

**MEZE – 7 Octobre 2011**  
**Université d'automne nW**

*Enseignements des campagnes d'évaluation  
réalisées sur des bâtiments performants*

*Comprendre les écarts entre prévisions et mesures*

*Olivier SIDLER*



# Préambule

C'est en **2003** que les premiers projets très performants (INEED, Zac du Fort à Bron) entrent en conception et que le volet ENERGIE a été greffé sur le projet de la ZAC de Bonne à Grenoble. A l'époque, personne ne parle en France de bâtiments performants, il est encore prévu que la « RT » soit renforcée de 15% tous les 5 ans.

Les objectifs assignés en 2003 correspondent à la moitié des exigences fixées pour les constructions neuves à l'époque.... **Il aurait fallu attendre 2035, à la vitesse d'évolution de la RT, pour faire la même chose que dans ces projets !** Et pendant ce temps le climat.....

**Tous ces projets, et notamment la ZAC de Bonne (par sa taille) ont permis d'ouvrir l'imaginaire en France, car ils ont conduit tous les décideurs vers l'idée que « puisqu'à Grenoble ils le font, ce doit être possible ».**

**L'idée des « 50 kWh/m<sup>2</sup>/an » était née.**

1 – Envisager d' améliorer d' un facteur 2 les performances des bâtiments suppose qu' on travaille sur des....prototypes. Tous ces premiers projets apparaissent donc comme **UN LABORATOIRE**.

2 – Comme dans toute expérimentation, on fait de son mieux pour que cela marche.....puis on observe le résultat avec intérêt afin de voir ce qui a bien fonctionné et ce qui n' a pas fonctionné. Dans tous les cas on va apprendre quelque chose **en évaluant les opérations**.

3 – L' objet de l' évaluation n' est donc pas de faire croire qu' on est les meilleurs, mais **d' apprendre avec humilité comment faire encore mieux**.

**4 – En conséquence, le droit à l' erreur (dans ce qui est nouveau) est une idée nécessaire pour pouvoir continuer à avancer par l' expérimentation. Il doit être accepté par tous.**

# Préambule

## 3 – L'intérêt



1 – Pour les maîtres d'Ouvrage, ces projets ont permis de **se préparer par avance** à la RT 2012. Elle correspond, après le passage du Grenelle de l'Environnement, sensiblement aux objectifs qu'ils s'étaient assignés.



2 – Ces projets ont permis une **mutualisation** des compétences en phase conception, en phase chantier et au moment des bilans. Mettre en commun nos expériences, nos réussites, nos échecs est le seul moyen d'aller vite face à la menace chaque jour plus précise du changement climatique.

# Introduction

# Introduction

L'analyse qui suit est fondée sur le suivi de :

- 9 bâtiments (439 logements) de la **ZAC de Bonne à Grenoble** (bâtiments du programme européen Concerto).
- 22 logements sociaux à Bron,
- le bâtiment de bureaux de l'INEED à Alixan (Drôme)



## 1 – L'échantillon d'observation



Toutes les campagnes de mesure ont duré un an.  
Chaque bâtiment a reçu entre 400 et 700 mesureurs

- **But de l'analyse** : comparer des consommations à des prévisions
- S'agit-il de « vraies » prévisions ou bien d'un objectif affiché sans avoir été à la base de véritables études de conception?
- S'il s'agit de « vraies » prévisions sont-elles issues :
  - du calcul RT. Mais il s'interdit lui-même d'être une prévision!!
  - de simulations dynamiques, avec leur cortège d'hypothèses
- Et pour les usages électriques ???? Quel est l'objectif ? Ils contribuent pourtant abondamment au chauffage!

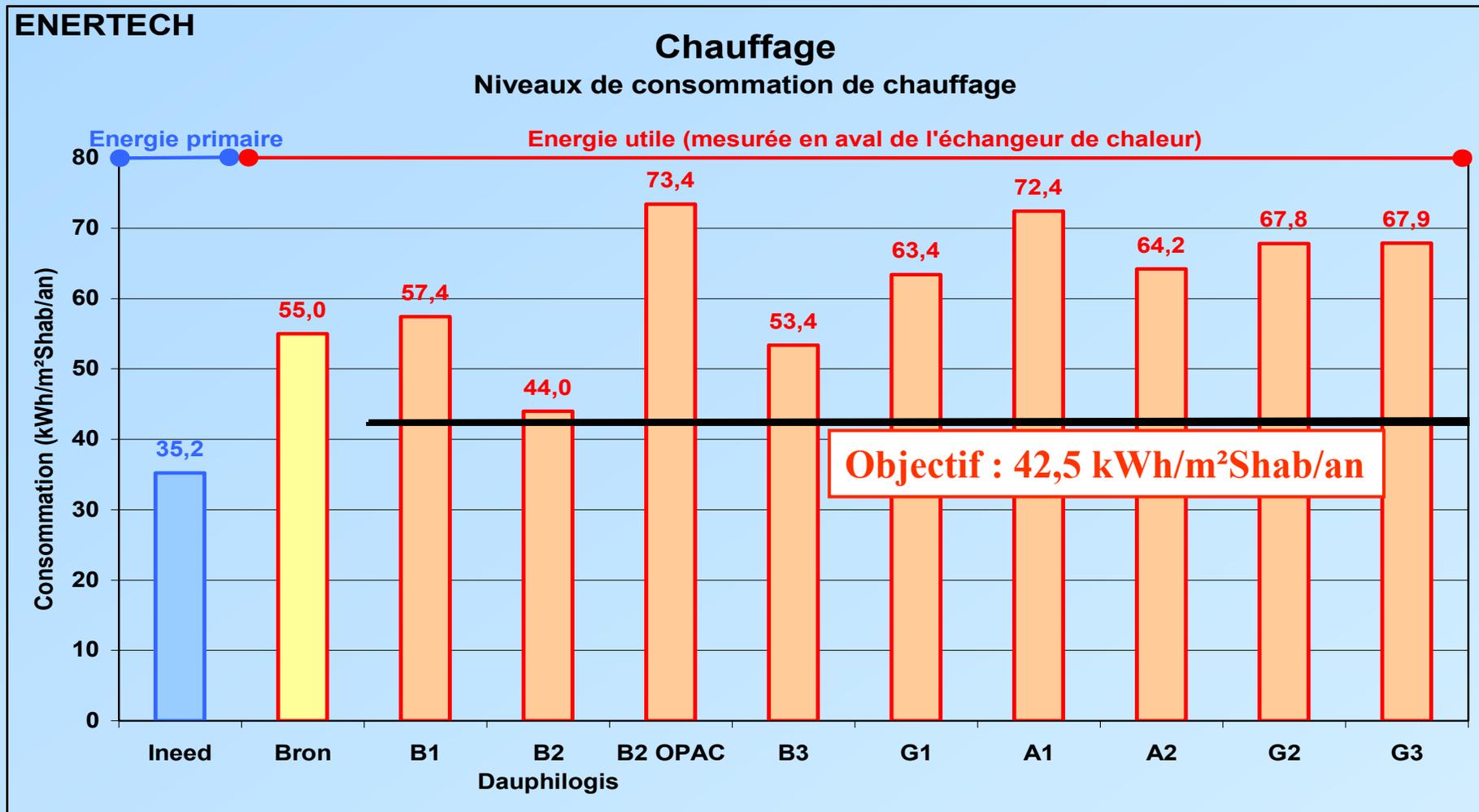
**Conclusion** : on remarque pour commencer que la référence est floue, voire la plupart du temps inexistante, et même illégitime (RT).

Peut-on parler de prévisions dans ces conditions?

# Introduction

3 – Ce qu'on observe...

## CHAUFFAGE

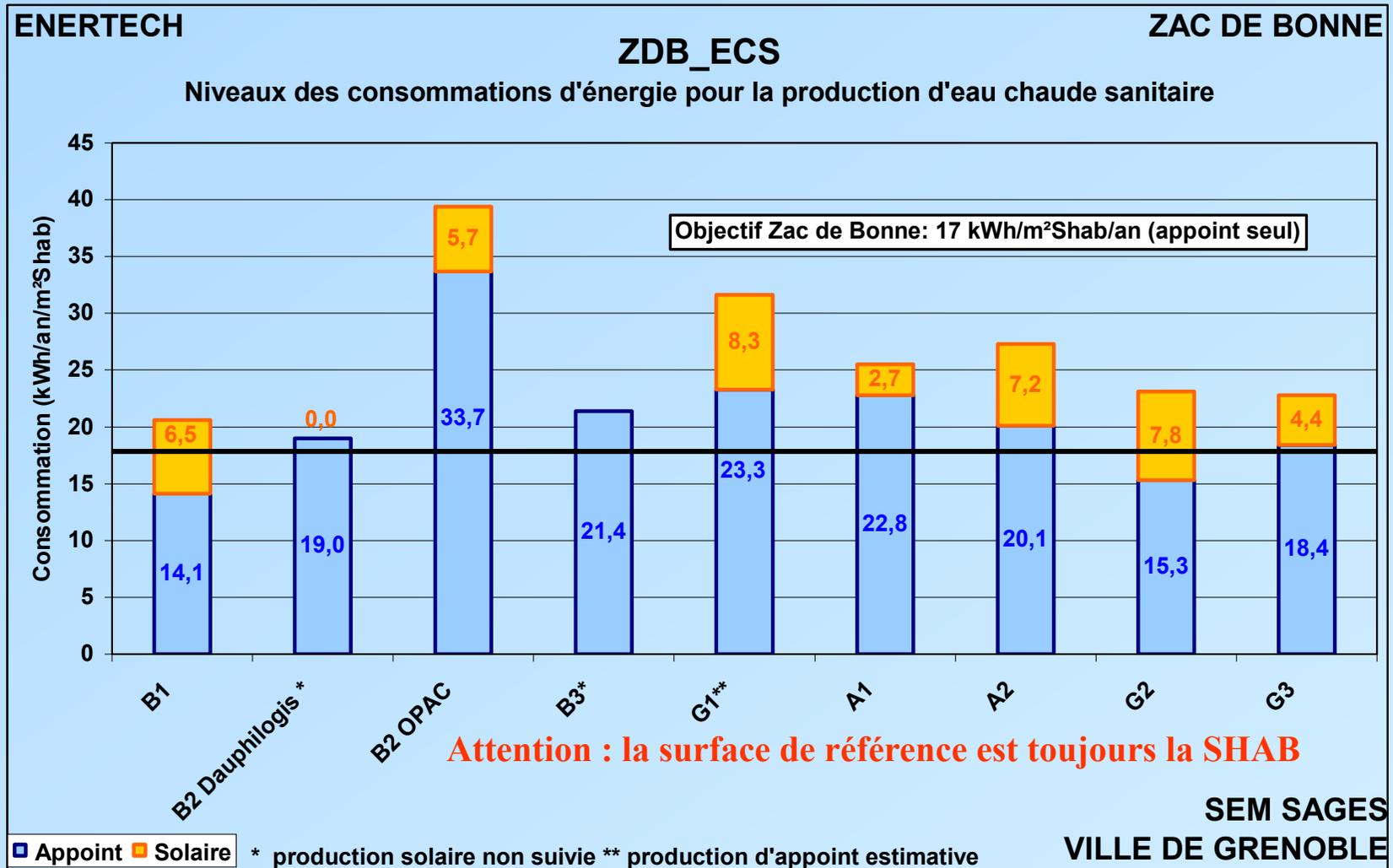


**Attention : la surface de référence est toujours la SHAB**

# Introduction

## 3 – Ce qu'on observe...

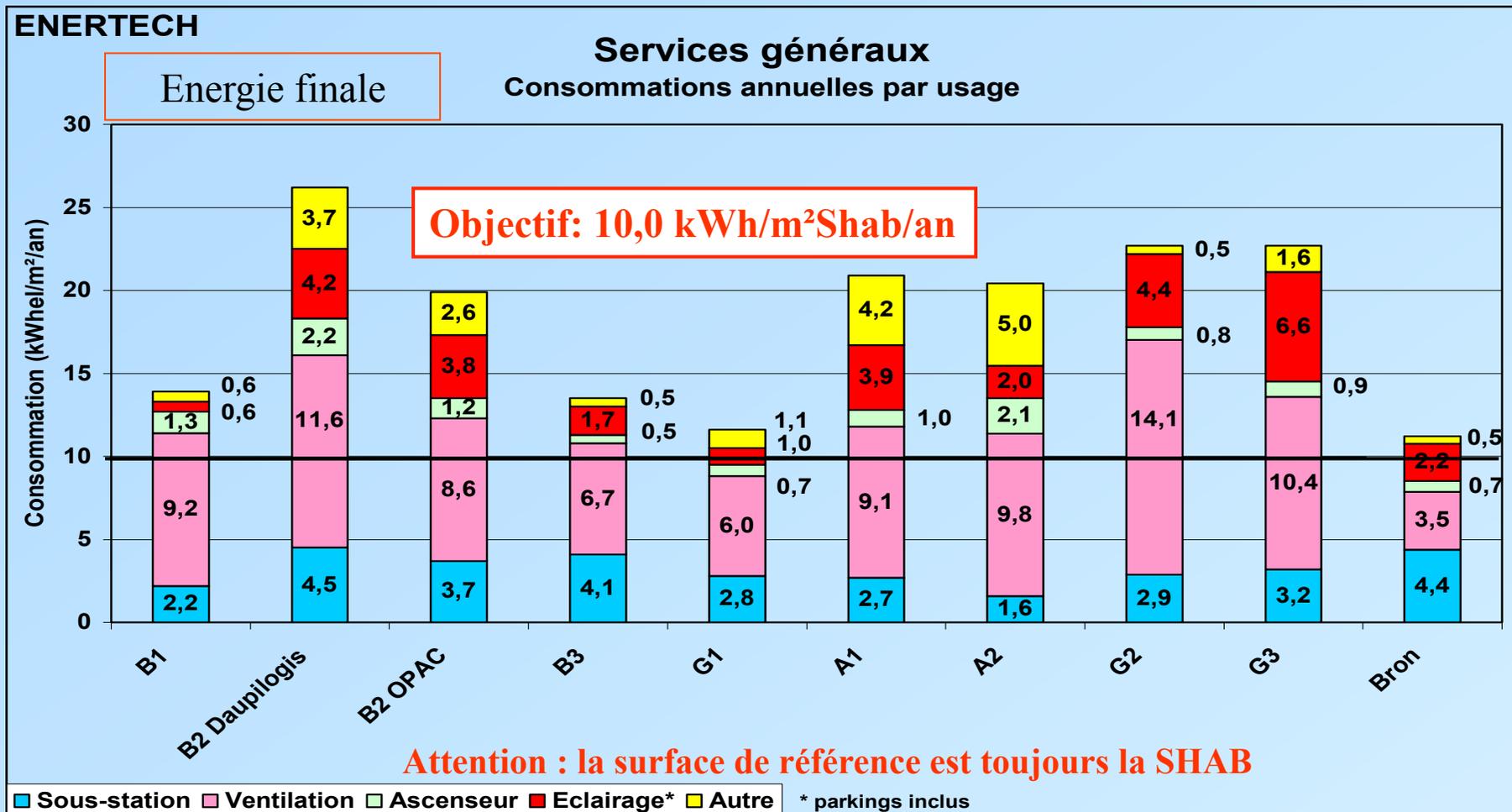
ECS



# Introduction

3 – Ce qu'on observe...

## ELECTRICITE des SERVICES GENERAUX



Nota : la ventilation de tous ces bâtiments est de type double flux

## Introduction

3 – Ce qu'on observe...

Cas particulier du bâtiment de l' INEED (Drôme)

Tous usages sans exception

	Unités	Année 1	Année 3
<b>Chauffage</b>	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> <sub>Shab</sub> /an	<b>25,8</b>	<b>35,2</b> (+36,4 %)
<b>Electricité</b>	kWh <sub>elec</sub> /m <sup>2</sup> <sub>Shab</sub> /an	<b>21,8</b>	<b>26,1</b> (+19,7 %)
<b>Total en énergie primaire</b>	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> <sub>Shab</sub> /an	<b>82,0</b>	<b>102,5</b> (+25,0 %)

....ou, par référence à la SHON (kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup><sub>SHON</sub>/an): **65,8** et **82,2**

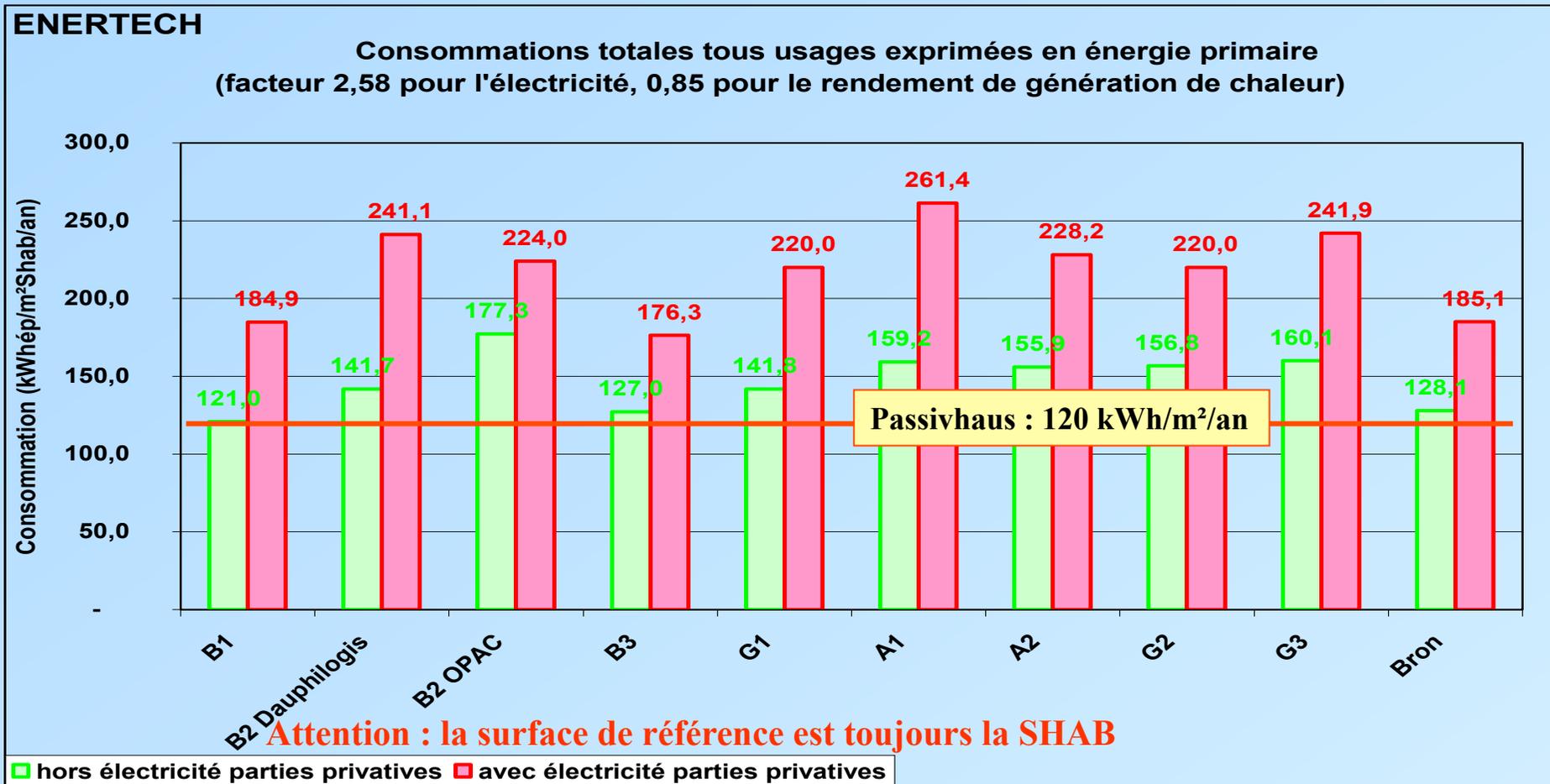
**Rappel : label allemand Passivhaus : 120 kWh/m<sup>2</sup>Shab/an**

**Ce qu' il faudra comprendre dans le cas de l' INEED, c' est pourquoi les consommations ont « dérapé » entre la 1<sup>ère</sup> et la 3<sup>ème</sup> année**

# Introduction

3 – Ce qu'on observe...

## Consommation totale en énergie primaire

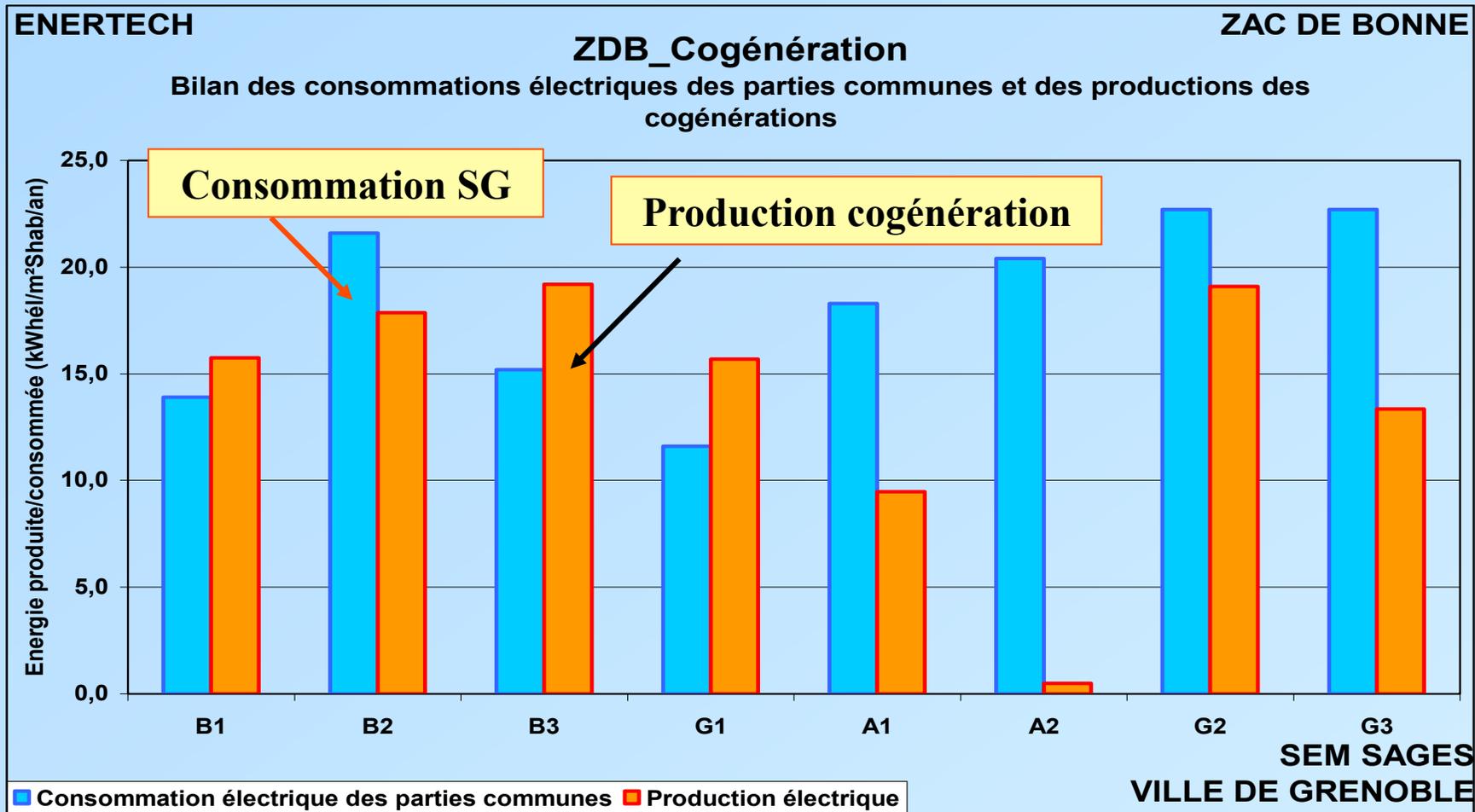


Rappel : label allemand Passivhaus : 120 kWh/m²Shab/an

# Introduction

3 – Ce qu'on observe...

**Cogénération (sous couvert confirmation GEG)**



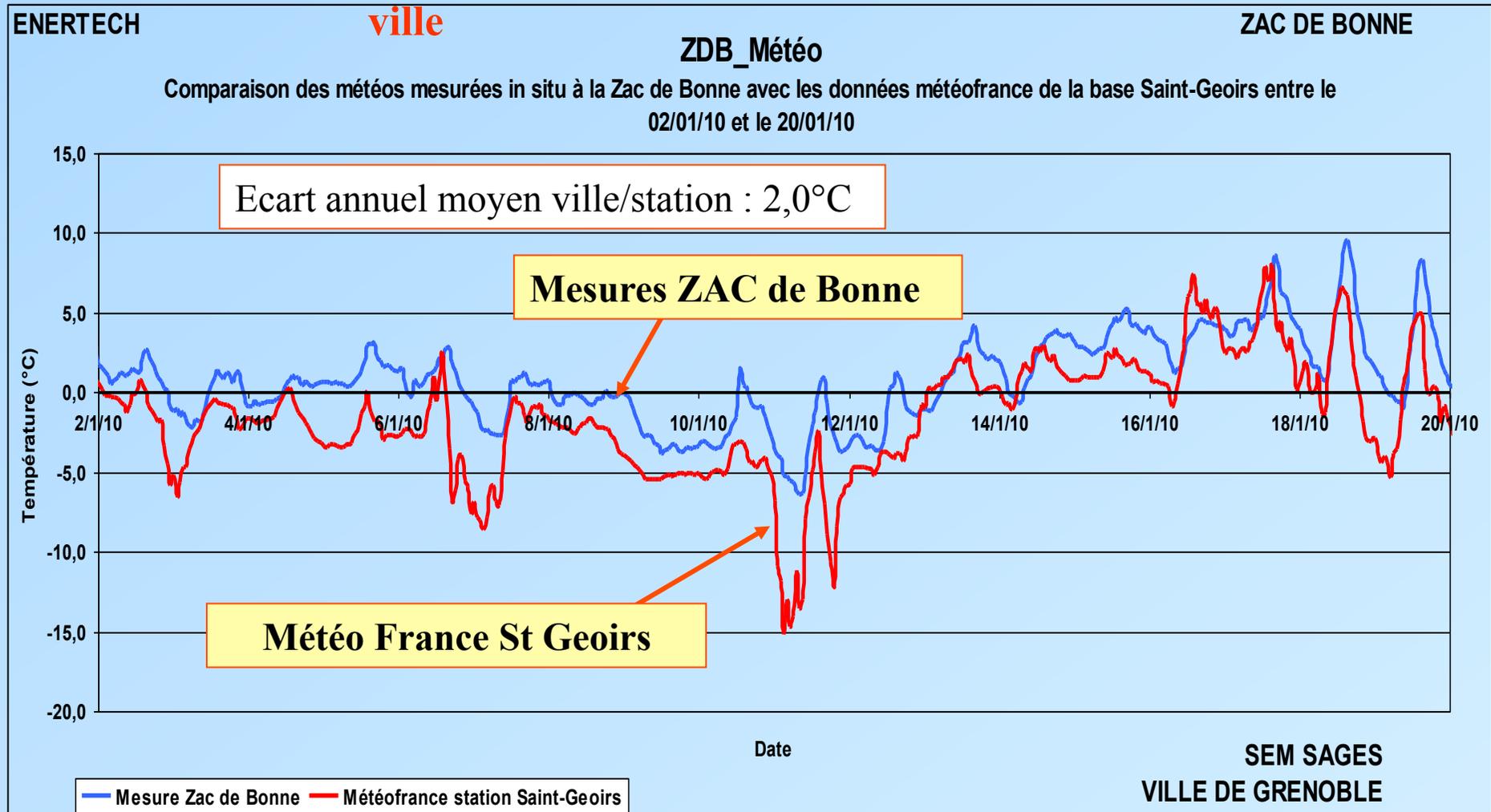
**Dans les cas les plus vertueux, la production électrique de la cogénération compense la totalité de l'électricité des services généraux**

# **1 – Impact des données climatologiques**

# 1 – Impact des données climatologiques

Ecart des mesures de température d'air faites la même année sur l'immeuble, et hors de la

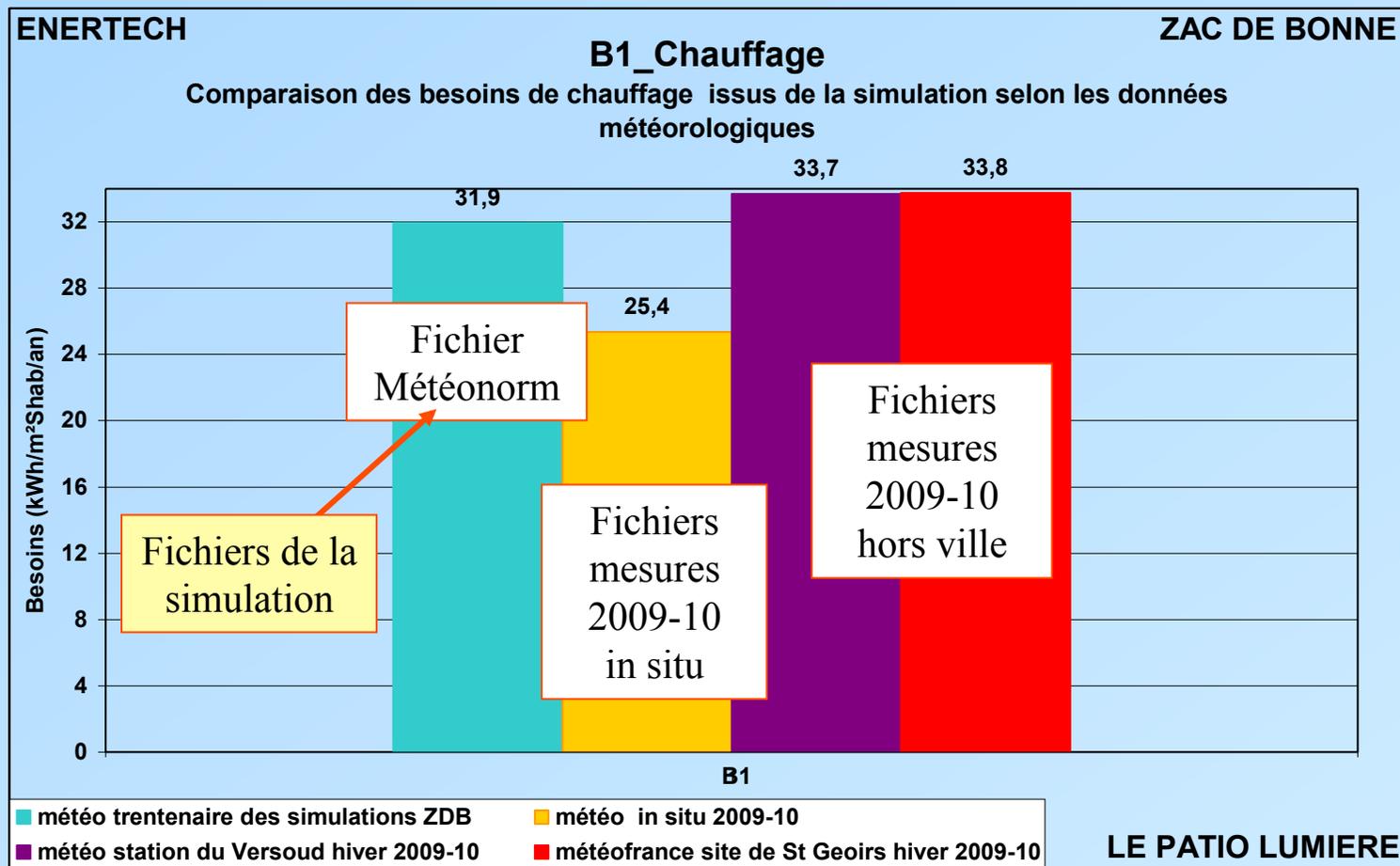
1 – Station météo hors ville  
Bâtiments en ville



La charge réelle en ville est sensiblement inférieure à la charge des stations météo extérieures

# 1 – Impact des données climatologiques

## 1 – Station météo hors ville ou sur bâtiment en ville



Station météo utilisée

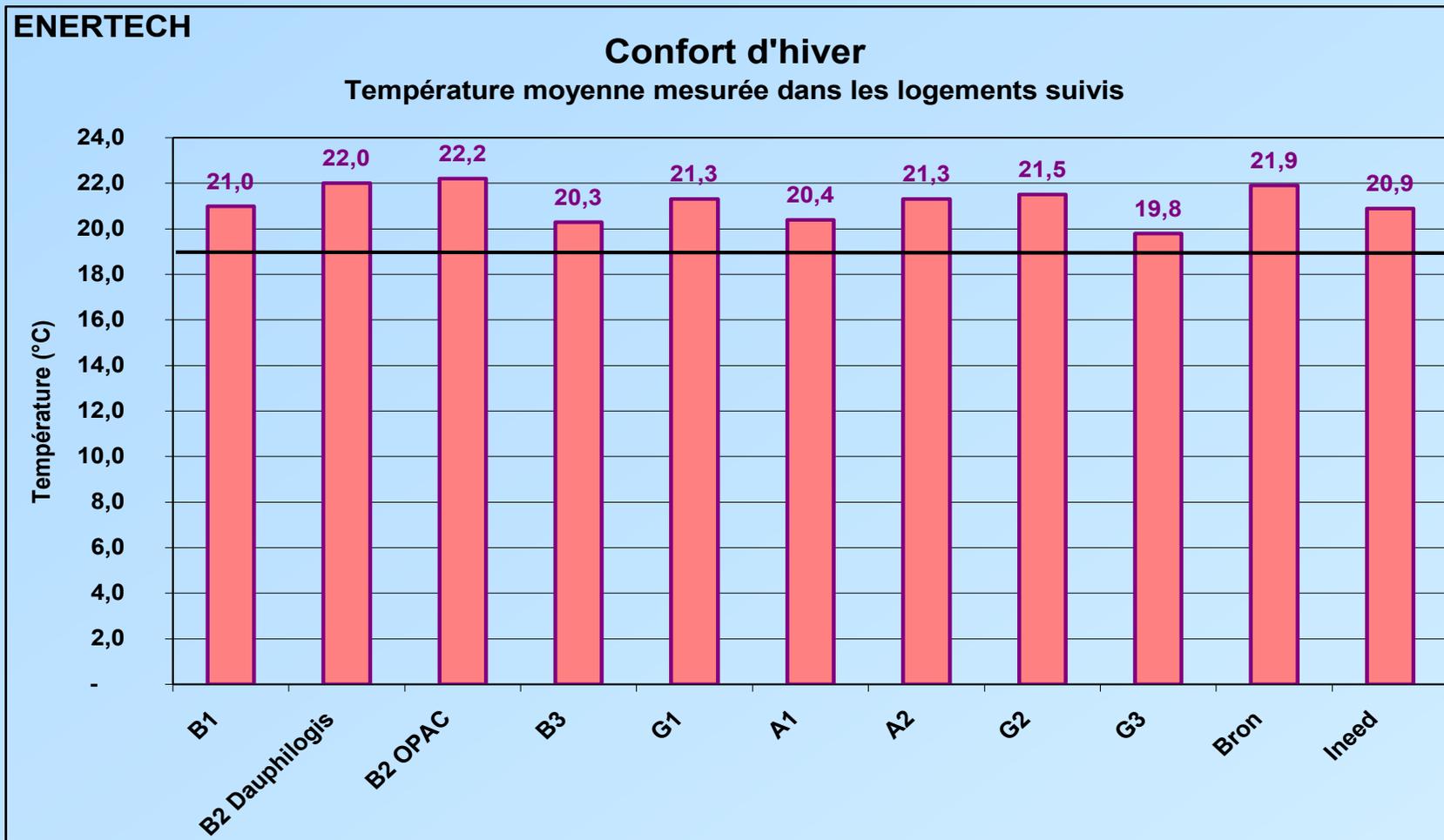
Entre des températures mesurées la même année en périphérie de ville ou sur site urbain, il y a une différence de 33 % sur les besoins !!!

