

**LYON – 26 Février 2009**

**Rencontres BlueBat 2009**

**Les bâtiments à énergie positive : déjà une réalité en région  
Rhône Alpes**

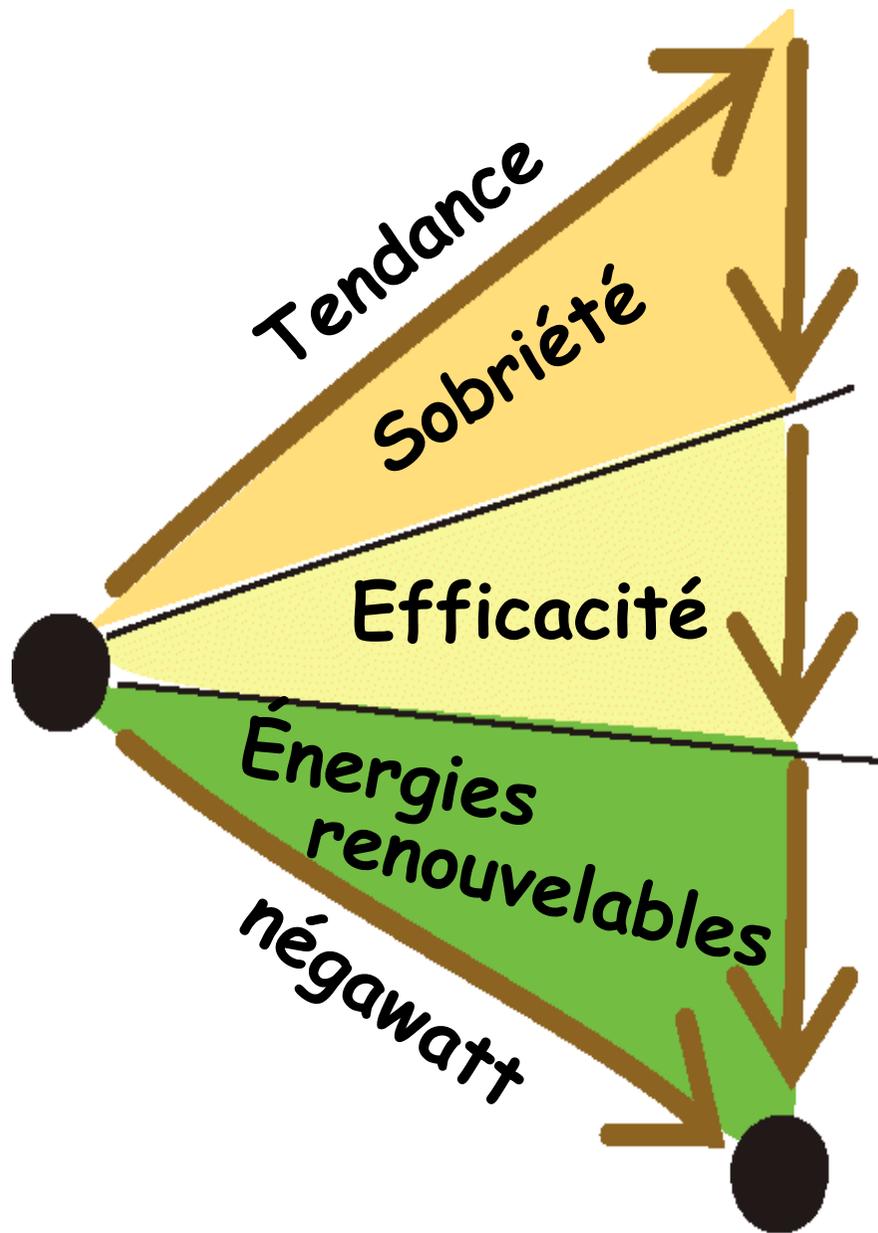
**La Cité de l'Environnement (St Priest)  
Approche énergétique**

*Olivier SIDLER – Sté ENERTECH*

## **A - La conception générale**

---

# La démarche « Négawatt »



1.

Cela consiste à supprimer les gaspillages absurdes et coûteux à tous les niveaux de l'organisation de notre société et dans nos comportements individuels.

Elle s'appuie sur la responsabilisation de tous les acteurs, du producteur au citoyen.

2.

Il faut réduire le plus possible les pertes lorsqu'on utilise ou transforme l'énergie. Il est possible d'ores et déjà de réduire d'un facteur 2 à 5 nos consommations d'énergie avec les techniques existantes.

3.

