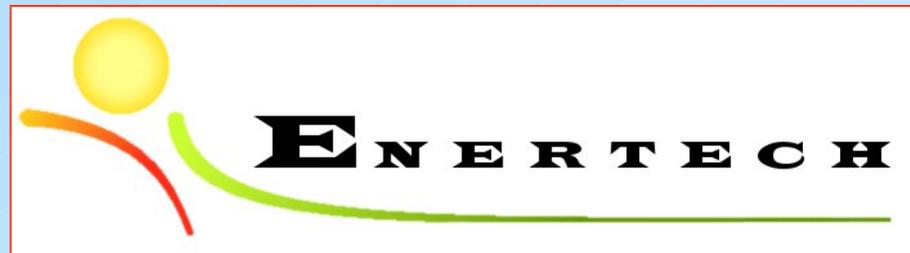


**LYON – 10 mai 2011**

**Campagne de Mesures ADEME Rhône Alpes**

*Analyse des surinvestissements de  
11 bâtiments basse consommation*

*Thierry RIESER*



# Préambule

Étude réalisée pour **l'ADEME Rhône-Alpes** dans le cadre de l'appel à projet PREBAT – Bâtiments démonstrateurs, portant sur 12 bâtiments performants.

Notre mission comporte :

- l'analyse des pièces écrites,
- des visites de chantier,
- la présente étude économique,
- des campagnes de mesure.

### 7 bâtiments de logements collectifs :

- 2 bâtiments THPE (22 et 29 logements)
- 1 bâtiment BBC rénovation (27 logements)
- 3 bâtiments BBC (7, 15 et 51 logements)
- 1 bâtiment Passif (4 logements)

### 4 bâtiments tertiaires :

- 1 crèche THPE, proche BBC (1600 m<sup>2</sup>)
- 1 école BBC (1100 m<sup>2</sup>)
- 1 bâtiment de bureaux BBC (4200 m<sup>2</sup>)
- 1 bâtiment de bureaux BEPOS (1600 m<sup>2</sup>)

# 1 – Méthodologie utilisée

# 1 – Méthodologie utilisée

## 1 – Généralités

Objectif : identifier les **surinvestissements** et les **moins-values** liés à la performance énergétique.

Méthodologie : remplacer dans les bordereaux de prix (DPGF) les éléments contribuant à la performance énergétique par une **référence qui aurait suffi à respecter la RT 2005**.

Analyse	-	Opération réelle	Unité	Qté	Prix	Prix ind. BT	Référence RT 2005 (fictive)	-	-	Coût	Surinvest.
Lot n°	1	Gros œuvre	Unité	Qté	Prix	0,990					
Isolation du plancher bas		Isolation sous dalle	Résistance	4	6 885,00 €	6 818,70 €	Référence R=1,7		1,7	3 682,10 €	3 136,60 €
Traitement des ponts therm		Traitement pont thermique Périphérie			2 760,00 €	2 733,42 €	Supprimé dans la référence			0,00 €	2 733,42 €
Traitement des ponts therm		Traitement pont thermique Retombées			2 040,00 €	2 020,36 €	Conservé dans la référence				0,00 €
		<i>Pour le calcul : Mur extérieur béton</i>	Surface	701	29 575,00 €	29 290,21 €			41,78 €		
		<i>Pour le calcul : Dalle béton</i>	Surface	314	28 260,00 €	27 987,87 €			89,13 €		
		<i>Pour le calcul : Mur agglo</i>	Surface	301	15 050,00 €	14 905,08 €			49,52 €		
Local chaufferie		Suppression de la chaufferie : dalle				0,00 €	Suppression de la chaufferie : dalle	49,8	89,13 €		4 438,84 €
Local chaufferie		Suppression de la chaufferie : mur agglo				0,00 €	Suppression de la chaufferie : mur agglo	13,625	49,52 €		674,69 €
Local chaufferie		Suppression de la chaufferie : mur				0,00 €	Suppression de la chaufferie : mur	33,35	41,78 €		1 393,48 €
<b>Total lot 1</b>						<b>257 610,00 €</b>	<b>Total lot 1</b>		<b>242 752,32 €</b>	<b>12 377,03 €</b>	
Lot n°	1 bis	VRD	Unité	Qté	Prix	0,998					
Qualité environnementale		Enrobé drainant	Surface	318	5 088,00 €	5 079,94 €	Option 2 : moins value pour enrobé classique				412,75 €
<b>Total lot 1 bis</b>						<b>89 000,00 €</b>	<b>Total lot</b>		<b>88 446,31 €</b>	<b>412,75 €</b>	
Lot n°	2	Charpente bois	Unité	Qté	Prix	0,998					
Ventilation double-flux		Tuiles à douille + lanterne	Nombre	4	248,00 €	247,61 €	Ventilation simple flux : pas de prise d'air	3		185,71 €	61,90 €
		<i>Pour le calcul : tuiles béton</i>	Surface	483	17 581,20 €	17 553,36 €	Remplacement par mur béton isolé au Int	12R	41 78 €	5 348 28 €	14 076 91 €
Isolation des murs		Facade sud à structure bois	Surface	12R	19 456 00 €	19 425 19 €					

Figure 1 : extrait de la feuille de calcul utilisée

Prix rapportés à **l'indice BT de Novembre 2009** de chaque lot principal  
⇒ comparer les projets sans déformation liée aux évolutions de prix,  
⇒ établir des références de coût sur cet indice.

