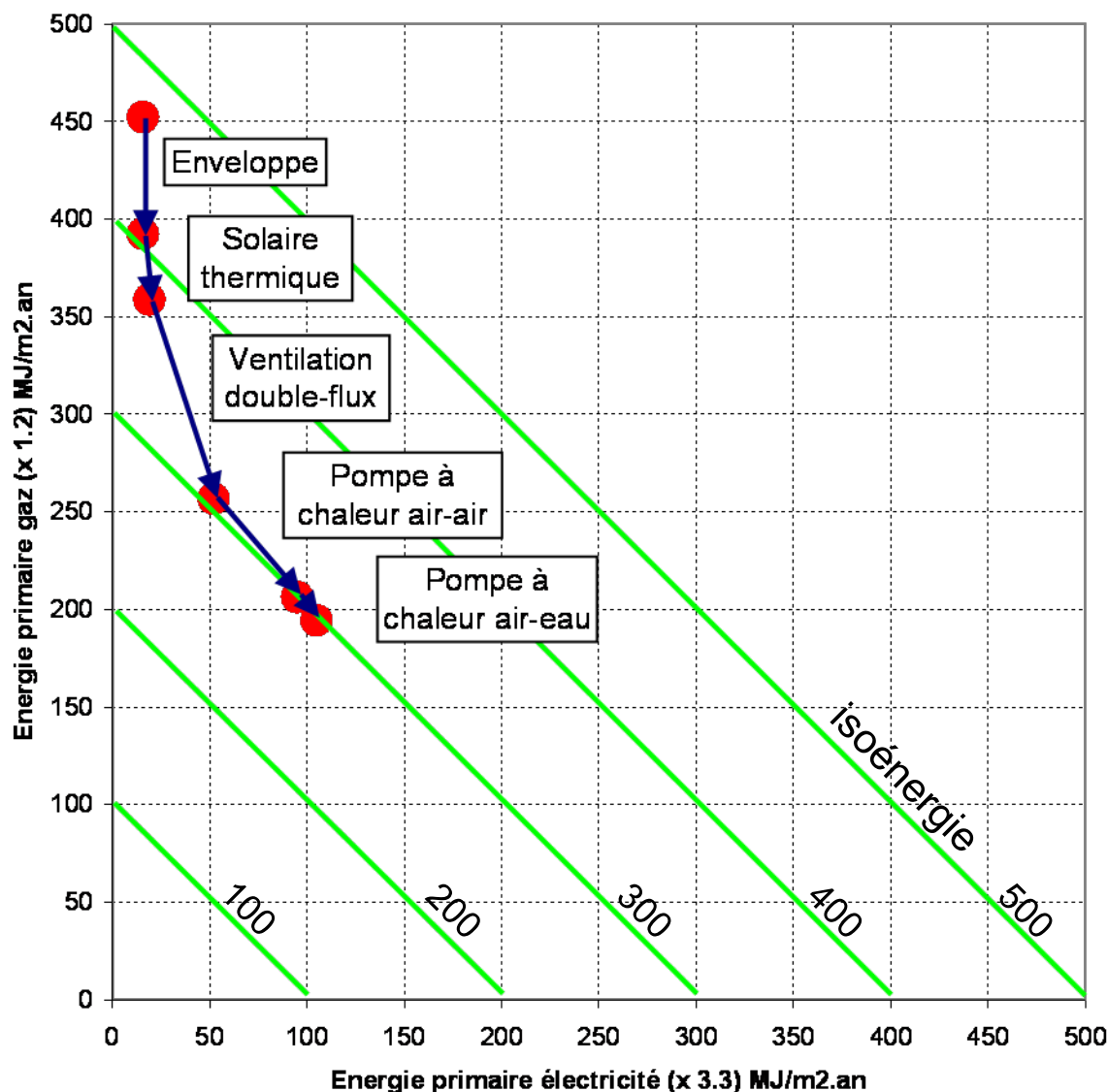
Valorisation des rejets thermiques (PAC air-eau)



Systemes actifs : substitution gaz-électricité



Substitution : bilan en énergie primaire



Quels facteurs de conversion ?

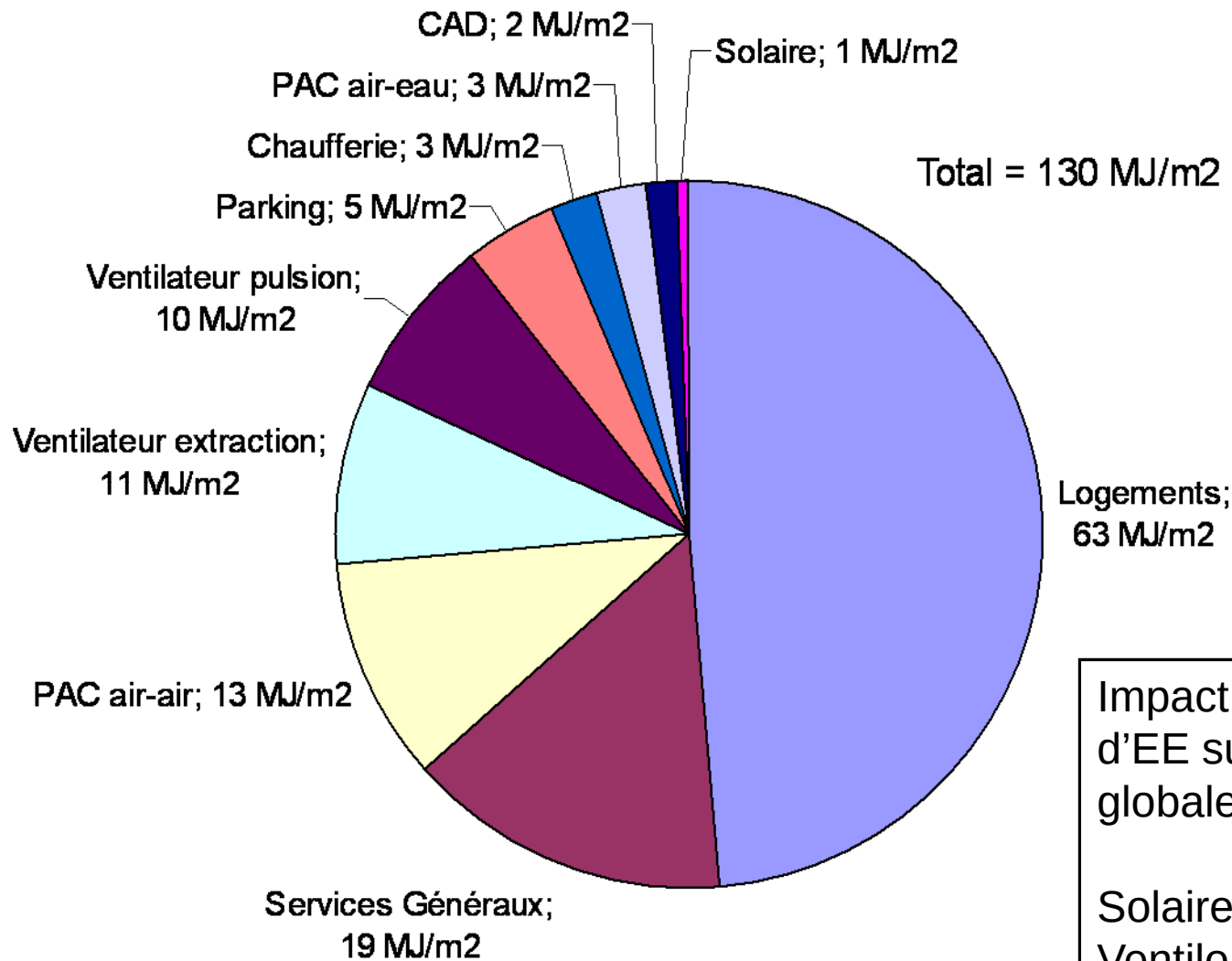
Grand débat autour de l'électricité.