Le solde énergétique doit maintenant être couvert par les ENR. Elles sont inépuisables et leur impact sur l'environnement est faible. Elles viennent toutes du soleil. Il est encore là pour 5 milliards d'années.

# A - La conception générale

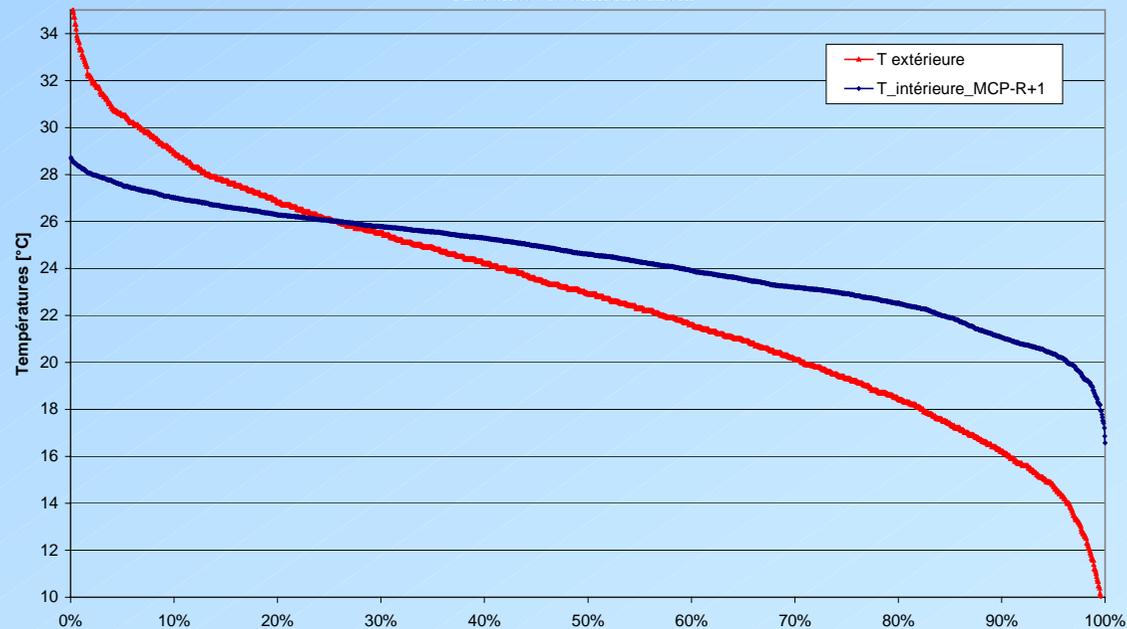
*La méthode et les outils*

*Un outil indispensable :  
La simulation dynamique*

- les bâtiments à faible consommation ont un comportement nouveau et mal connu, **en hiver** comme **en été**,



Fréquences cumulées des températures dans la zone MCP / R+1 du 15 juin au 15 septembre.  
Surventilation nocturne de 4 vol/h et protection solaires optimales.  
Absence de climatisation.



# **A - La conception générale**

---

## **1 - Réduire les besoins**

### **1.1 Chauffage/Rafrâichissement**

# 1 – Réduire les besoins

## 1.1 Chauffage et rafraîchissement

### 1.1.1 Une enveloppe compacte et très isolée

- Deux parallélépipèdes reliés par un patio

- Des coeff. U très faibles, mais pas exceptionnels :

-  $U_{\text{mur}} : 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$

-  $U_{\text{plancher bas}} : 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$

-  $U_{\text{toiture}} : 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$

-  $U_w : 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$  grâce au triple vitrage sur menuiserie bois/alu

(avec facteur solaire de 0,5)