Tous les prix sont **Hors Taxes**.

Ratio présentés :

- surinvestissement au m<sup>2</sup> SHON,
- surinvestissement par logement,
- surinvestissement en % du coût total (y compris les VRD, hors frais de maîtrise d'œuvre)

# 1 – Méthodologie utilisée

## 4 – Définition de la référence « RT 2005 »

Référence de l'étude : inspirée de la référence du calcul RT 2005 : **même géométrie** que le projet réel.

### Caractéristiques principales de la référence :

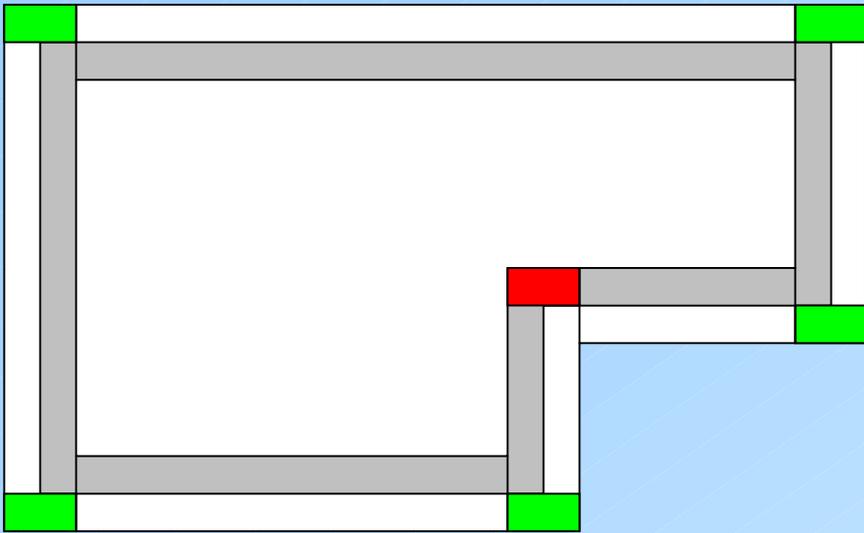
- **Isolation par l'intérieur**, réduction des épaisseurs d'isolant,
- Menuiseries de référence **double vitrage** PVC en logement, Alu en tertiaire,
- Traitement de base des ponts thermiques principaux,
- Chauffage : Logement : **chaudière individuelle gaz à condensation**, radiateurs 70/50, robinet thermostatique ; Bureaux : **VRV avec cassettes** ; École : **gaz à condensation**.
- Ventilation : logement : **simple flux hygroréglable** type A ; tertiaire : **double flux sans récupération de chaleur**.
- ECS : logement : chaudière gaz individuelle ; tertiaire : ballon électrique.
- **Luminaires de référence** (hublots, carré 60x60 T8 basiques...)

Les niveaux d'isolation de la référence sont les suivants :

Zone climatique Type de parois	H1, H2, H3 > 800m	
	U en W/m <sup>2</sup> .K	Référence
a1 – Mur	0,36	R=2,6 Porté à <b>R=3 (10cm de polystyrène)</b> *
a2 – Toiture sauf a3	0,20	R=4,9 Porté à <b>R=5 (20cm de laine de verre)</b> *
a3 – Toiture béton	0,27	R=3,6 Porté à <b>R=3.7 (10cm de polyuréthane)</b> *
a4 – Plancher bas	Ue = 0,27	<u>Sur terre plein</u> : <b>R=1,7</b> (garde fou, <b>6cm de PSE</b> ) <u>Sur parking ou commun</u> : R=2,5 ; b=0,9 (polystyrène ou flocage)

\* La référence RT 2005 néglige certains ponts thermiques de notre référence en ITI.  
⇒ Certains isolants sont renforcés pour se rapprocher du Ubat ref.  
⇒ Ubat de notre référence > Ubat ref RT2005 => chaudière de référence à condensation pour compenser.

### Passage d'une isolation par l'extérieur à une isolation par l'intérieur :



A surface intérieure (utile) égale, surface des murs et des dalles est plus importante en ITI qu'en ITE.

⇒ Surcoût pour la référence : **surface de mur et de dalle plus importante**, et ferrailages plus importants des murs pour porter ces dalles plus grandes.

Isolant remplacé par **l'isolation intérieure de référence à 20 €/m<sup>2</sup>** (10cm polystyrène).