## **2 – Impact des comportements**

## 2 – Impact des comportements

Des températures intérieures très élevées

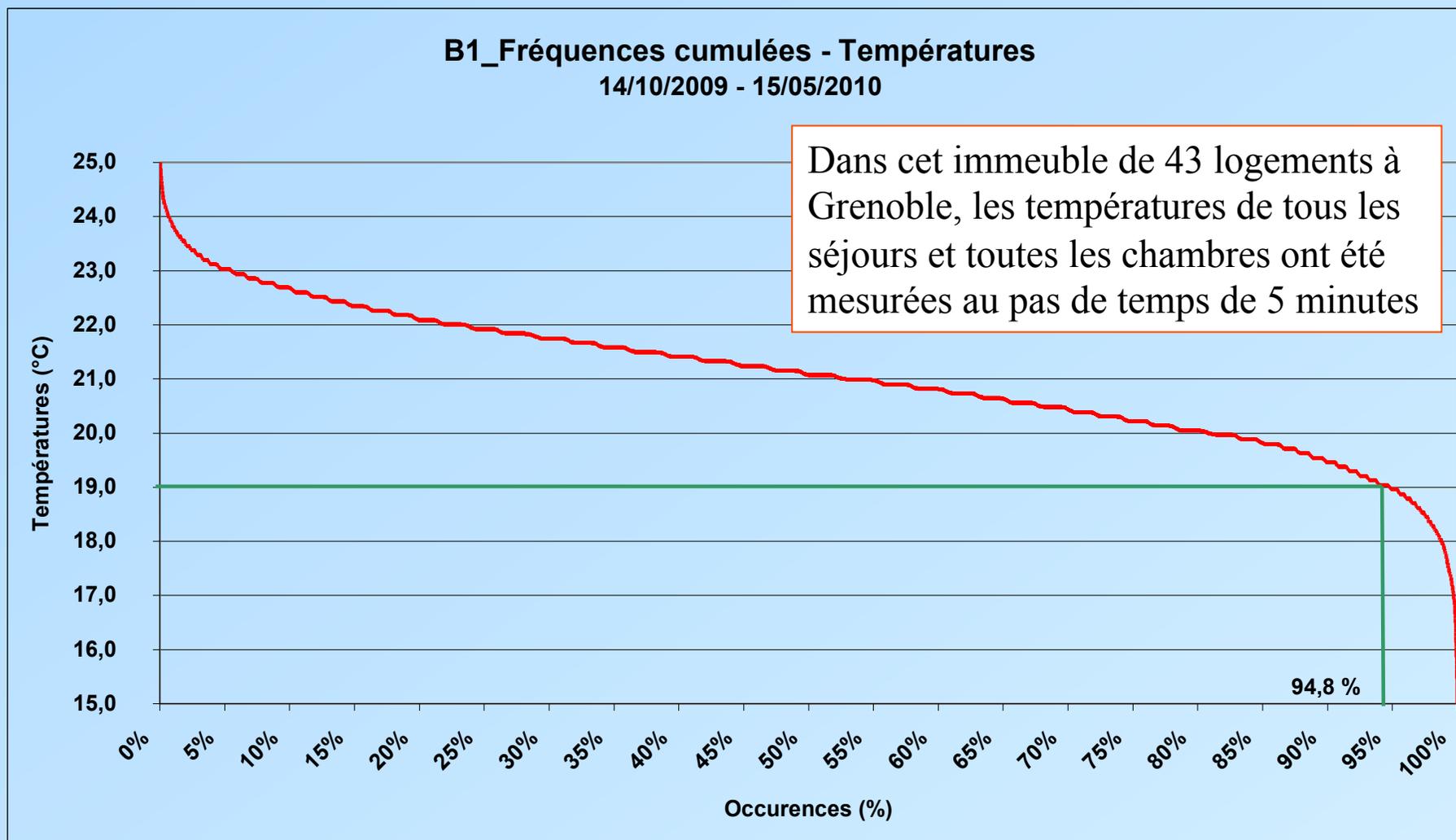
1 – Les températures intérieures mesurées l'hiver



## 2 – Impact des comportements

Certaines températures intérieures dépassent 24°C

1 – Les températures intérieures mesurées l'hiver

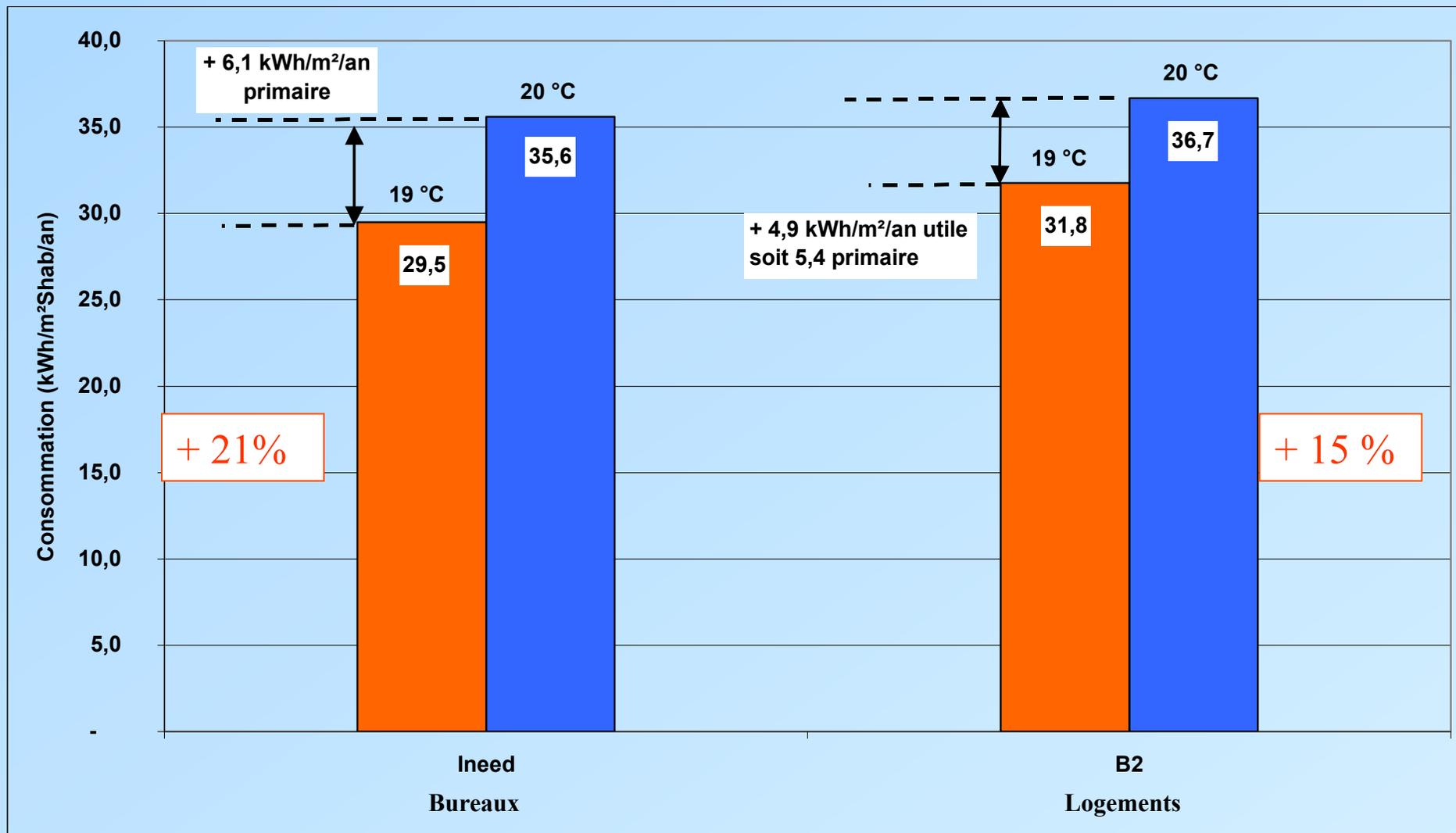


Pendant près de 95 % du temps la température du bâtiment a dépassé 19°C

## 2 – Impact des comportements

Evaluation de l'impact par simulation dynamique...

*2 – Impact d'un degré supplémentaire l'hiver*



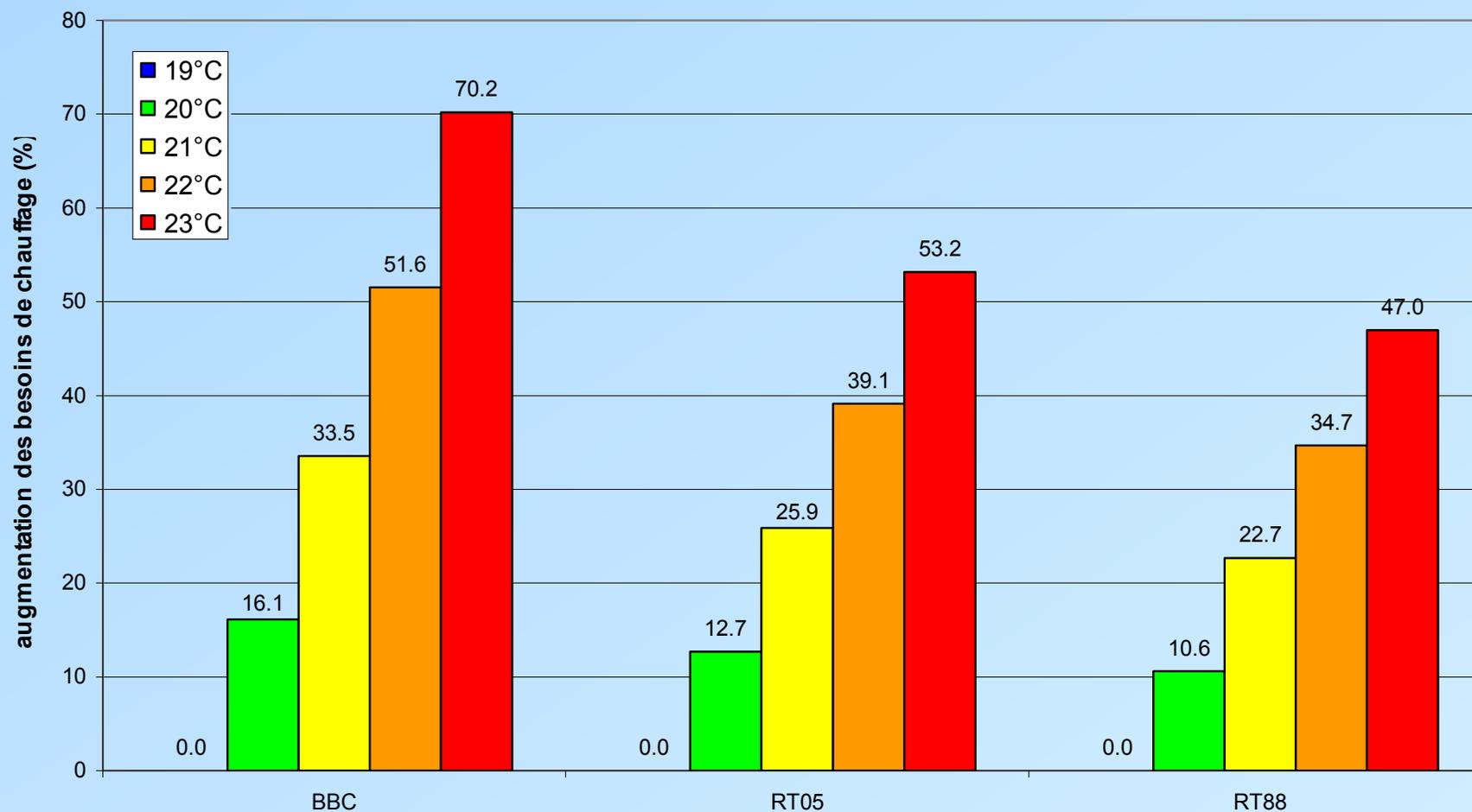
1°C de plus induit une surconsommation de 15 à 20% dans les bâtiments performants

## 2 – Impact des comportements

### 2 – Impact d'un degré supplémentaire l'hiver

Résultats obtenus par simulation dynamique

Evolution des besoins de chauffage avec la température de consigne



## 2 – Impact des comportements

### 3 – Températures intérieures : rappel de la législation

**NON** : 1°C de plus ne conduit pas à une surconsommation de 7 % mais de **15 à 20 %** dans un bâtiment performant.

Faire des bâtiments performants c'est donc d'abord **faire respecter la loi** :



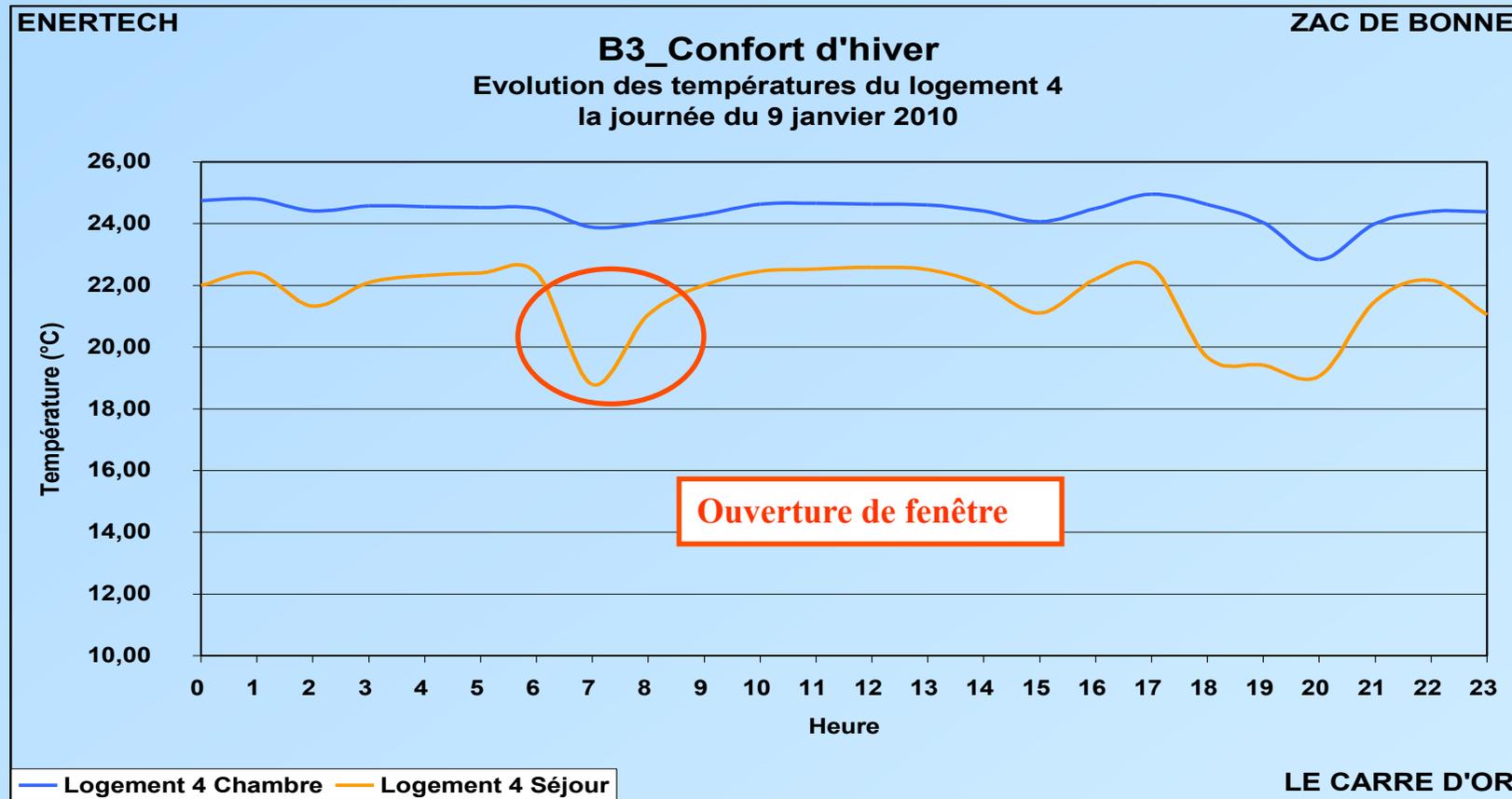
**l' article R 131-20 du Code de la Construction précise que la température maximale ne doit pas dépasser 19°C dans les locaux d' habitation ou dans la plupart des locaux tertiaires....**

**Si cette température ne convient pas à la majorité des français, alors il faut demander au parlement de la changer....**

## 2 – Impact des comportements

Exemple : Bâtiment G1 – Le Vendôme

### 4 – La régulation de température par ouverture des fenêtres

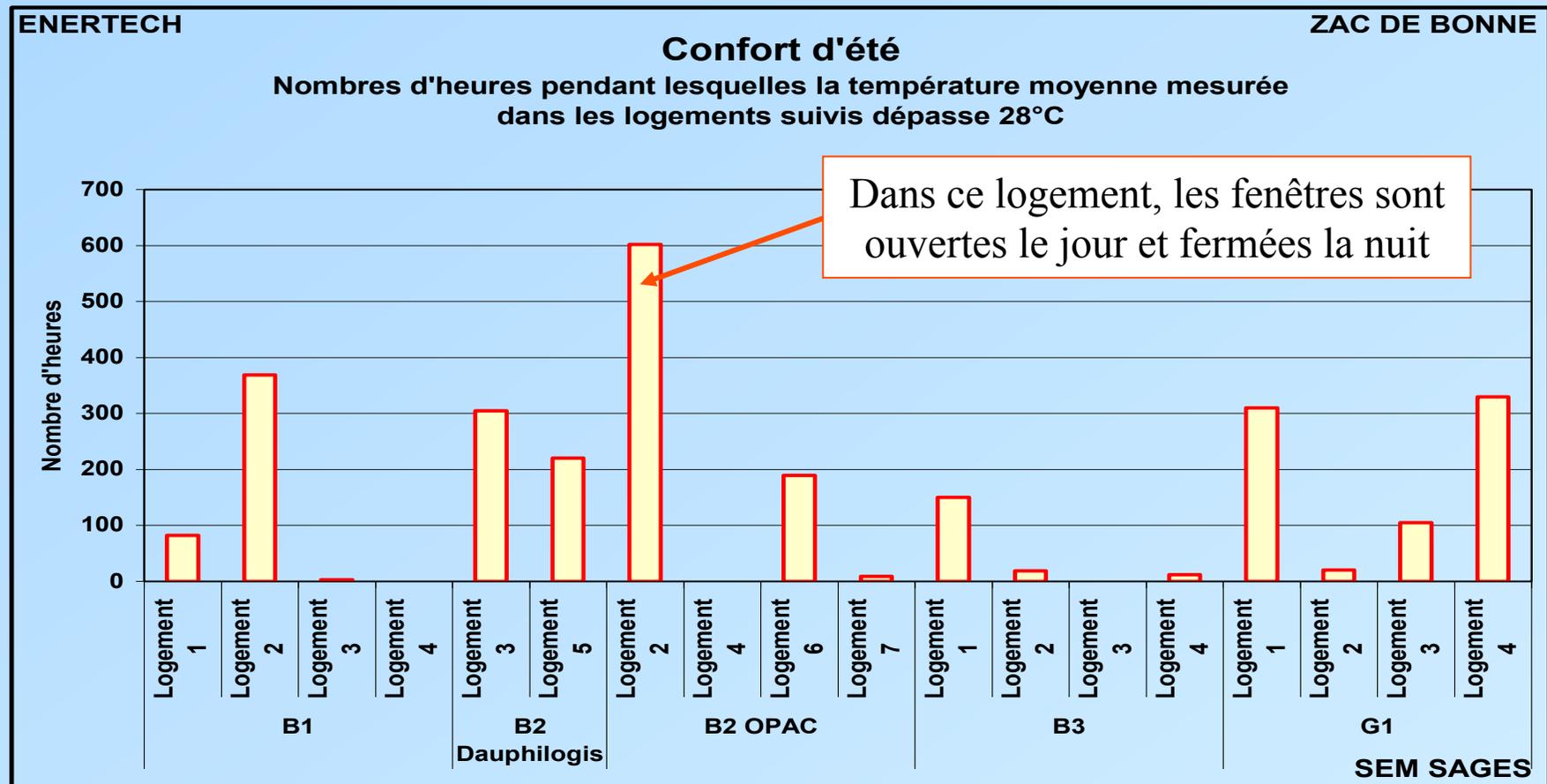


En offrant aux usagers un thermostat par pièce principale sans accepter de brider ce thermostat, on s'expose à des comportements irrationnels comme le non respect des températures réglementaires (surchauffes) compensé par ouverture des fenêtres

## 2 – Impact des comportements

Exemple de 4 bâtiments de la Zac de Bonne à Grenoble

## 5 – Les températures intérieures mesurées en été

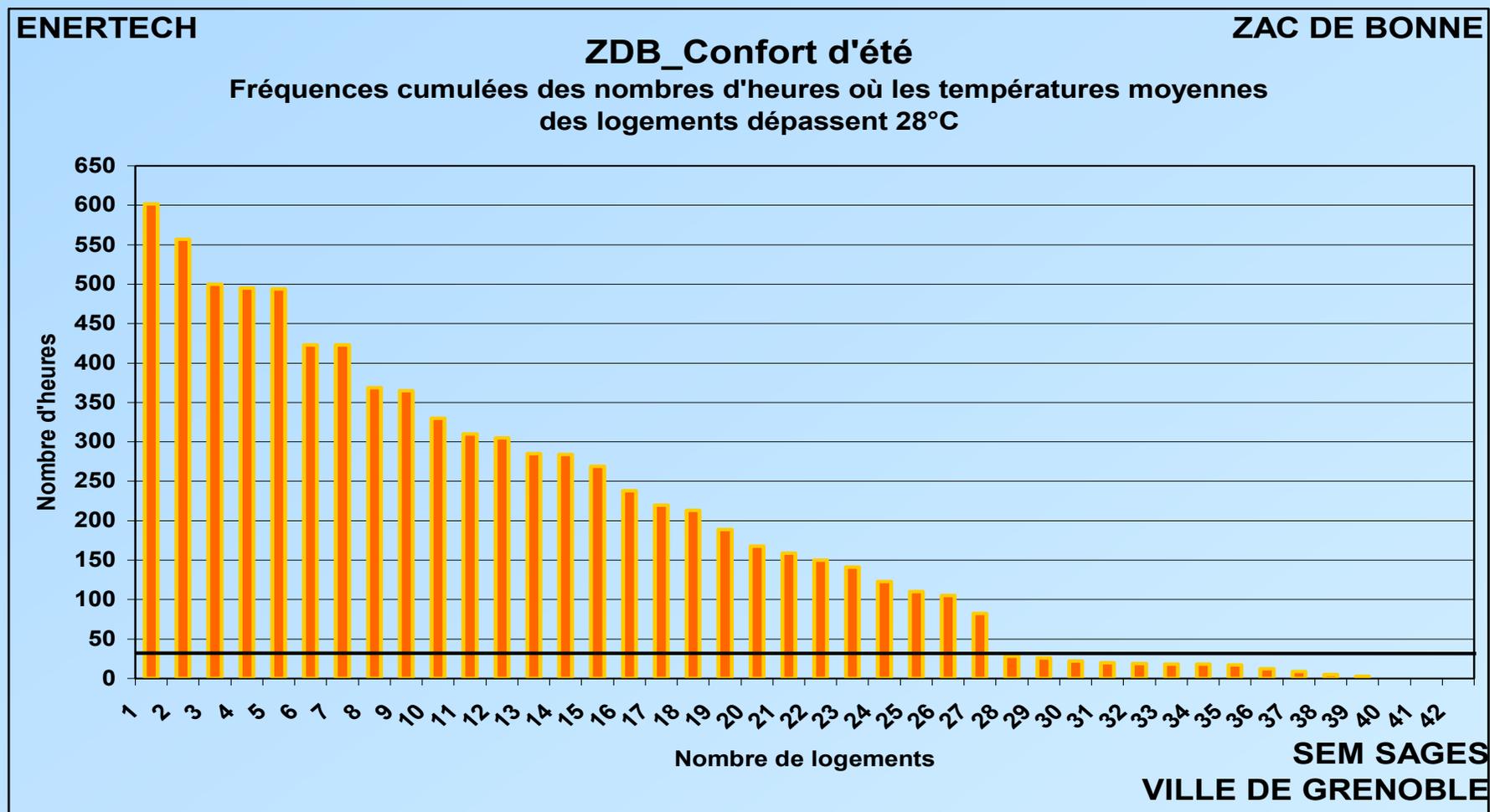


**L'orientation n'apporte pas de différences significatives. Comment expliquer alors, sinon par des comportements, que tout se passe bien chez certains et tout se passe mal chez d'autres....**

## 2 – Impact des comportements

## 5 – Les températures intérieures mesurées en été

Totalité des bâtiments de la Zac de Bonne à Grenoble

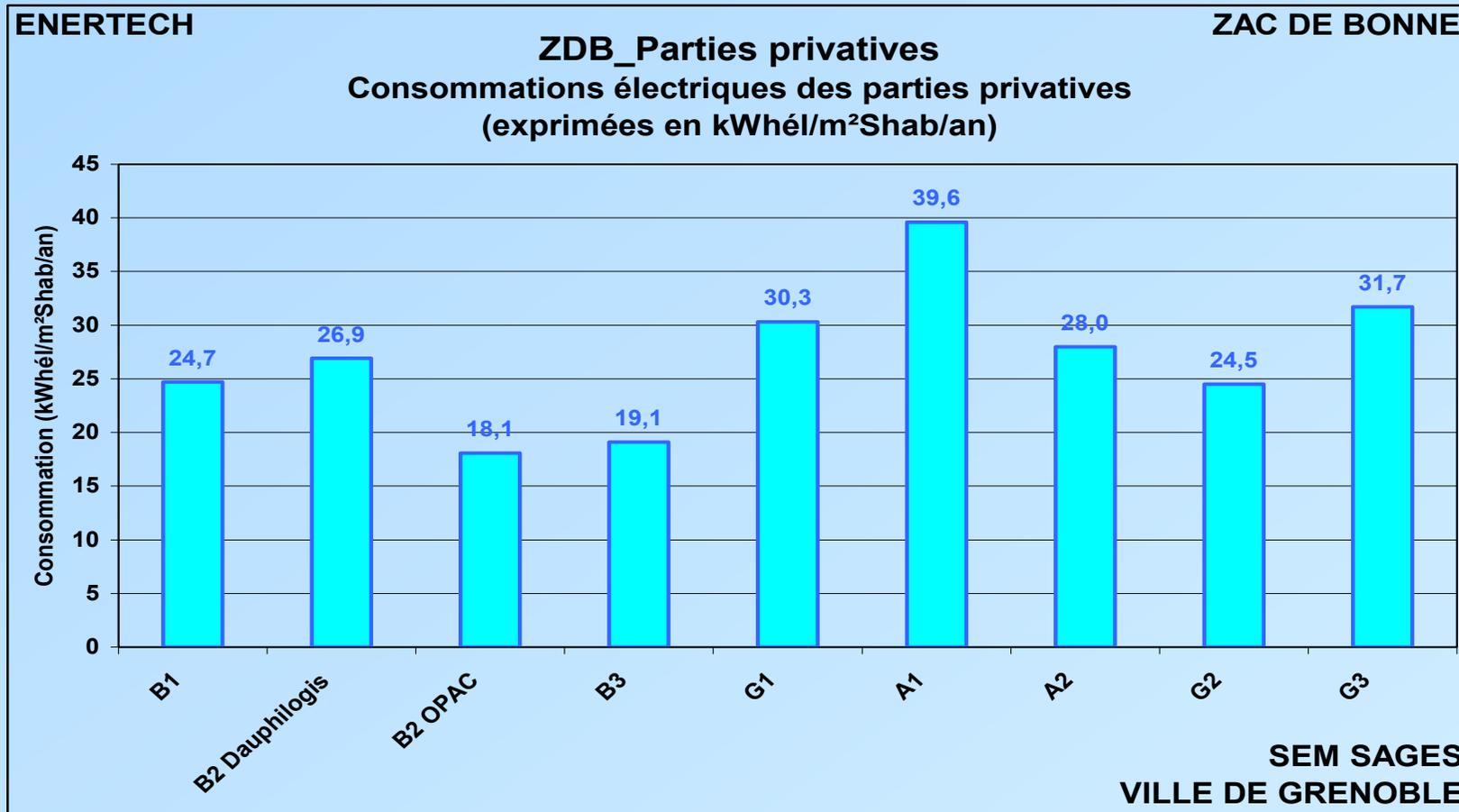


Plus de 67% des logements au-dessus de 40 heures au-delà de 28°C intérieur, mais dans la plupart des cas ceci se produit durant les semaines de vacances des usagers

## 2 – Impact des comportements

Très fortes différences de consommations électrodomestiques

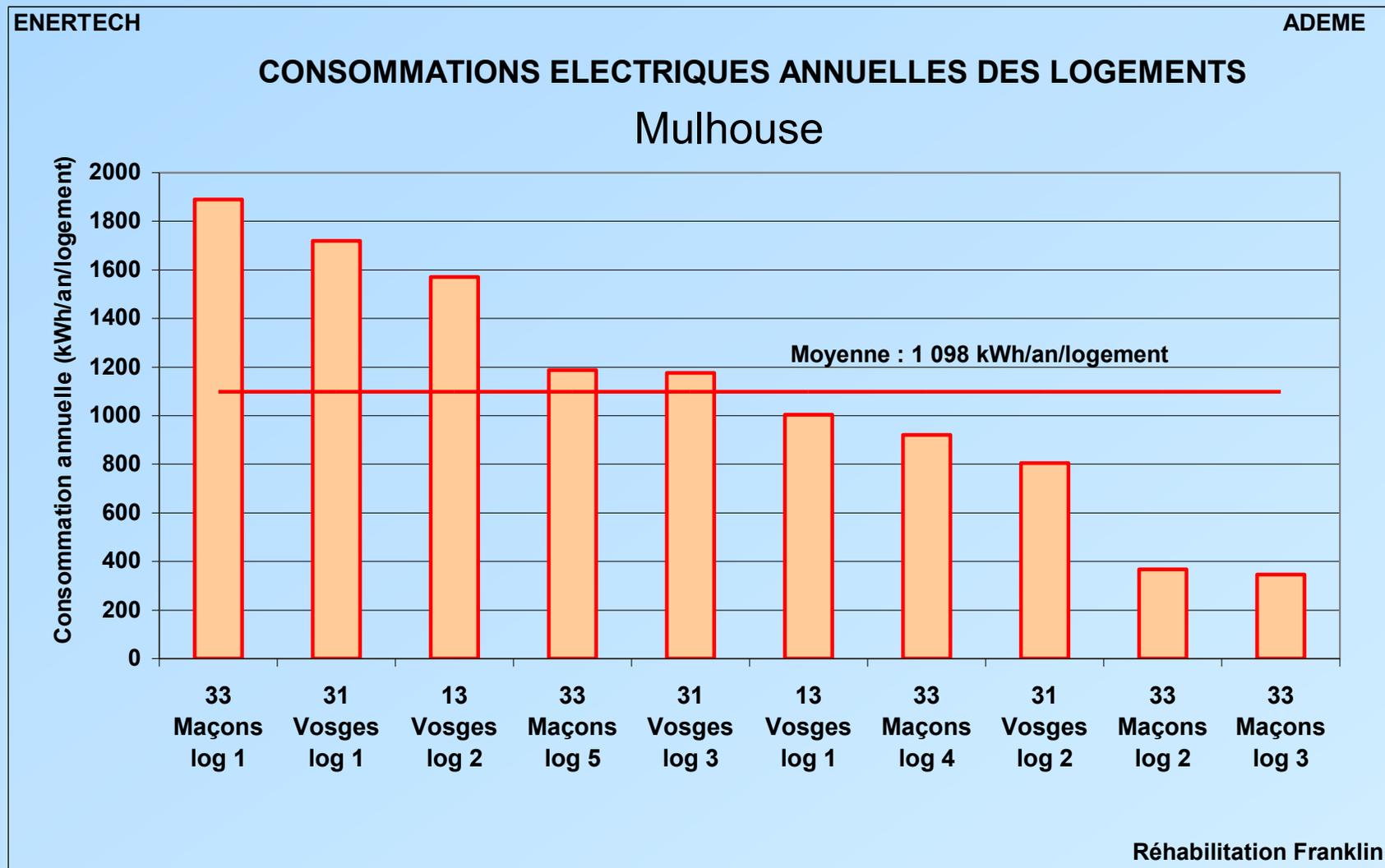
6 – L'effet des apports électriques internes



## 2 – Impact des comportements

Mulhouse : quartier « fragile ». Très faible consommation électrodomestique

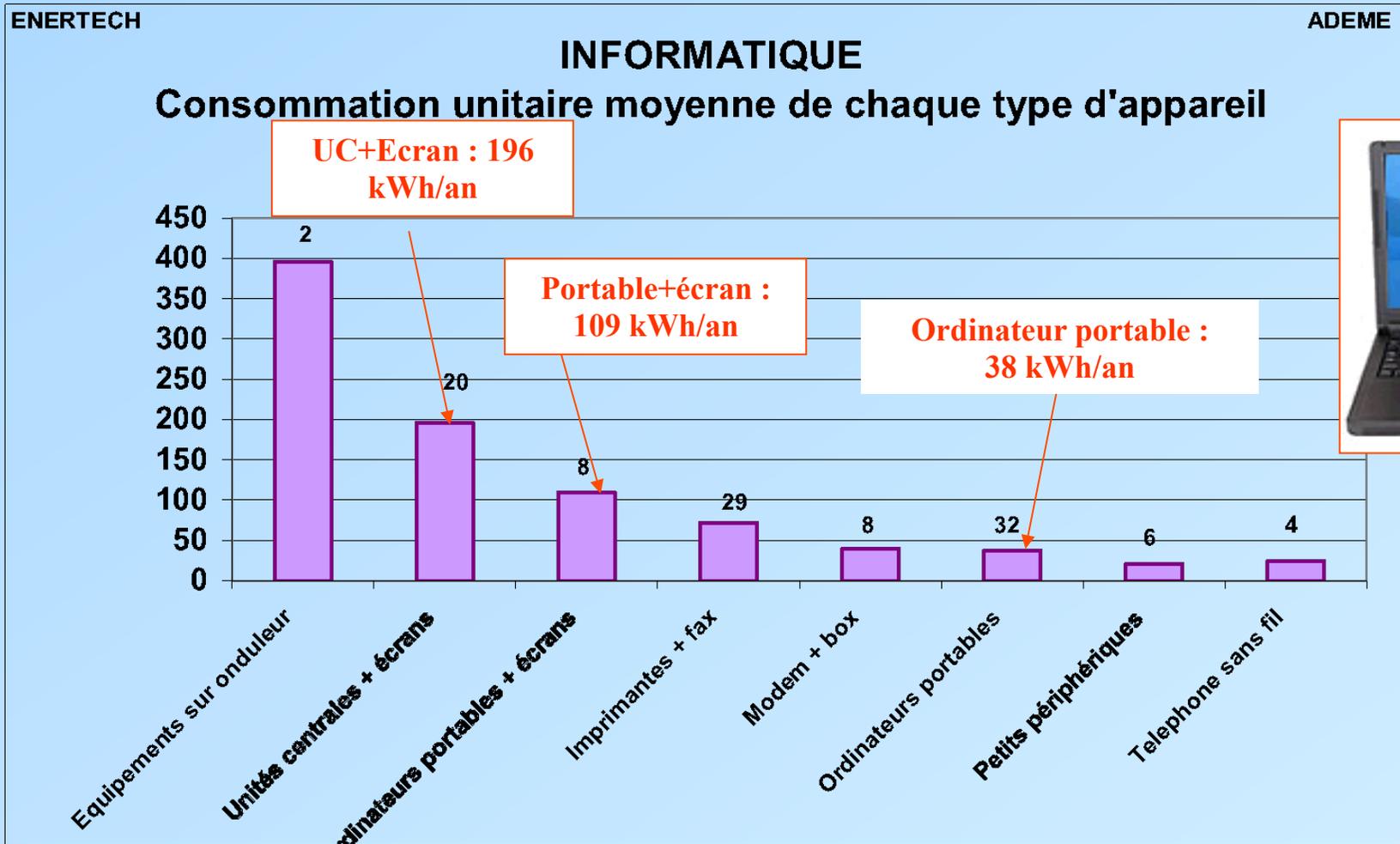
6 – L'effet des apports électriques internes



## 2 – Impact des comportements

Encore beaucoup trop d'ordinateurs tours et de grands écrans....pour faire du traitement de texte

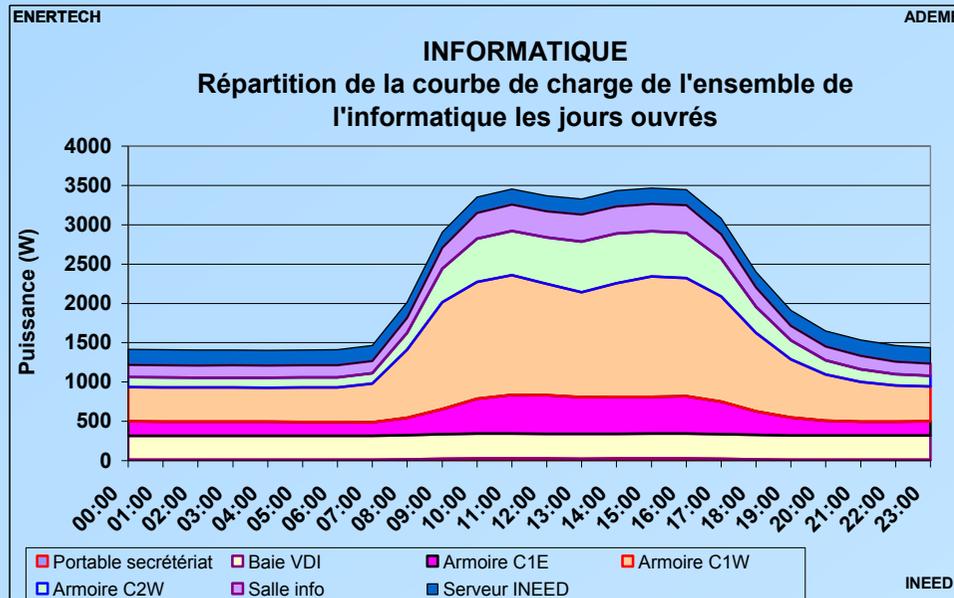
6 – L'effet de l'équipement électroménager ou bureautique



Le choix des usagers sur le matériel informatique peut avoir des conséquences considérables sur les consommations finales...