$$U_{\text{bat}} = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$$

**Remarque : il n'y a pas de bâtiment E+ sans triple vitrage !**

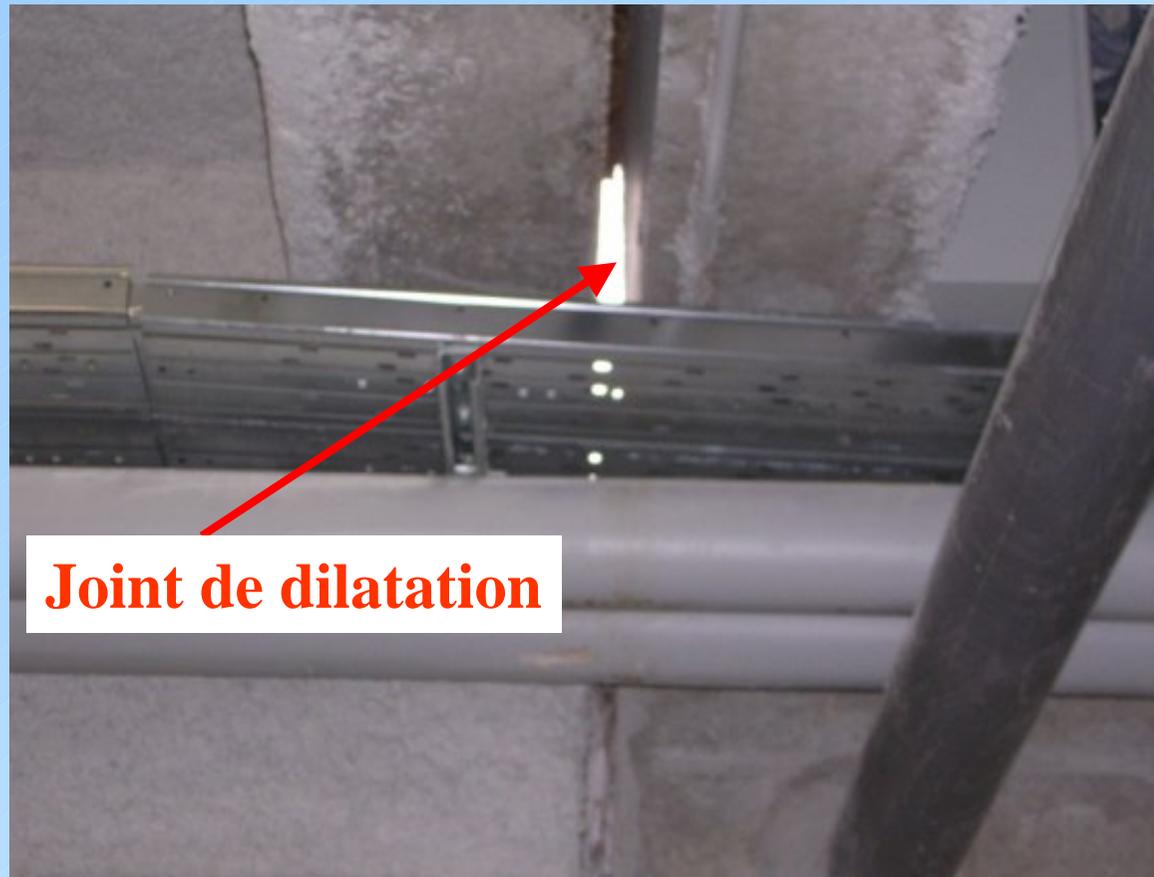


# 1 – Réduire les besoins

## 1 1.1 Chauffage et rafraîchissement

### 1.1.2 Une gestion de l'air très performante

**Étanchéité à l'air de l'enveloppe : essentielle pour réussir un bâtiment à faible consommation.**



- jonctions mur/menuiserie
- jonctions toiture/murs
- joints de dilatation
- goulottes électriques venant de l'extérieur du volume étanche,
- joints de portes
- trappes sur gaines non étanches
- pénétrations des réseaux divers dans le volume étanche