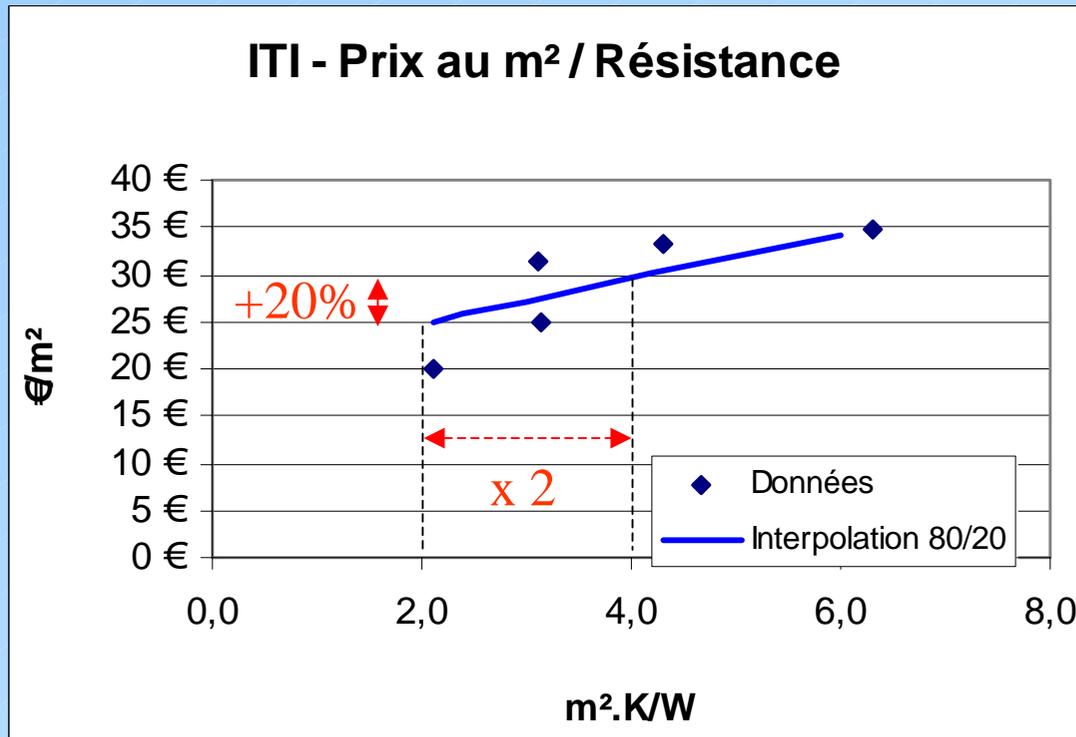
Si un bardage architectural est prévu : surcoût par rapport à un bardage « basique » non affecté à la performance énergétique (choix architectural), mais surcoût du bardage « basique » par rapport à la référence pris en compte.

# 1 – Méthodologie utilisée

## 7 – Points particuliers de méthodologie - suite

### Extrapolation du prix des isolants :

Pour la plupart des isolants, la pose et le parement représentent 80% du prix, et l'isolant lui-même seulement 20%.



Aussi **doubler une faible épaisseur d'isolant** ne fait pas doubler le prix, mais **ajoute +20% environ**.

### Exceptions :

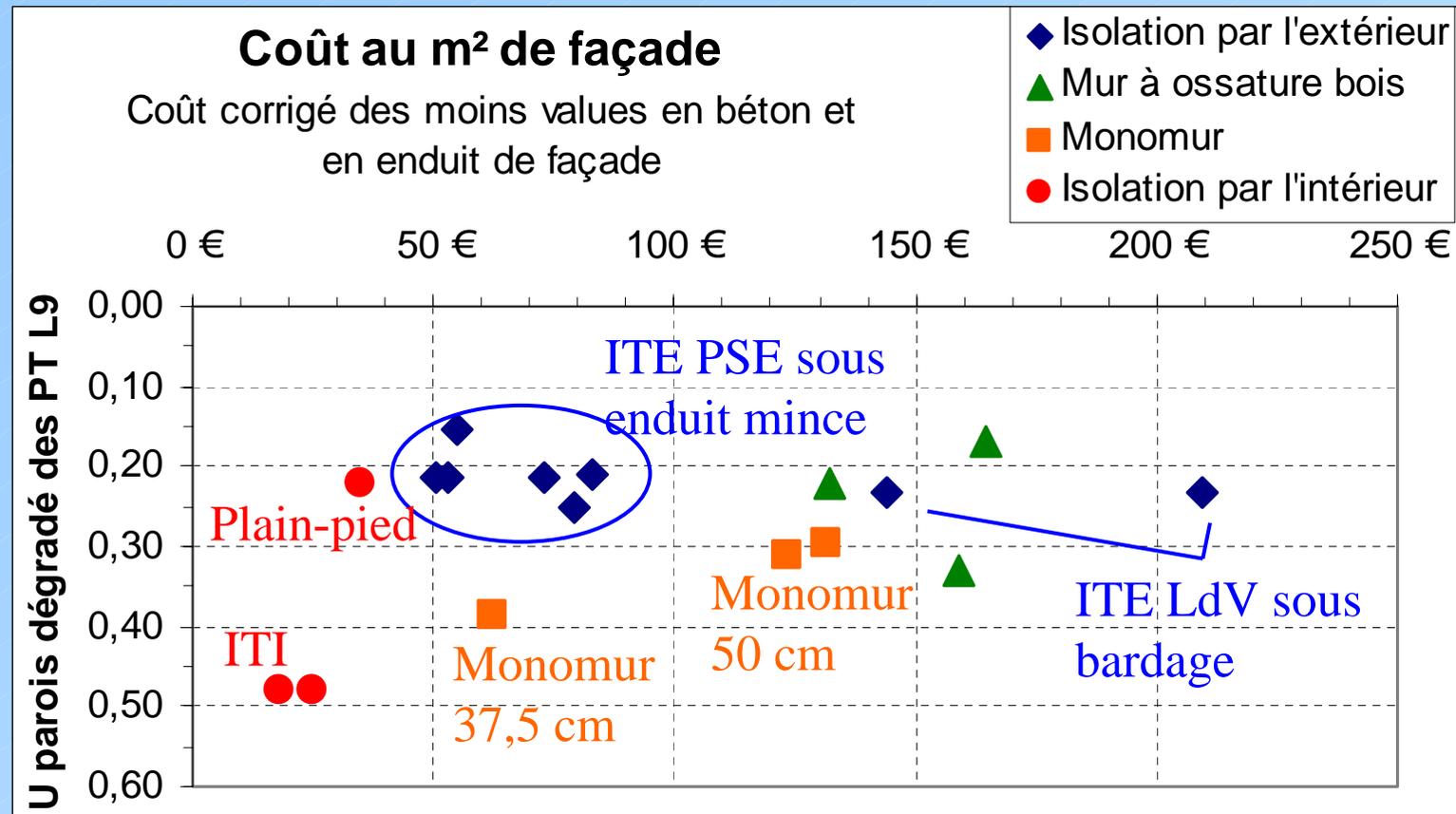
Isolant déroulé en toiture, isolant posé sous dalle (pas de parement) : 20% de pose.