## 2 – Impact des comportements

Exemple de l' INEED (Drôme)  
Courbe de charge les jours ouvrés :



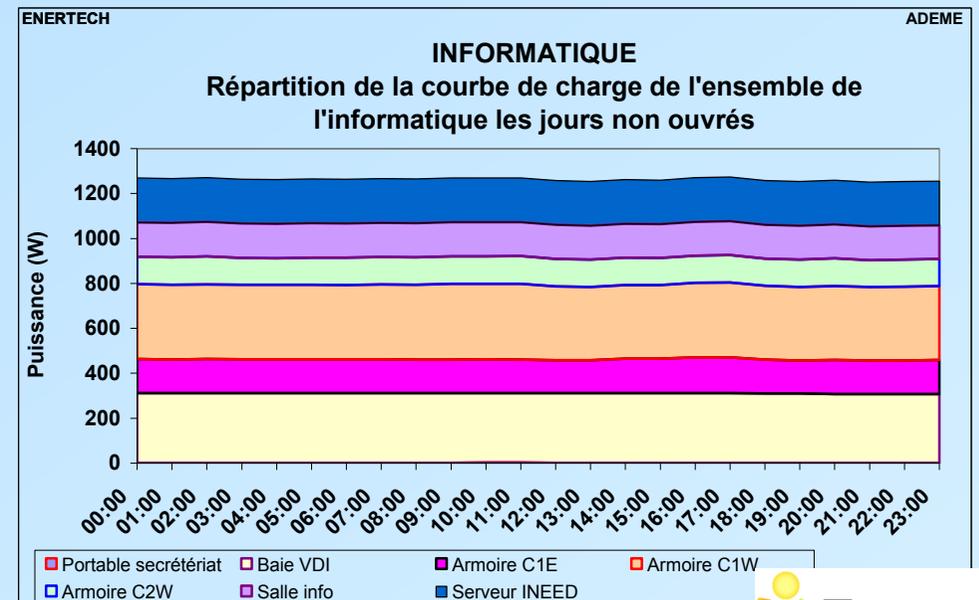
Comment maîtriser la consommation d'électricité, donc d'énergie primaire, d'un bâtiment de bureaux, si le poste le plus consommateur, la bureautique, ne fait pas l'objet d'un usage rigoureux en menant une véritable guerre aux veilles ????

## 6 – L'effet de l'équipement électroménager ou bureautique

La veille : de nombreux usages impliqués....

- Imprimante collective : 120 W de veille
- Baie VDI (Téléphone) : 309 W
- Serveur INEED : environ 200 W

Courbe de charge les jours non ouvrés (veille) :



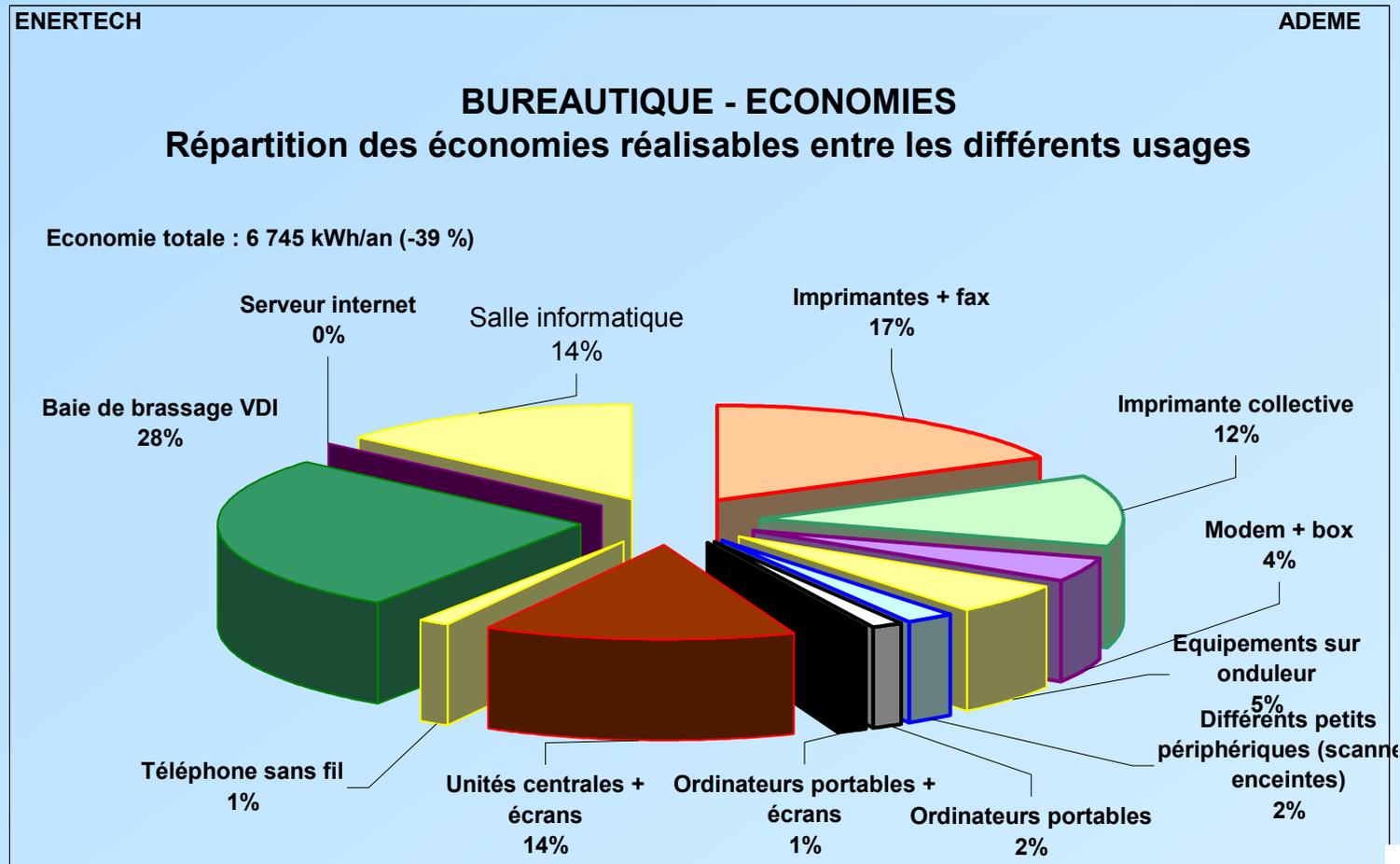
## 2 – Impact des comportements

Exemple de l' INEED :

Economies réalisables : **39 %**  
simplement en ne faisant fonctionner les  
équipements que lorsque c' est nécessaire!

6 – L' effet de l' équipement  
électroménager ou bureautique

Soit une consommation résiduelle de  
**4,1 kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup><sub>utile</sub>/an**



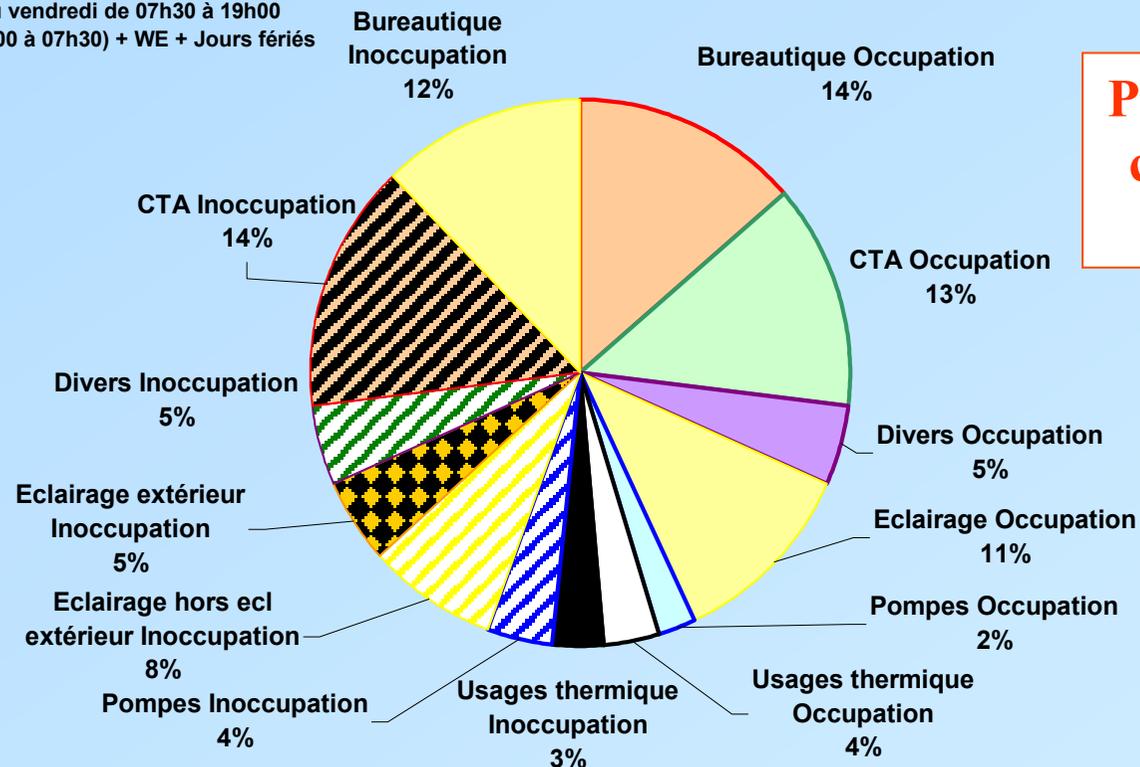
## 2 – Impact des comportements

**7 – L'effet dévastateur des veilles et du mauvais pilotage des équipements**

**Exemple de l'INEED :**

### Répartition des consommations des différents postes entre les périodes d'occupation et d'inoccupation

Occupation : du lundi au vendredi de 07h30 à 19h00  
Inoccupation : Nuit (19h00 à 07h30) + WE + Jours fériés



**Puissance de veille comprise entre 4 et 6,5 kW**

**51 % des consommations d'électricité ont lieu en période d'INNOCCUPATION!!!**

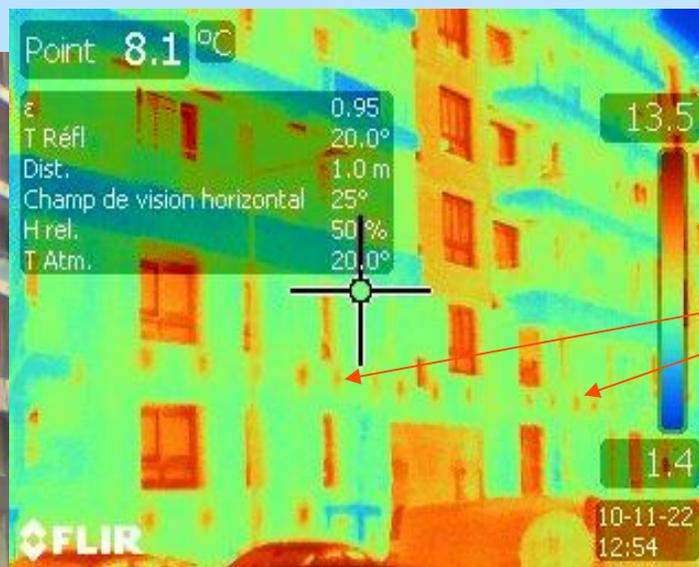
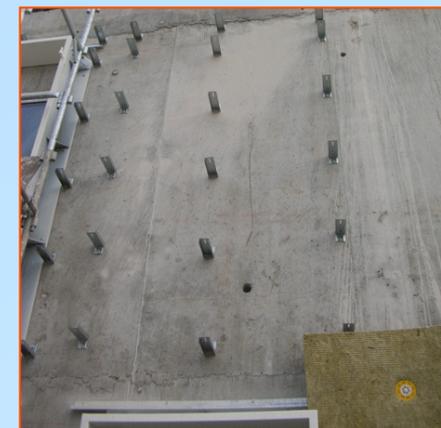
## **3 – Impact des erreurs de conception sur la prévision**

### 3 – Impact des erreurs de conception dégradant la « prévision »

Problème des accrochages de bardage (augmentation de 50% du U) : ici U passe de 0,21 à 0,32 W/m<sup>2</sup>K

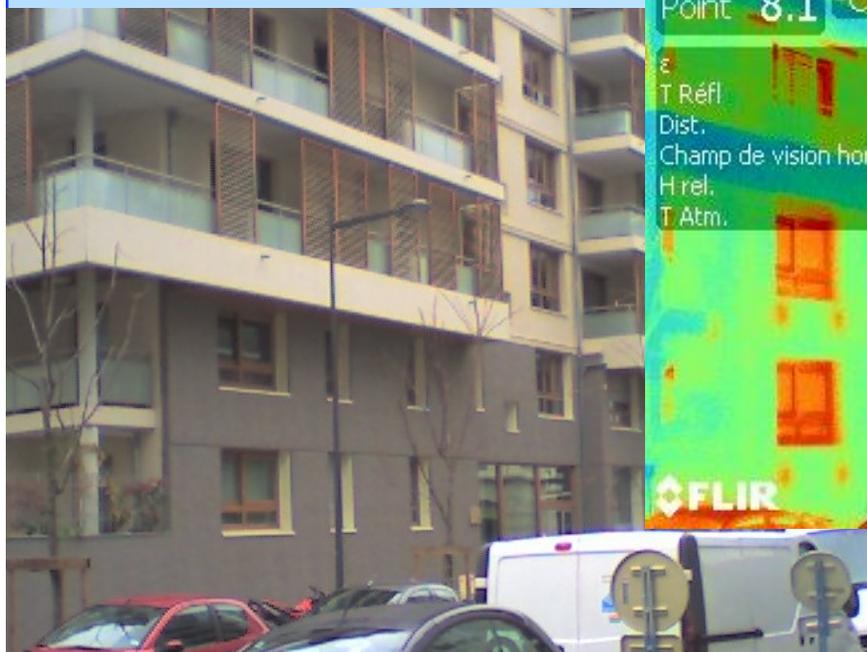


ZAC de Bonne  
Grenoble



Accrochage des doubles murs en partie basse

= façade « Léopard »



### 3 – Impact des erreurs de conception dégradant la « prévision »

2 – Insuffisance de conception de l'étanchéité à l'air

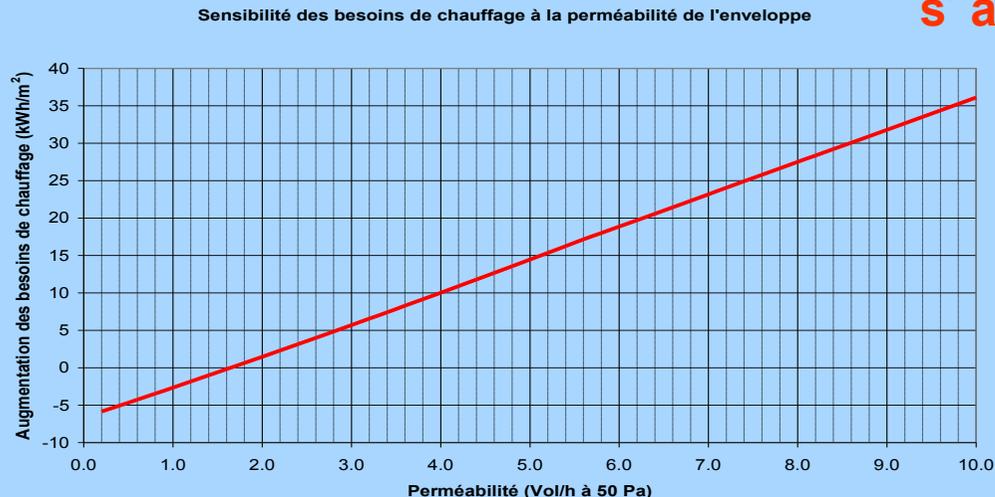
L'étanchéité à l'air : d'abord un problème de maître d'œuvre.

1 - d'abord un « bon dessin » : il faut une continuité totale de l'étanchéité. En rénovation, on est moins libre, mais on doit soigner les détails

2 - la fin du joint au pistolet!

En conférence à Grenoble Walter Unterrainer a déclaré devant 250 architectes « médusés » :

« Chez nous, en Autriche, le joint au pistolet commence là où l'intelligence s'arrête »

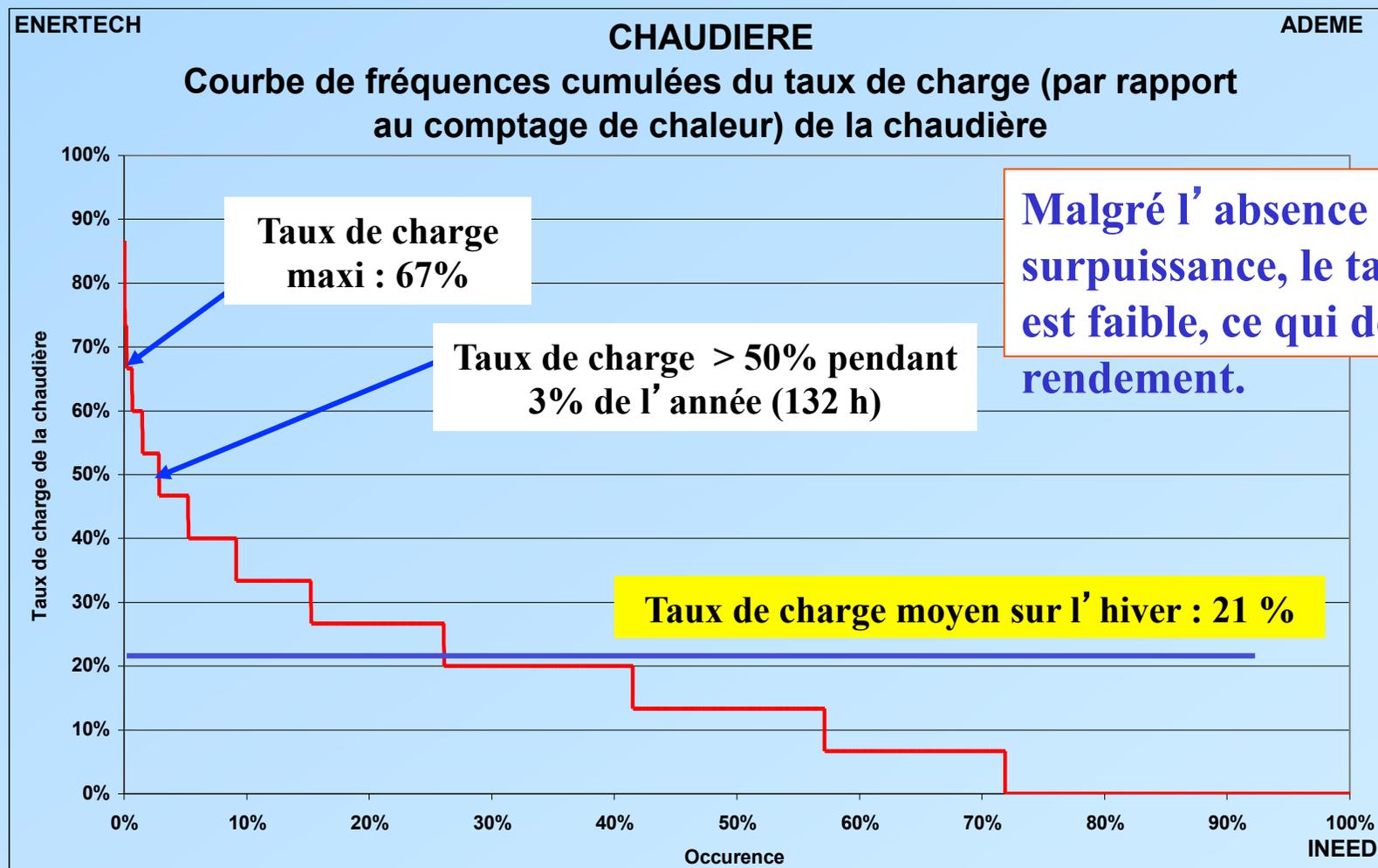


L'augmentation des besoins est de 3 à 4 kWh/m<sup>2</sup>/an et par vol/h de n<sub>50</sub>

### 3 – Impact des erreurs de conception dégradant la « prévision »

### 3 – Surdimensionnement des générateurs

Exemple avec générateur non sur dimensionné (INEED)

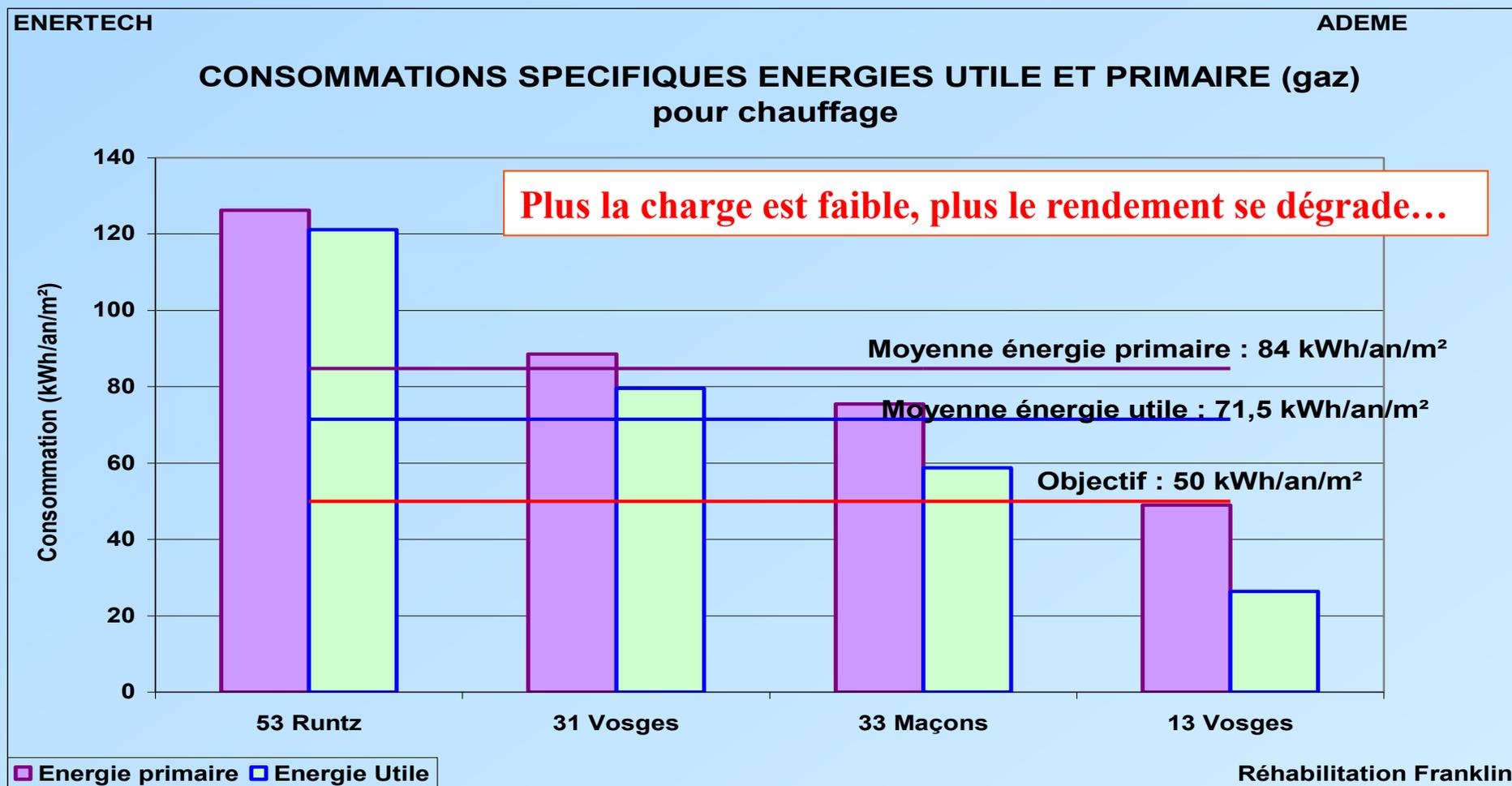


Malgré l'absence de surpuissance, le taux de charge est faible, ce qui dégrade le rendement.

### 3 – Impact des erreurs de conception dégradant la « prévision »

### 3 – Surdimensionnement des générateurs

Exemple avec générateurs surdimensionnés

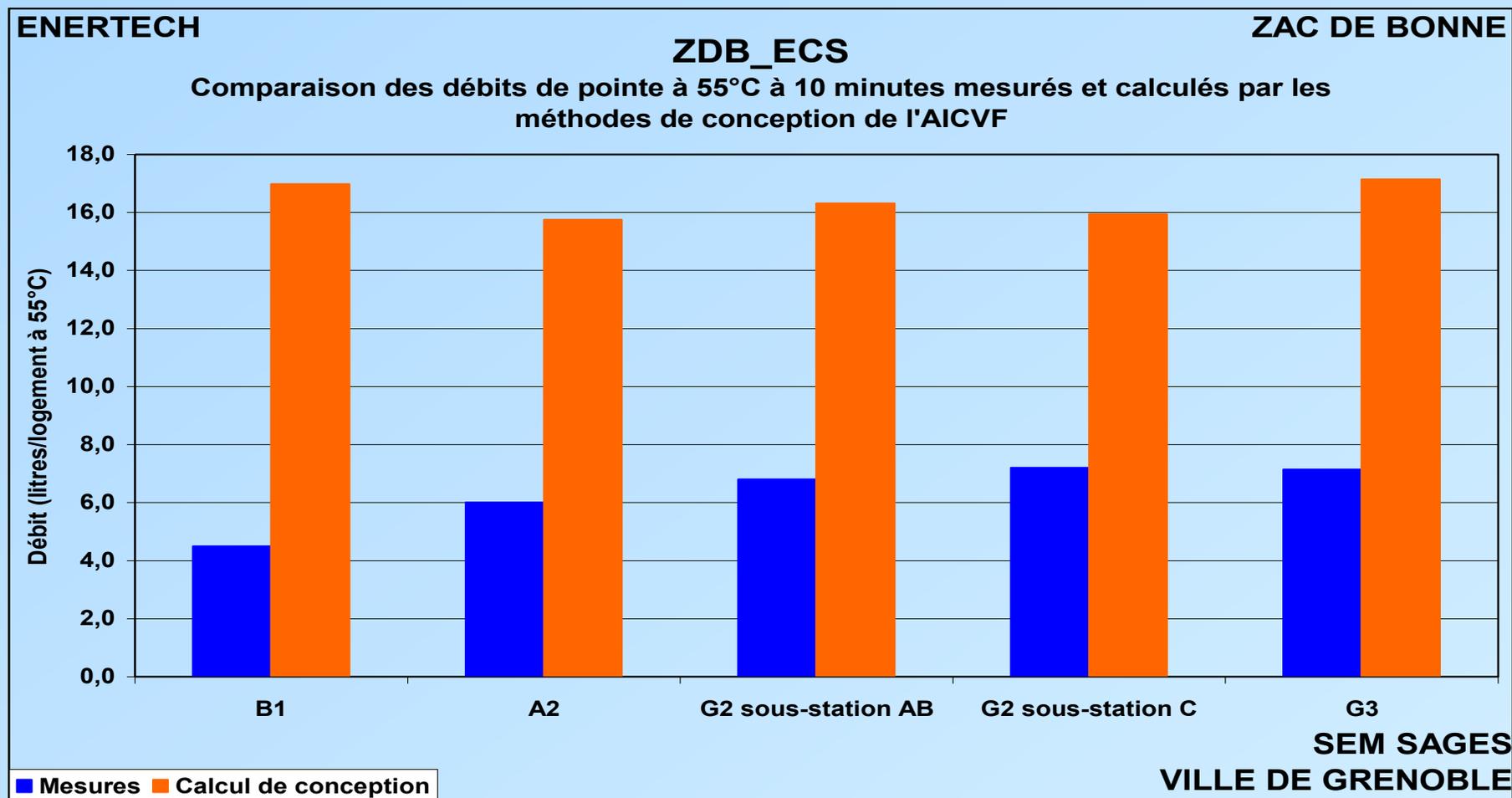


**Règle d'or : ne jamais surdimensionner les installations pour ne pas dégrader le rendement**

### 3 – Impact des erreurs de conception dégradant la « prévision »

### 4 – Surdimensionnement des installations d'ECS

Débits de pointe à 10 minutes : imposés/réels



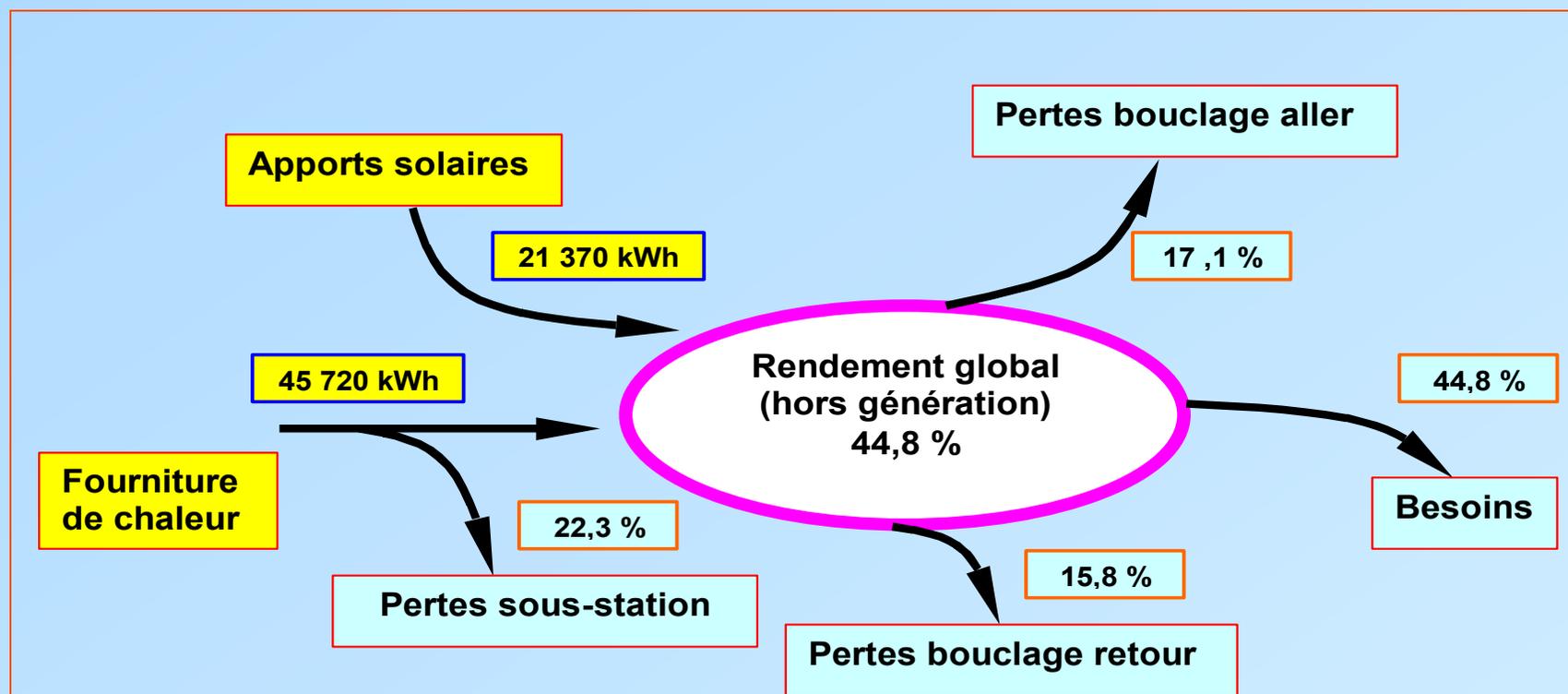
Des débits de pointe à 10 minutes 2 à 3 fois inférieurs à ceux obtenus par les règles de calcul usuelles : d'où des équipements trop importants et trop coûteux.

### 3 – Impact des erreurs de conception dégradant la « prévision »

Dans tous les bâtiments sans exception, la distribution d'ecs a un rendement catastrophique

### 5 – Calorifugeage des distributions ECS

Cas du Patio Lumière



Dans cette installation, la distribution est plutôt bien calorifugée (30 à 40 mm d'isolant) et mesure en moyenne 8m/logement. Pourtant les pertes sont écrasantes.