# 1 – Réduire les besoins

## 1 1.1 Chauffage et rafraîchissement

### 1.1.2 Une gestion de l'air très performante

**Etanchéité à l'air de l'enveloppe**

**Ventilation double flux avec récupération de chaleur**



# 1 – Réduire les besoins

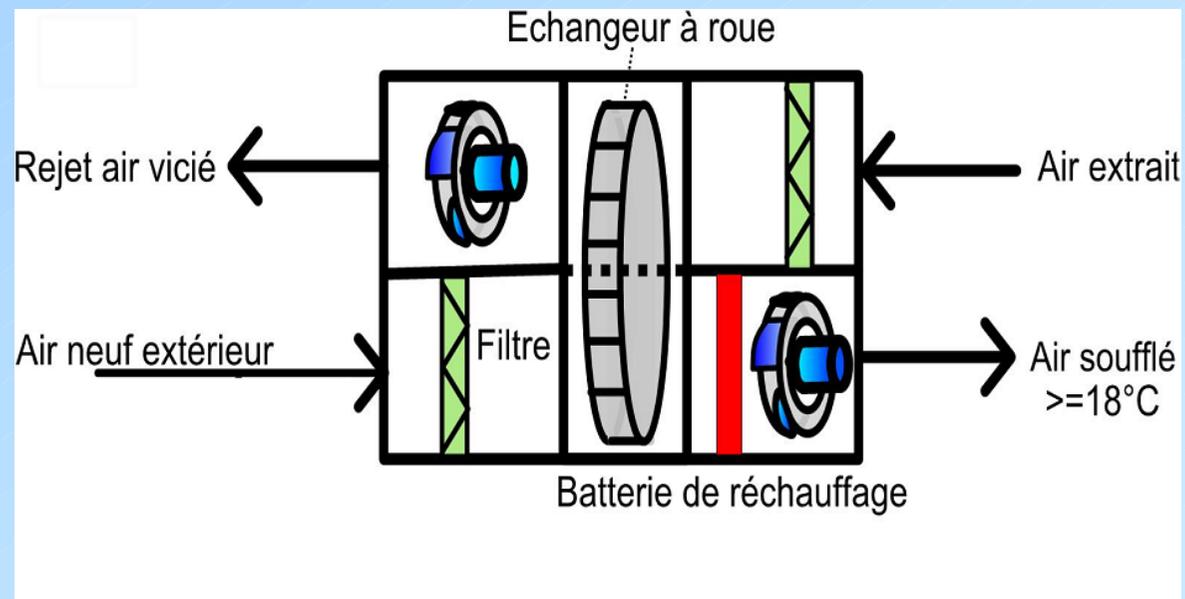
## 1 1.1 Chauffage et rafraîchissement

### 1.1.2 Une gestion de l'air très performante

**Étanchéité à l'air de l'enveloppe**

**Ventilation double flux avec récupération de chaleur**

**Echangeur rotatif avec efficacité de 80 %**

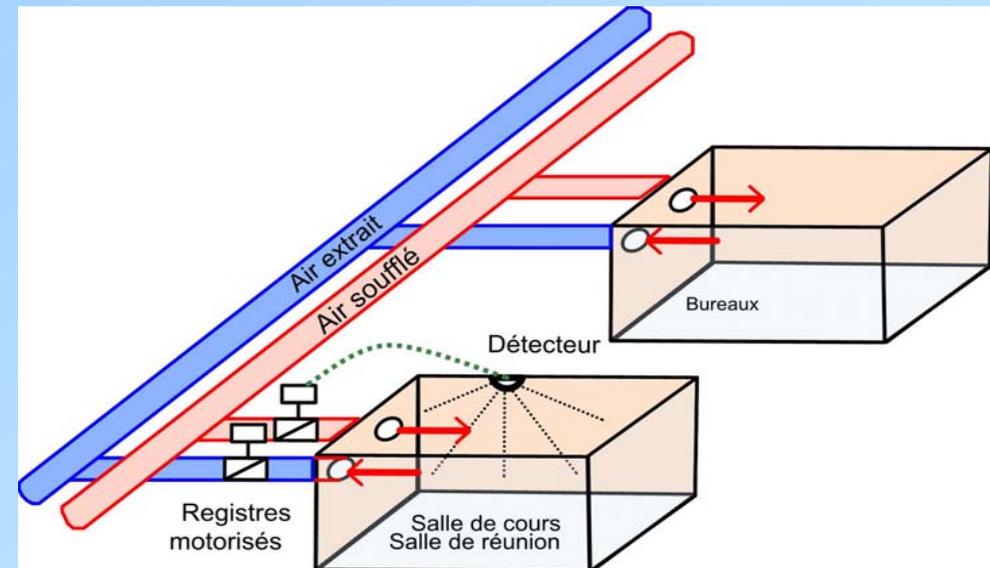


# 1 – Réduire les besoins

## 1 1.1 Chauffage et rafraîchissement

### 1.1.2 Une gestion de l'air très performante

**Rappel :** dans un réseau donné, la consommation d'électricité d'un ventilateur croît avec le cube du débit



### Ventilateurs à vitesse variable :

- débit des salles de réunion et de formation asservi à la présence
- modulation des débits des bureaux en fonction des effectifs
- arrêt de la ventilation en dehors des heures d'occupation.

# 1 – Réduire les besoins

## 1.1 Chauffage et rafraîchissement

### 1.1.3 Gérer les apports gratuits

**Ils sont nécessaires en hiver, mais peuvent être dangereux en été**

**Il s'agit :**

- **des apports internes (humains, machines, etc),**
- **des apports solaires : optimisation des apports**

**La solution : l'inertie thermique par les planchers hauts et bas. Elle permet à la fois une meilleure gestion de l'énergie, mais aussi un plus grand confort en été comme en hiver.**

**Mais l'inertie ne suffit pas : elle doit être associée à un refroidissement des structures pendant la nuit. Ici : la surventilation naturelle nocturne (4 vol/h) et le rafraîchissement « gratuit » de la dalle par l'eau venant de la géothermie.**