Flocage : 50% de pose.

## **2 – Résultats marquants par lot**

## 2 – Résultats

### 1 – Isolation des murs



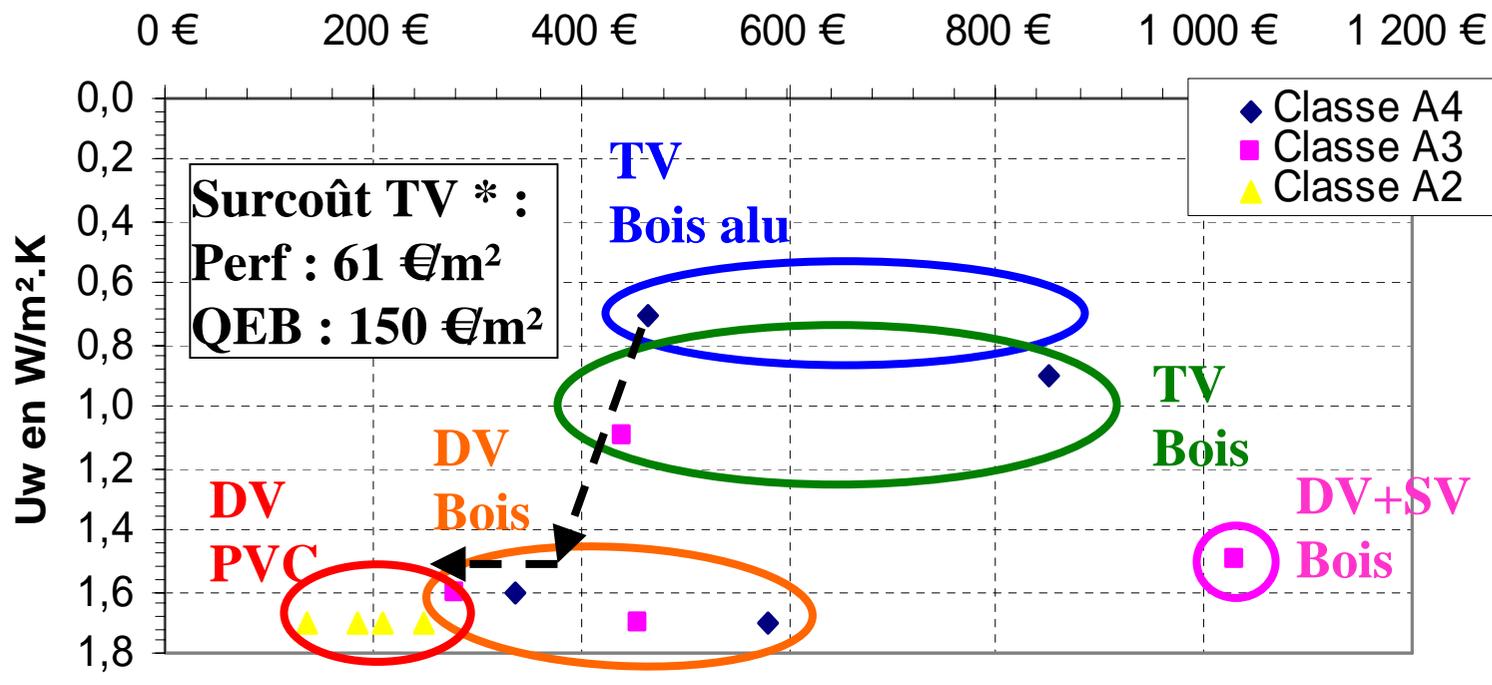
Isolation intérieure (ITI) : pas cher, performance limitée

Monomur : plutôt cher par rapport à la performance atteinte

Isolation extérieure (ITE) : plus chère, le prix dépend plus du parement (bardage) que de la performance

NB : Ossature bois : projets étudiés : surfaces en ossature bois faibles, non représentatives. Sujet complexe (gros œuvre radicalement différent).

### Coût des menuiseries au m<sup>2</sup> en tableaux



Double vitrage (DV) :  
 Uw de 1,8 à 1,5  
 W/m<sup>2</sup>.K

Prix de 140 à 220  
 €/m<sup>2</sup> en PVC, 230 à  
 580 €/m<sup>2</sup> en bois

Triple vitrage (TV) :  
 Uw de 0,7 à 1,1  
 W/m<sup>2</sup>.K

Prix de 440 à 850  
 €/m<sup>2</sup> en bois ou bois  
 alu => certains prix  
sont irrationnels.