Le cahier SIA 2031* propose des facteurs issus de la base Ecoinvent :

Gaz naturel : 1.2 MJ/MJ

Électricité : 3.3 MJ/MJ

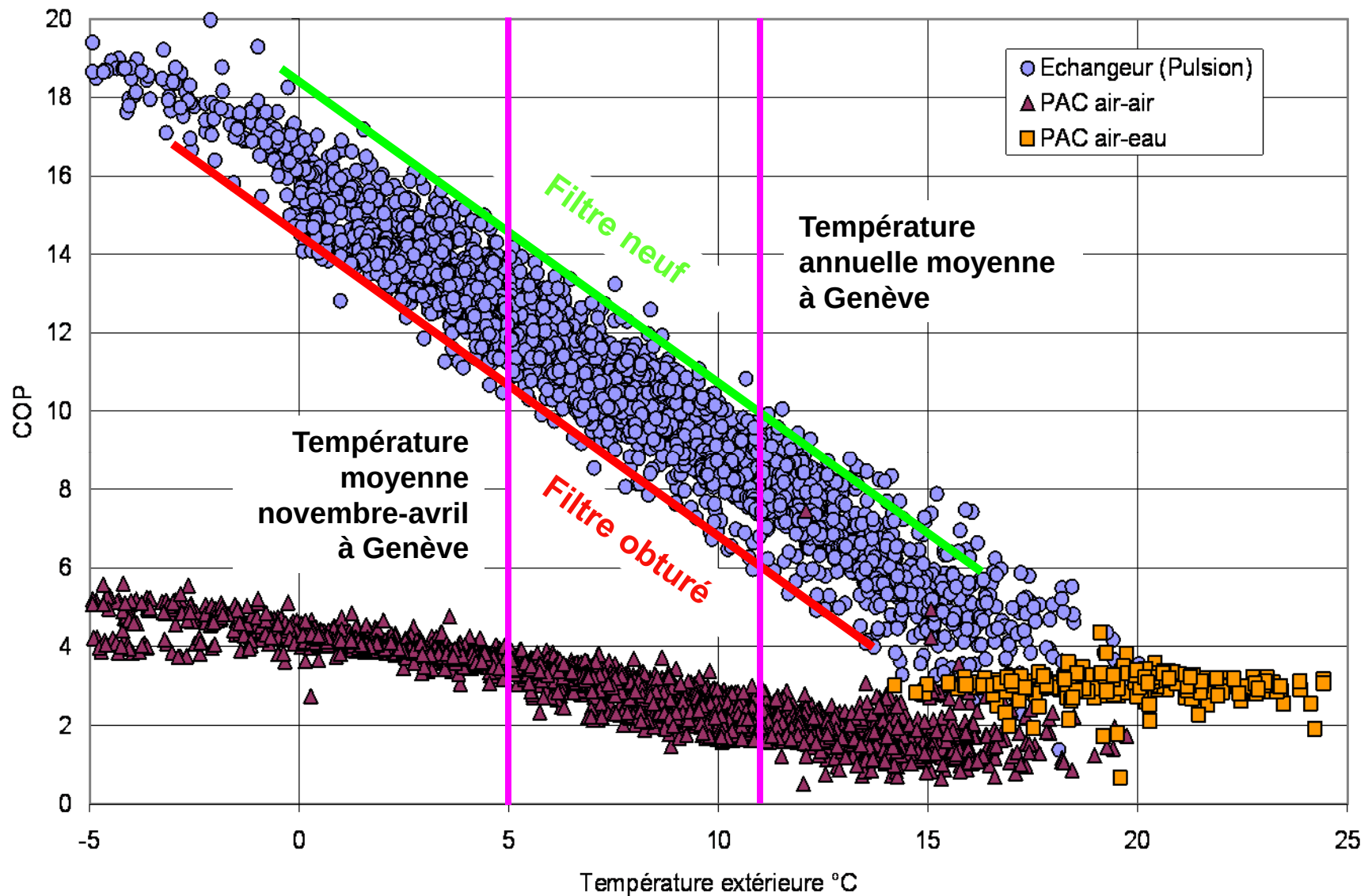
Bilan électrique bâtiment Giacometti



Impact des technologies d'EE sur la consommation globale du bâtiment :

Solaire	+ 1%
Ventilo pulsion	+10%
PAC	+15%

Coefficient de performance (COP)



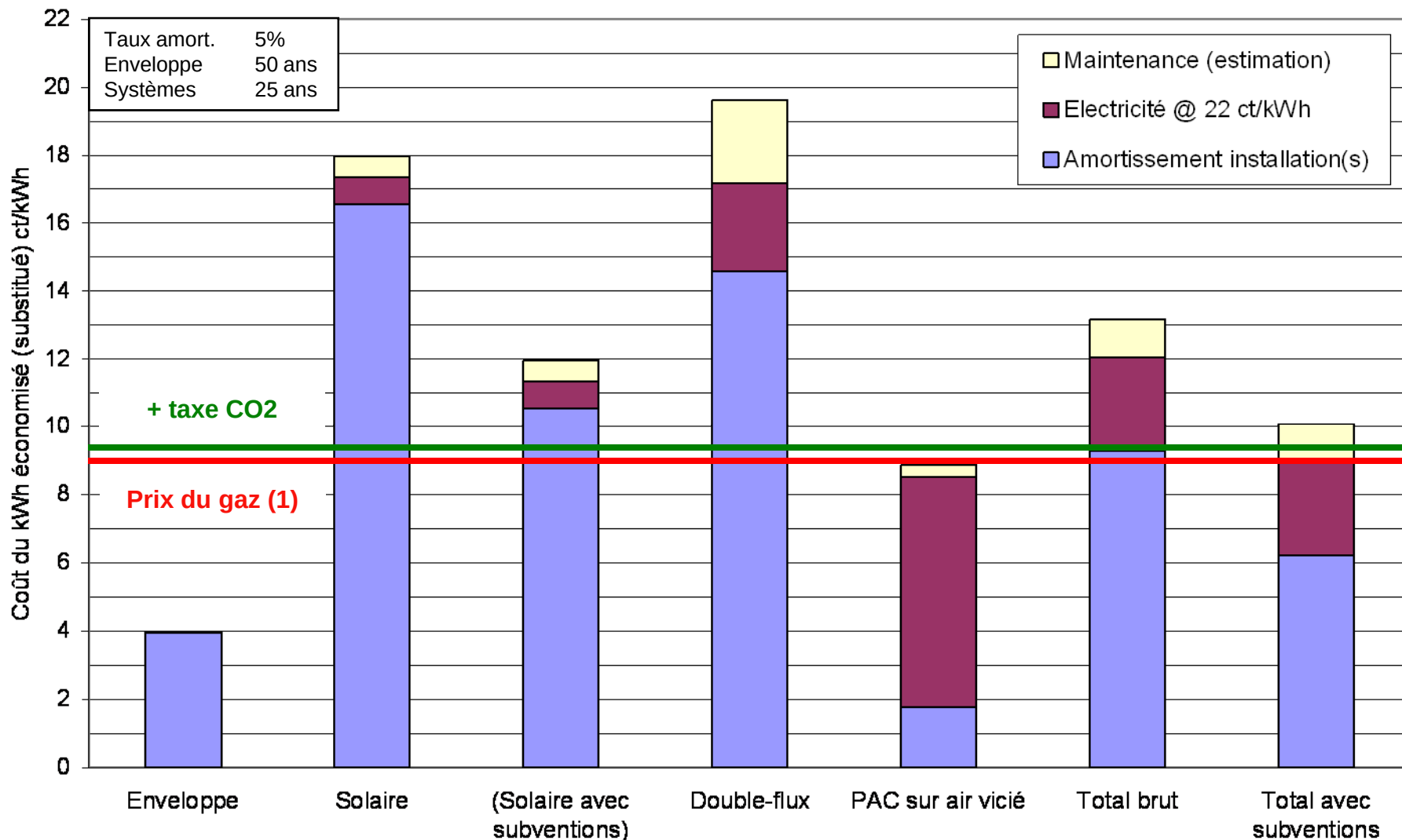


4. Le coût de l'efficacité énergétique



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

Coût du kWh économisé (substitué)



Investissement dans l'efficacité énergétique

Investissement M.O. : 5% sur 25 ans systèmes, 50 ans enveloppe + frais de maintenance
 Prix du gaz : 9 ct/kWh, prix de l'électricité : 22 ct/kWh

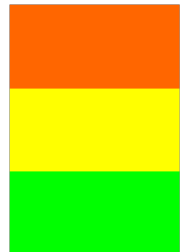
CHF/pièce.an	Enve- loppe	Solaire	Solaire + subv.	Double- flux	PAC air vicié	Total brut	Total + subv.
Investissement Propriétaire	+15	+37	+24	+113	+8	+174	+123
Achat gaz Locataires	-35	-20	-20	-60	-36	-151	-151
Achat électricité Locataires	0	+2	+2	+17	+27	+46	+46
Bilan	-20	+19	+6	+71	-1	+70	+19

Report des charges et évolution des prix

Objectif : pas d'augmentation du loyer chauffé.

Fraction de l'investissement brut (sans subventions) répercutable sur les loyers :

		gaz [ct/kWh]					
		8	10	12	14	16	18
électricité [ct/kWh]	18	55%	74%	94%	113%	132%	151%
	20	53%	72%	91%	110%	130%	149%
	22	51%	70%	89%	108%	127%	147%
	24	48%	67%	86%	106%	125%	144%
	26	45%	65%	84%	103%	122%	141%
	28	43%	62%	82%	101%	120%	139%



Avec ou sans subventions, le propriétaire doit prendre en charge une partie de l'investissement

Avec subventions, la totalité peut être répercutée et il reste une marge.