**Conclusion : il faudra hyper isoler les réseaux d'ECS et les organes en chaufferie à l'avenir. La réduction des consommations d'ECS passe par là.**

### 3 – Impact des erreurs de conception dégradant la « prévision »

Exemple de chaufferie très bien isolée : bâtiment de bureaux à énergie positive Zac de Bonne à Grenoble :



### 5 – Calorifugeage des distributions ECS



### 3 – Impact des erreurs de conception dégradant la « prévision »

### 6 – Conception et dimensionnement des réseaux

1 - Un bon circulateur ou un bon ventilateur **ne peuvent pas, à eux seuls, conduire à de faibles consommations d'électricité....** La puissance par m<sup>3</sup>/h parfois imposée suppose certes un bon choix de machine, mais surtout une bonne conception des réseaux

Puissance électrique absorbée par le motoventilateur (ou pompe) :

$$P_{el} = D \times \Delta P / \eta$$

où : - D : débit [m<sup>3</sup>/s]

- ΔP : écart de pression totale aux bornes du ventilateur [Pa]

- η : rendement du motoventilateur [-]

Par ailleurs  $\Delta P \sim D^2$

D' où  $P_{el} \sim D^3$

2 – D' où **Puissance/Débit = ΔP / η**  
**consommerait peu si :**

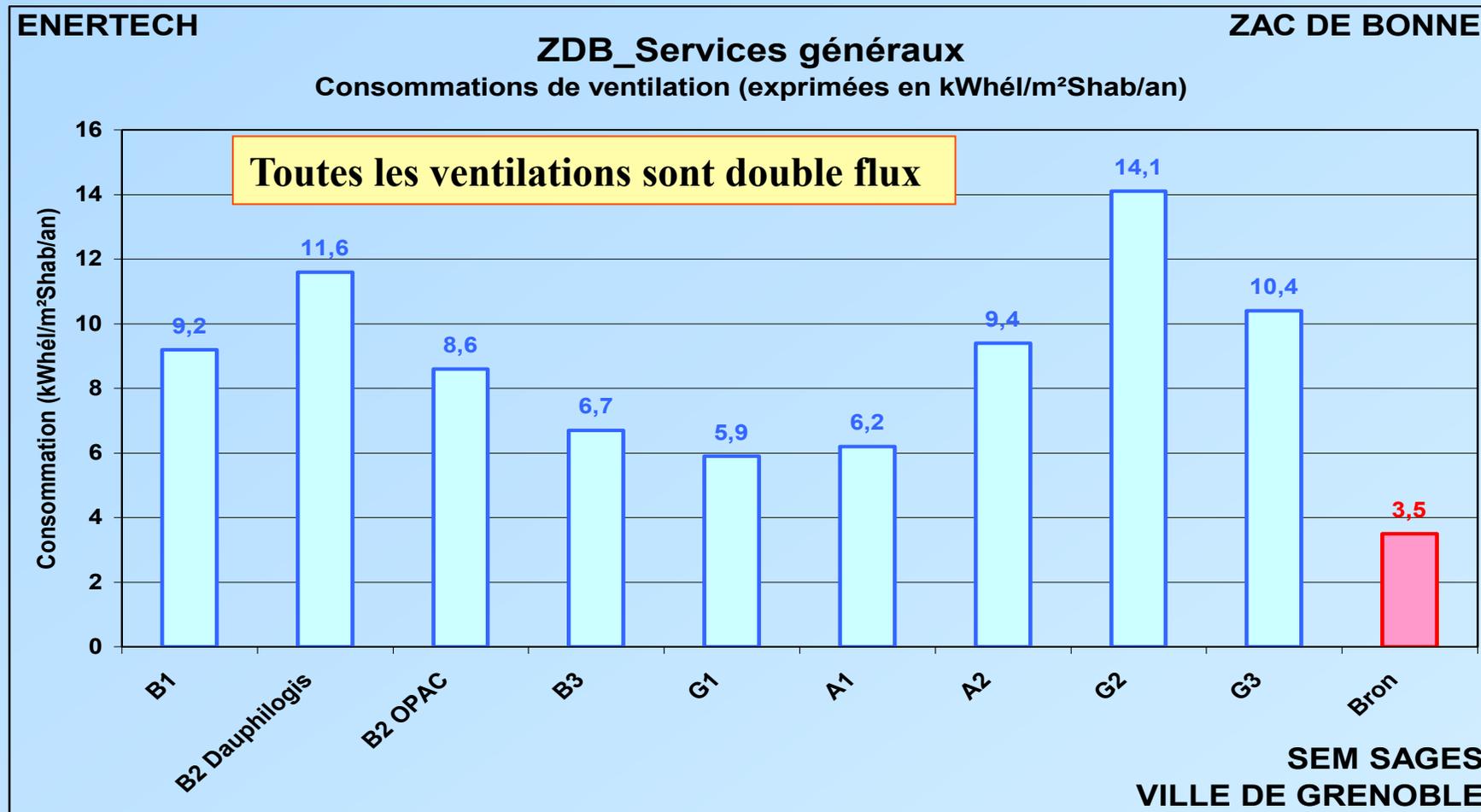
**Donc que l' installation**

**- les pertes de charge du réseau sont faibles (renvoie à un bon dessin)**

### 3 – Impact des erreurs de conception dégradant la « prévision »

Exemple de la mauvaise consommation des ventilateurs

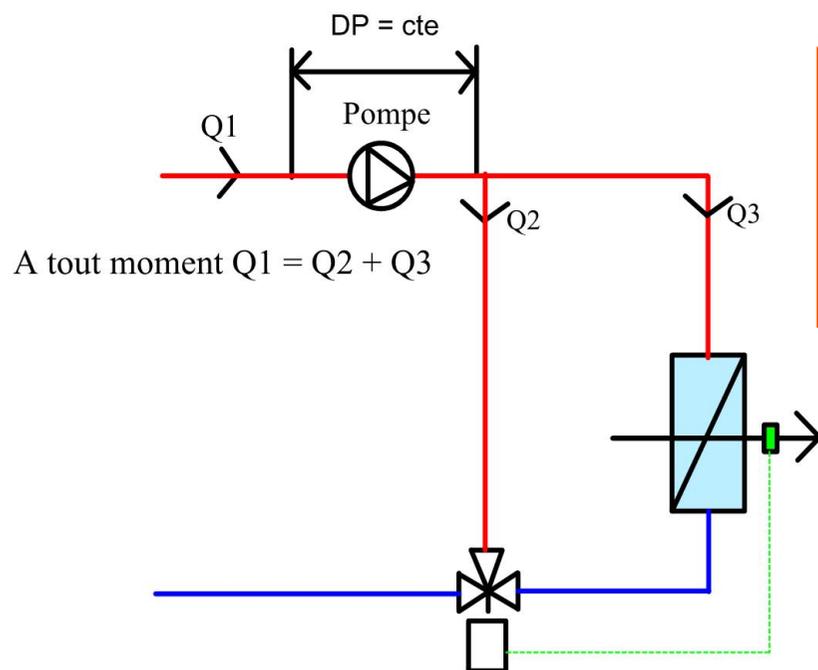
### 6 – Conception et dimensionnement des réseaux



De 3,5 jusqu' à 14,1 kWhél/m²Shab/an soit de 9,0 à 36,4 kWhép/m²Shab/an!

### 3 – Impact des erreurs de conception dégradant la « prévision »

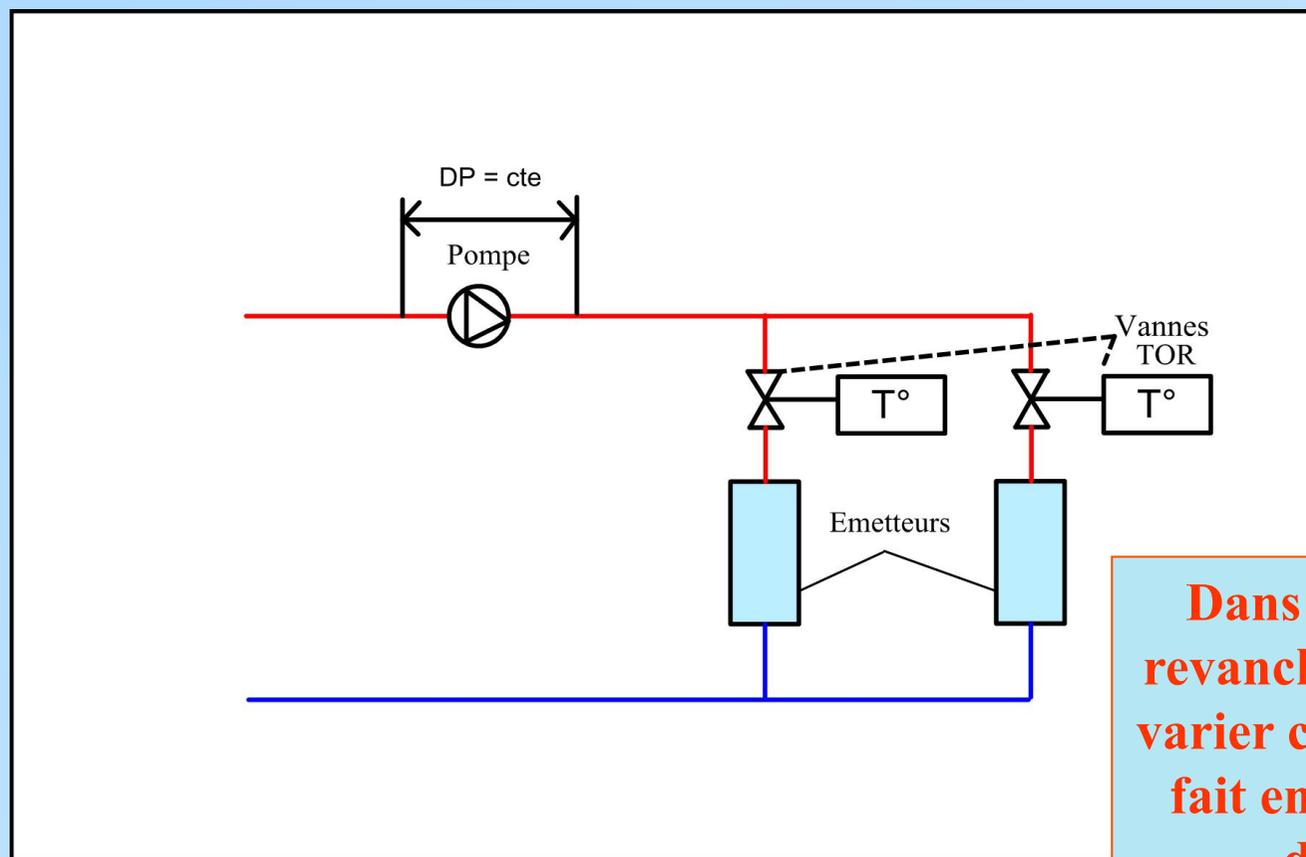
### 7 – Pompes et ventilateurs à débit variable sur des installations à débit fixe



**Dans ce schéma hydraulique, le débit de la pompe ne varie jamais. Une pompe à débit variable ne sert à rien!**

### 3 – Impact des erreurs de conception dégradant la « prévision »

7 – Pompes et ventilateurs à débit variable sur des installations à débit fixe



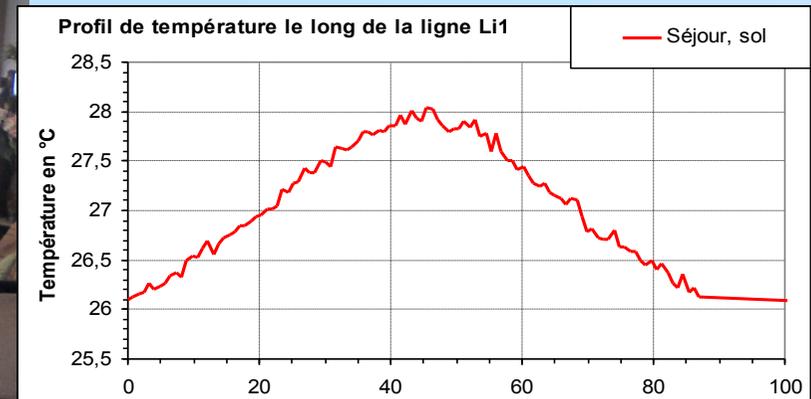
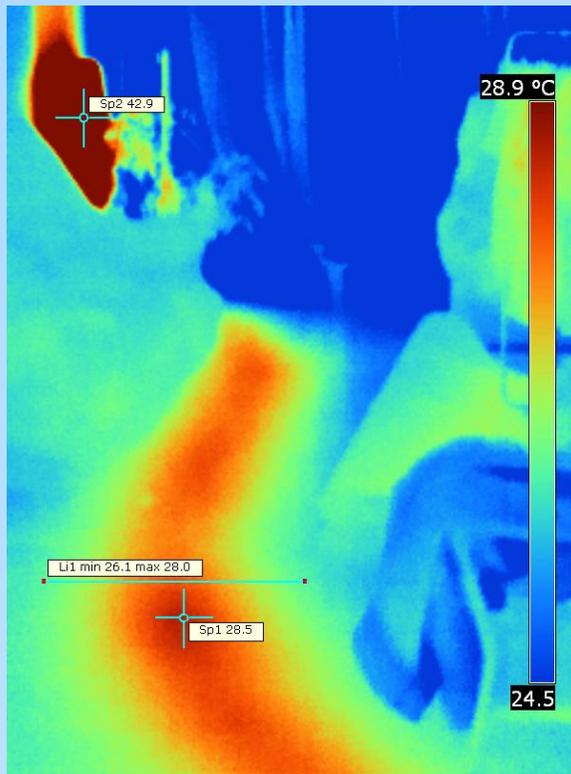
**Dans ce schéma hydraulique en revanche, le débit de la pompe peut varier car la régulation terminale se fait en tout ou rien. Une pompe à débit variable est utile!**

**Conclusion : il ne sert à rien de mettre en œuvre des pompes (ou des ventilateurs) à débit variable sur des réseaux dont la régulation terminale ne permet pas au débit de varier!**

### 3 – Impact des erreurs de conception dégradant la « prévision »

### 8 – Mise en oeuvre des pieuvres hydrocâblées

Photographie IR d'un plancher : (immeuble B2 le 17/11/10)

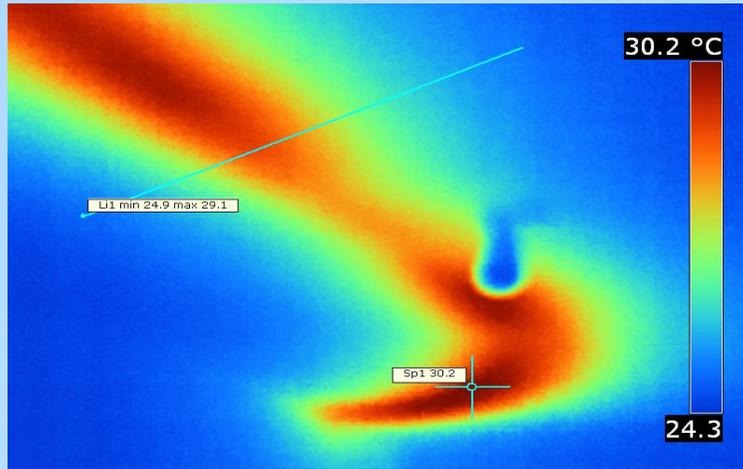


**Phénomène observé : un usager « monte » son chauffage à 24°C. Ce faisant il surchauffe la dalle en permanence, et celle-ci surchauffe le logements inférieur dont tous les radiateurs sont pourtant à l'arrêt**

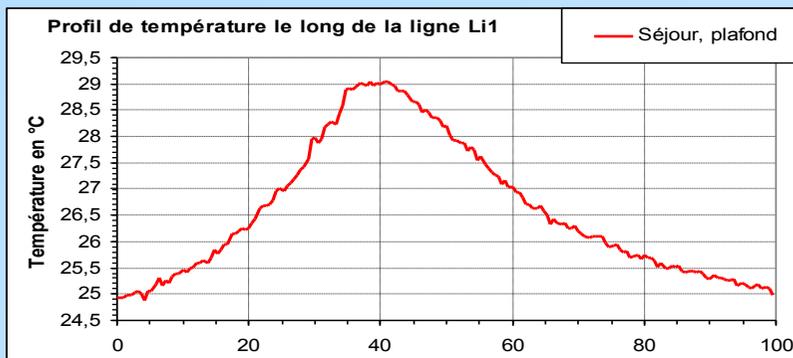
### 3 – Impact des erreurs de conception dégradant la « prévision »

### 8 – Mise en oeuvre des pieuvres hydrocâblées

Photographie IR du plafond du logement situé au-dessous :  
surchauffe subie par le locataire



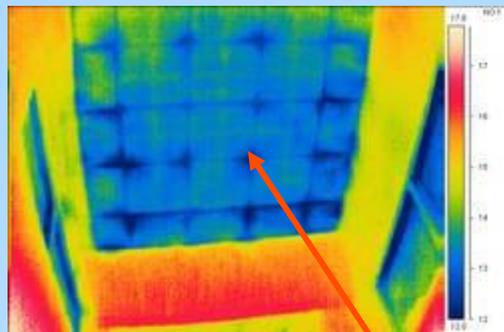
Fenêtres ouvertes en hiver



**Les pieuvres hydrocâblées non isolées se transforment en plancher chauffant en dalle pleine et affecte le confort des occupants par diffusion massive de chaleur. Résultat : les usagers en surchauffe vivent fenêtres ouvertes**

## **4 – Impact des défauts de mise en oeuvre**

## 4 – Impact des défauts de mise en oeuvre



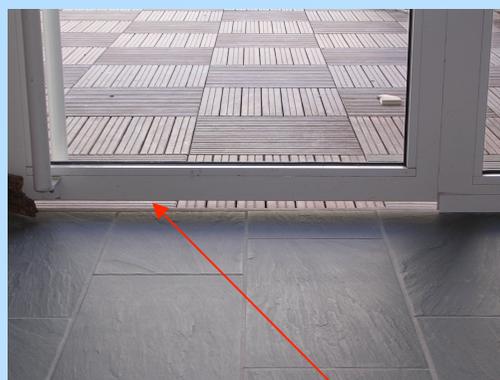
**Très mauvaise étanchéité de toiture (INEED)**

**Encore de gros efforts à faire pour réaliser des bâtiments étanches à l'air en France**

## 1 – Mauvaise réalisation de l'étanchéité à l'air



**Joint de dilatation non traité (Zac de Bonne)**



**Espace libre de 2 cm....  
Zac de Bonne - Grenoble**



**Parking : Passage libre entre fourreau et câbles, mais surtout entre réservation et fourreaux) (Zac Confluence – Lyon)**

## **4 – Impact des défauts de mise en oeuvre**

**2 – VMC à débit variable au soufflage et fixe à l'extraction**

**Dans 2 bâtiments de la Zac de Bonne à Grenoble, on trouve le montage suivant :**

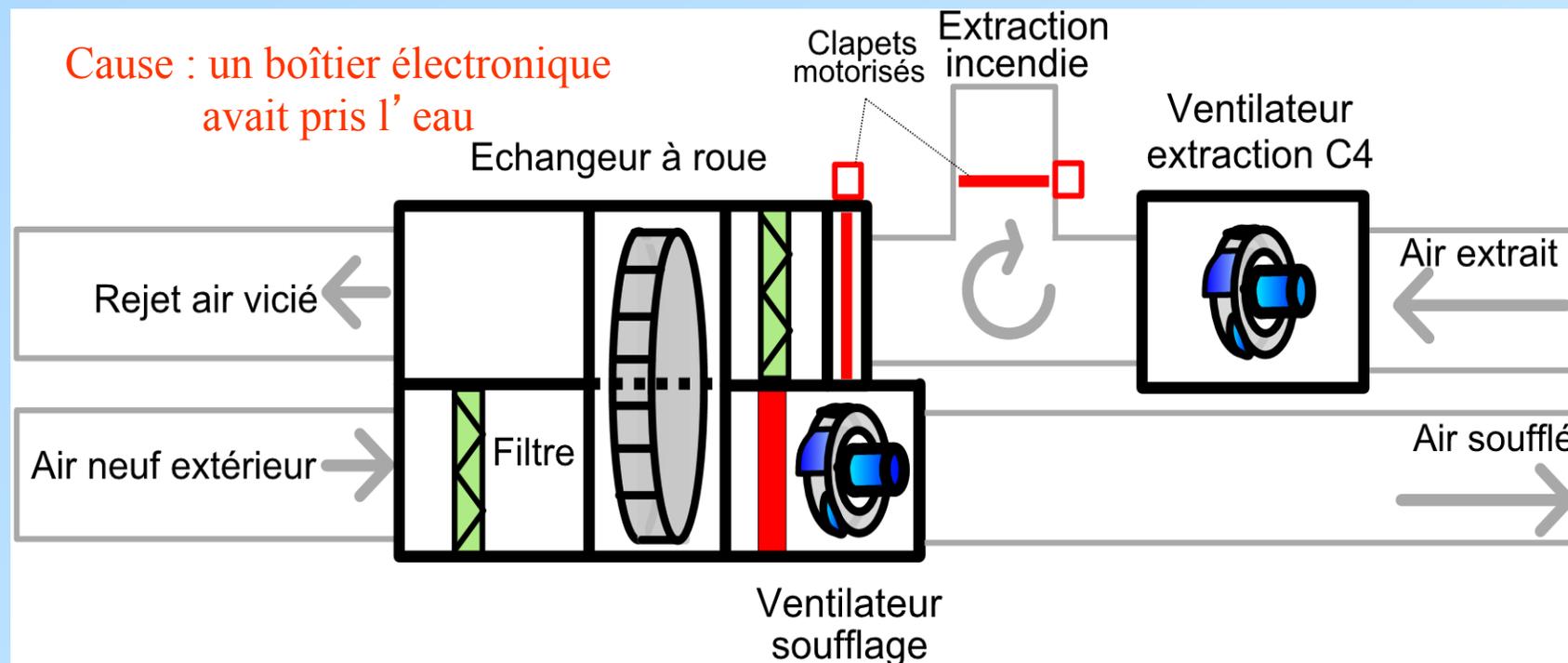
- l'un des réseaux d'air (extraction ou soufflage) est muni d'un ventilateur à vitesse fixe**
- l'autre réseau est muni d'un ventilateur à vitesse variable**

**Comment ça marche ????????**

## 4 – Impact des défauts de mise en oeuvre

**Les Jardins de Bonne (B2) : extraction pendant 1 an sur des volets fermés**

**3 – Ventilateur d'extraction débitant sur des volets fermés**



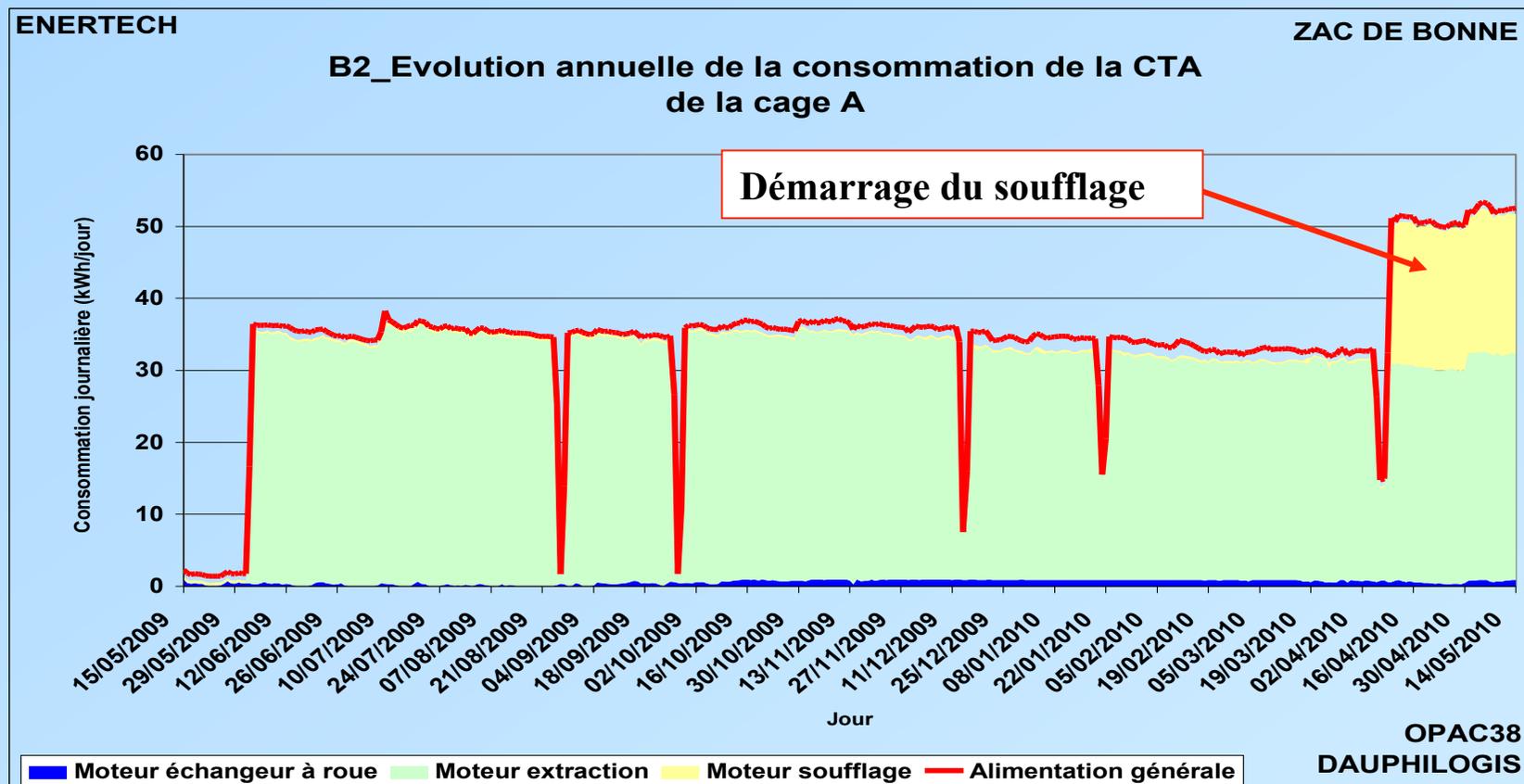
**Volet de la sortie courante en position fermée pendant toute l'année. Conséquences :**

- 1 - débits hygiéniques non assurés (débit inférieur de 70% au régime nominal)**
- 2 - Chaleur non évacuée : importante diminution des consommations de chauffage en hiver et augmentation des surchauffes en été**

## 4 – Impact des défauts de mise en oeuvre

4 – Ventilateur de soufflage n'ayant fonctionné qu'un mois sur une année

Le Pallium (B2) : pas de soufflage pendant 11 mois



Ventilateur de soufflage mis en marche 1 mois avant la fin de la campagne de mesure.

Conséquences :

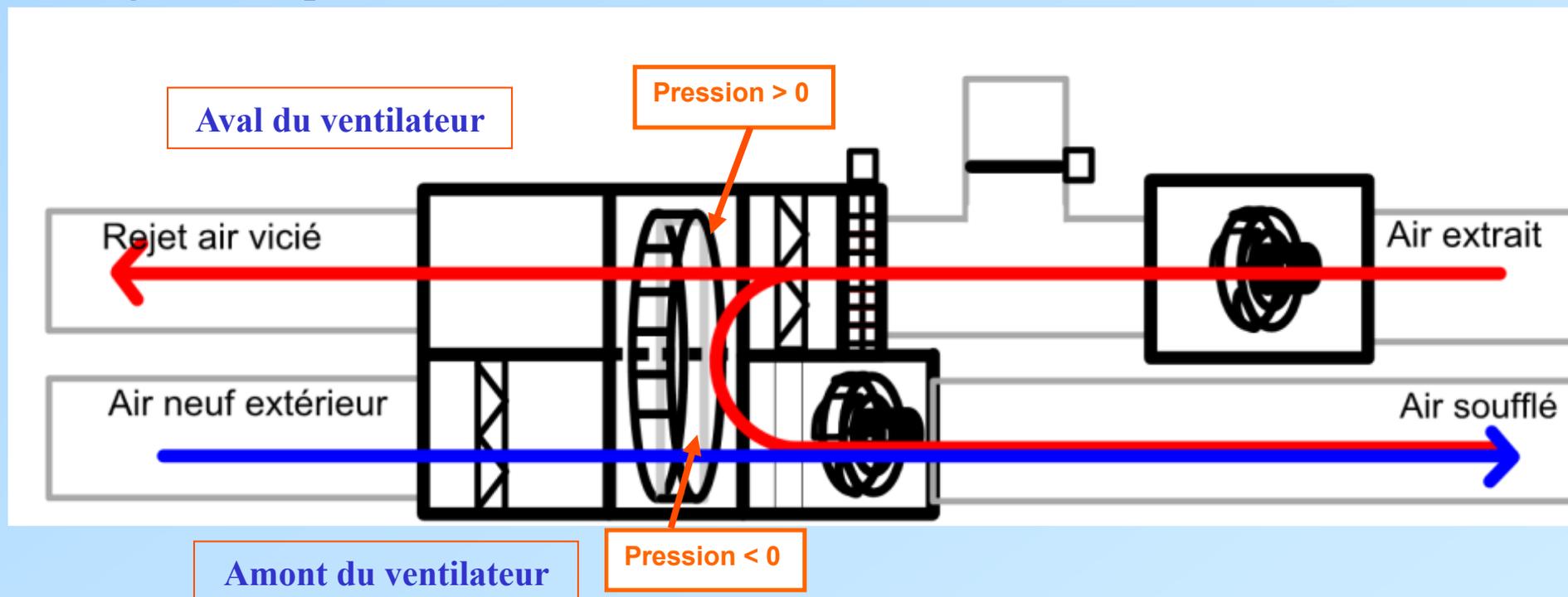
1 - débits hygiéniques non assurés

2 – Désordres importants des consommations de chauffage (débit extrait plus faible mais air neuf issu des infiltrations, non préchauffé). Augmentation des surchauffes en été.

## 4 – Impact des défauts de mise en oeuvre

Recyclage d'air vicié : Le Carré d'Or (B3), Le Vendôme (G1)

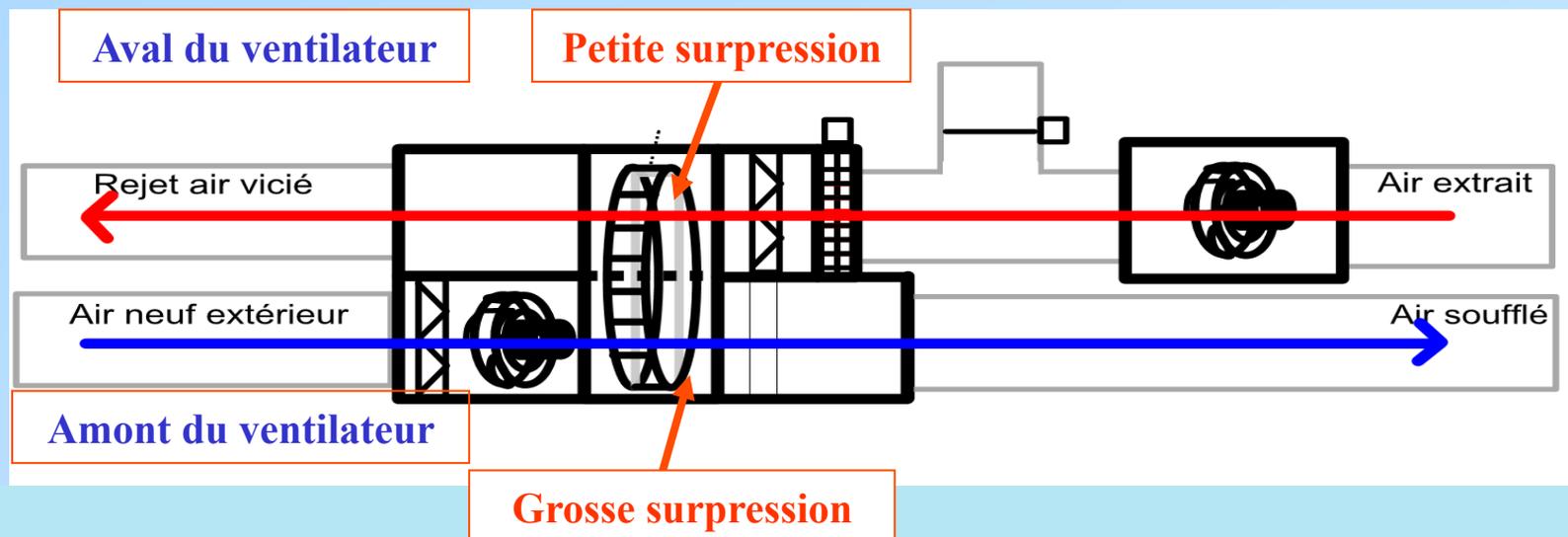
Montage très fréquemment observé :



**Attention avec les échangeurs rotatifs : ils ont une très bonne efficacité, mais si le positionnement des ventilateurs est incorrect, on peut avoir une surpression à l'extraction et une dépression au soufflage entraînant un très fort recyclage de l'air extrait et des odeurs insupportables dans le bâtiment. Solution : au moins mettre le ventilateur de soufflage en amont de la roue.**

## 4 – Impact des défauts de mise en oeuvre

Montage correct (peu rencontré) :



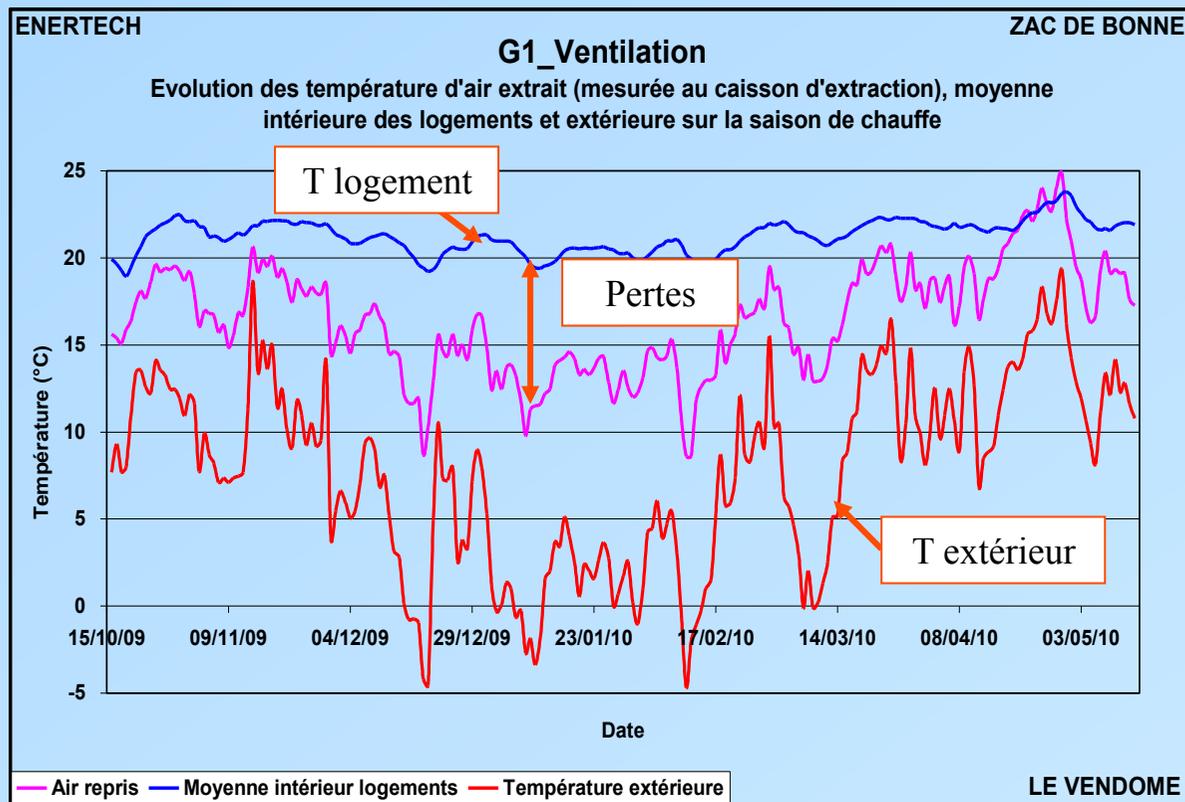
## 5 – Montage incorrect d'un échangeur rotatif

Dans ce montage, s'il y a transfert, ce ne peut être que depuis le soufflage vers l'air extrait. Donc pas de risque de recyclage d'air vicié. Adjoindre un « secteur de purge » à l'échangeur.