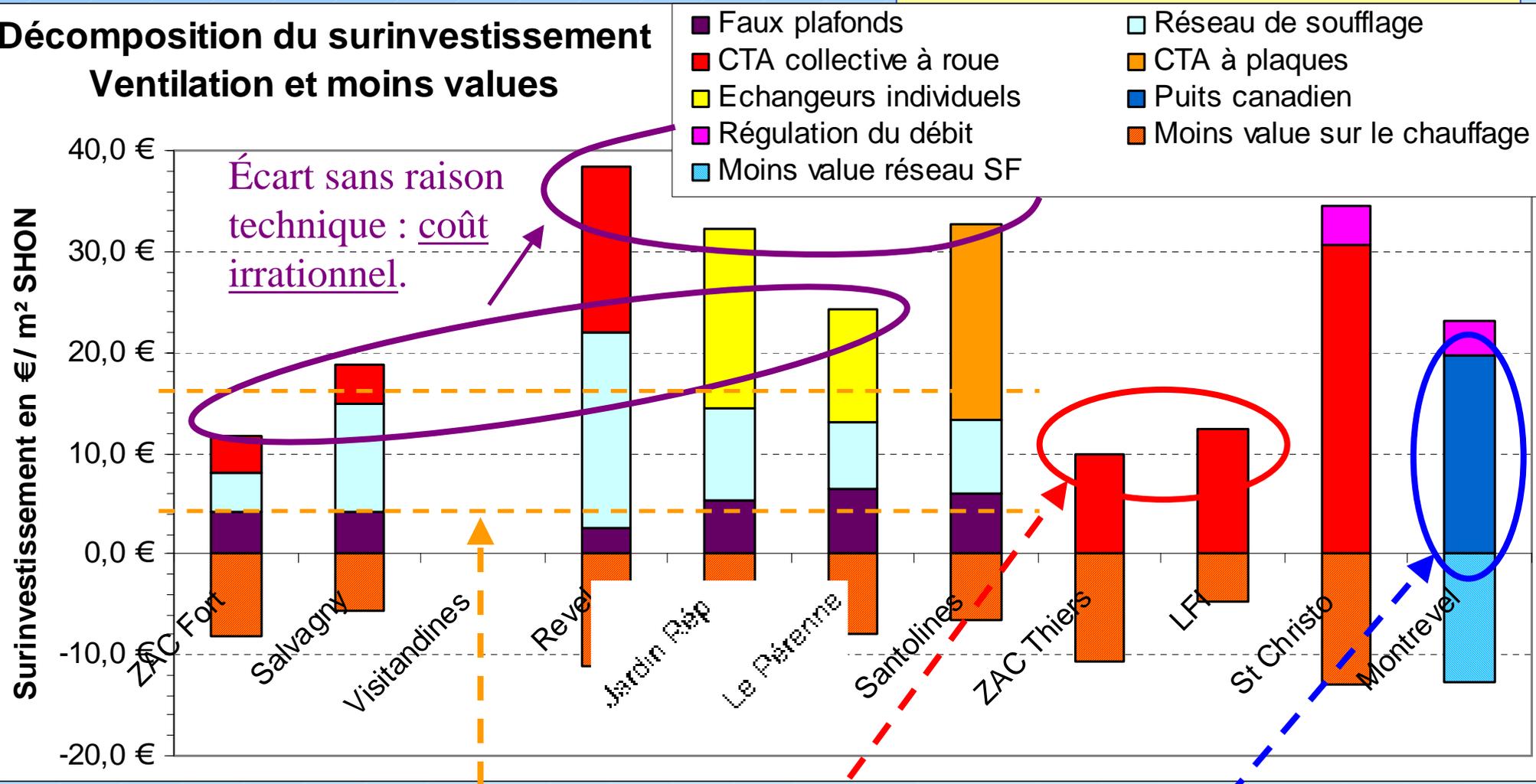
NB : promo en Allemagne : TV PVC à 150 €/m<sup>2</sup> !

\* Dans cette étude le surcoût du choix du bois ou bois alu par rapport au PVC ou à l'Alu n'est pas affecté à la performance énergétique mais à la qualité environnementale.

## 2 – Résultats

## 3 – Ventilation

### Décomposition du surinvestissement Ventilation et moins values



VDF en logement : + 4 à 16 €/m<sup>2</sup>

Bureau : + 0 à 8 €/m<sup>2</sup>

Puits canadien cher, retenir plutôt 11 €/m<sup>2</sup> (INEED).

## 2 – Résultats

Chaufferie gaz : la réduction des puissances compense la performance de la chaudière.

Éviter le surdimensionnement !

Chaufferie bois : silo coûteux (effet d'échelle).