# 1 – Réduire les besoins

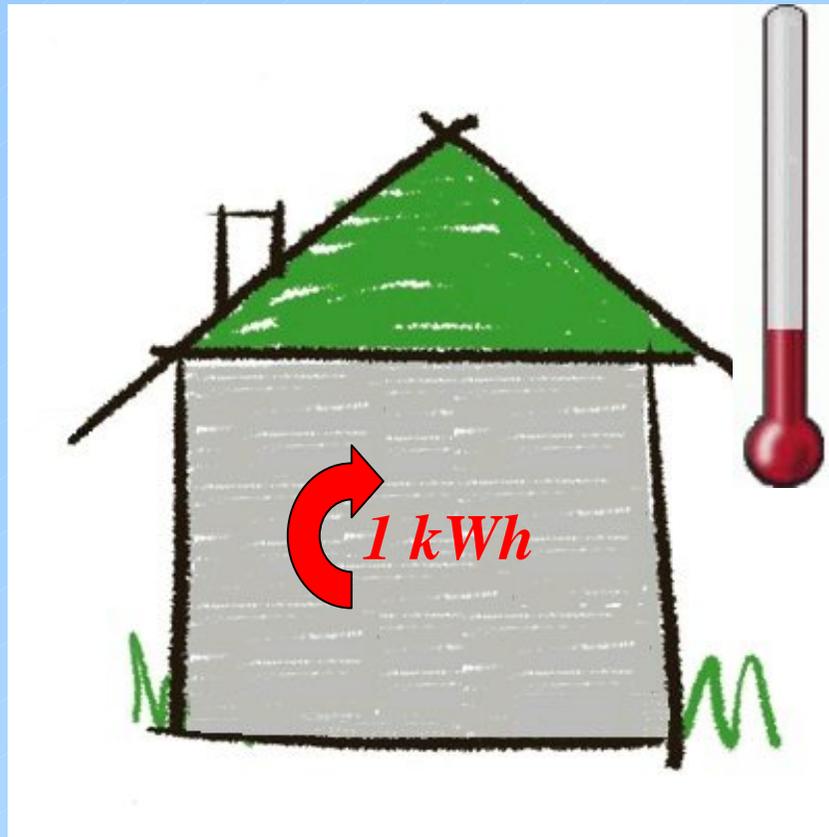
## 1.1 Chauffage et rafraîchissement

1.1.4 Réduire a minima les besoins de refroidissement : le problème du **confort d'été**

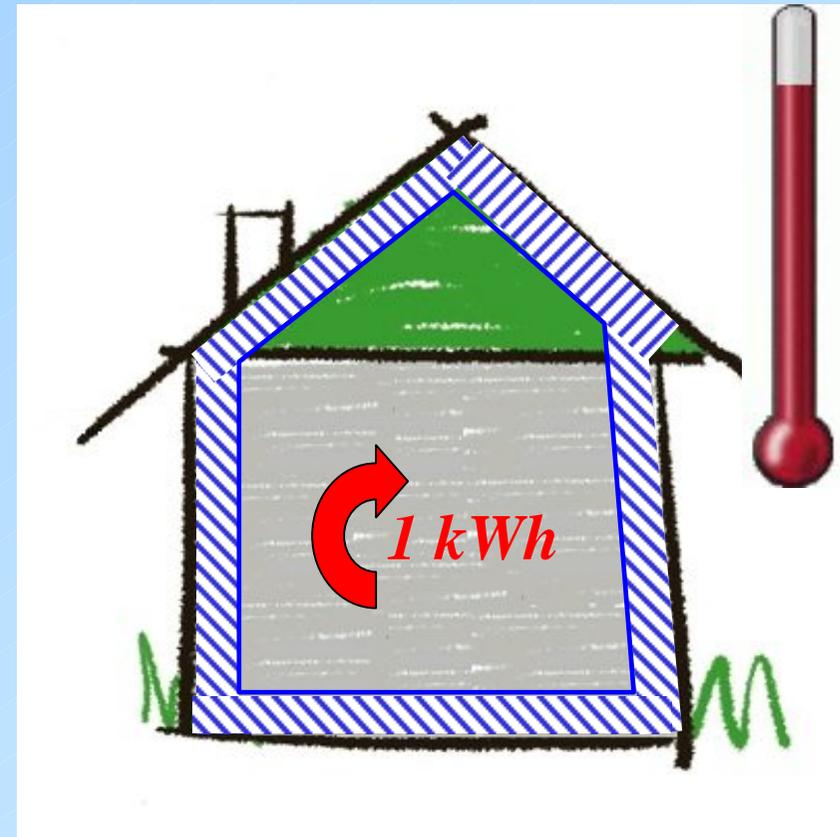
**Pourquoi les bâtiments très performants sont-ils beaucoup plus sensibles que les bâtiments ordinaires à l'inconfort en été ?????**