Sans subventions, la totalité peut être répercutée et il reste une marge.



Deuxième partie :

Mise en perspective des résultats



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

Analyse comparative

CARA



FINS



MARB



GIAC



POMB2



POMC12



SOUM



TAMB



**ZABOU
(Minergie)**



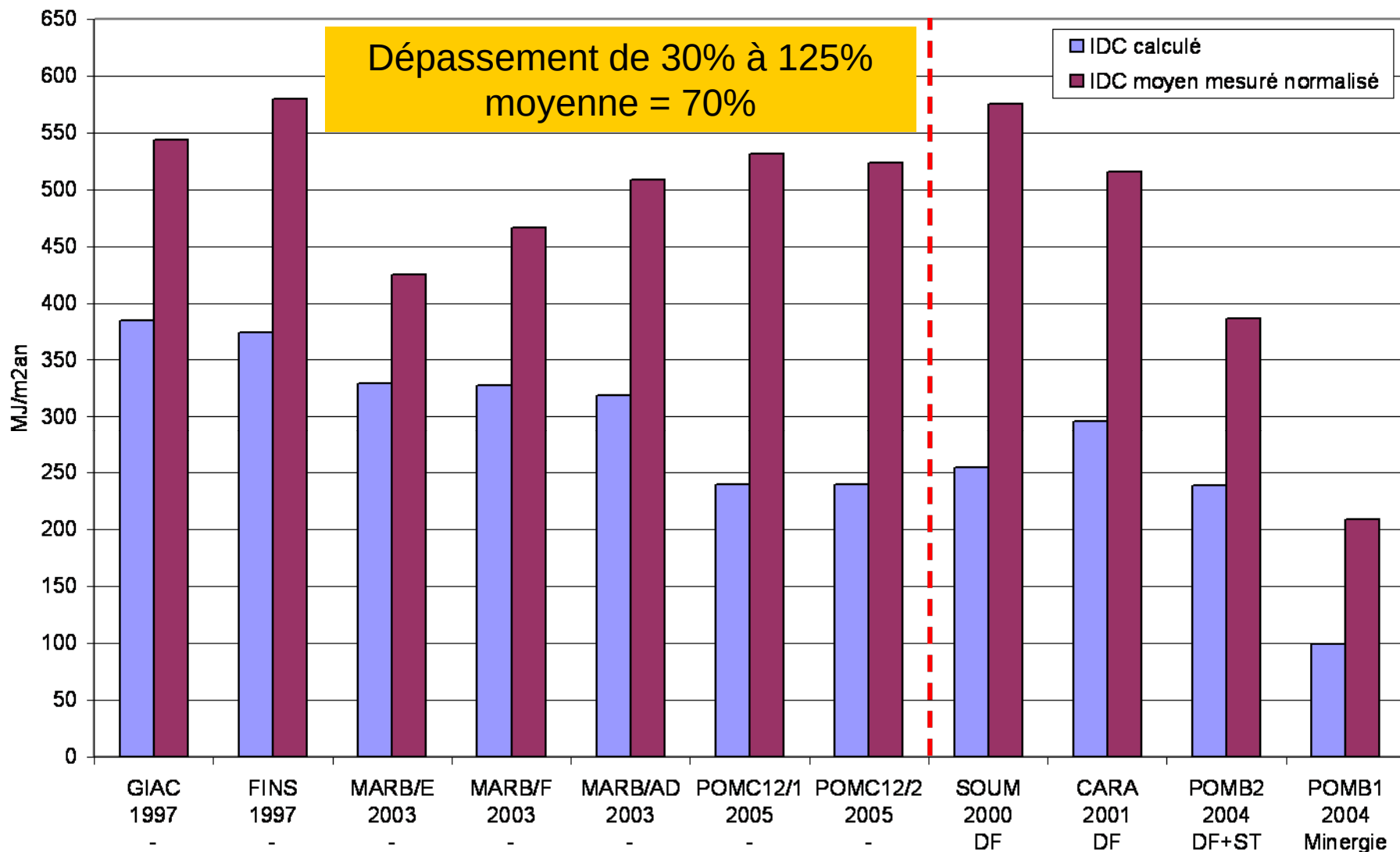


5. Consommation énergétique

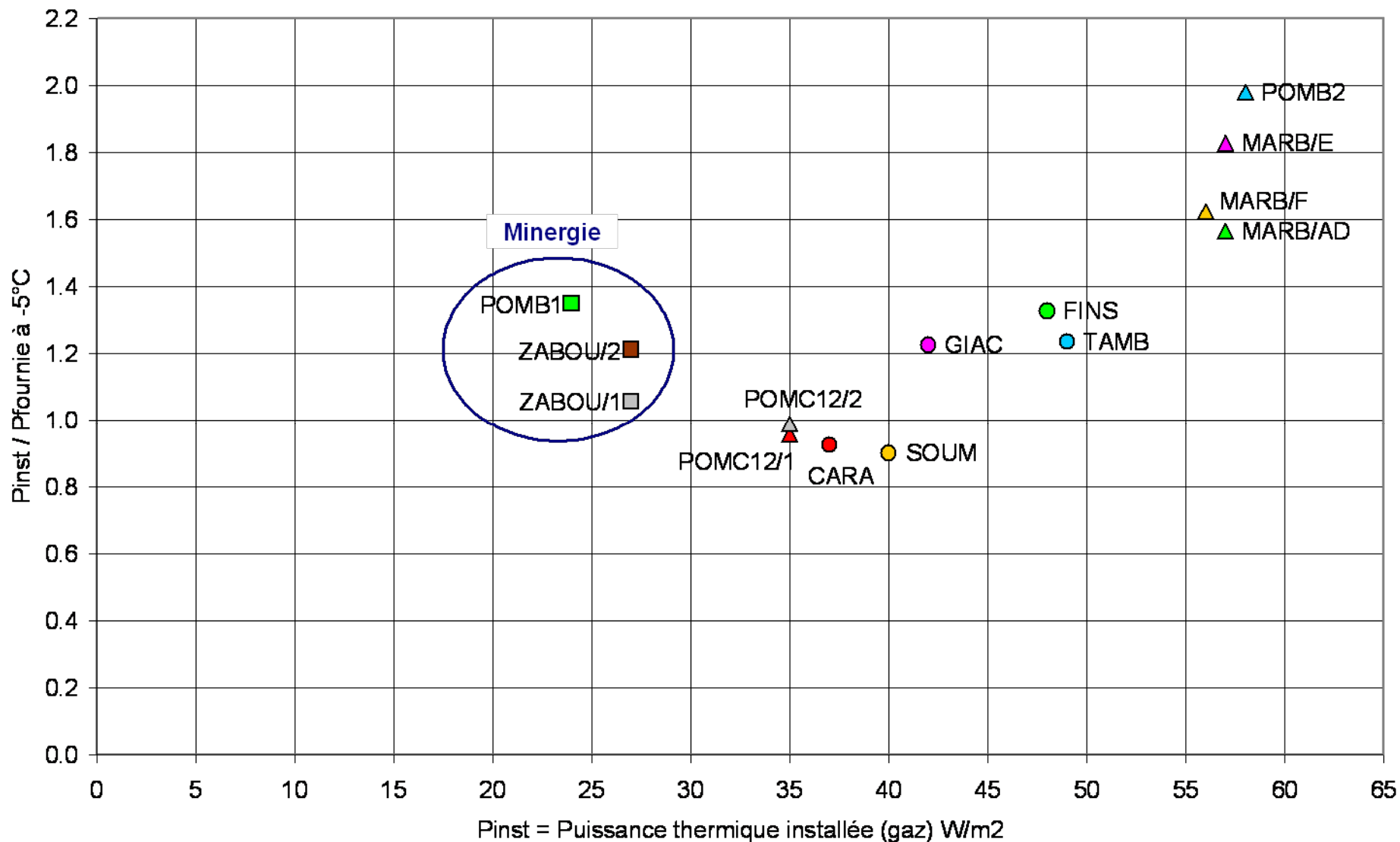


**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

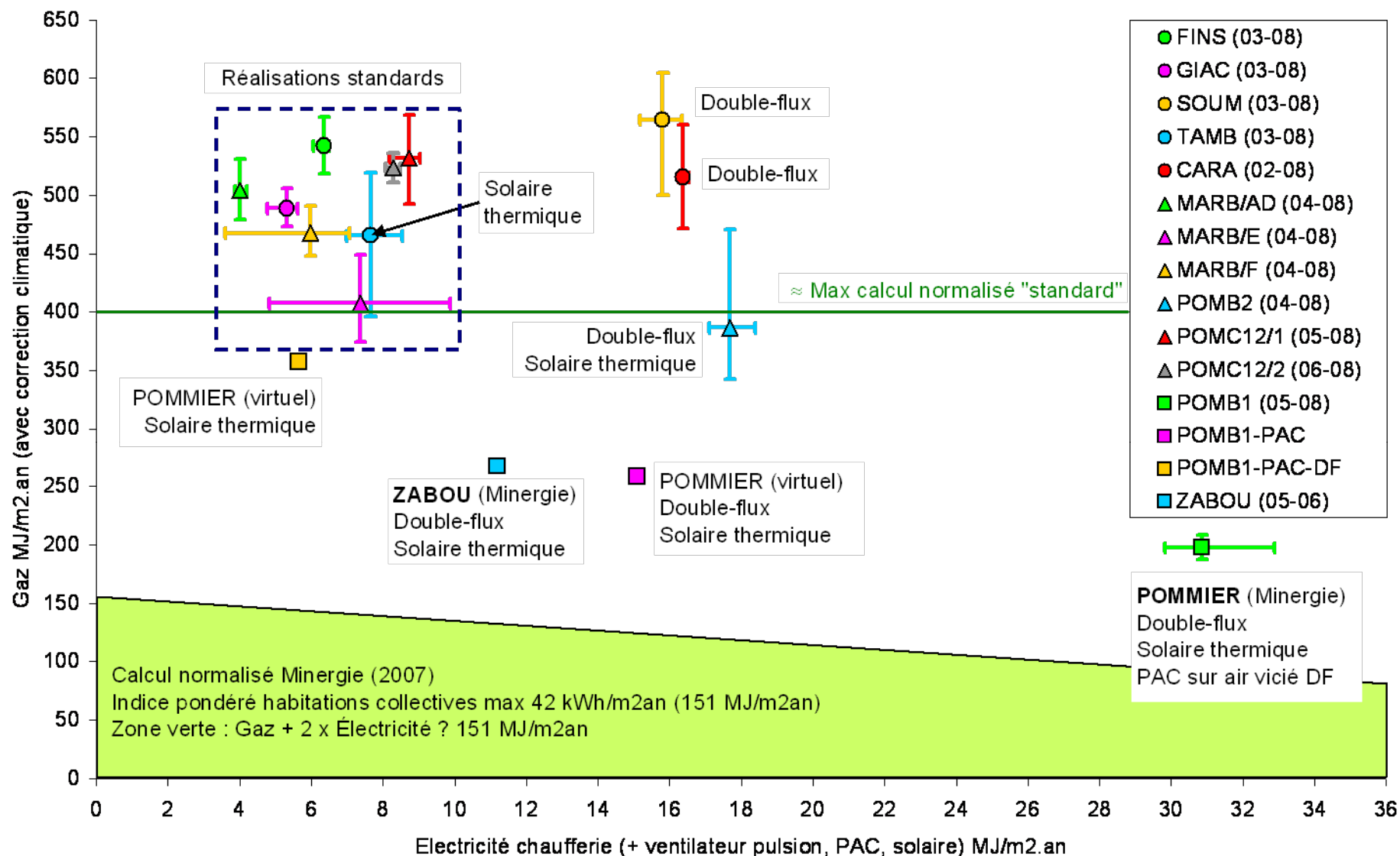
IDC calculé versus mesuré



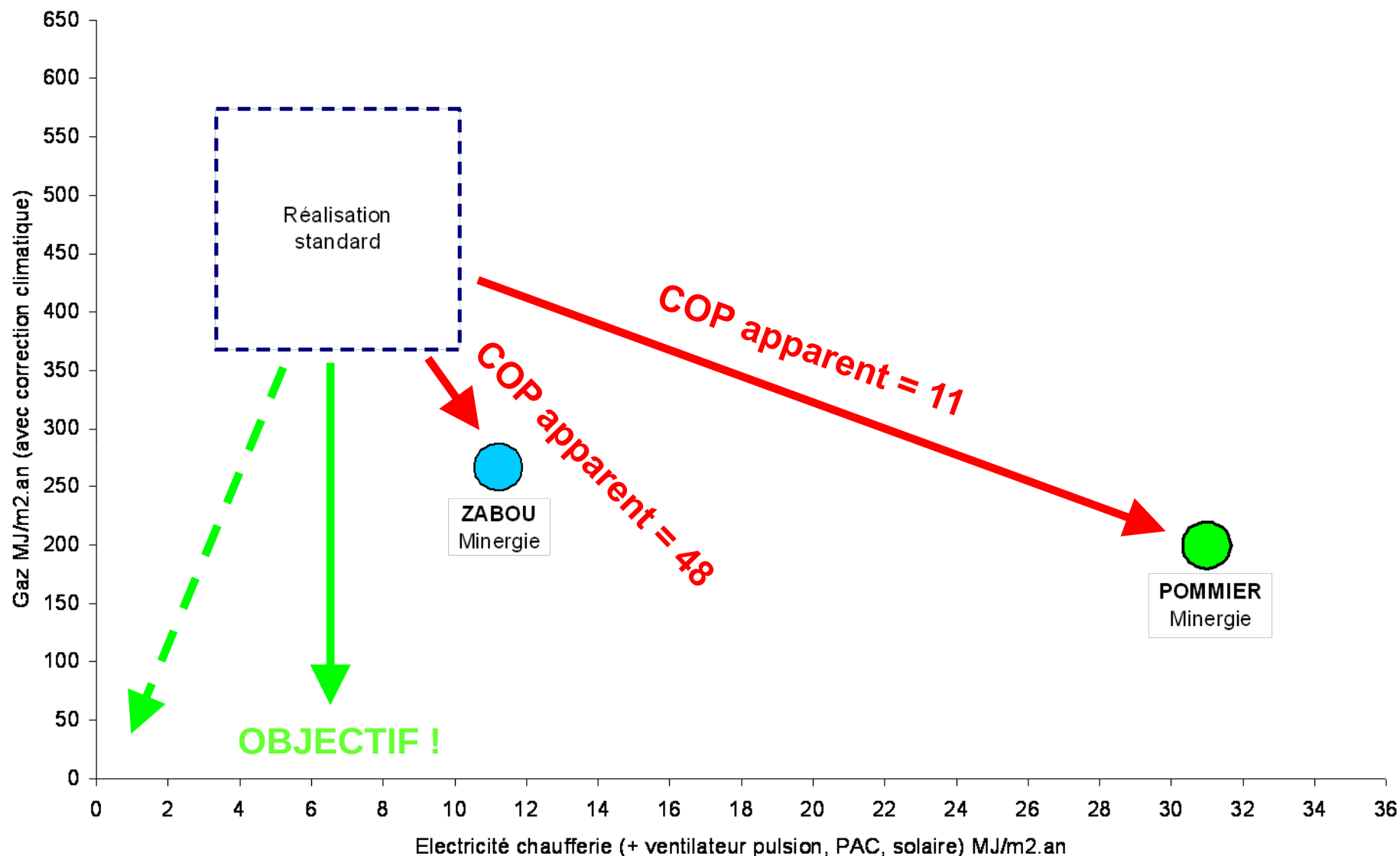
Dimensionnement des chaudières



Espace des consommations



A-t-on le bon cap pour atteindre l'objectif ?



Quel est l'enjeu ?

Fichier ScanE

Sélection :

SRE > 1500 m²

IDC > 400 MJ/m²an

Résultat :

8.1 Mm² (75%)

22% de la consommation cantonale de fossile pour le chauffage

Diffusion des deux solutions sur l'échantillon :

Électricité GE
(sans CERN)



ZABOU

+0.3%

POMB1

+1.9%



Fossile
chauffage GE

-8.5%

-11.4%

Quelle stratégie pour demain ?

Mettre en place une stratégie cohérente
« électro-thermique »
pour un déploiement à large échelle de ces
solutions,

ou

Changer les règles du jeu !