Nota : pour des raisons de sécurité incendie, le ventilateur d'extraction est obligatoirement en amont de la CTA

## 4 – Impact des défauts de mise en oeuvre

**Le Vendôme (G1) : La température d'air repris chute et suit la température extérieure**



## 6 – Défaut d'isolation des gaines



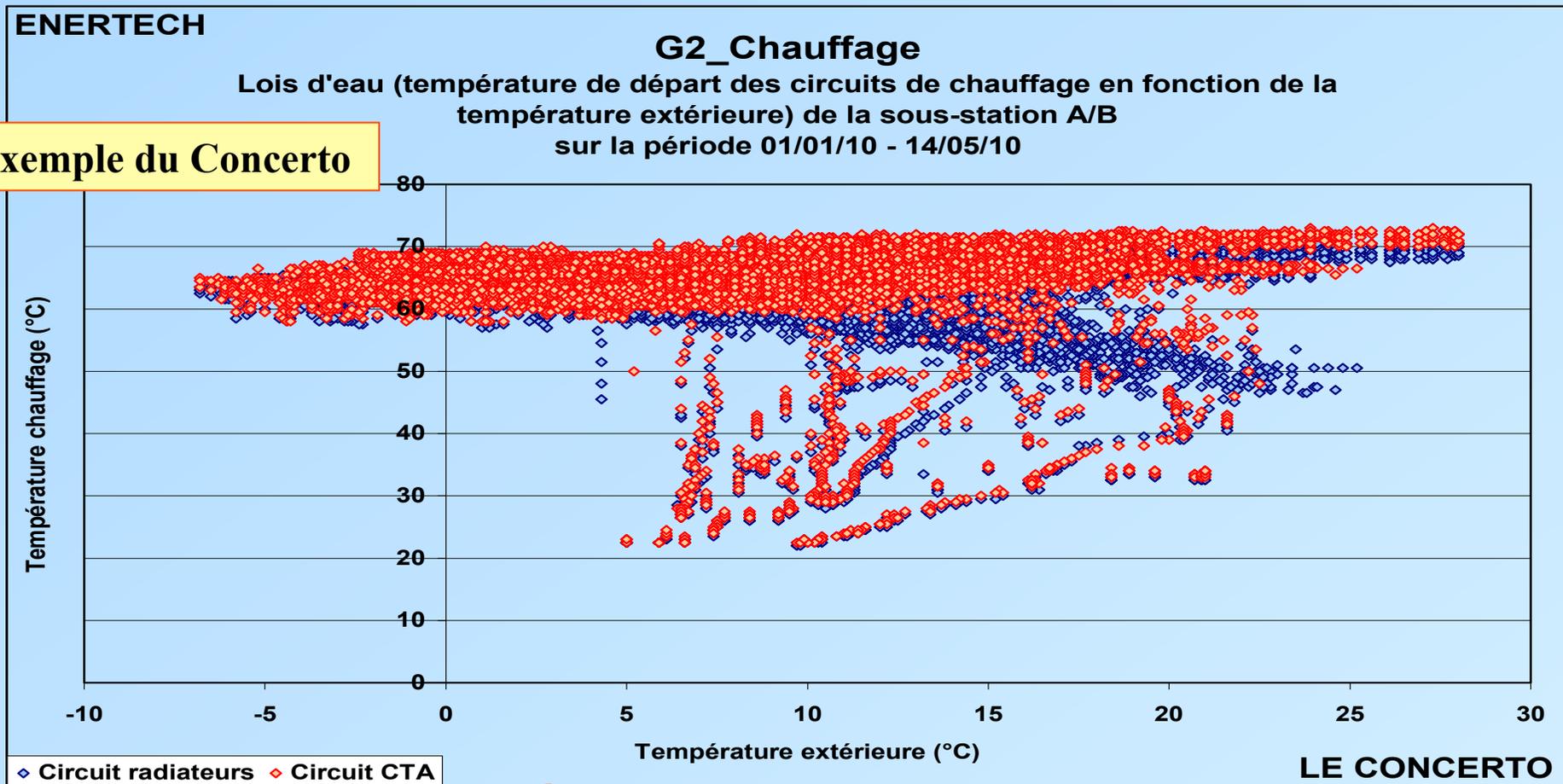
**L'absence de calorifuge à l'extraction fait chuter la température de l'air à l'entrée de l'échangeur, et réduit l'énergie récupérée, ce qui augmente la consommation de chauffage**

## 4 – Impact des défauts de mise en oeuvre

Températures de départ constantes indépendantes de la température extérieure

7 – Loi d'eau inefficace

Exemple du Concerto

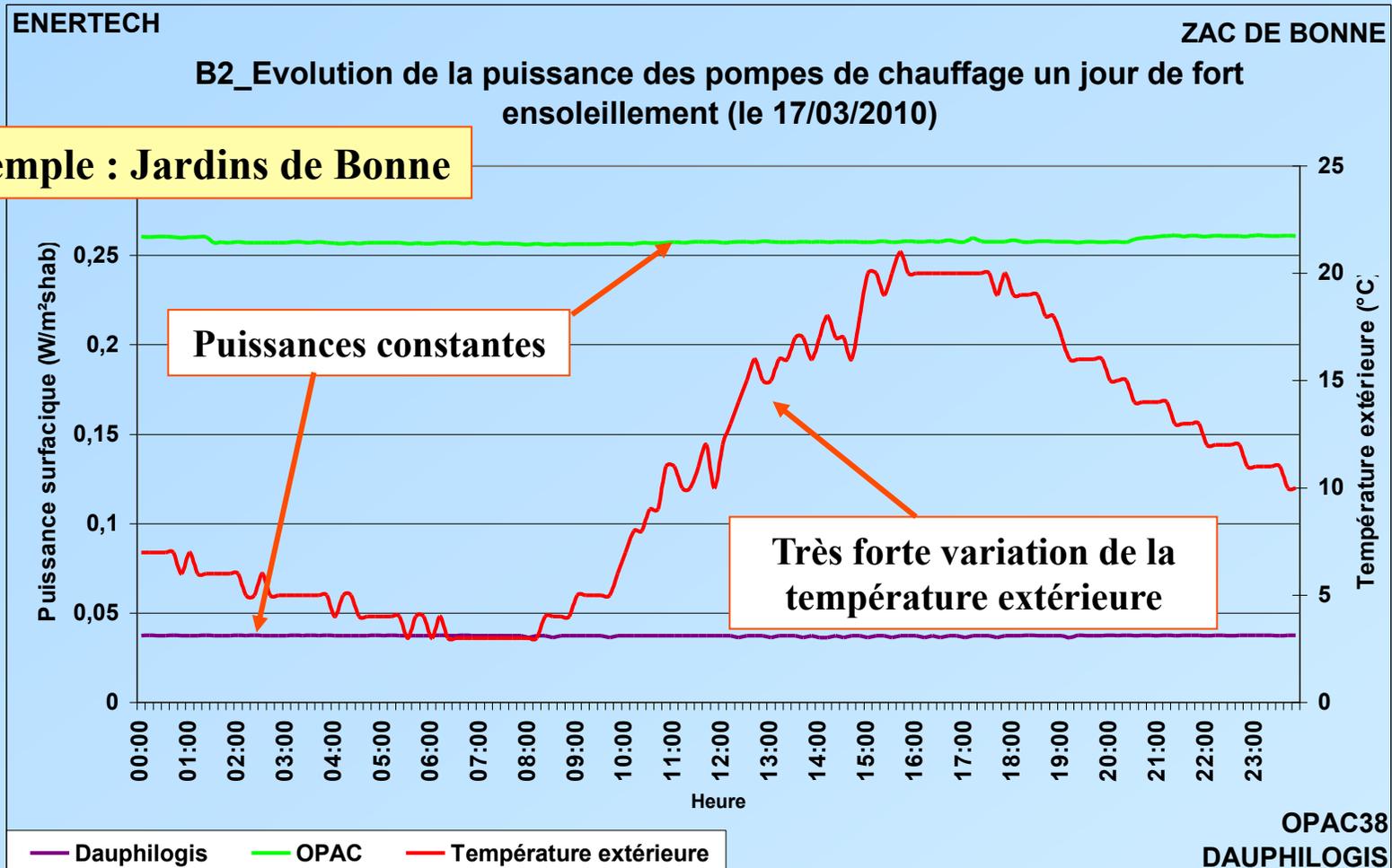


Permettent aux utilisateurs d'atteindre des températures intérieures élevées avec des risques de surchauffes et de surconsommation de chauffage

## 4 – Impact des défauts de mise en oeuvre

### Cas de pompes à débit variable inopérantes

## 8 – Variation de vitesse d'une pompe ou d'un ventilateur inopérante

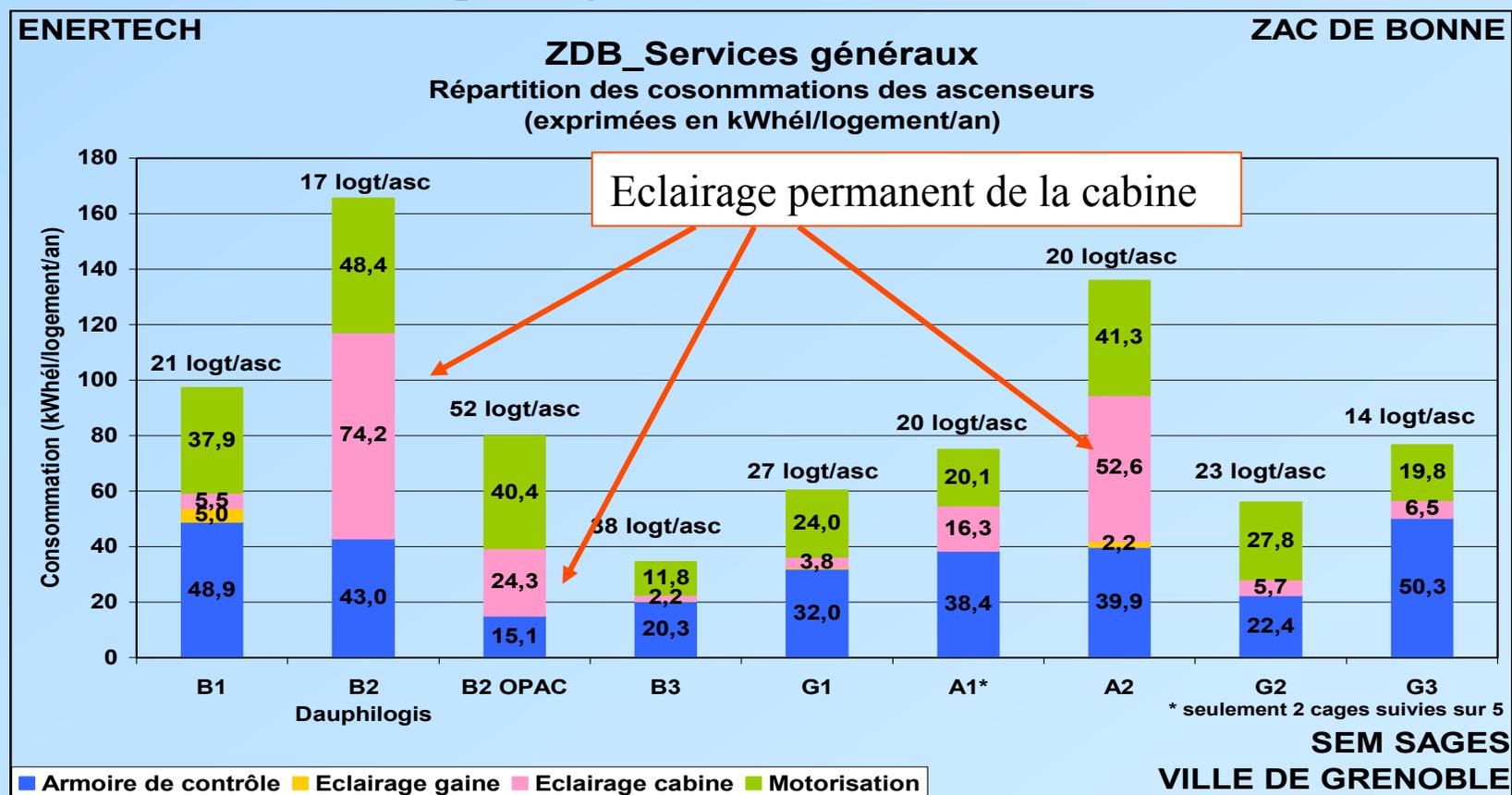


Ces deux pompes sont censées fonctionner à  $\Delta P$  constant. La forte variation de la charge aurait dû modifier le débit. Il y a donc un élément de la chaîne qui ne fonctionne pas : thermostats calés au maximum, pompes mal réglées, etc.

## 4 – Impact des défauts de mise en oeuvre

**10 – Fonctionnement permanent de l'éclairage d'une cabine d'ascenseur**

Attention : les consommations fixes avantagent les ascenseurs desservant beaucoup de logements



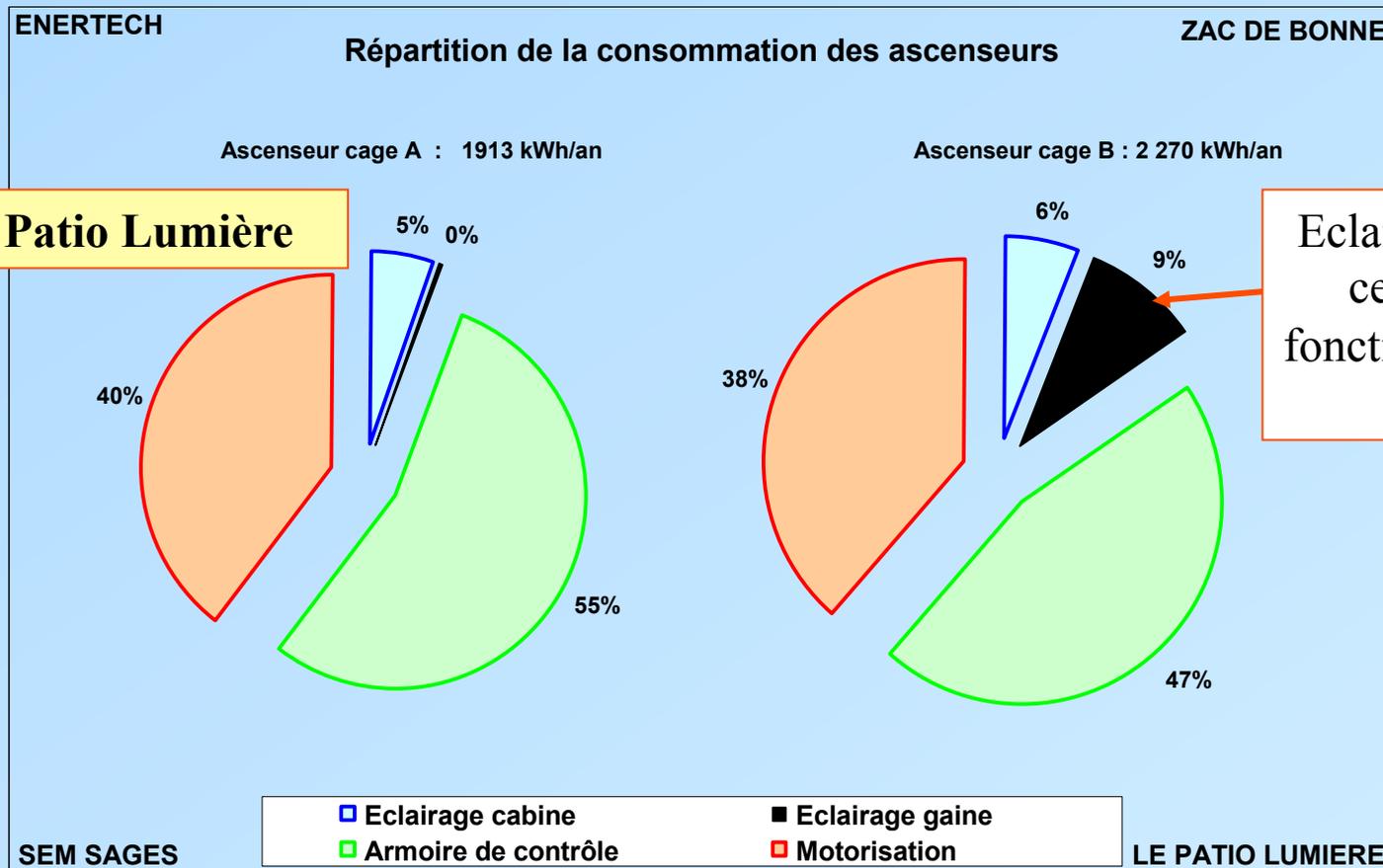
**L'éclairage permanent de la cabine peut représenter 43% de la consommation totale. Rappelons que l'arrêt de cet éclairage est autorisé par l'art. 8.17.3 de la directive EN 81-1**

## 4 – Impact des défauts de mise en oeuvre

L'éclairage de la gaine d'ascenseur ne sert en principe que pour l'entretien. En principe seulement....

11 – Fonctionnement permanent de l'éclairage d'une gaine d'ascenseur

Exemple : Patio Lumière



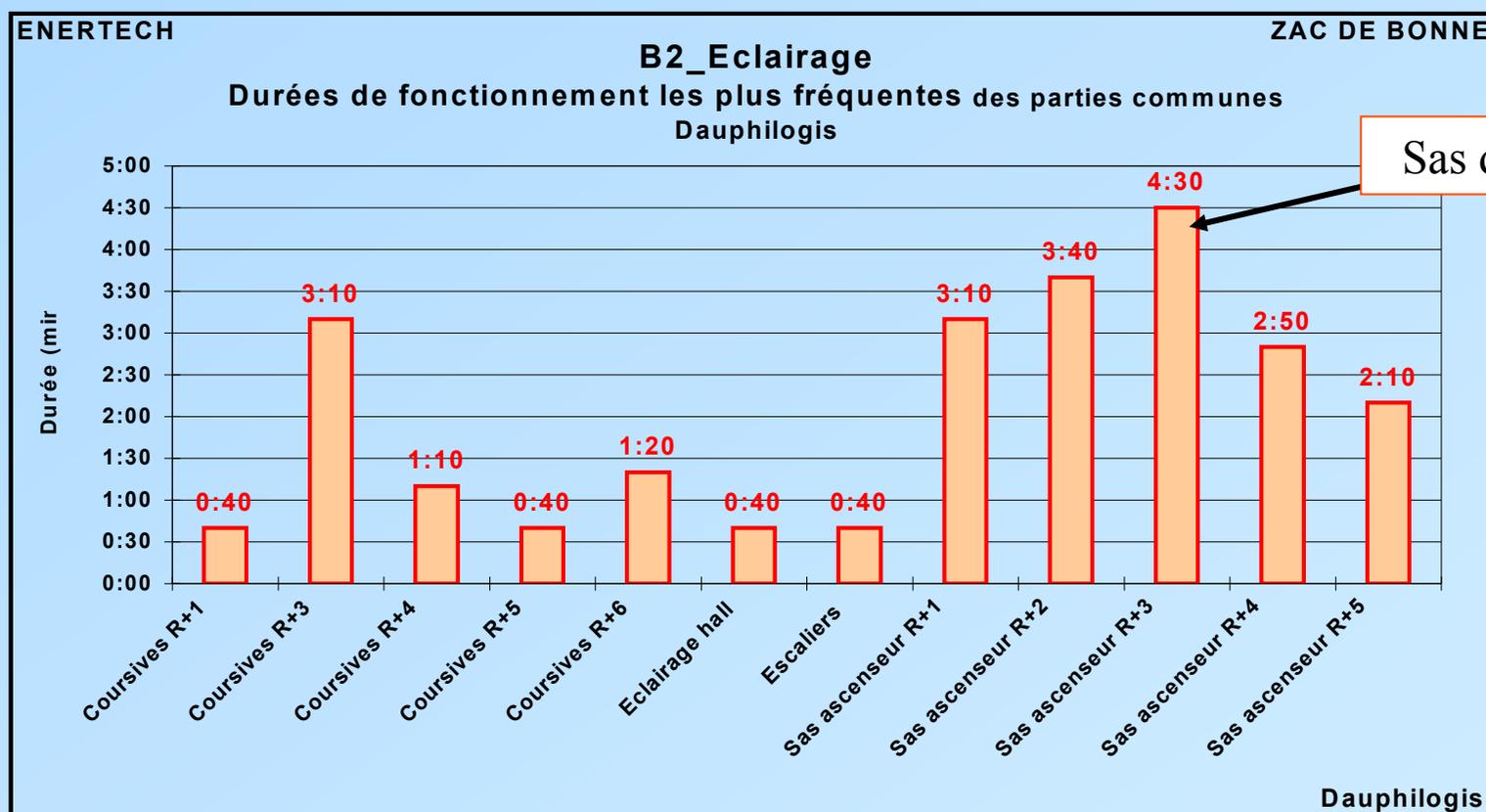
Lors de l'instrumentation Zac de Bonne à Grenoble, 40 % des gaines d'ascenseur étaient éclairées inutilement au moment de notre intervention....

## 4 – Impact des défauts de mise en oeuvre

12 – Absence de réglage des temporisations des détecteurs de présence

La temporisation de sortie du champ de détection est une sécurité de fonctionnement pour l'éclairage. Elle devrait donc être de quelques secondes....

Exemple : Jardins de Bonne



Sas d'accès ascenseur

Les détecteurs ne sont généralement pas réglés du tout. Un détecteur avec une temporisation de 2 ou 3 minutes est pire qu'une minuterie....

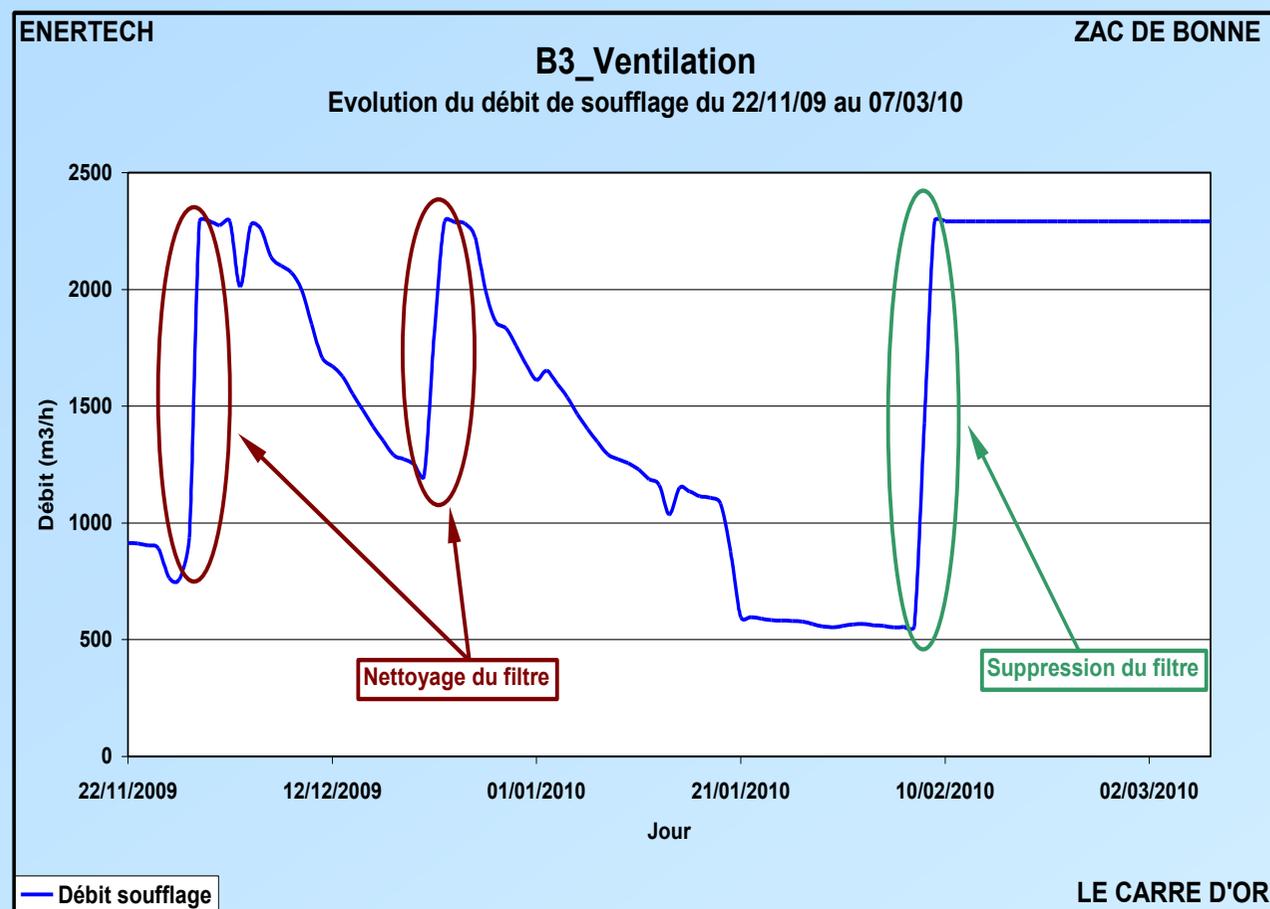
## **5 – Impact des défauts de maintenance**

## 5 – Impact des défauts de maintenance

### 1 – Impact de l'encrassement des filtres d'air neuf sur les CTA

#### Exemple : Carré d'Or

- Division du débit par plus de 4
- Infiltrations d'air froid par les parois



**Il faut changer (et non pas nettoyer) les filtres sur l'air neuf tous les 3 ou 4 mois (chute de 10% du débit) et mettre en place une procédure de maintenance adéquate**

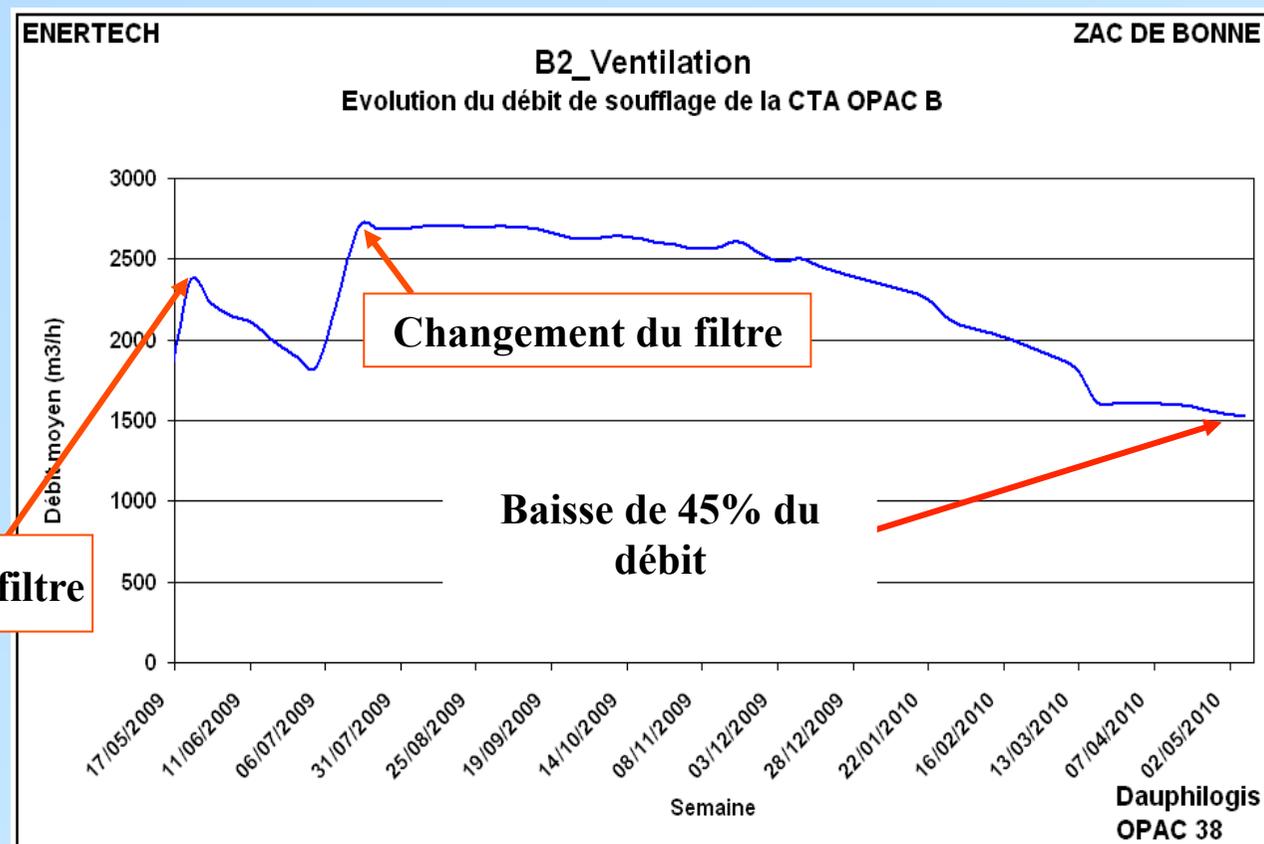
## 5 – Impact des défauts de maintenance

Exemple : *Bâtiment B2 – OPAC – Cage B*

### 1 – Impact de l'encrassement des filtres d'air neuf sur les CTA

- Diminution du débit de 40% entre juillet 2009 et mai 2010
- Infiltrations d'air froid par les parois

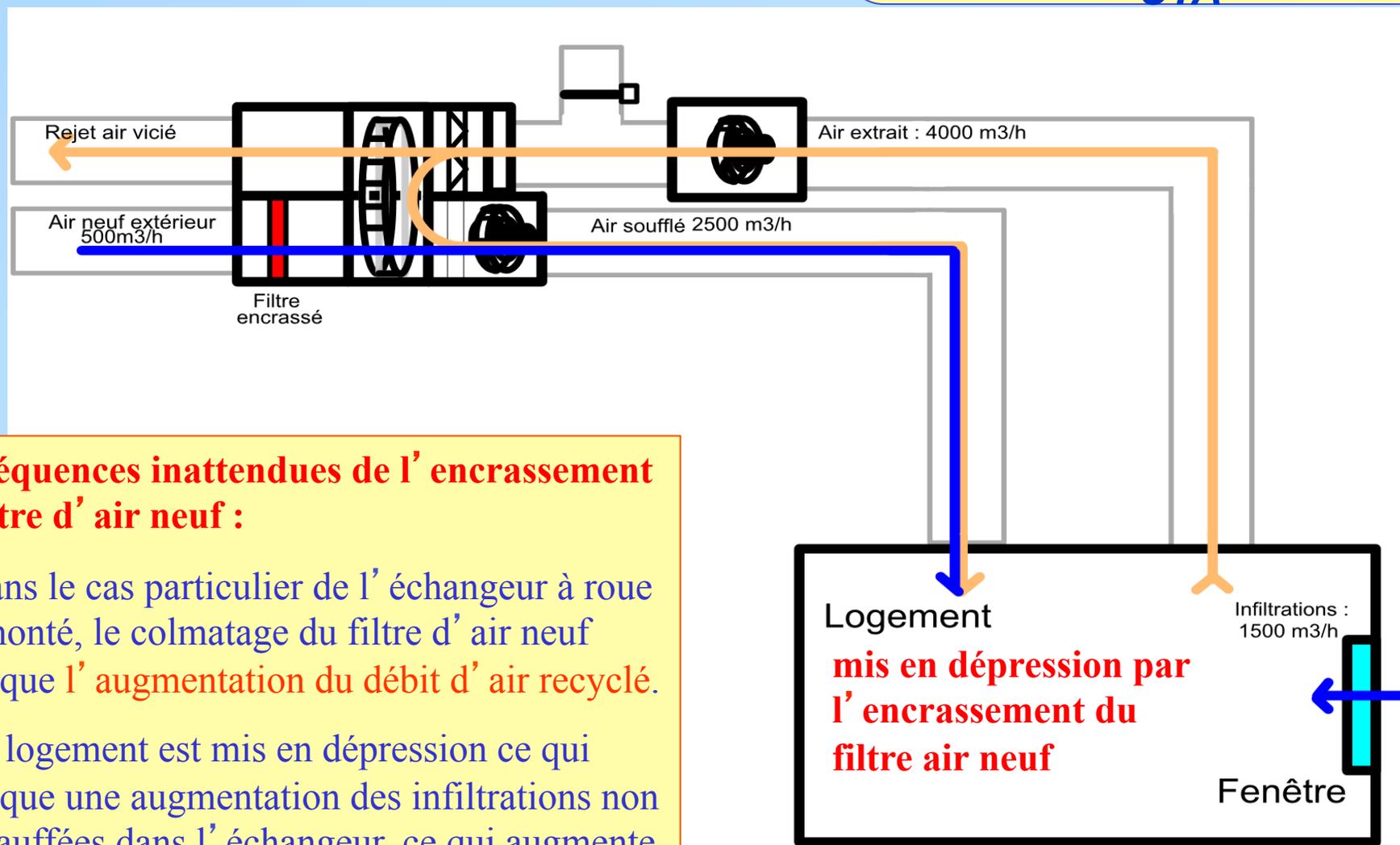
Nettoyage sommaire du filtre



**Il faut changer (et non pas nettoyer) les filtres sur l'air neuf tous les 3 ou 4 mois (chute de 10% du débit) et mettre en place une procédure de maintenance adéquate**

## 5 – Impact des défauts de maintenance

### 1 – Impact de l'encrassement des filtres d'air neuf sur les CTA



### Conséquences inattendues de l'encrassement du filtre d'air neuf :

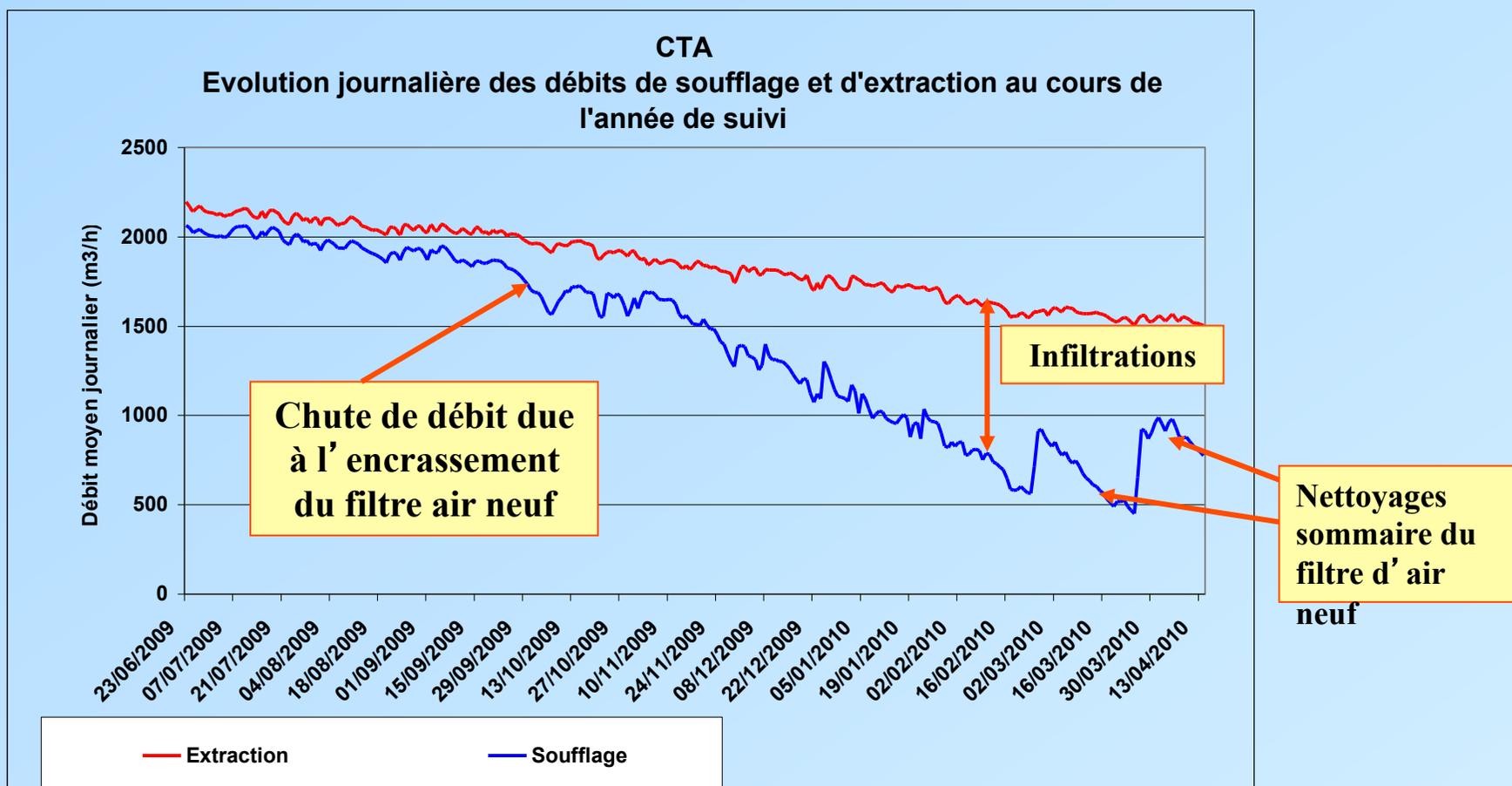
1 – dans le cas particulier de l'échangeur à roue mal monté, le colmatage du filtre d'air neuf provoque l'augmentation du débit d'air recyclé.