## Le confort d'été

### *Impact des apports gratuits sur le confort d'été*



*Maison non isolée*

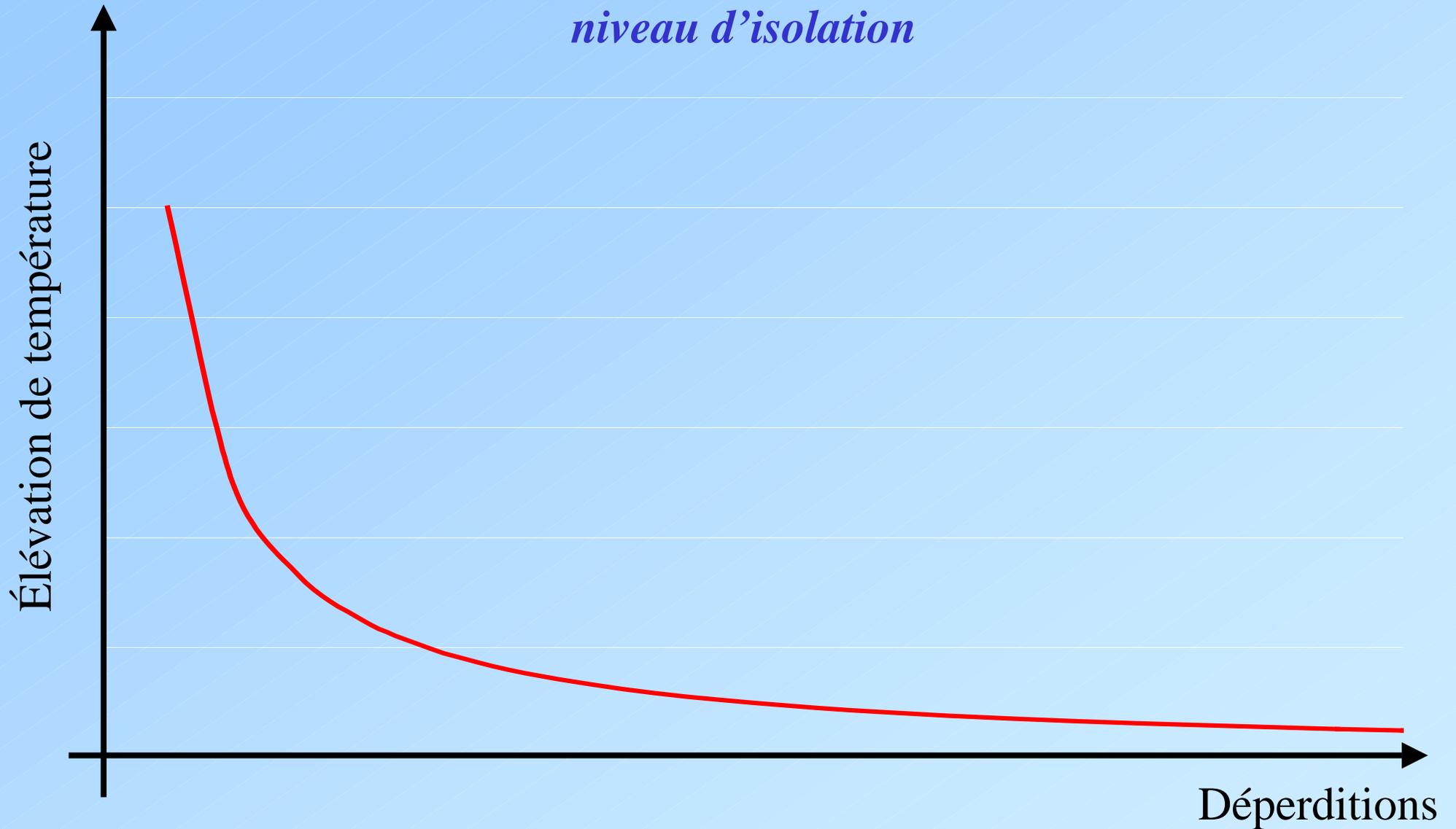


*Maison hyper isolée*

*Plus un bâtiment est isolé, plus sa température est sensible aux apports gratuits*

## Le confort d'été

*Élévation de température pour un apport donné en fonction du niveau d'isolation*