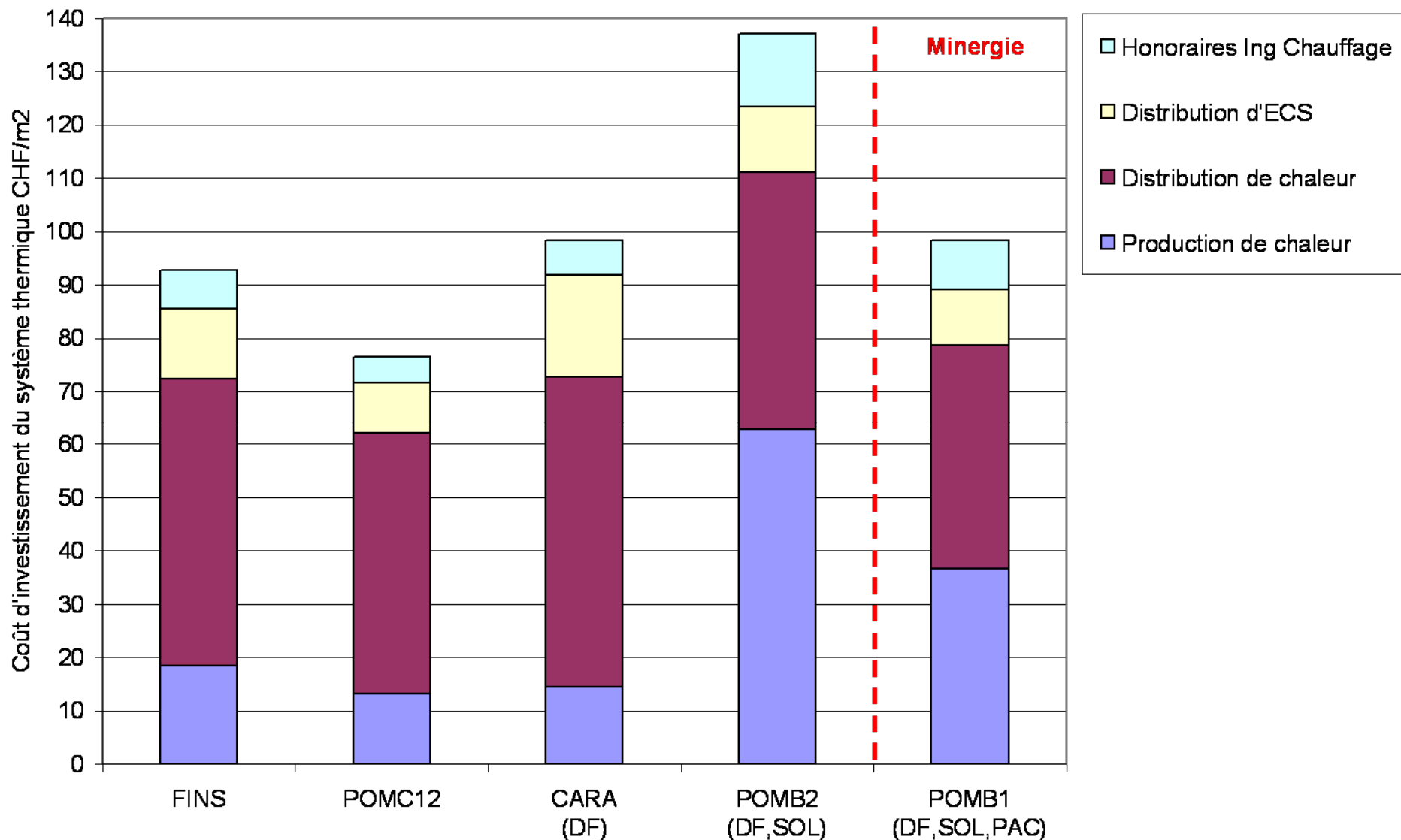


6. Investissements et charges d'exploitation

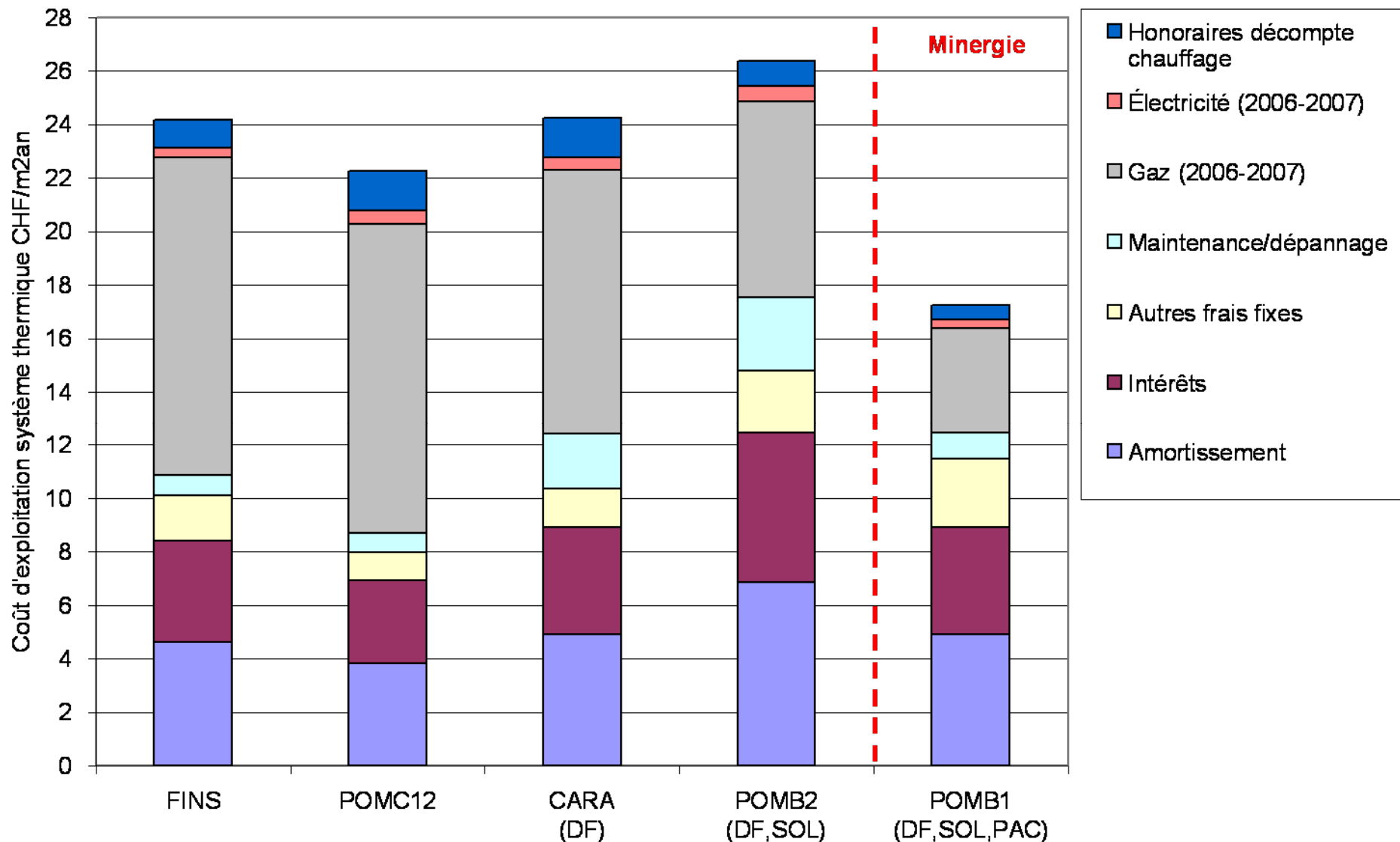


**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