2 – le logement est mis en dépression ce qui provoque une augmentation des infiltrations non préchauffées dans l'échangeur, ce qui augmente la consommation de chauffage!

## 5 – Impact des défauts de maintenance

Logements à BRON (69) - Surconsommation = 8 kWh/m<sup>2</sup>/an

1 – Impact de l'encrassement des filtres d'air neuf sur les CTA



L'encrassement rapide du filtre sur l'air neuf provoque une mise en dépression du bâtiment et une augmentation énorme des infiltrations si la perméabilité à l'air n'est pas parfaite, donc une augmentation des consommations de chauffage

## 5 – Impact des défauts de maintenance

## 2 – Entretien des prises et rejet d'air

**SANS COMMENTAIRES!**



Prise d'air CTA  
ZAC de La Confluence  
Lyon



Entrée d'air CTA  
ZAC de Bonne Grenoble



Rejet d'air CTA  
ZAC de La Confluence  
Lyon



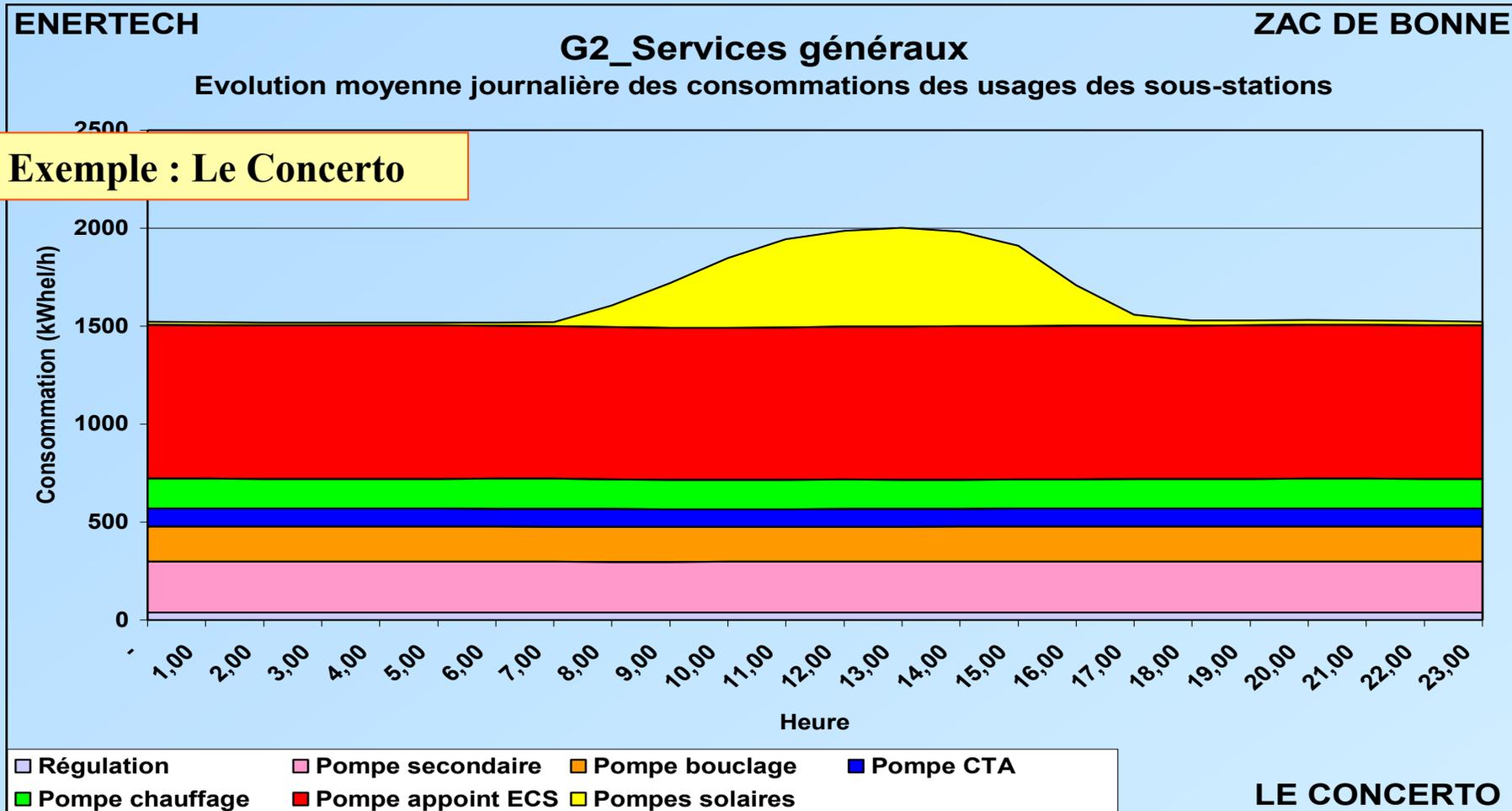
Réseau d'air CTA  
Bron après 2 ans....

## **6 – Impact des réglages et du pilotage**

## 6 – Impact des réglages et du pilotage de l'installation

1 – Des pompes non asservies aux besoins

Toutes les pompes tournent sans discontinuer

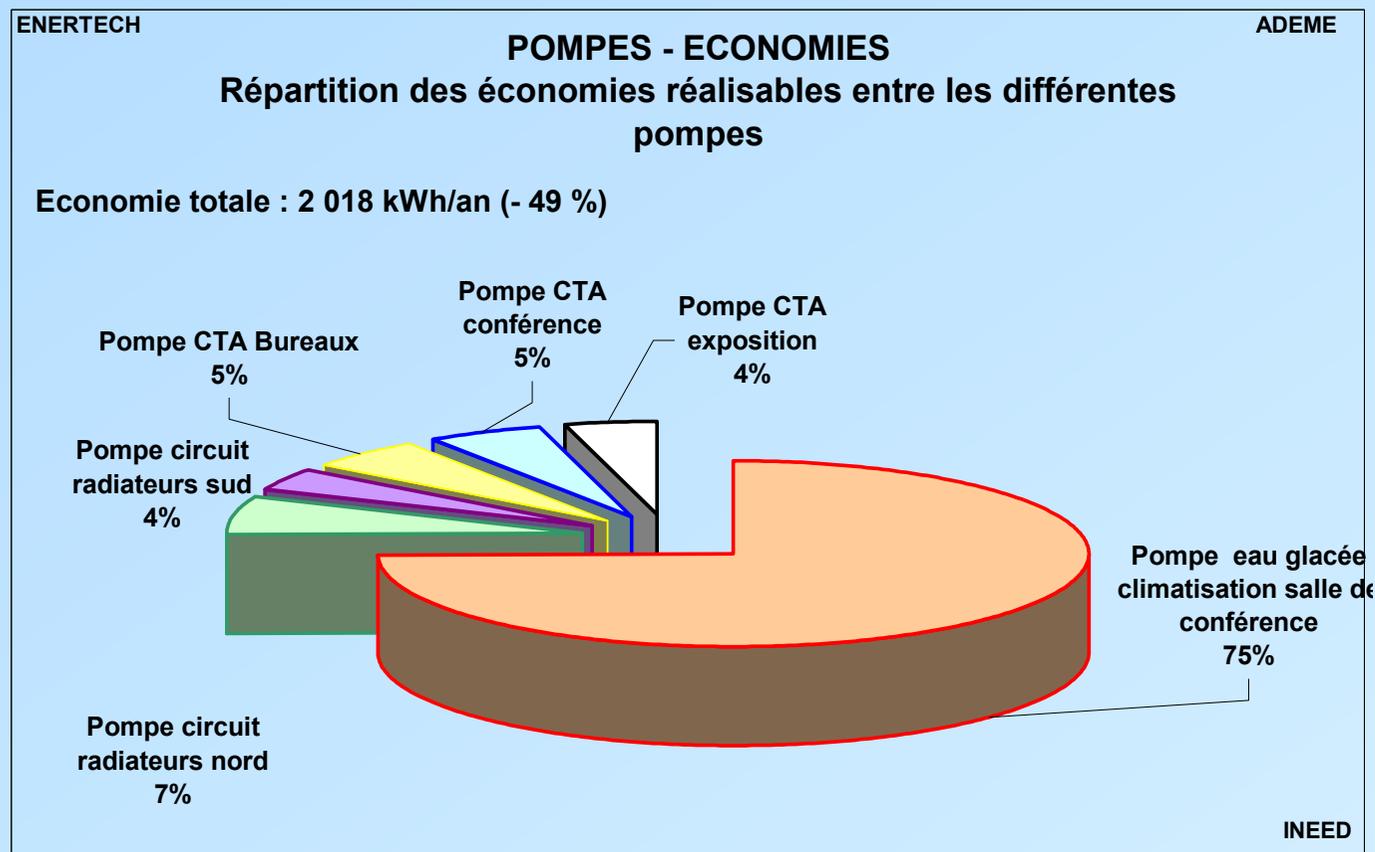


## 6 – Impact des réglages et du pilotage de l'installation

Economies réalisables : **49%**  
simplement en ne faisant fonctionner les équipements que lorsque c'est nécessaire!

1 – Des pompes non asservies aux besoins  
Evaluation des économies

Soit une consommation résiduelle de **0,8 kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup><sub>utile</sub>/an**



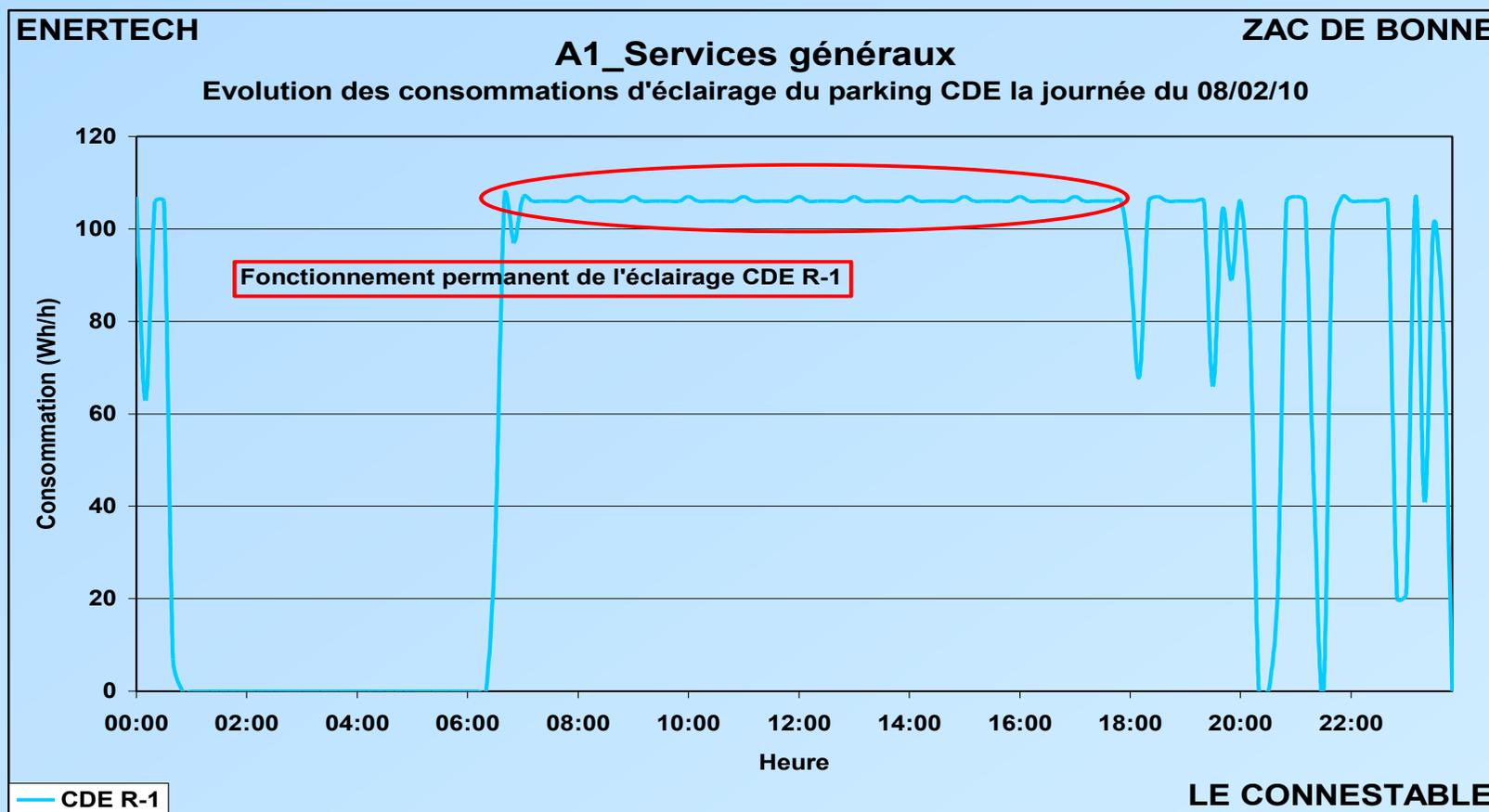
INeed

## 6 – Impact des réglages et du pilotage de l'installation

4 – Circuits d'éclairage : en fonctionnement permanent

Exemple d'un circuit d'éclairage fonctionnant plusieurs heures d'affilées

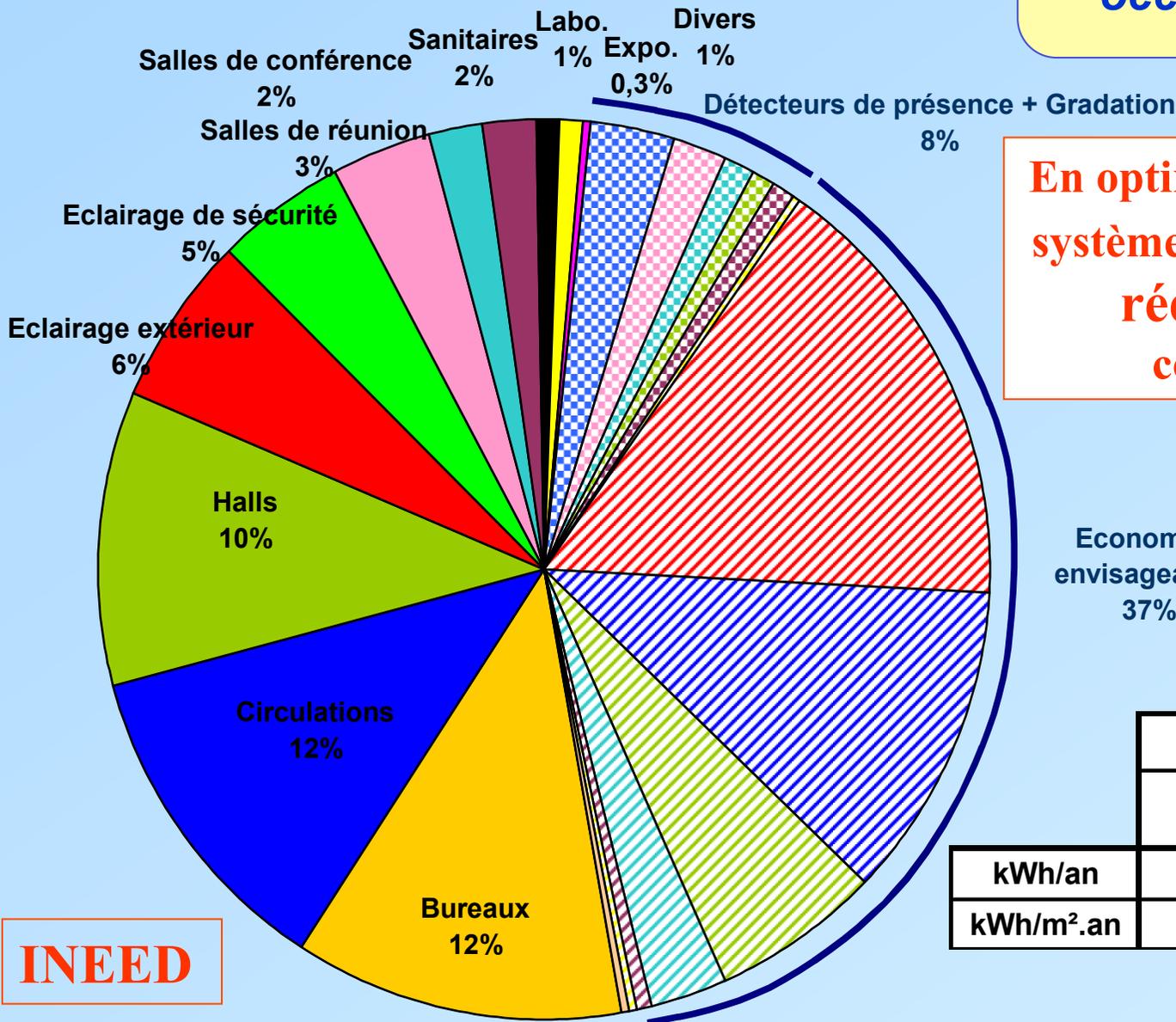
Exemple : Le Connestable



Des consommations d'éclairage de parking pouvant atteindre 30% de la consommation totale d'éclairage

## 6 – Impact des réglages et du pilotage de l'installation

**4 – Circuits d'éclairage :  
Fonctionnement hors occupation ou mal réglés**



**En optimisant mieux le pilotage des systèmes d'éclairage on pourrait réduire de 37,5 % leur consommation actuelle**

**Soit une consommation résiduelle de 3,9 kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup><sub>utile</sub>/an**

Economies envisageables 37%

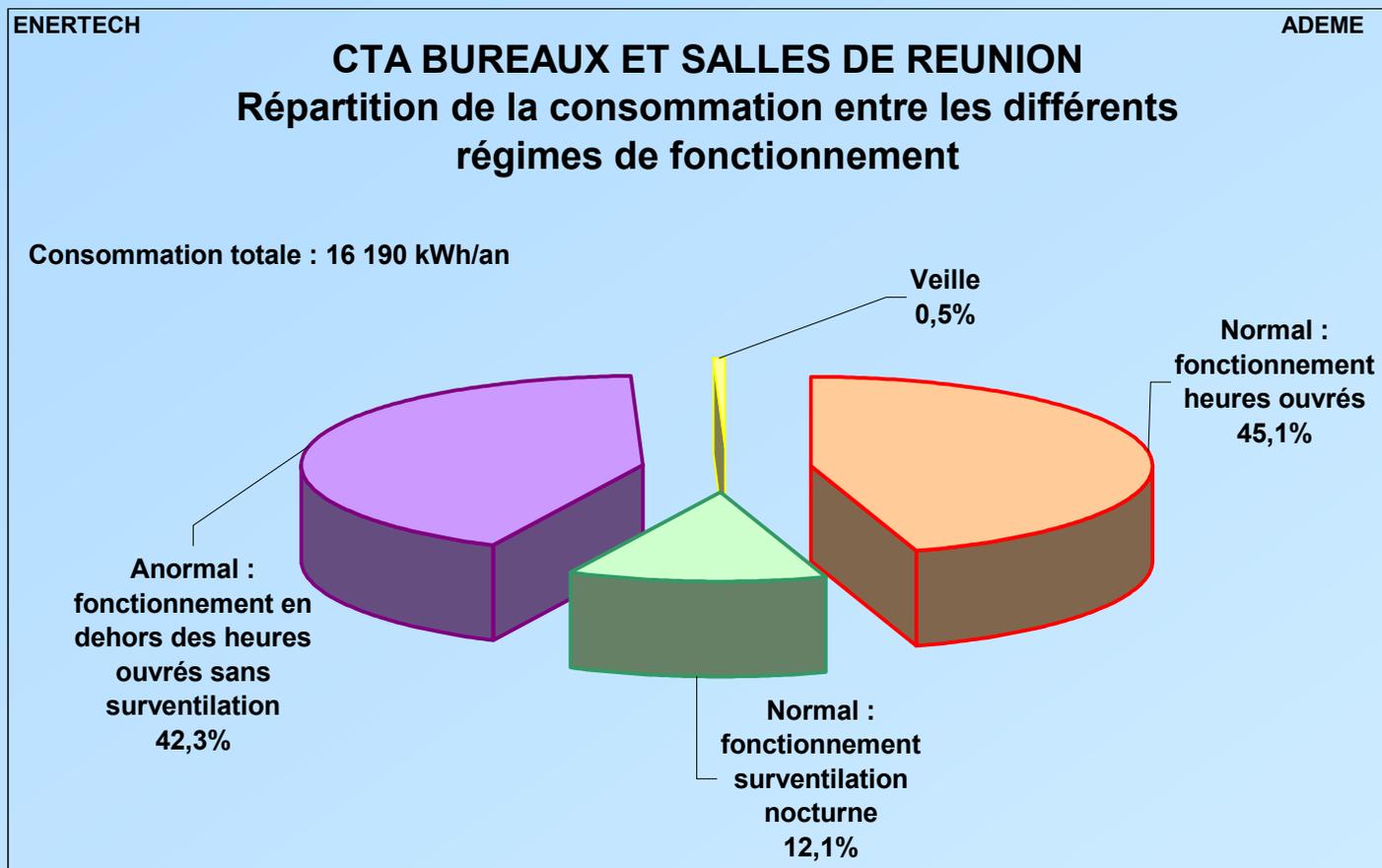
	CONSOMMATION		
	Actuelle	Après économies	dont veille
kWh/an	16 310	10 195	1300
kWh/m <sup>2</sup> .an	6,2	3,9	0,5

**INEED**

## 6 – Impact des réglages et du pilotage de l'installation

Ventilation bureaux :  $7,7 \text{ kWh}_{el}/\text{m}^2_{\text{utile}}/\text{an}$   
dont 42,3 % de fonctionnement anormal !!

## 5 – Fonctionnement de la ventilation hors occupation



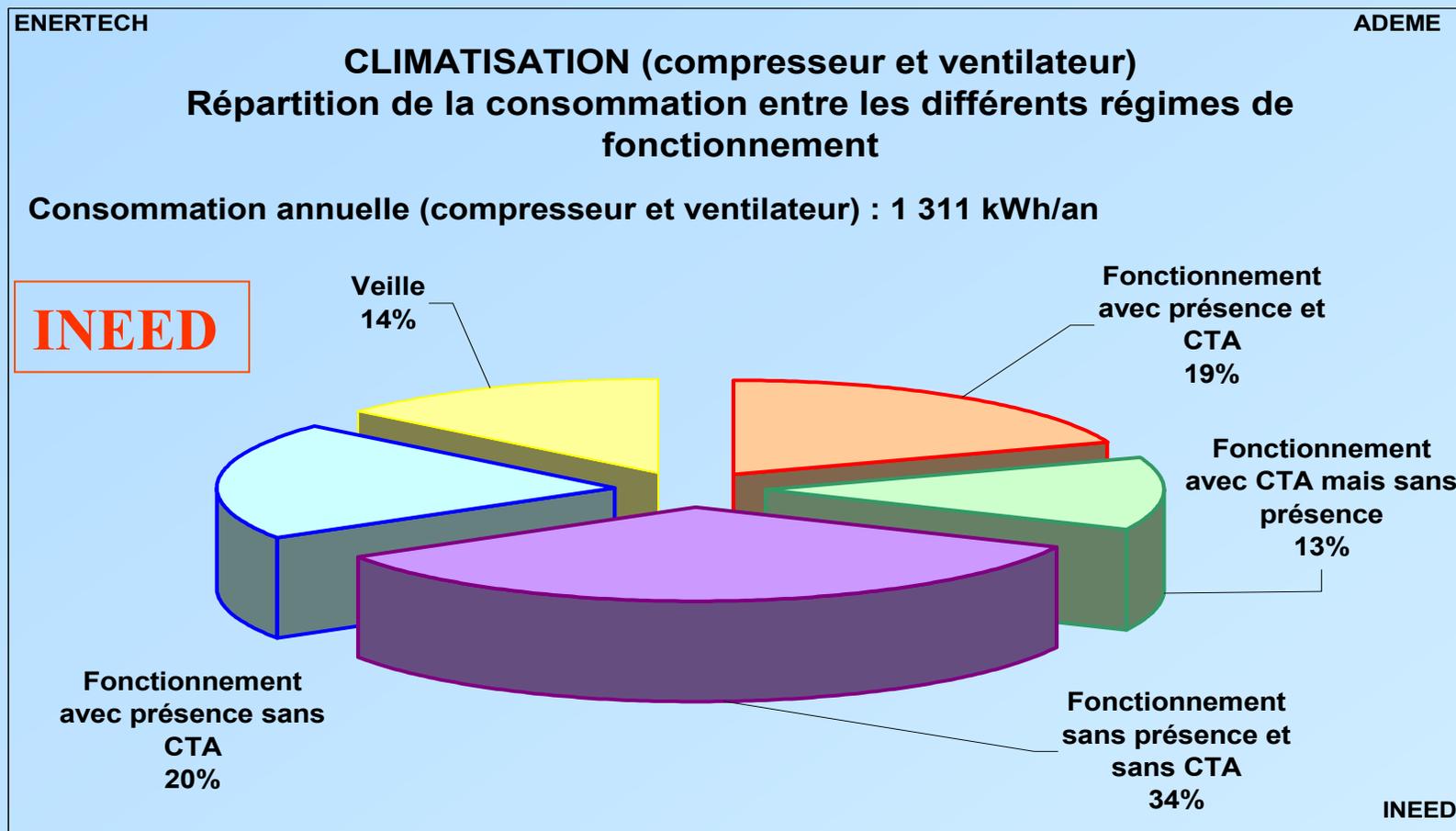
INEED

A la réception, tout fonctionnait de manière nominale. Deux ans après, la VMC fonctionne 24h/24, le puits canadien est parcouru en hiver la nuit (!), mais pas le jour, et en été de 6 à 14h (!). Ceci occasionne des surconsommations d'électricité mais aussi de chauffage!

## 6 – Impact des réglages et du pilotage de l'installation

Beaucoup d'incohérences dans le fonctionnement....

6 – Fonctionnement inapproprié climatisation salle de conférence

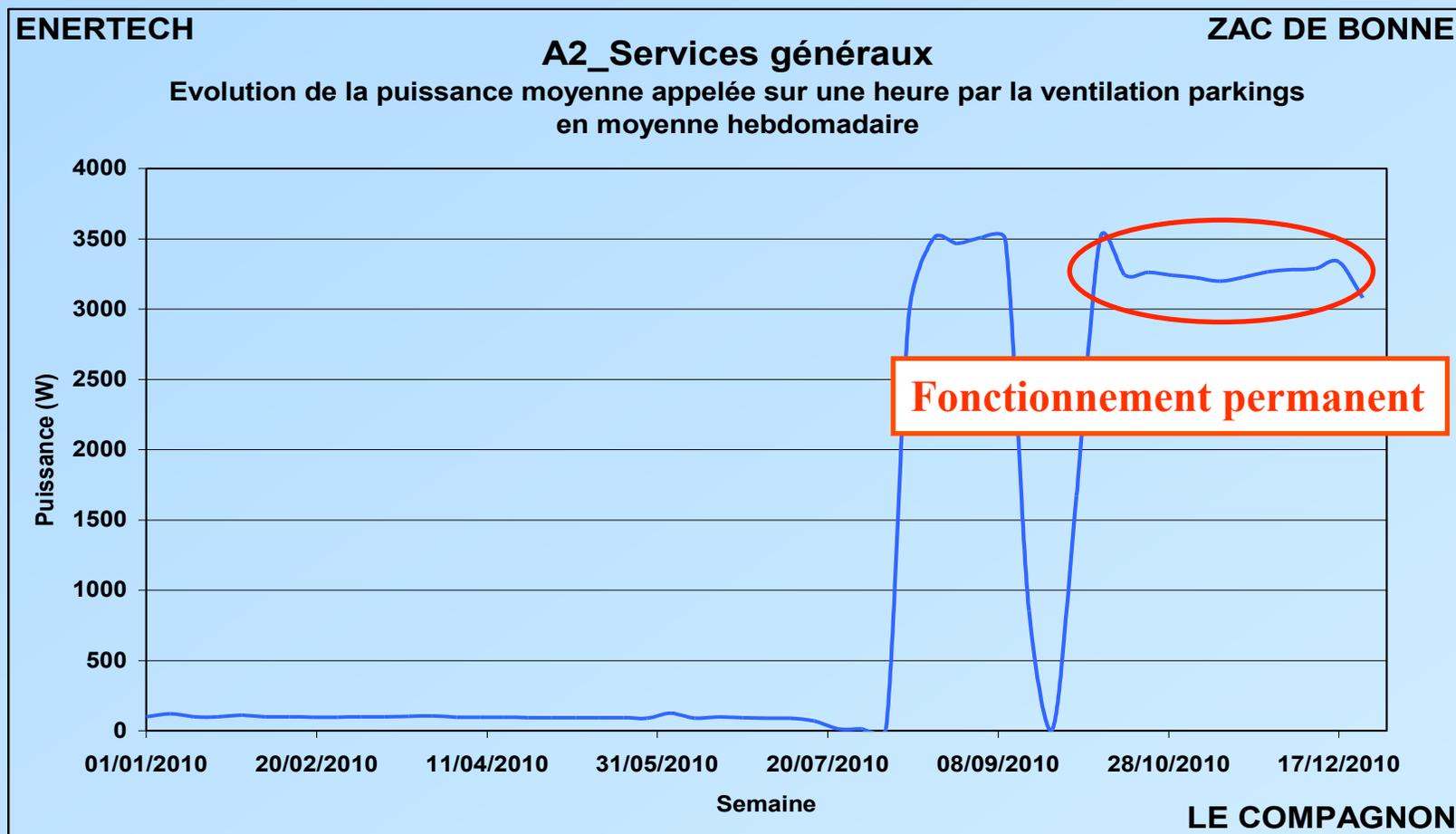


Le groupe froid et surtout la pompe eau glacée de la salle de conférence ont souvent fonctionné sur une CTA à l'arrêt, ou dans une salle vide, etc. Des consommations et des charges thermiques qui pourraient être évitées

## 6 – Impact des réglages et du pilotage de l'installation

Exemple : Le Compagnon

7 – Fonctionnement permanent des ventilations de parkings

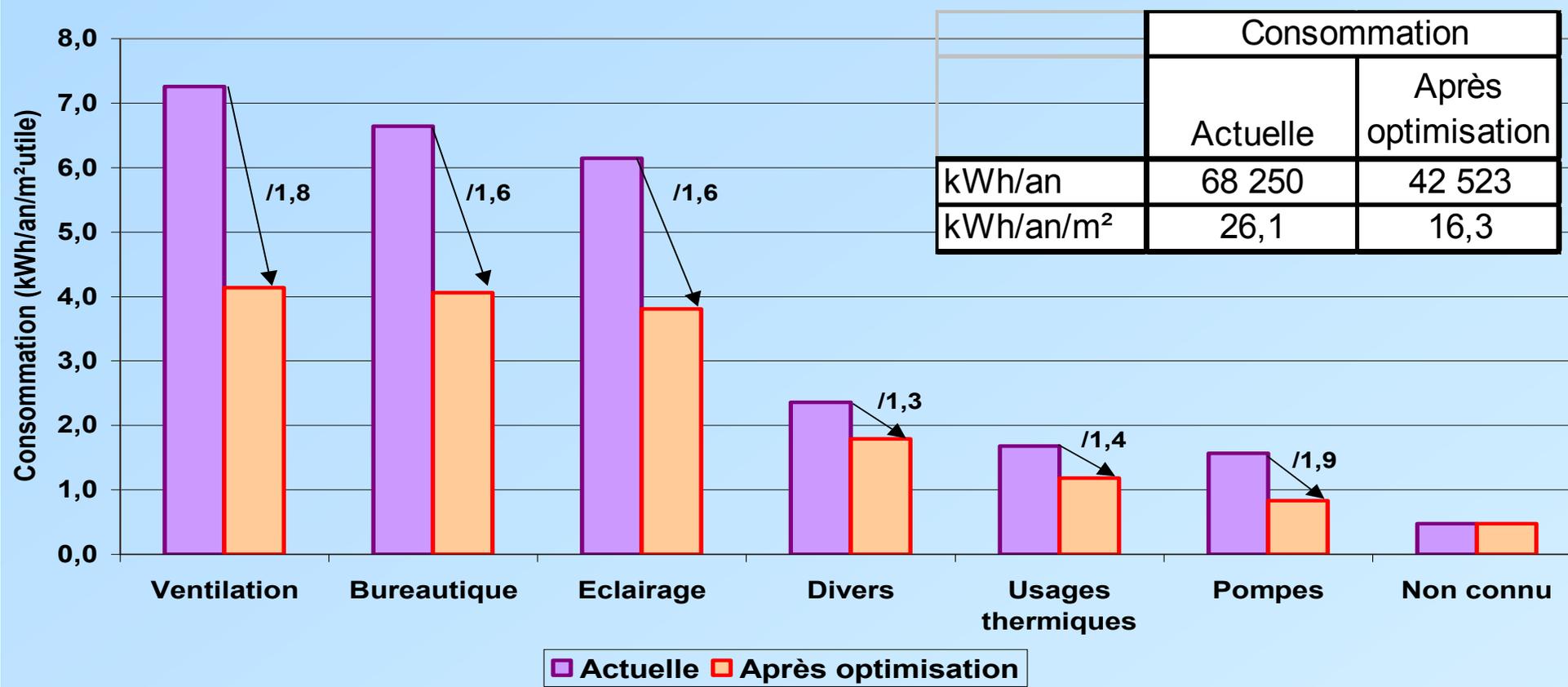


Les ventilations de parking représentent des puissances importantes.  
Pourquoi les faire fonctionner en dehors des heures de trafic?

## EXEMPLE de l' INEED : BILAN DES ECONOMIES D' ELECTRICITE

Par un pilotage soigneux des équipements, on peut économiser 38 % d' électricité, ce qui ramènerait à 16,3 kWh/m<sup>2</sup><sub>utile</sub>/an la consommation annuelle tous usages. De leur côté, les consommations de chauffage pourraient être de 25 kWh/m<sup>2</sup>/an, soit une consommation totale, exprimée en énergie primaire, de 67 kWh/m<sup>2</sup>utile/an.