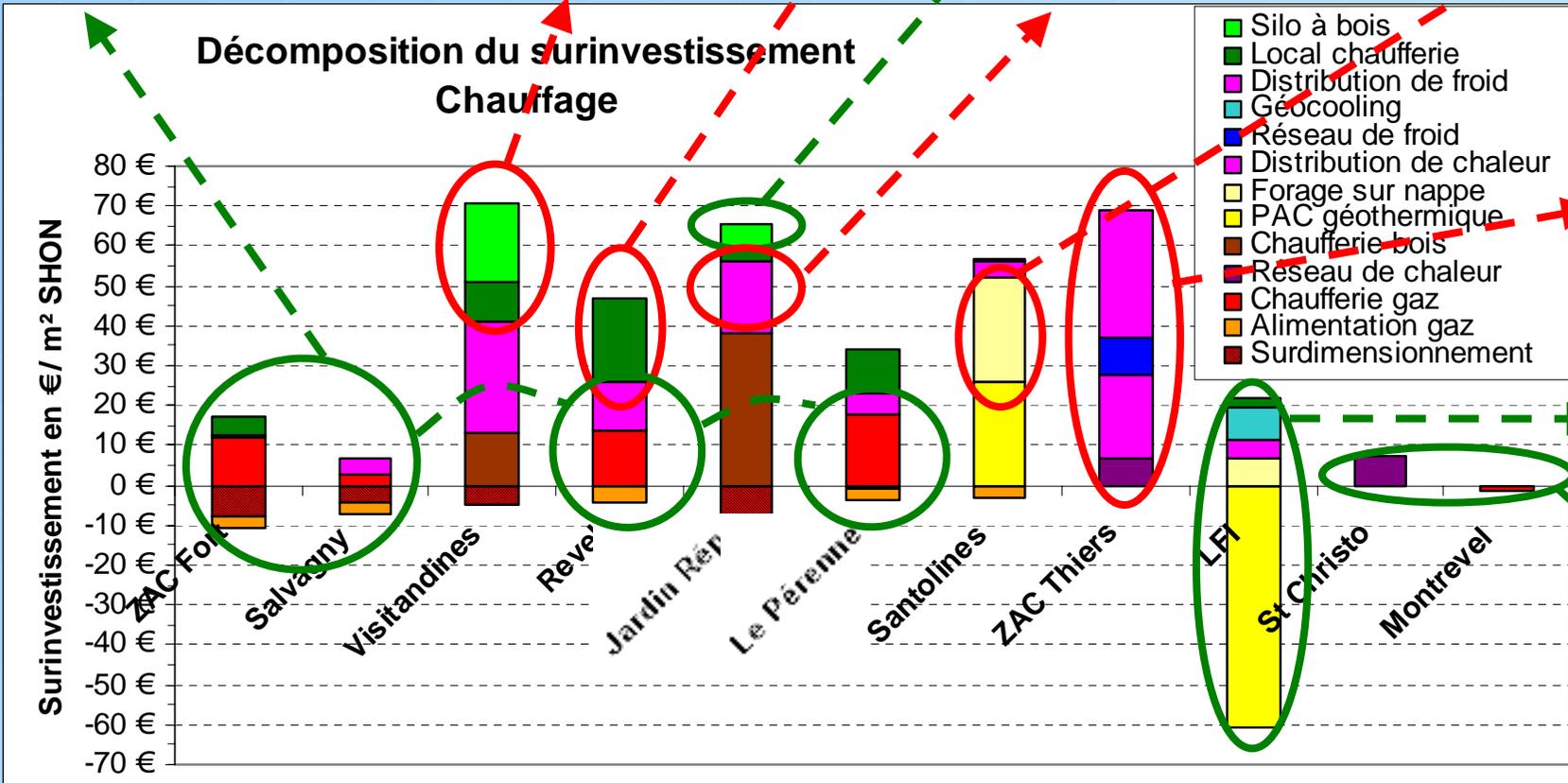
Chaufferie gaz non intégrée.

Chaufferie bois : silo mis en commun.

Réseau de chaleur cher

## 4 – Chauffage et Climatisation

PAC géothermique : forages chers



Bureaux : conception classique

Bureaux sans clim. active

Écoles : surcoûts faibles (vs chaufferie gaz)

## 2 – Résultats

### Logements :

L'économie sur les chaudières double service compense le réseau ECS.

Limiteurs de débit autorégulés, douchette économe : surcoût négligeable, économie importante !

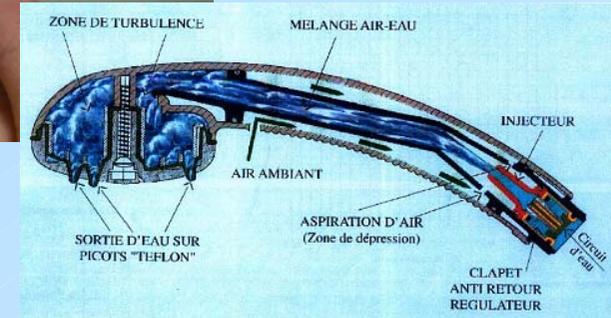
ECS solaire : 820 à 1800 €/m<sup>2</sup> de capteur : ce dernier prix est inadmissible aujourd'hui.

### Tertiaire :

LFI : pas d'ECS => simplification.

A l'inverse : St Christo : ballons électrique + bouclage => compliqué et cher.

## 5 – Eau chaude sanitaire



### Logement :

Prise commandée, fourniture LBC : surcoût négligeable, économie importante

Éclairage performant des communs : < 1 à 4 €/m<sup>2</sup>

Tout bâtiment : Ascenseur performant : < 1 à 3 €/m<sup>2</sup>

### Tertiaire :

Éclairage performant : 6 à 20 €/m<sup>2</sup> (difficile à évaluer)

Photovoltaïque : non pris en compte dans l'étude : rentable en soi. Prix constatés déjà obsolètes (prix en forte baisse).