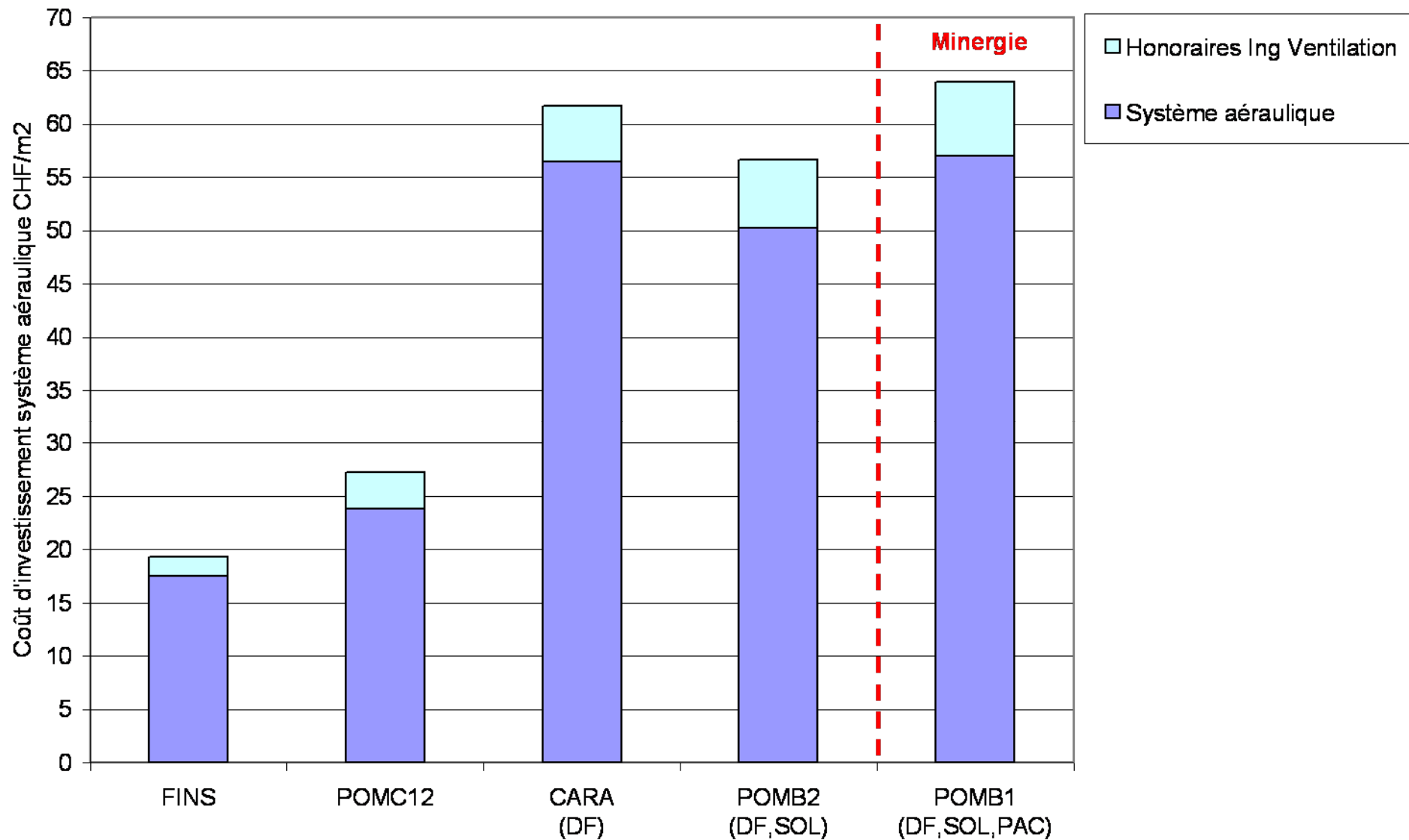
Investissement du système thermique



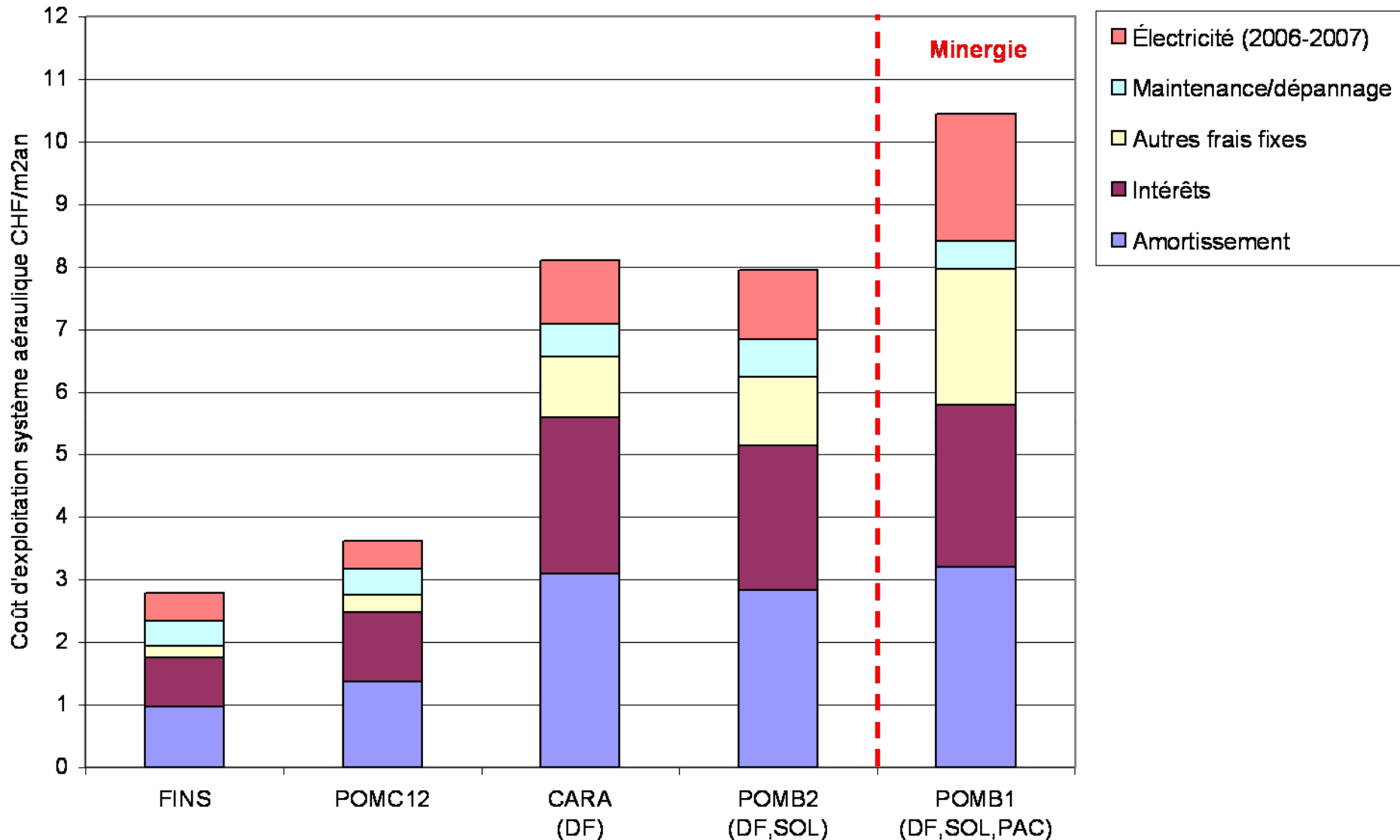
Coût d'exploitation du système thermique