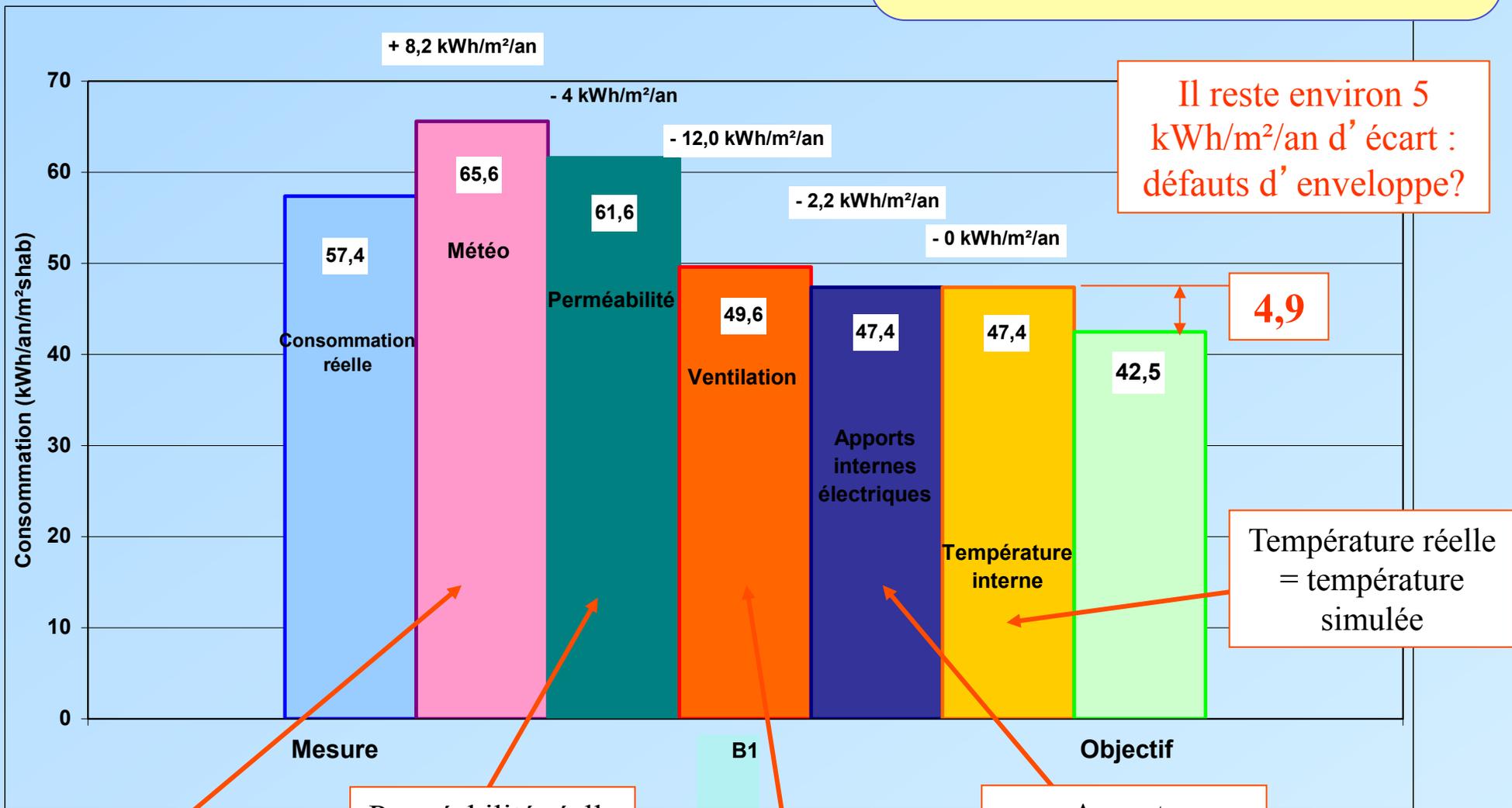
Répartition de la consommation entre les différents postes (avant et après optimisation)



## **7 – Exemples de synthèse**

# 7 – Exemples de synthèse

1 – Bâtiment B1  
(Patio Lumière)



Il reste environ 5 kWh/m²/an d'écart : défauts d'enveloppe?

4,9

Température réelle = température simulée

Météo plus clémente que la simulation

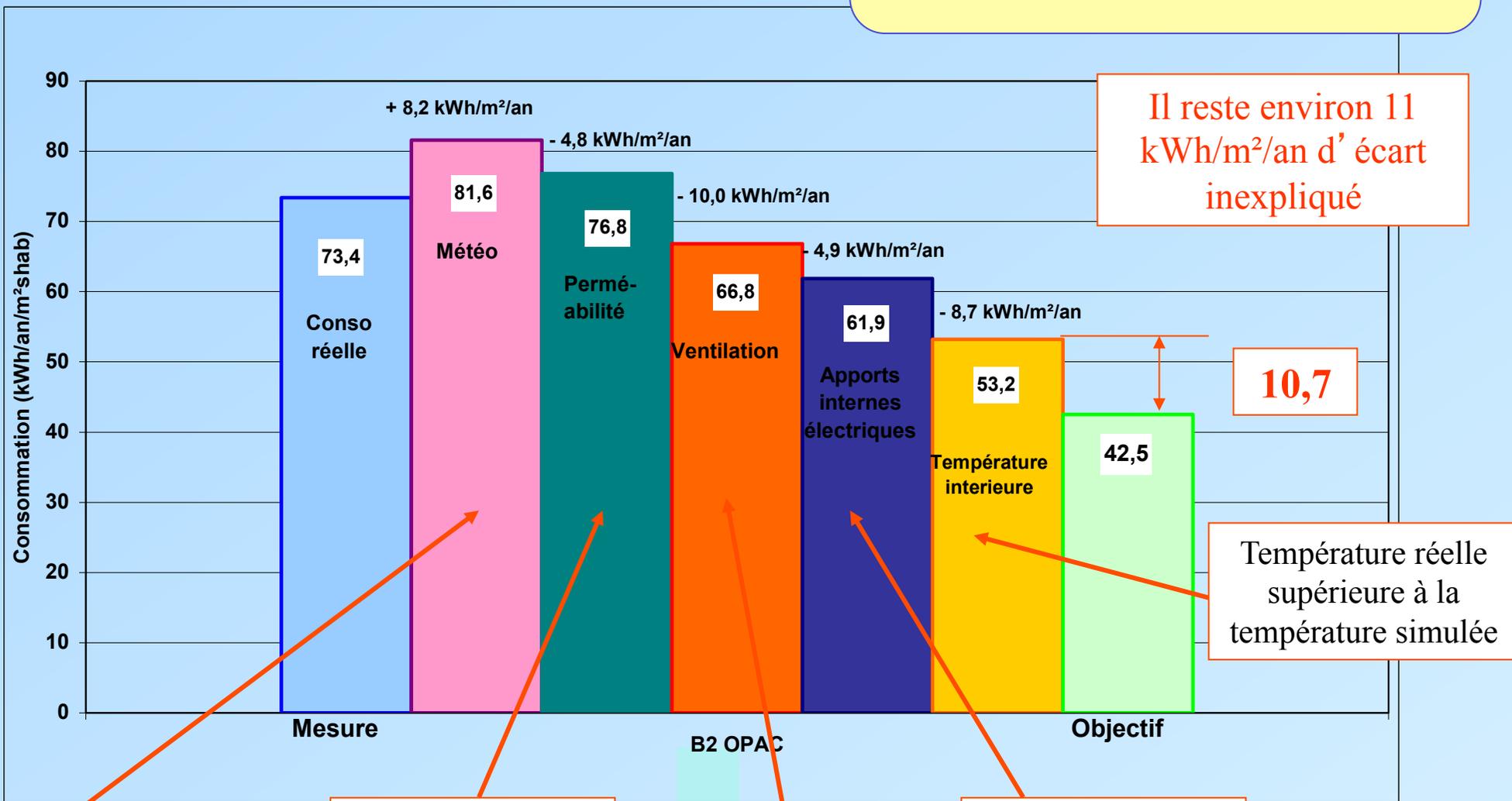
Perméabilité réelle moins bonne que prévue

Défauts ventilation = surconsommation

Apports électroménagers sur estimés

# 7 – Exemples de synthèse

## 2 – Bâtiment B2/OPAC (Le Pallium)



Il reste environ 11 kWh/m²/an d'écart inexpliqué

10,7

Température réelle supérieure à la température simulée

Météo plus clémente que la simulation

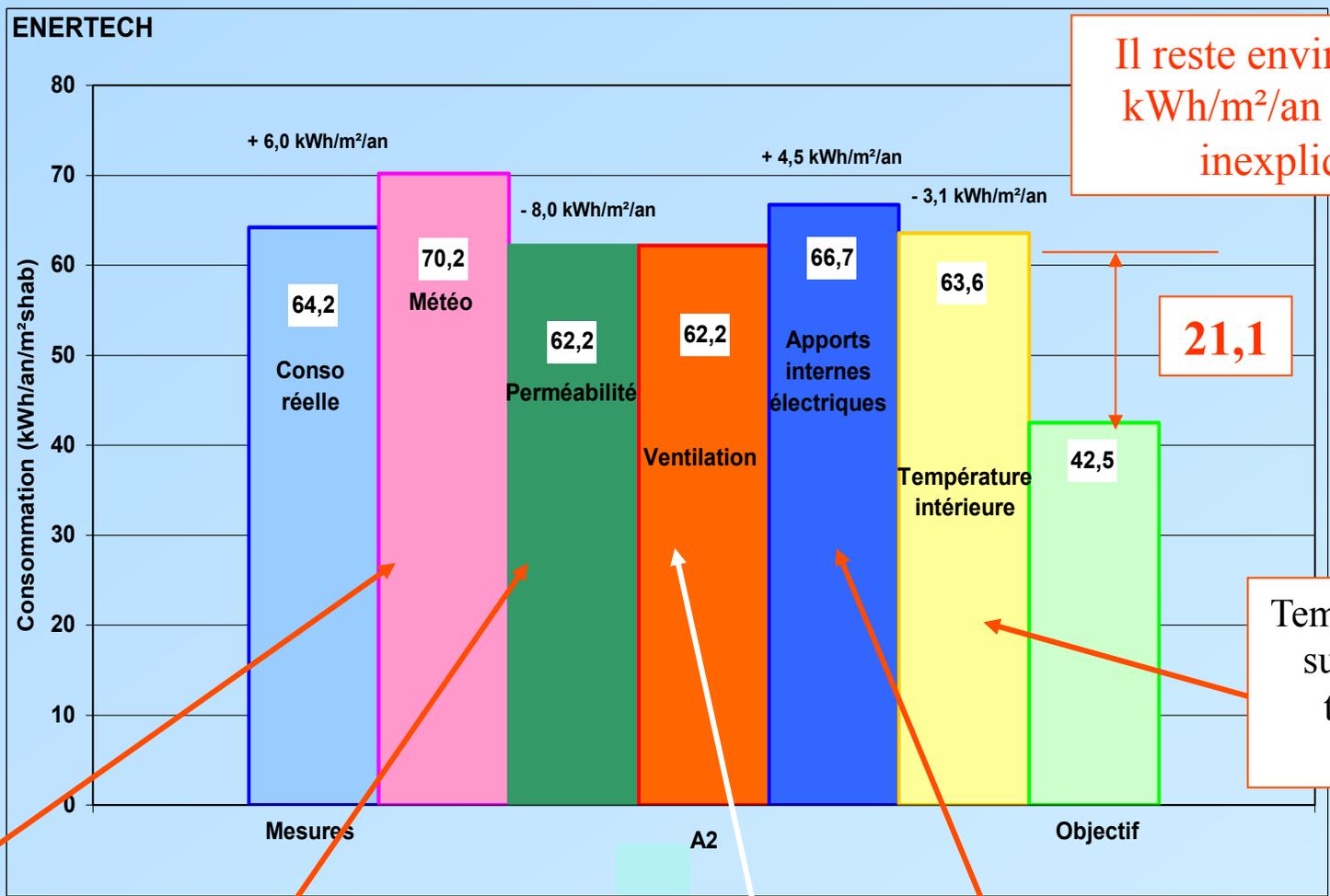
Perméabilité réelle moins bonne que prévue

Défauts ventilation = surconsommation

Apports électroménagers sur estimés

# 7 – Exemples de synthèse

## 3 – Bâtiment A2 (Le Compagnon)



Il reste environ 21,1 kWh/m²/an d'écart inexplicé

21,1

Température réelle supérieure à la température simulée

Météo plus clémente que la simulation

Perméabilité réelle moins bonne que prévue

Défauts ventilation = sous consommation

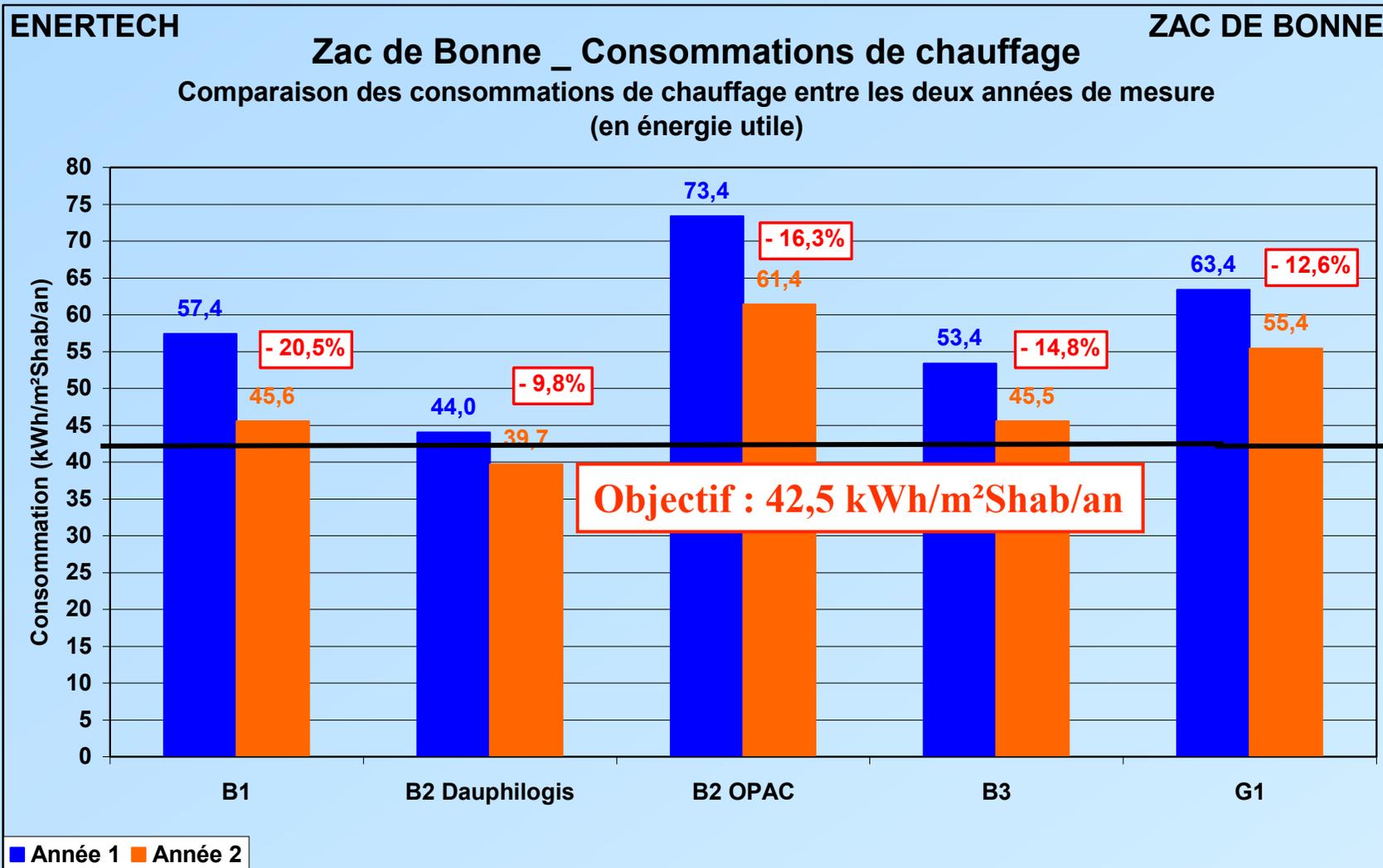
Apports électroménagers sous estimés

## **8 – Résultats de la seconde année (ZAC de Bonne)**

# Résultats de la seconde année

Des consommations en  
baisse de 14,8 %  
Moyenne : 49 kWh/m<sup>2</sup>/an

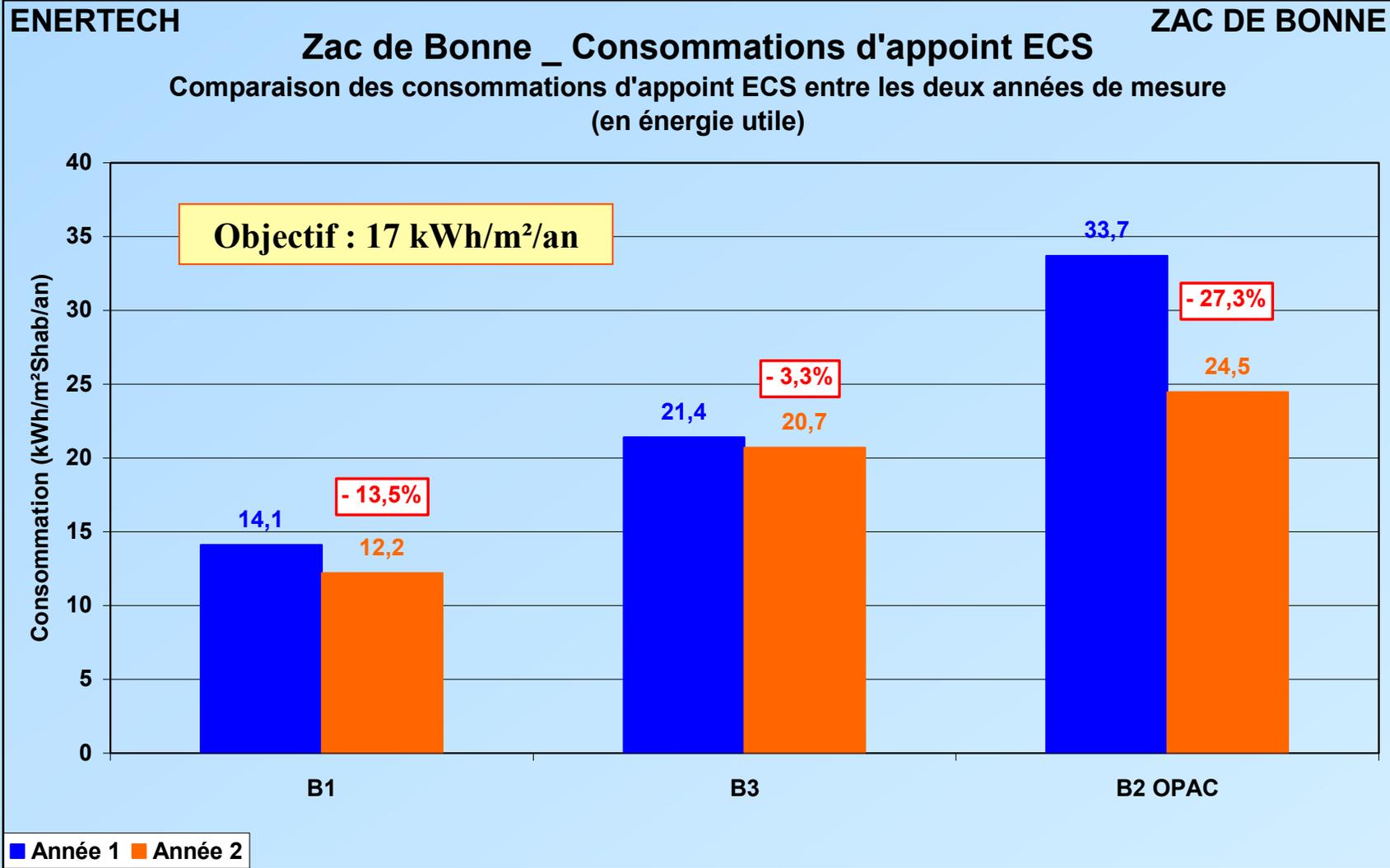
## CHAUFFAGE



# Résultats de la seconde année

**Des consommations en baisse de 14,0 %  
Moyenne : 19,1 kWh/m<sup>2</sup>/an**

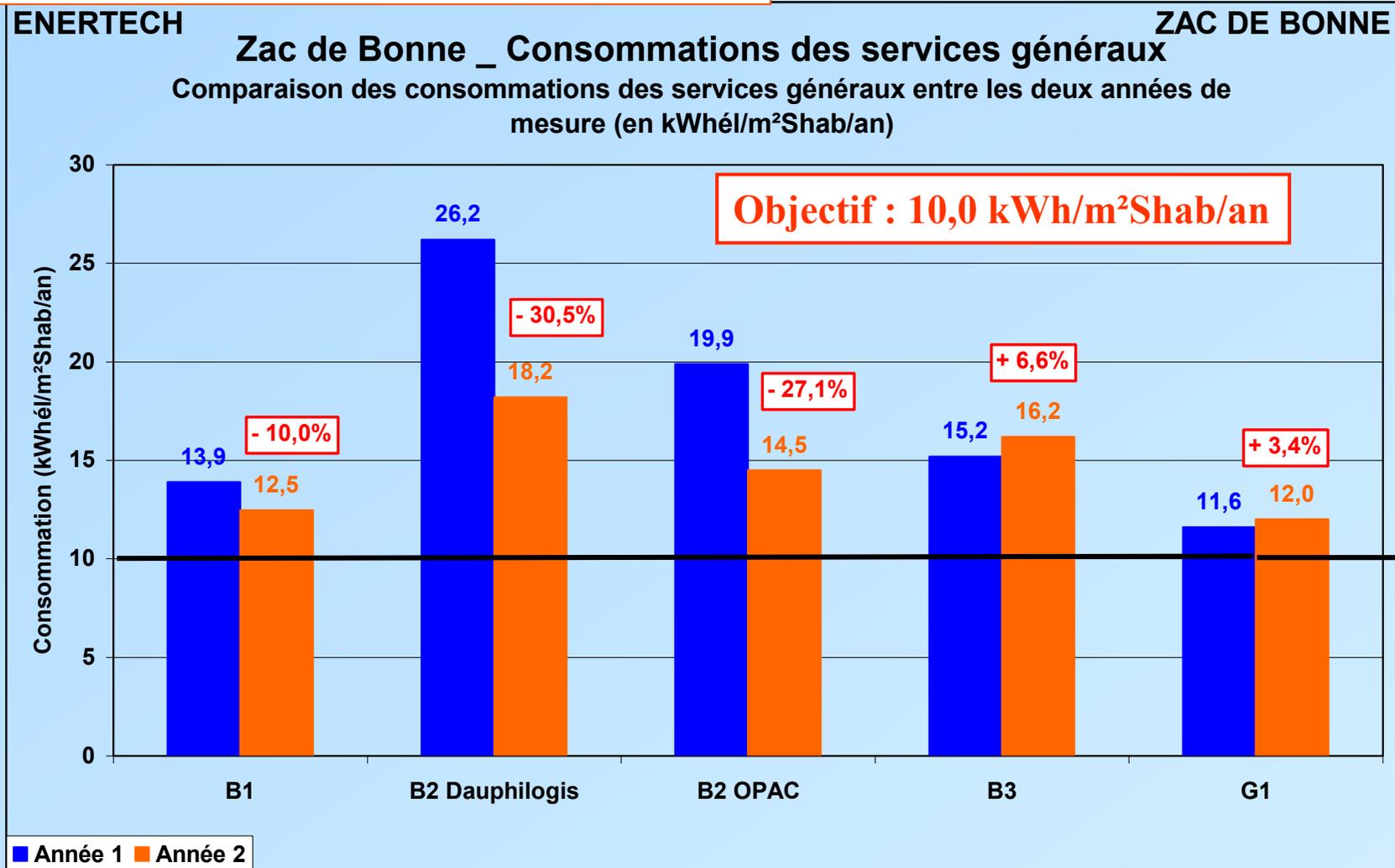
**ECS**



# Résultats de la seconde année

## ELECTRICITE des SERVICES GENERAUX

Des consommations en baisse de 11,5 %  
Moyenne : 14,7 kWh/m<sup>2</sup>/an



# CONCLUSION

# CONCLUSION

Les premières opérations niveau BBC et l'évaluation très détaillée qui en a été faite ont parfaitement fonctionné comme **un laboratoire**. Les enseignements sont multiples et vont permettre de progresser sur de nombreux plans :

1 – Il paraît **impossible de prévoir une consommation d'énergie** dans un bâtiment : trop de paramètres non maîtrisables entrent en jeu. La météo exacte du site, les débits d'air, la température de consigne, la qualité de la perméabilité à l'air des parois, la nature des équipements électriques, le comportement de l'utilisateur, etc

2 – Techniquement, un **guide des bonnes pratiques** va être publié. Il permettra à chacun, de la conception à la réalisation et à la maintenance, d'améliorer son approche en améliorant sa qualification et sa connaissance du fonctionnement des bâtiments à basse consommation.

# CONCLUSION

3 – Néanmoins, pour améliorer la performance des bâtiments livrés il faut :

- que les Maîtres d' Ouvrage confient des **missions de suivi de chantier au bet,**
- une **évolution de la compétence des bet** qui n' ont pas encore toujours perçu l' importance des changements techniques à mettre en œuvre, et qui doivent retourner sur les chantiers faire de véritables suivis (pour ceux qui ont la mission),
- de la **formation en profondeur des entreprises,** pour améliorer la mise en œuvre mais surtout le réglage et la mise au point des installations, le tout sous l' angle de l' efficacité énergétique (concept pas du tout à la mode),

# **LE PROGRAMME DE RENOVATION**

## **COUTS ET STRATEGIE DE FINANCEMENT**

## 1 – QUELS COUTS?

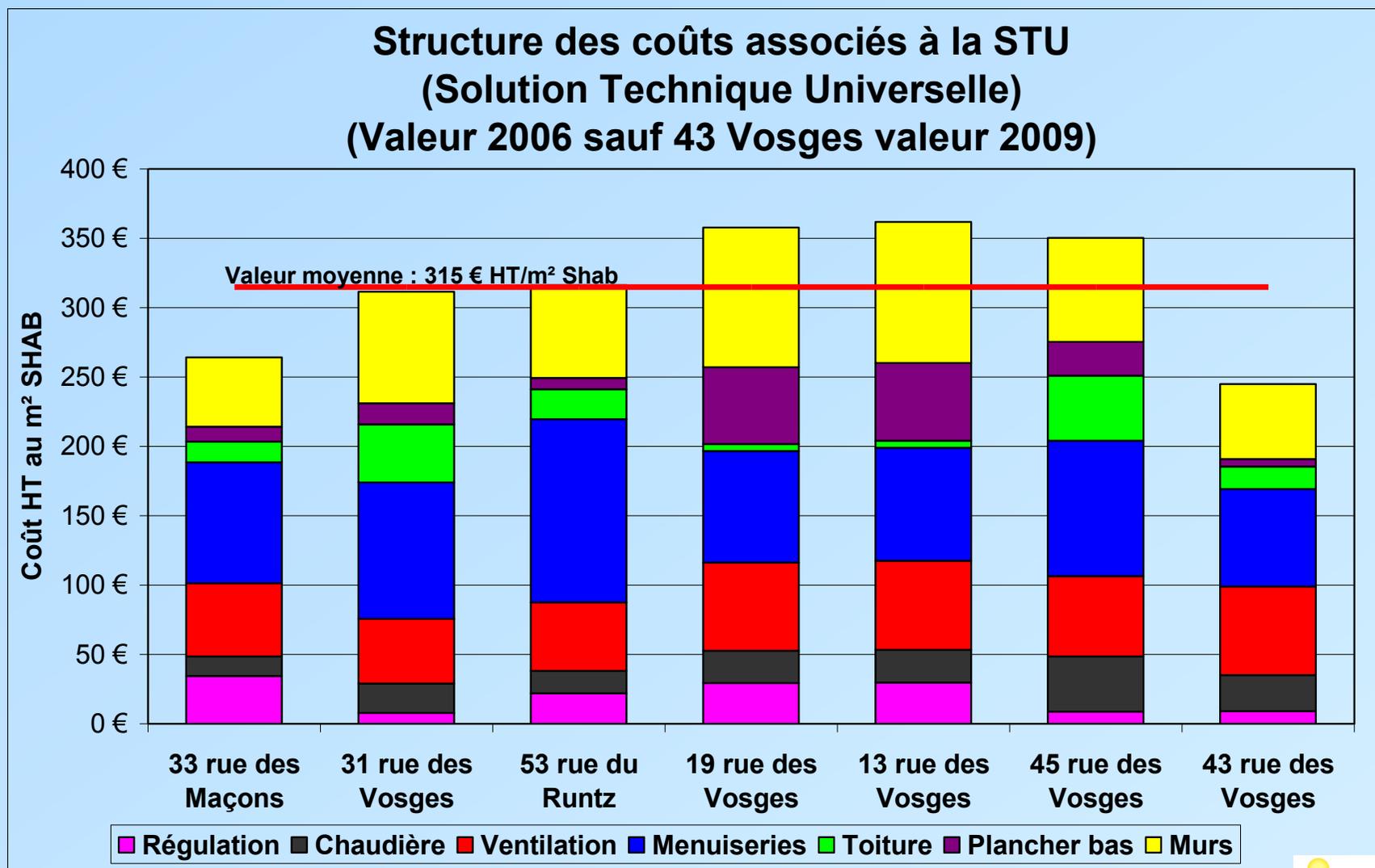
Nicholas Stern : « La lutte contre le changement climatique coûtera annuellement 1% du PIB mondial, mais le coût de l' inaction coûtera plus de 5 % de ce PIB »