## **3 – Enseignement à tirer sur la conception**

## 3 – Enseignements sur la conception

### 1 – Stratégie concernant l'enveloppe

#### Impact financier de la compacité :

**A performances égales, un projet peu compact est plus cher :**

- surfaces de mur plus importante pour la même surface utile (plus values sur les fondations, le gros œuvre, l'isolation...)
- plus de surfaces implique plus de déperditions : pour atteindre la même performance il faut des isolants ou des installations techniques plus coûteuses.

#### Surface vitrée :

Les surfaces vitrées sont systématiquement plus chères et moins performantes que les parois opaques.

#### Isolation du plancher bas :

A performance égale, il est plus économique de bien isoler le plancher bas que de compenser un plancher bas peu isolé par une surisolation des murs.

Le traitement des ponts thermiques génère un surcoût peu important (< 1 à 3,6 €/m<sup>2</sup>).

Pont thermique du balcon :

**Balcon autoporté : coût trop important par rapport au gain énergétique généré.**

⇒ Balcon semi-désolidarisé porté par accroches ponctuelles : performance limitée (concentration de flux) mais surcoût quasi-nul.

⇒ Solution intermédiaire en performance et en coût : le rupteur de pont thermique.



L'étanchéité à l'air est surtout une question de **bonne conception de l'enveloppe**.

Les **surinvestissements associés sont faibles**, et totalement justifiés par l'important **gain en performance**.



### 3 – Enseignements sur la conception

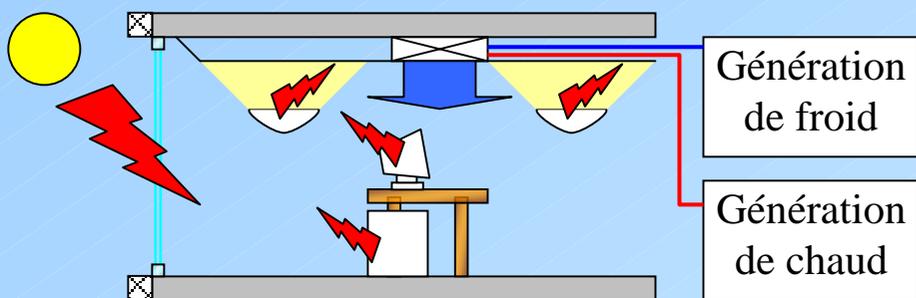
### 4 – Installations de chauffage et climatisation

#### Surdimensionnement :

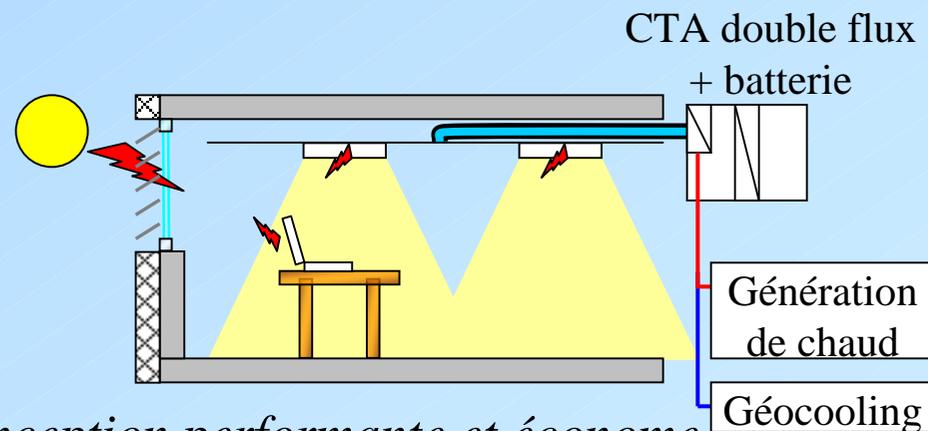
- de la chaudière : nuisible en coût et en performance,
- des émetteurs : nuisible en coût.

Il faut valoriser la performance de l'enveloppe par une moins value sur ces postes.