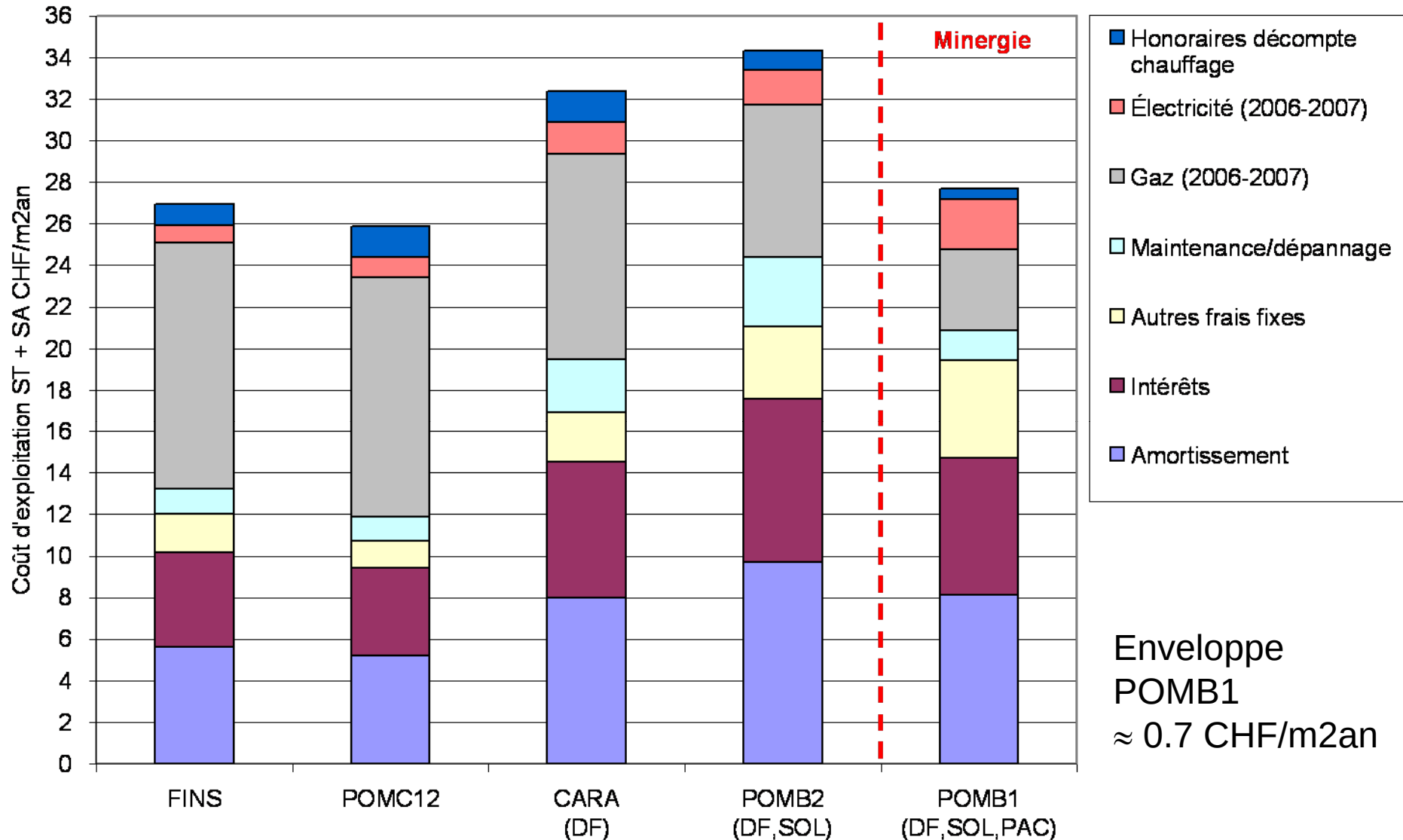
Investissement du système aéraulique



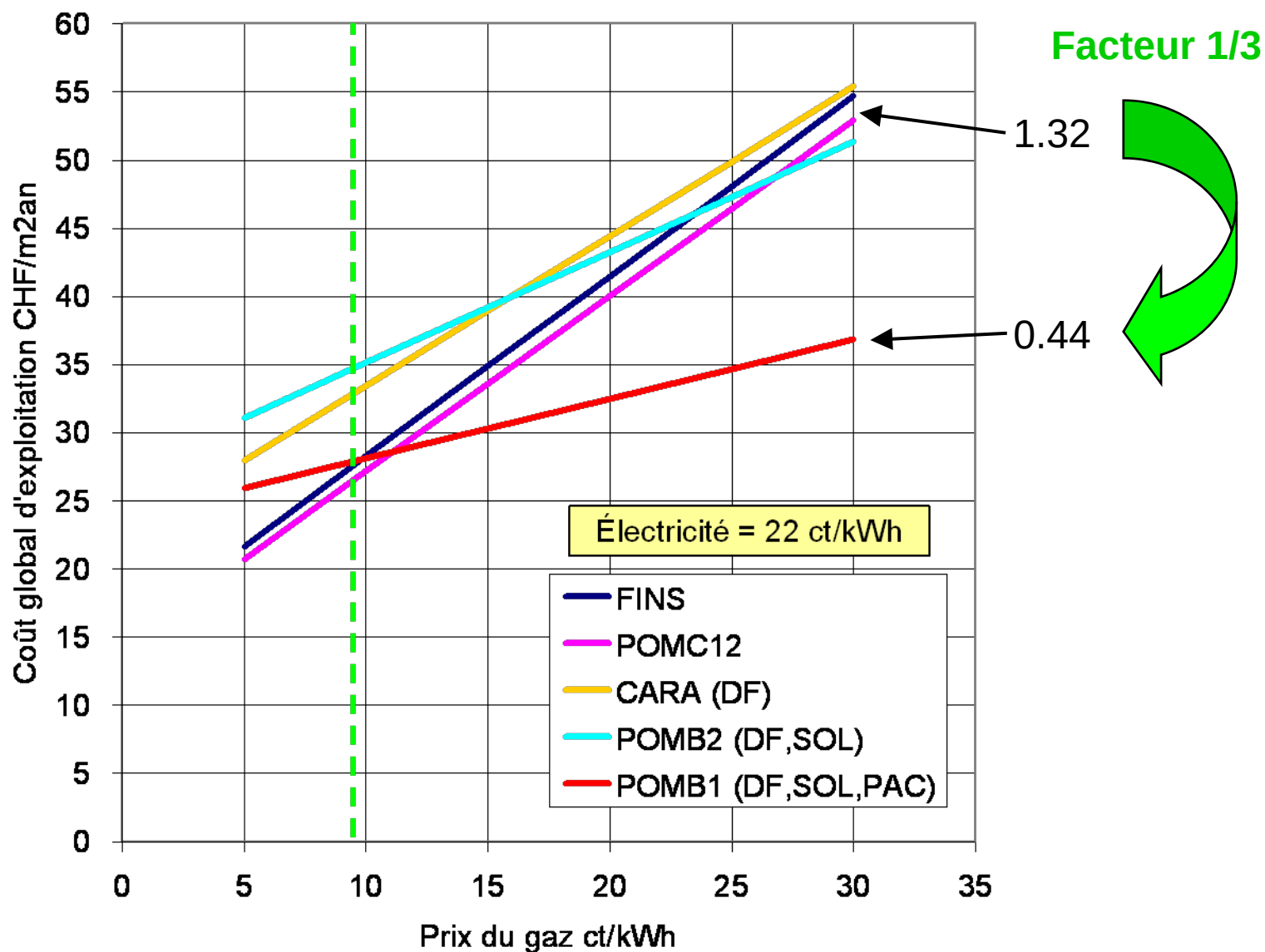
Coût d'exploitation du système aéraulique



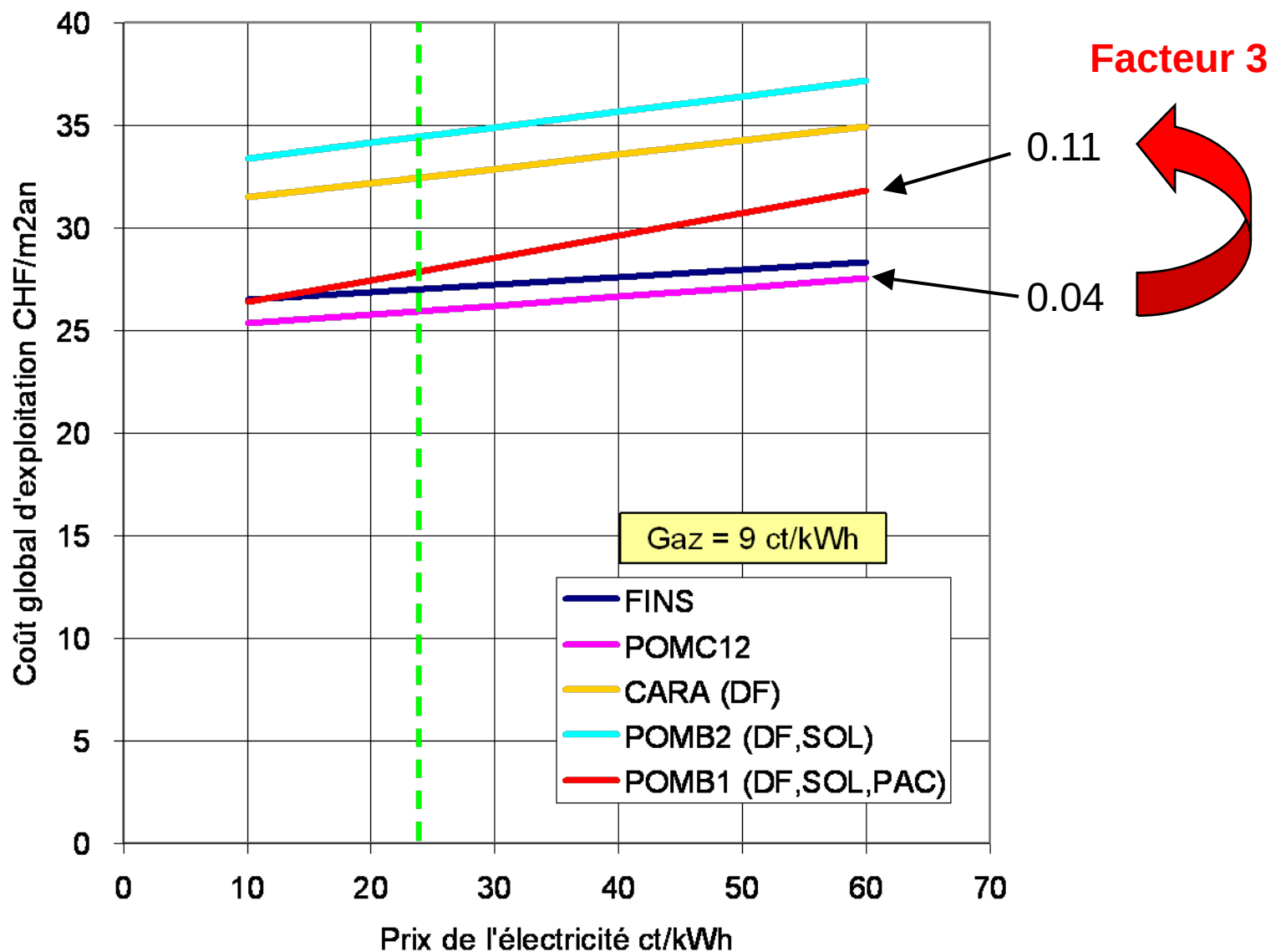
Coût d'exploitation global (therm + aéraul)