# 1 – Réduire les besoins

## 1.1 Chauffage et rafraîchissement

1.1.4 Réduire a minima les besoins de refroidissement : le problème du **confort d'été**

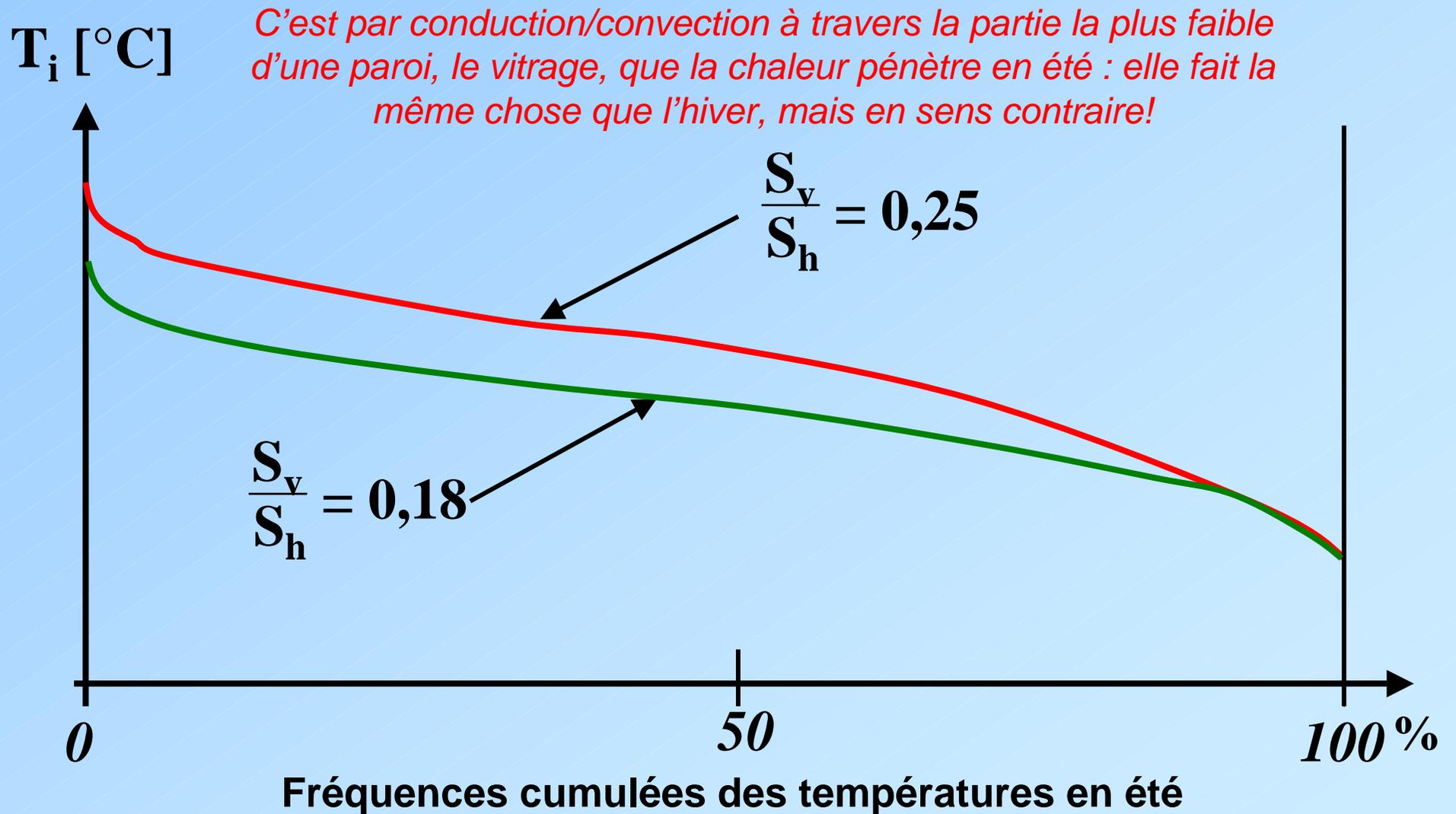
**Quelle stratégie pour le confort d'été?**

**1 – Réduire la taille des surfaces vitrées**

$$S_v/S_{utile} = 21 \%$$

## Le rapport $S_{\text{vitrée}} / S_{\text{hab}}$

**Un fort impact sur le confort d'été**



# 1 – Réduire les besoins

## 1.1 Chauffage et rafraîchissement

1.1.4 Réduire a minima les besoins de refroidissement : le problème du **confort d'été**

**Quelle stratégie pour le confort d'été?**

**1 – Réduire la taille des surfaces vitrées**

$$S_v/S_{utile} = 21 \%$$

**2 – Utiliser des occultations très efficaces**

## Les protections solaires



**Utilisation d'occultations  
extérieures contrôlées  
automatiquement en  
fonction de la course du  
soleil (façade Sud)**