# ANALYSE ECONOMIQUE

Les Solutions Techniques  
de Référence

Coûts observés à Mulhouse en 2006

Retour d'expérience

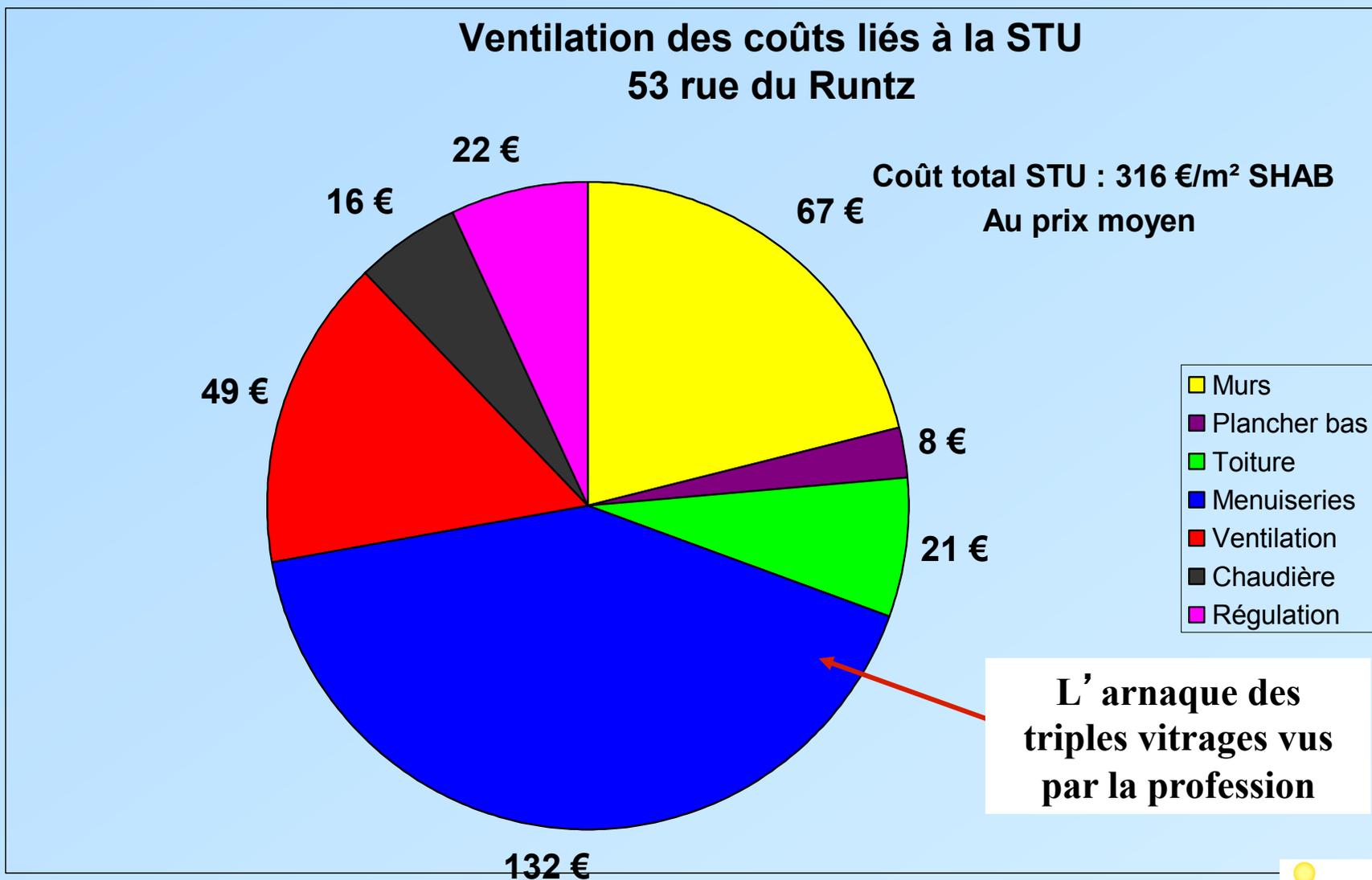


# Les Solutions Techniques de Référence

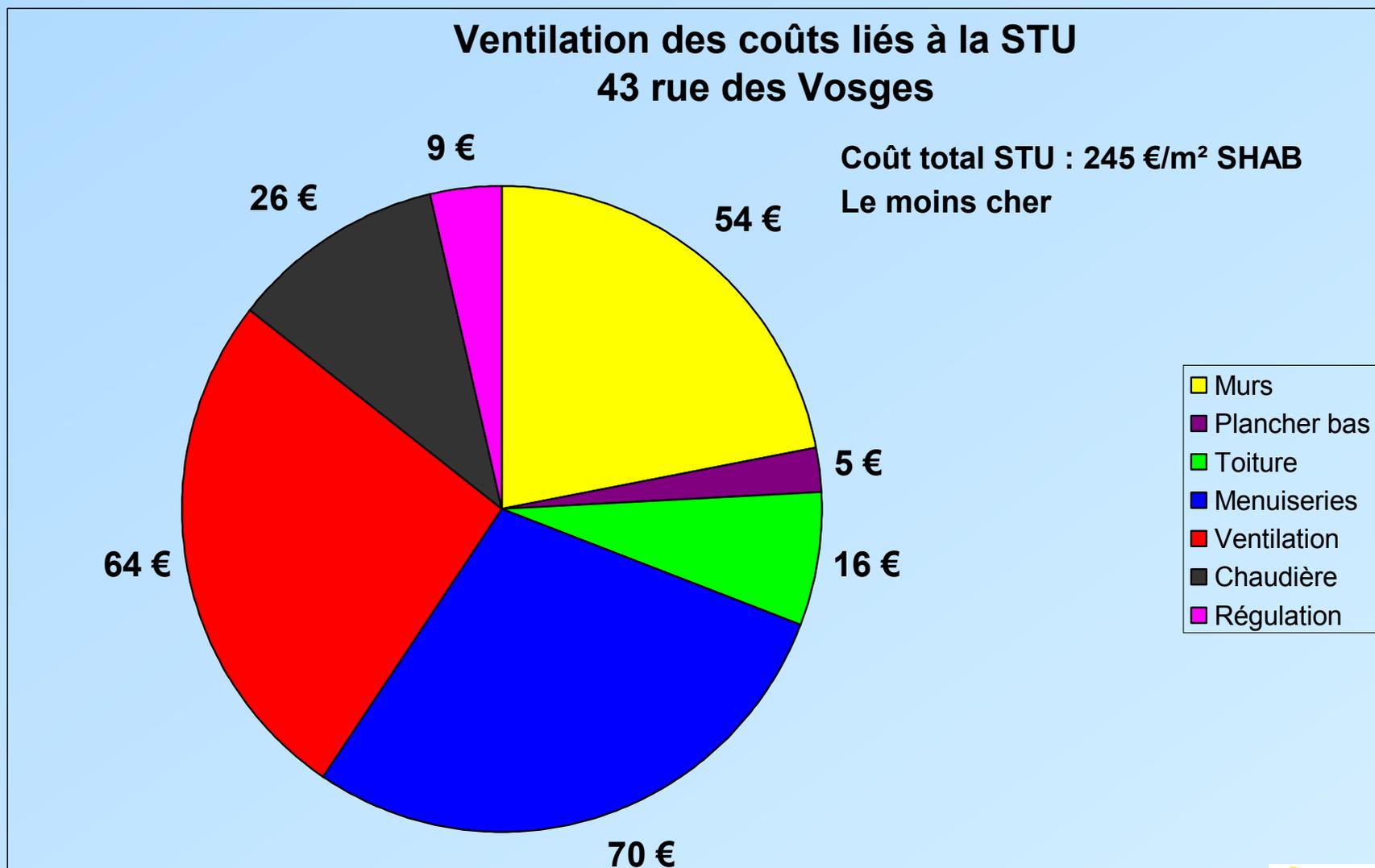
## Coûts observés à Mulhouse en 2006

Structure des coûts

Opération au **coût moyen**



## Coûts observés à Mulhouse en 2006

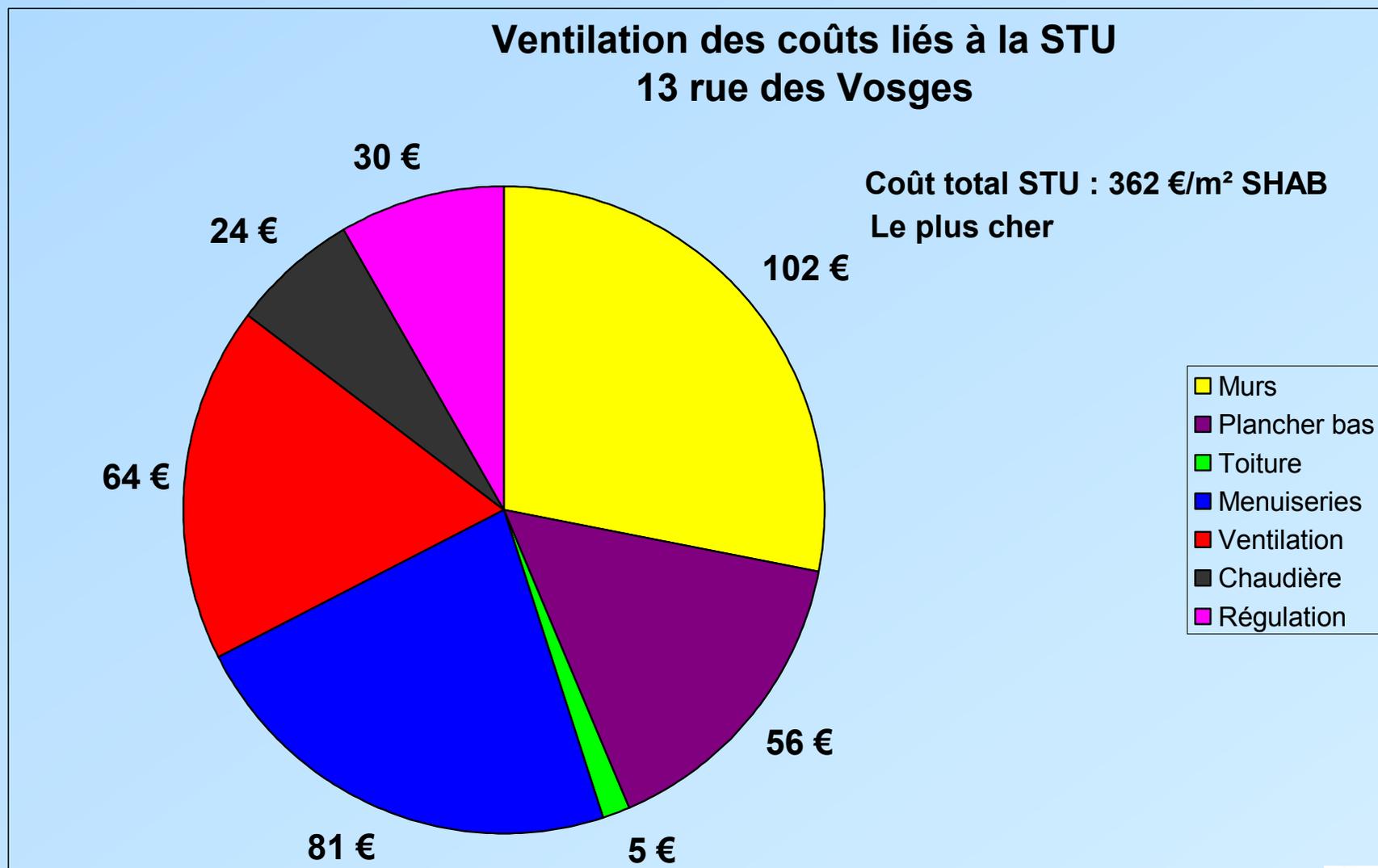


# Les Solutions Techniques de Référence

Coûts observés à Mulhouse en 2006

Structure des coûts

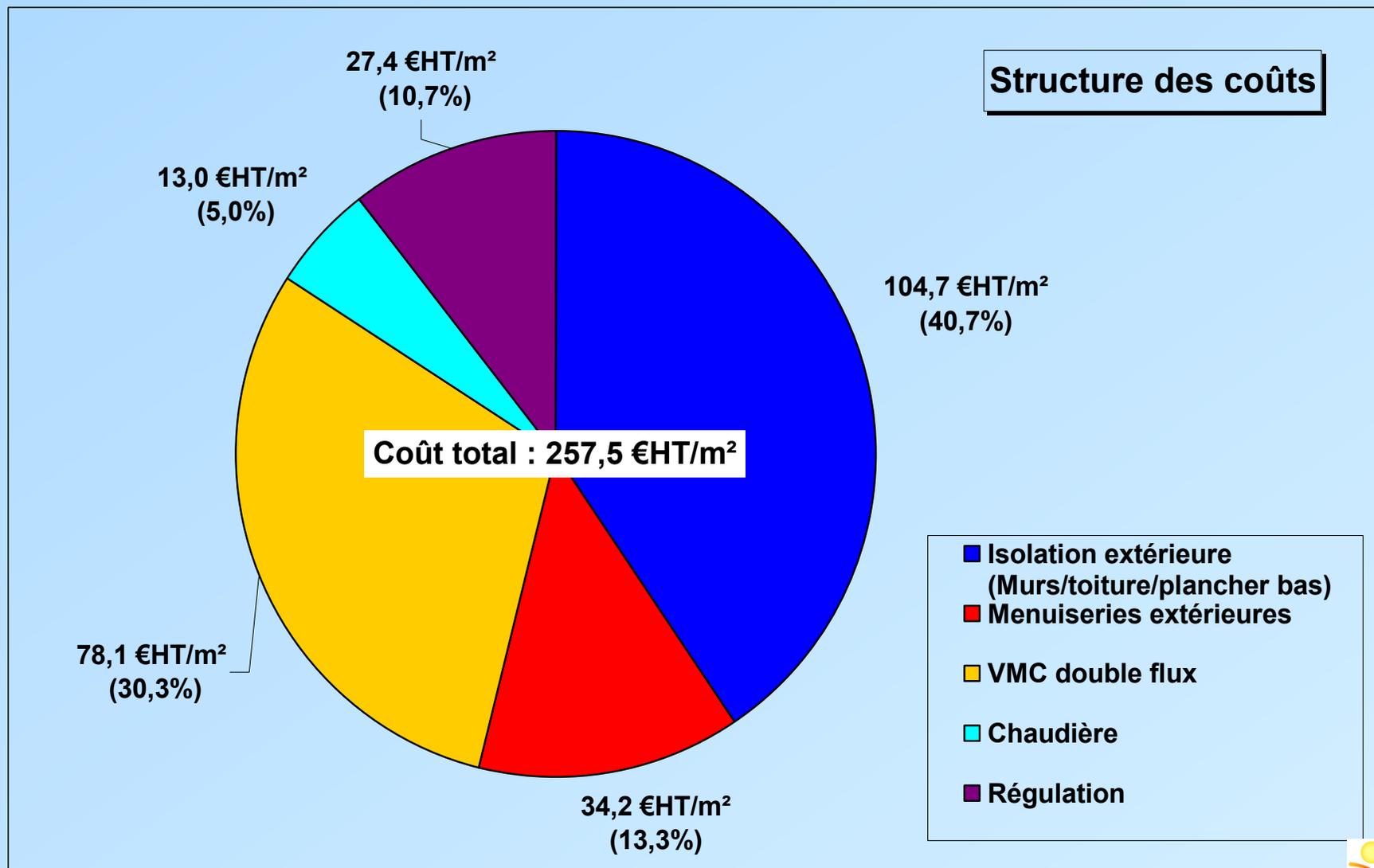
Opération *la plus chère*



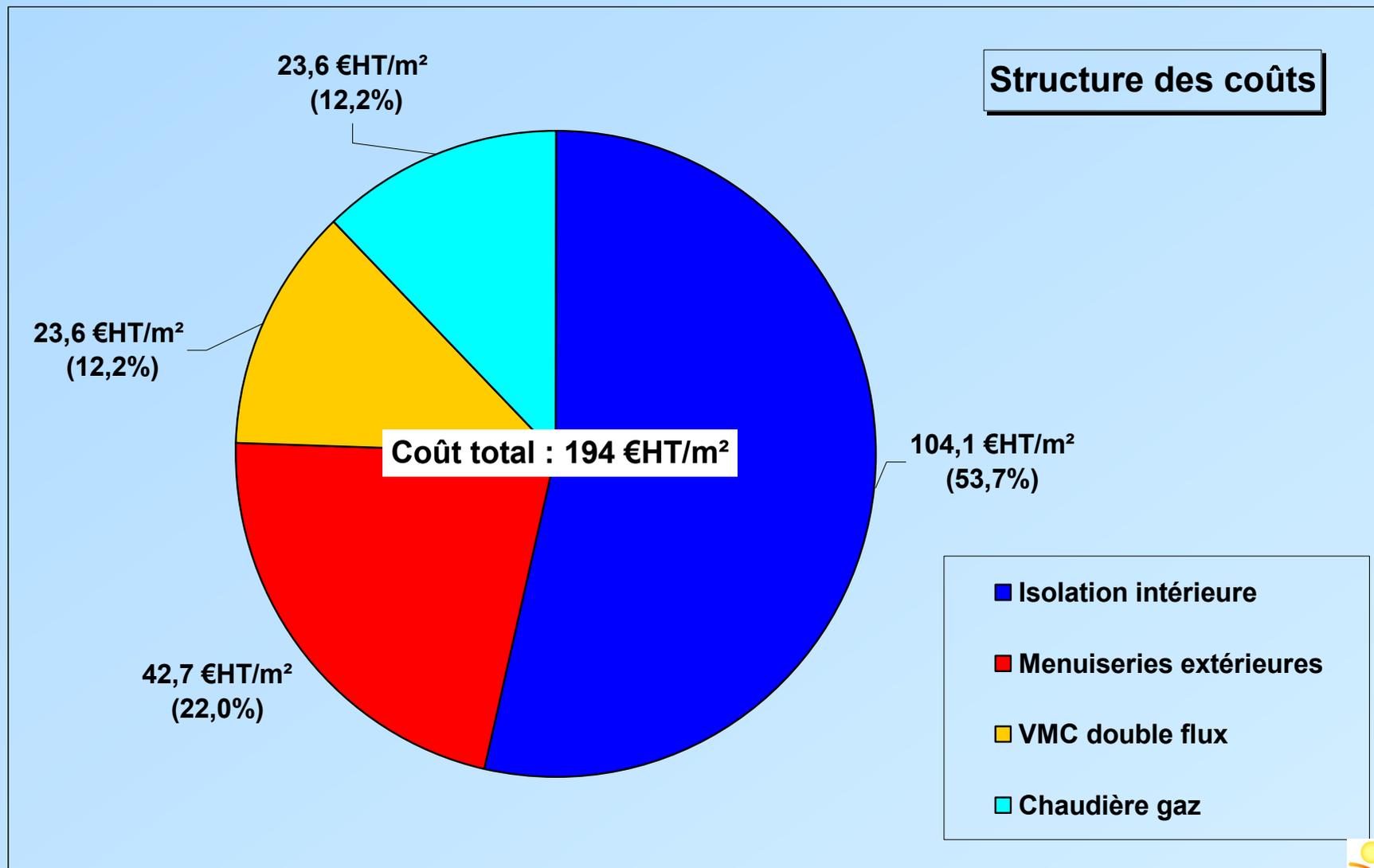
# Les Solutions Techniques de Référence

## 20 logements à Nuits St Georges (Côte d'Or) – SCIC Habitat

*Opération en logement social et en site occupé*



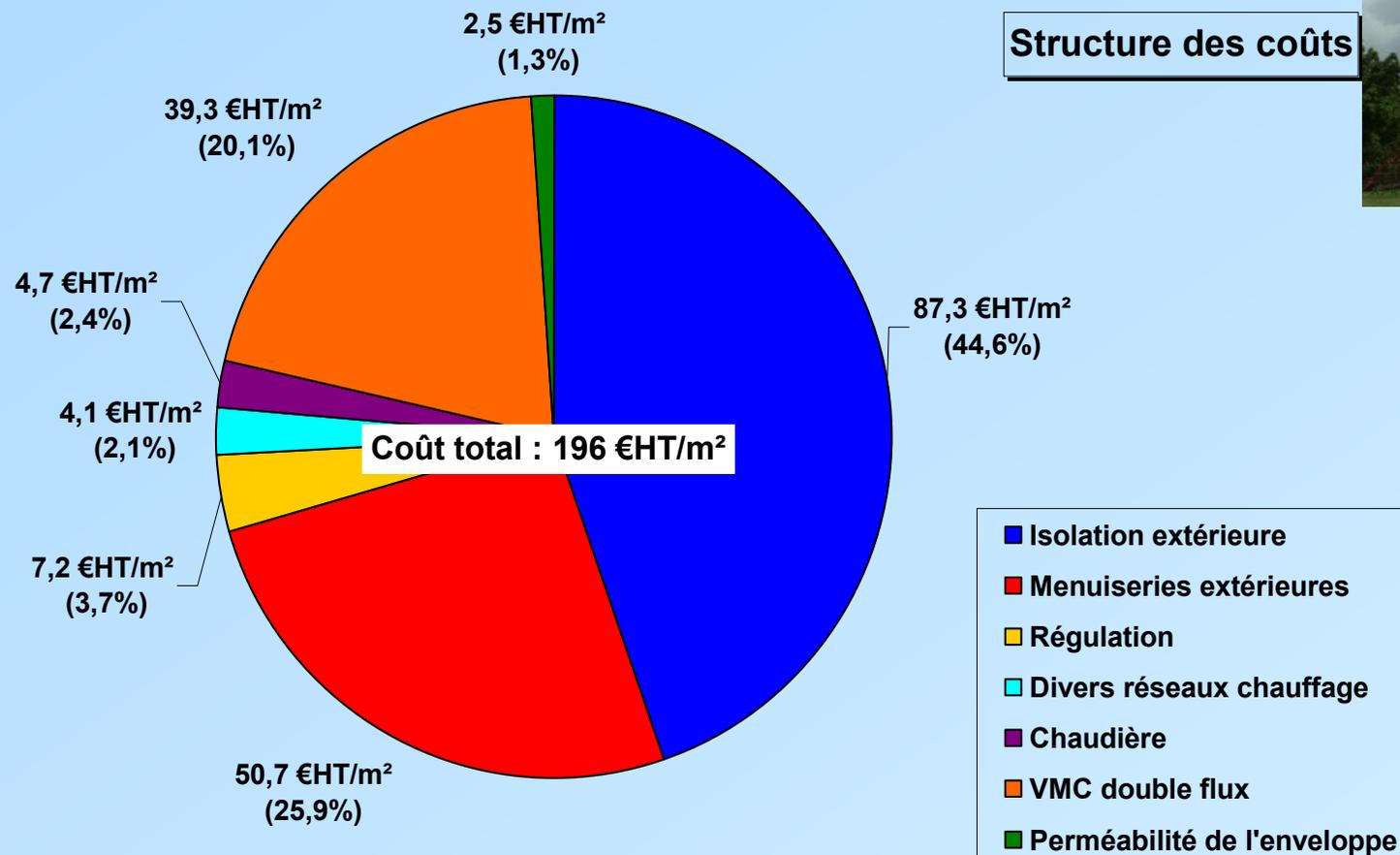
### Maison Latapie en Saône et Loire



### Résidence du Parc de la Noue à Bagnolet 450 logements



Structure des coûts

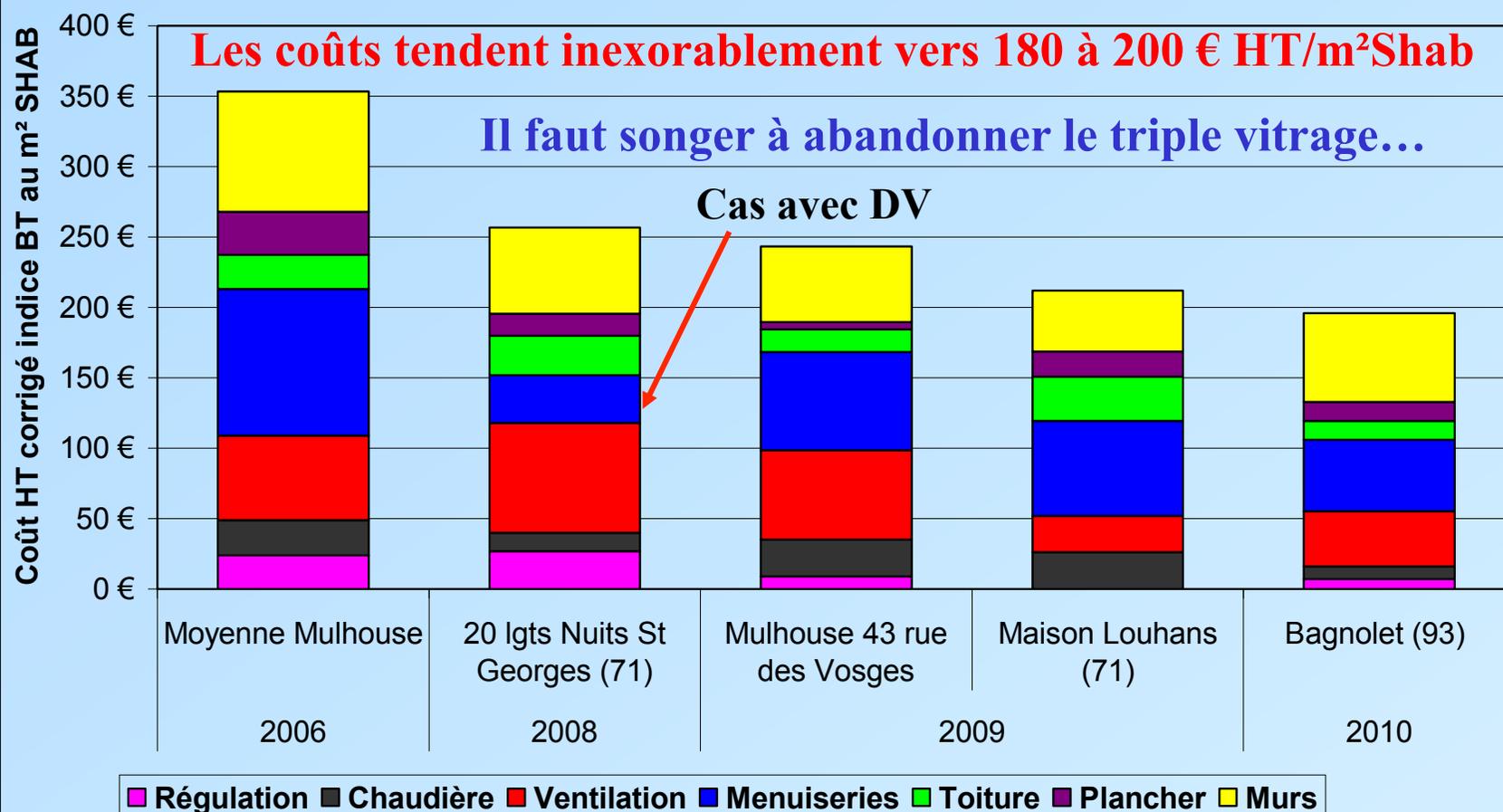


# Les Solutions Techniques de Référence

Comme prévu, il existe bien une courbe d'apprentissage et les prix baissent très vite

Evolution des coûts observés dans le temps (coûts actualisés)

### Evolution des coûts actualisés associés à la STU - prix indice Nov 09



## **2 – QUELS MODES DE FINANCEMENT?**

## *Combien ça coûte? Comment on finance?*

1 – Coût moyen (Valeur Nov. 2009) : 200 € HT/m<sup>2</sup> hab  
Enjeu : 1.000.000 logts soit 14,5 MD €/an

Question : est-ce que c' est beaucoup ?????

Ordre de grandeur : c' est le montant des bénéfices annuels de TOTAL en 2008 et les bénéfices cumulés de TOTAL, BNP et France Télécom en 2009..... En 2010, le bénéfice de toutes les entreprises du CAC 40 a été de **83 MD euros, celui de Total de 10,3 MD €.**

**Suggestion** : on est en guerre contre le climat, et il faut utiliser les moyens qui sont ceux de la guerre. D' où cette proposition :

**Et si on finançait tous les travaux d' un grand plan national de rénovation par une taxe de 18 % sur les bénéfices des entreprises du CAC 40, remboursable avec un taux zéro sur 20 ans?**

## *Combien ça coûte? Comment on finance?*

**2 – Objectif : financer tous les travaux par des prêts sur 20 ans, ce que justifie l'ampleur des travaux et la valorisation patrimoniale résultante.**

**En Suisse, les bâtiments basse consommation valent, toutes choses égales par ailleurs, 10 à 15% plus cher que les bâtiments ordinaires. Donc, rénover son logement doit être considéré comme un placement financier très sécurisé : on retrouvera toujours son argent lors de la revente.**

3 – Avec un prix de l'énergie de 5 cts/kWh augmentant de 2,5%/an, tous les travaux dont le coût est inférieur ou égal à 200 euros HT/m<sup>2</sup> (TVA à 5,5 %) sont finançables par des prêts à 4,5% disponibles sur le marché. Sans aide de l'Etat.

Mais avec des prêts à taux zéro sur 20 ans (financés par un emprunt sur les bénéfices boursiers), le montant des travaux pourrait atteindre 300 euros HT/m<sup>2</sup>.

**4 – A 135 dollars le baril, rénover à basse consommation devient une opération financière de « bon père de famille ». Une opération à faire pour ne pas perdre d'argent mais au contraire en gagner beaucoup !**

**Alors qu'attend-on pour commencer ????**

# EXEMPLES DE REALISATIONS

# **3 – RENOVATION DU QUARTIER FRANKLIN A MULHOUSE**

## Le quartier Franklin à Mulhouse (Ht Rhin)

*Mise en oeuvre de la  
solution technique  
universelle*



Début : Juin 2005 – Livraison : Juillet 2007

### **La Solution Technique Universelle :**

- 1 - murs et planchers bas : + 4,3 m<sup>2</sup>°C/W**
- 2 – toiture : + 7,5 m<sup>2</sup>°C/W**
- 3 – menuiseries bois avec triple vitrage peu émissif et lames d'argon**
- 4 – ventilation double flux avec échangeur**
- 5 – système de chauffage au choix :**
  - gaz à condensation**
  - fioul haut rendement**
  - électricité : PAC avec COE>3**
  - bois**





Les premiers bâtiments ont été livrés en août 2007 :

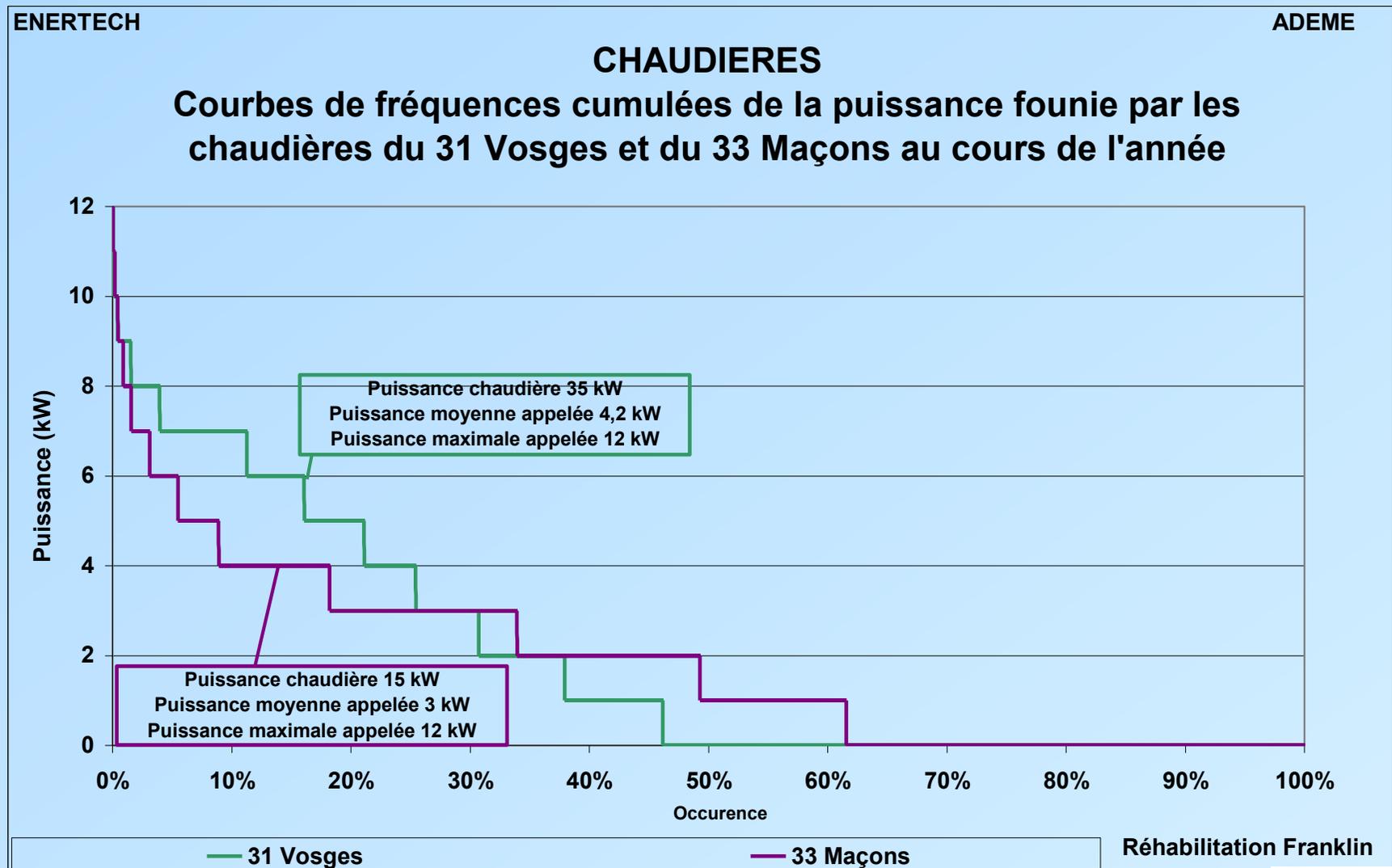
**1 – On n' a pas connu de problèmes techniques majeurs**

**2 – Test d' étanchéité porte soufflante :  
5 vol/h sous 50 Pa....**

**bonne étanchéité autour des fenêtres, mais  
gaines électriques catastrophiques!**

**3 – Campagne de mesure achevée.**

## Mulhouse : quartier Franklin

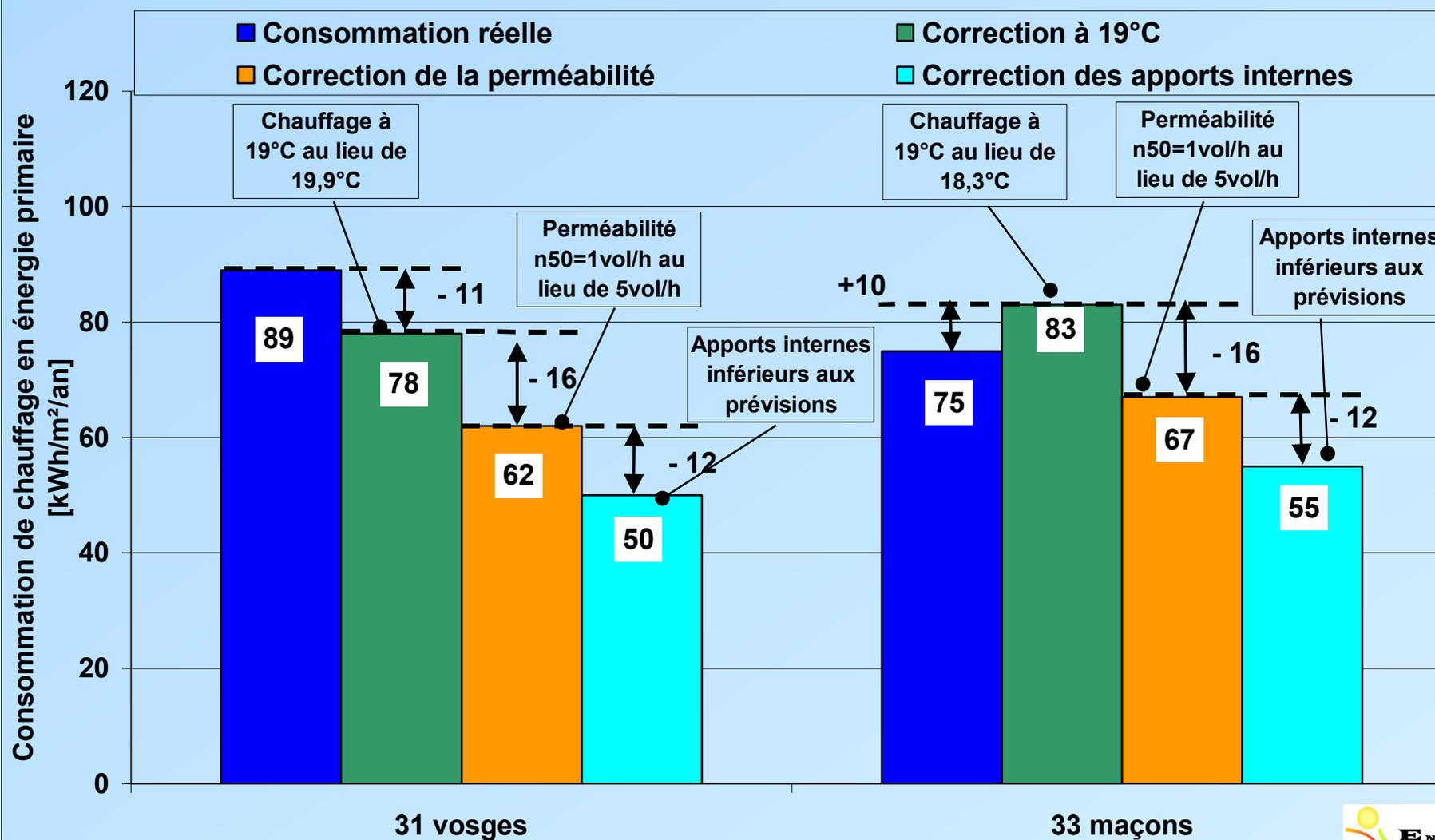


## 7 – Exemples de synthèse

Les synthèses qui suivent ne concernent que le chauffage, mais ni l' ECS ni l' électricité

## 4 – Rénovations basse consommation à Mulhouse (Logements)

### Les causes de la dégradation des performances attendues



**4 – 104 LOGEMENTS SOCIAUX A AUTUN  
OPAC 71 – APBE BOURGOGNE**

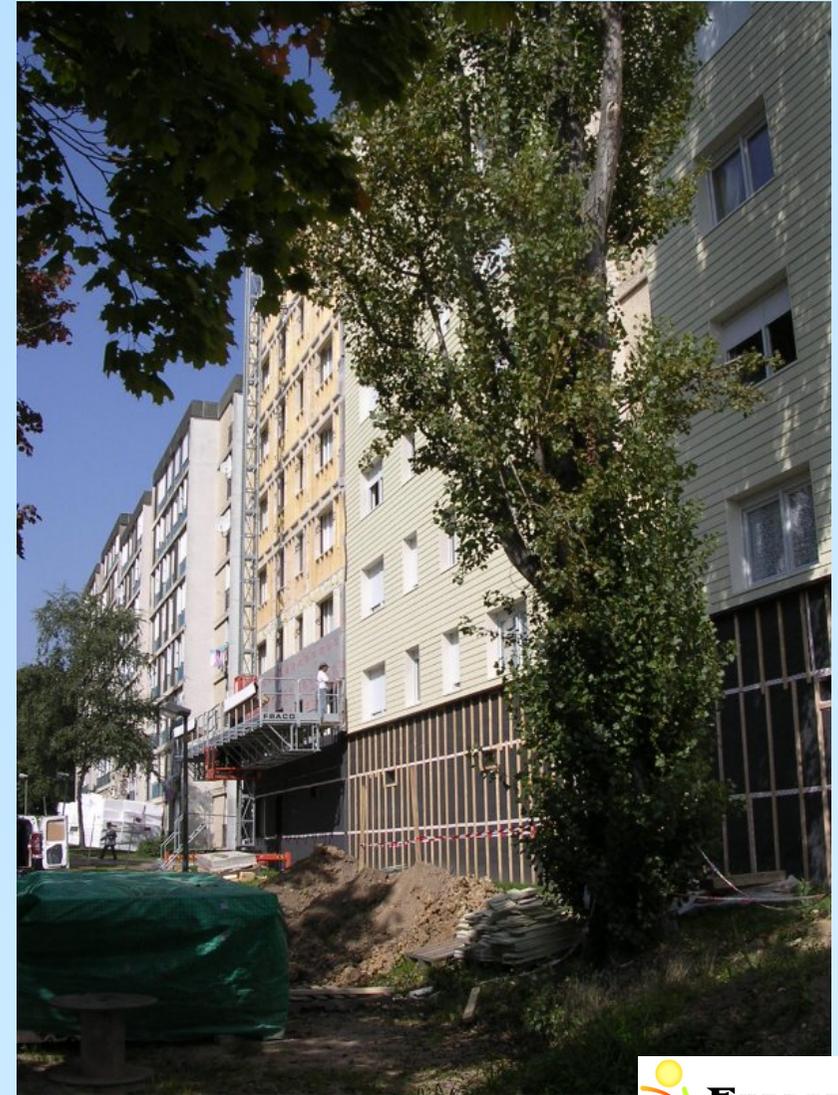
## La Bourgogne

**104 logements sociaux, façade sans grand caractère. Isolation par l'extérieur avec bardage.**



**Toujours penser aussi à la migration de vapeur dans les parois lors du choix**

**Rénovation de 104 logements à Autun (solution technique de référence, 15 cm de LM)**



**Pour en savoir plus :**

**[www.enertech.fr](http://www.enertech.fr)**

**(tous les rapports sur la ZAC de Bonne sont sur ce site)**