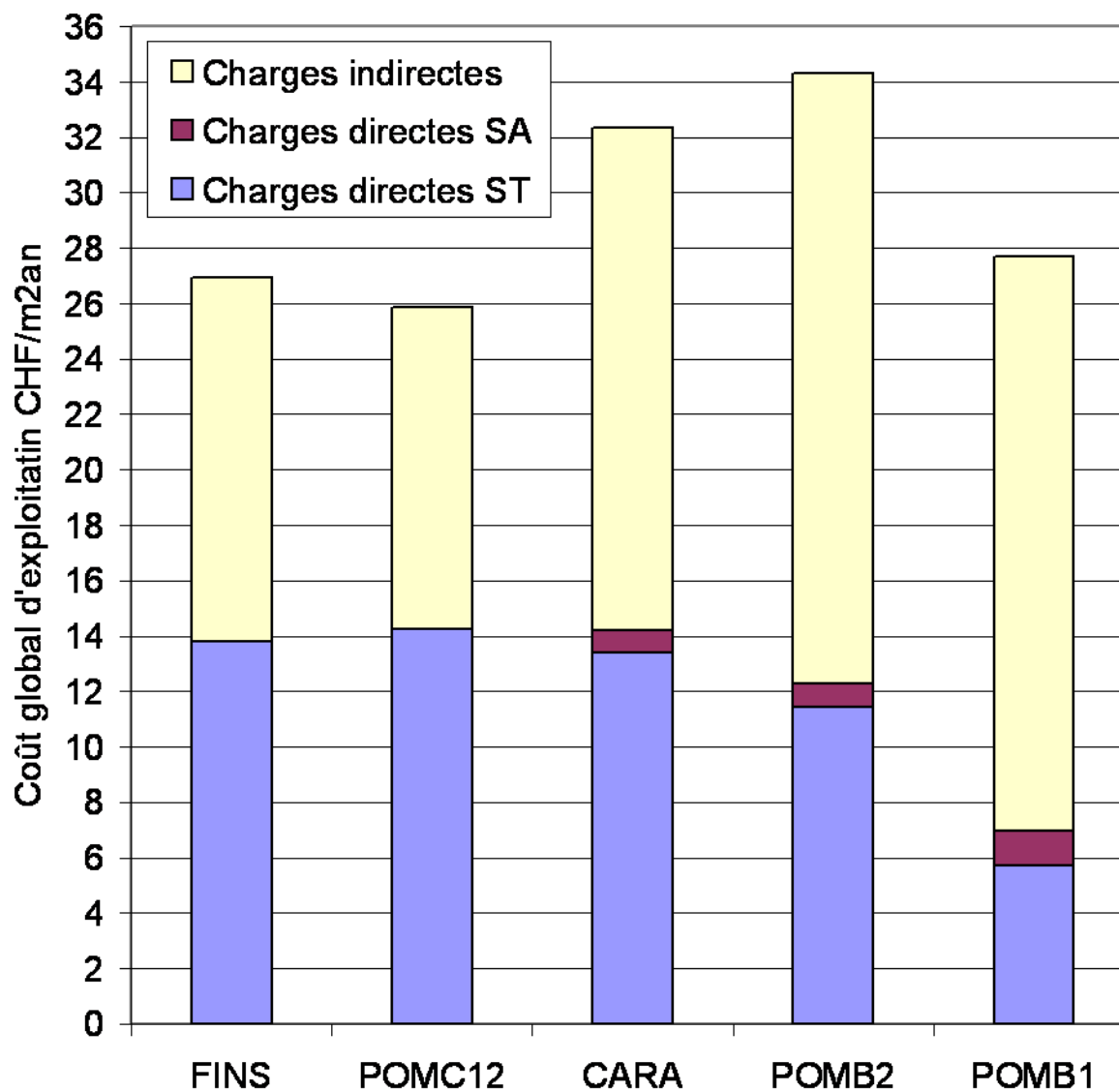
Sensibilité des charges au prix du gaz



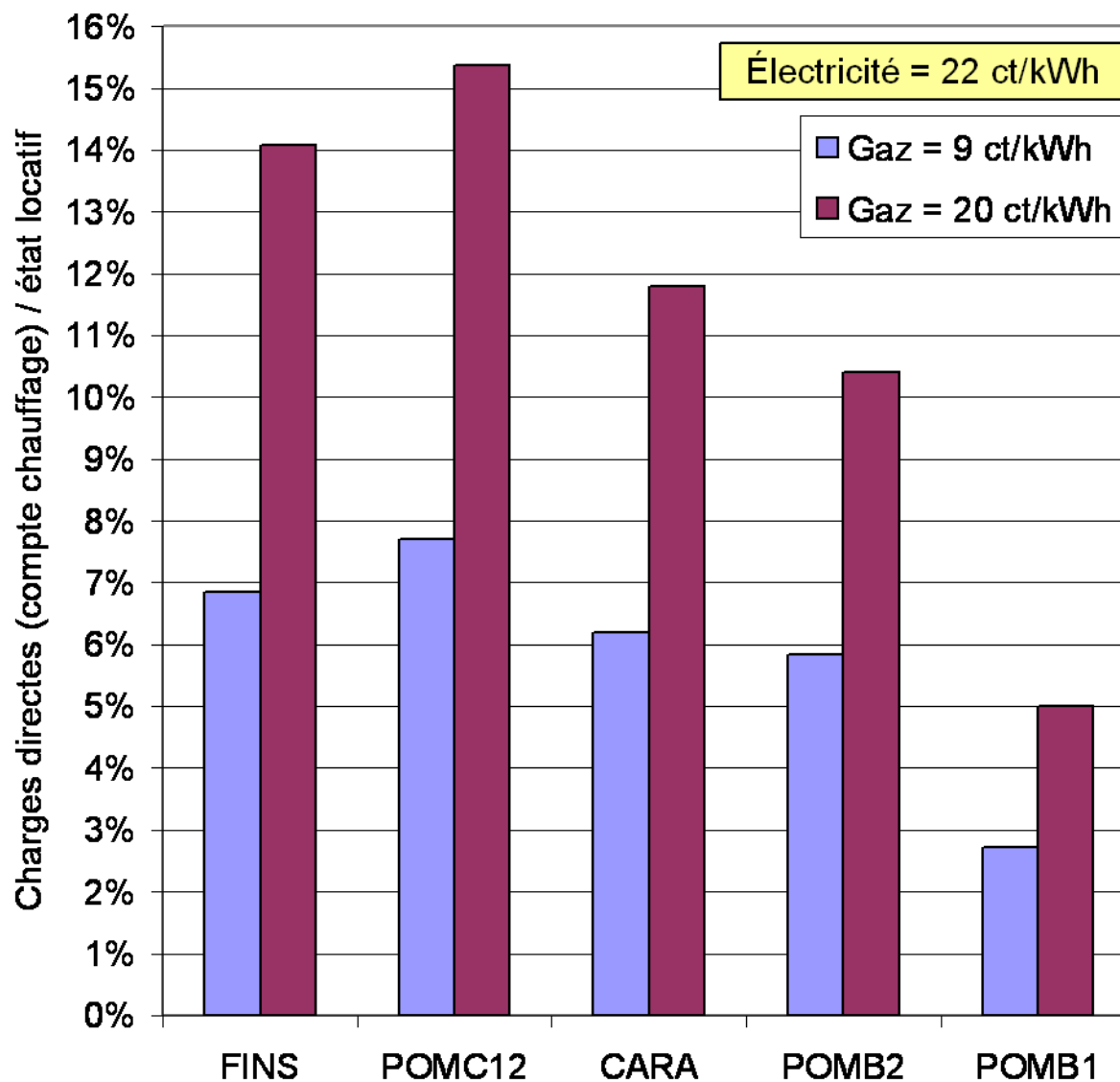
Sensibilité des charges au prix de l'électricité



Répartition des charges (in)directes



Le poids des charges de chauffage





7. Conclusions



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

Conclusions de l'expérience du Pommier

- Le Pommier est une réalisation énergétiquement performante : 193 MJ/m²an de gaz et 32 MJ/m²an d'électricité.
- Gain sur le gaz : 13% statique + 44% dynamique.
- Le Double-flux présente un COP annuel de 8, qui pourrait monter à 12 en fonctionnement saisonnier.
- Le coût d'exploitation en CHF/m²an n'est pas plus élevé qu'un bâtiment traditionnel.
- Les charges sont 3 fois moins sensibles au prix du gaz, mais 3 fois plus sensibles au prix de l'électricité.
- Le point de fonctionnement du bâtiment a plus d'impact sur la consommation que la moindre-performance observée.

Conclusions générales

- L'enveloppe reste la clé de voûte d'une réalisation énergétiquement performante (système passif).
- Dans le cas du Pommier, l'enveloppe est le poste qui présente le ratio économie d'énergie / investissement le plus élevé.
- Il est plus intelligent d'installer un double-flux et une installation solaire thermique qu'une pompe à chaleur.
- La diffusion de systèmes actifs dans les bâtiments à haute performance énergétique nécessite une stratégie cohérente « électro-thermique ».



Merci de votre attention !

Jean-Marc.Zgraggen@sig-ge.ch



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**