#### Éviter la climatisation active :



*Conception traditionnelle*



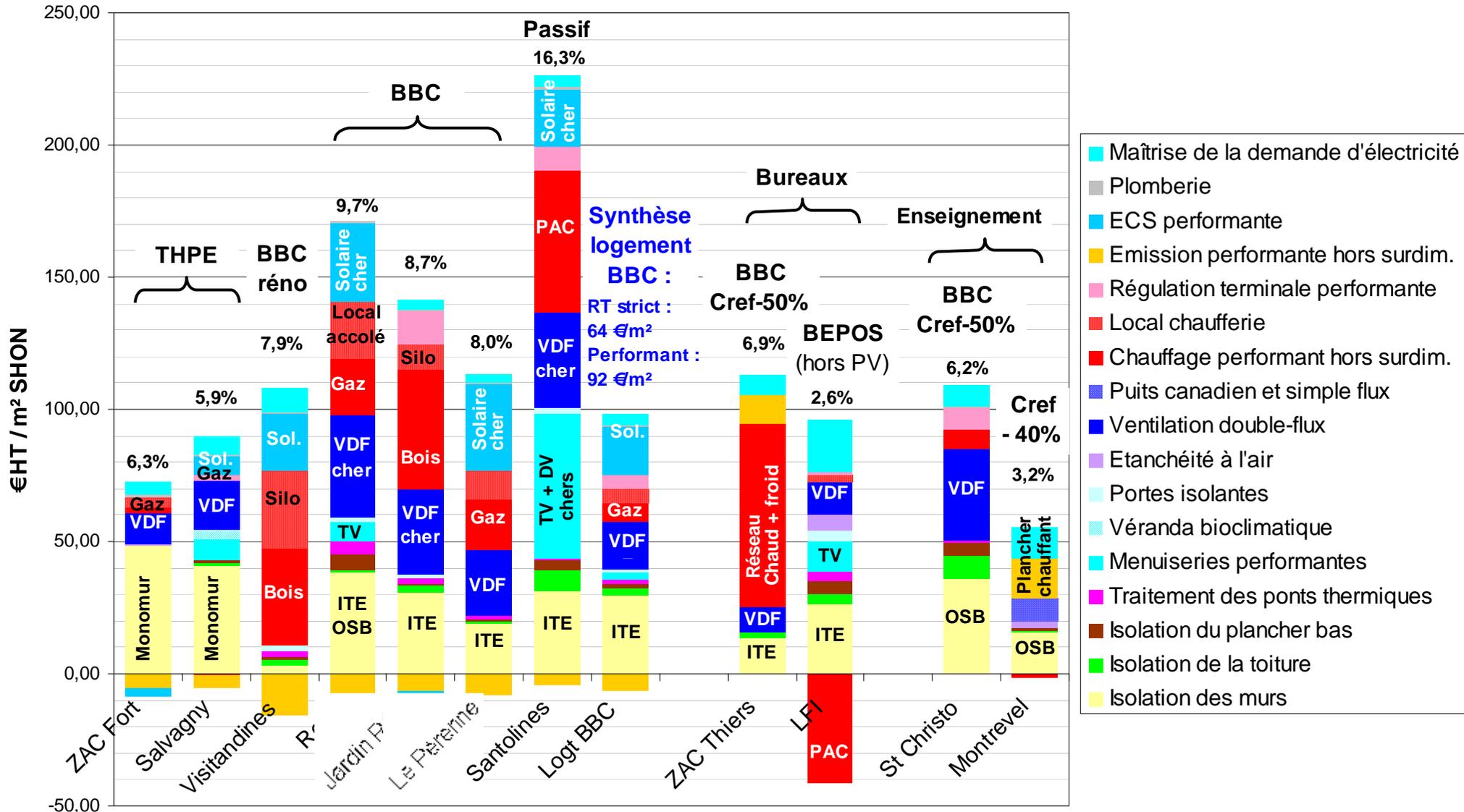
*Conception performante et économe*

#### Échangeur de ventilation double flux :

Pas de différence de coût : **privilégier les échangeurs à roue** (pas de dégivrage).

## **4 – Bilan transversal**

### Comparaison des surinvestissements au m<sup>2</sup> SHON



#### Détail logements étudiés :

THPE : 47 à 53 €/m<sup>2</sup> hors VDF soit + 3,7 à 4,6 % hors VDF (5,9 à 6,3% avec)

BBC : 77 à 124 €/m<sup>2</sup> hors VDF soit + 5,4 à 7,4 % hors VDF (8 à 10% avec)

Passif (un seul projet) : + 222 €/m<sup>2</sup> (total 1360 €/m<sup>2</sup>)

#### Surinvestissement du BBC en logement :

Synthèse des moyennes par poste, en ITE + chaufferie Gaz + simple flux + robinet thermostatique : **64 €/ m<sup>2</sup> SHON**

Idem + ventilation double flux + régulation terminale performante + équipements hydroéconomiques + électricité performante : 92 €/ m<sup>2</sup> SHON

#### Surinvestissement des bâtiments tertiaires :

Bureaux : - 113 €/m<sup>2</sup> (+ 6,3 %) en conception traditionnelle,

- 55 €/m<sup>2</sup> (+ 2,6%) en conception avec climatisation passive.

Ce dernier est un BEPOS (surinvestissement hors PV et « bouchon thermique ») ; surinvestissement de 261 €/m<sup>2</sup> avec l'installation PV.

École : 54 à 109 €/m<sup>2</sup> soit + 3 à 6%

## **5 – Conclusion**

#### Enseignements sur la conception performante et économe :

Privilégier la réduction du besoin à des systèmes compliqués :

- enveloppe très isolée (y compris le plancher bas) et compacte,
- étanchéité à l'air très poussée,
- limitation des apports de chaleur pour éviter la climatisation active en été,
- limiteurs de débit pour l'ECS...

Éviter tout surdimensionnement. Il faut générer des moins values sur le chauffage et les émetteurs.

Prix parfois injustifiés : triple vitrage, capteurs solaires, ventilation double flux. Mais de plus en plus de professionnels « jouent le jeu ».

### Surinvestissement pour la RT 2012 :

Chaque nouvelle Réglementation Thermique a généré des surcoûts qui se sont résorbés en un an.

Pour le logement, notre étude conclut à un **surinvestissement pour le BBC strict de 64 €/m<sup>2</sup> SHON**, ce qui est inférieur aux +10% fréquemment entendus.

Les opérations suivies vont plus loin que le BBC : ventilation double flux, régulation terminale plus performante que les robinets thermostatiques, et luminaires performants. On arrive alors à 92 €/m<sup>2</sup>.

Cette évolution de la réglementation vers la performance est nécessaire : fin du pétrole pas cher, réchauffement climatique... c'est un **surinvestissement** et non un simple surcoût.