# 1 – Réduire les besoins

## 1.1 Chauffage et rafraîchissement

1.1.4 Réduire a minima les besoins de refroidissement : le problème du **confort d'été**

**Quelle stratégie pour le confort d'été?**

**1 – Réduire la taille des surfaces vitrées**

$$S_v/S_{utile} = 21 \%$$

**2 – Utiliser des occultations très efficaces**

**3 – Maîtriser les apports internes....voir dans ce qui suit**

# 1 – Réduire les besoins

## 1.1 Chauffage et rafraîchissement

1.1.4 Réduire a minima les besoins de refroidissement : le problème du **confort d'été**



4 – Utiliser des brasseurs d'air : la température perçue chute d'environ 2°C

# **A - La conception générale**

---

## **1 - Réduire les besoins**

### **1.2 Minimiser les apports internes**

# 1 – Réduire les besoins

---

*1.2 Minimiser les apports internes*

**1 - Les personnes : une charge incompressible....**

# 1 – Réduire les besoins

## 1.2 Minimiser les apports internes

## 2 – Les consommations d'électricité : le VRAI DEFIL des BEPOS

### 2.1 La stratégie d'éclairage : 150/350 Lux + sources performantes + contrôle



- Commande de l'éclairage des parties communes et des sanitaires par détecteurs de présence.



Un éclairage très performant (**6 W/m<sup>2</sup>**) basé sur :

- Une différenciation entre zone de bureau et tâche de travail (200/400lux). Gradation auto = f(lumière nat)
- Des tubes T5 + ballasts électroniques
- Une lampe de travail avec LBC.

# 1 – Réduire les besoins

*1.2 Minimiser les apports internes*

## 2 – Les consommations d'électricité : le VRAI DEFI des BEPOS

### 2.2 La bureautique

Réduire la consommation de la bureautique d'un **facteur 20** grâce à :

- L'usage généralisé des ordinateurs portables qui permet de passer de **400 kWh/an à 20 kWh/an par machine**.
- La **suppression des réseaux ondulés** centralisés remplacés (qui fonctionnent en permanence en sous charge et à mauvais rendement) par des onduleurs dans chaque bureau.



# 1 – Réduire les besoins

---

*1.2 Minimiser les apports internes*

## 2 – Les consommations d'électricité : le VRAI DEFY des BEPOS

### 2.3 Les serveurs : un casse-tête d'un nouveau genre...

La consommation des serveurs peut représenter **50 à 65 %** de la consommation totale d'un bâtiment à très faible consommation. On travaille sur :

- mise en commun des serveurs dans une seule salle,
- les **serveurs virtuels** (plusieurs applications/machine),
- serveurs à lame (mise des machines en rack dans les armoires),
- serveurs à basse consommation.

## 1 – Réduire les besoins

*1.2 Minimiser les apports internes*

## 2 – Les consommations d'électricité : le VRAI DEFIL des BEPOS

### 2.3 Les serveurs : un casse-tête d'un nouveau genre...

### 2.4 Les téléphones IP : un nouveau poste de consommation

Les téléphones IP : de petits ordinateurs consommant chacun 5 W nuit et jour, auxquels s'ajoute la consommation de l'IPBX (autocommutateur).

Solution adoptée à la Cité de l'Environnement :

- un autocommutateur IPBX mutualisé (au lieu d'un par entreprise),
- l'utilisation de « softphones », téléphonie assise sur les ordinateurs au lieu des postes IP. Il ne restera que 10 % de postes IP.

**La consommation mini (tél analogiques) serait de 800 kWh/an, et de 17.000 pour les téléphones IP. Ici on aura 2.600 kWh/an avec la solution retenue.**

# 1 – Réduire les besoins

## 1.2 Minimiser les apports internes

## 2 – Les consommations d'électricité : le VRAI DEFILÉ des BEPOS

### 2.5 Les ventilateurs à vitesse variable...si les débits peuvent varier!

*Rappel : inutile de prévoir des ventilateurs à vitesse variable si rien ne permet, en aval, de faire varier le débit d'air...*



# 1 – Réduire les besoins

*1.2 Minimiser les apports internes*

## 2 – Les consommations d'électricité : le VRAI DEFIL des BEPOS

### 2.6 Les pompes à débit variable

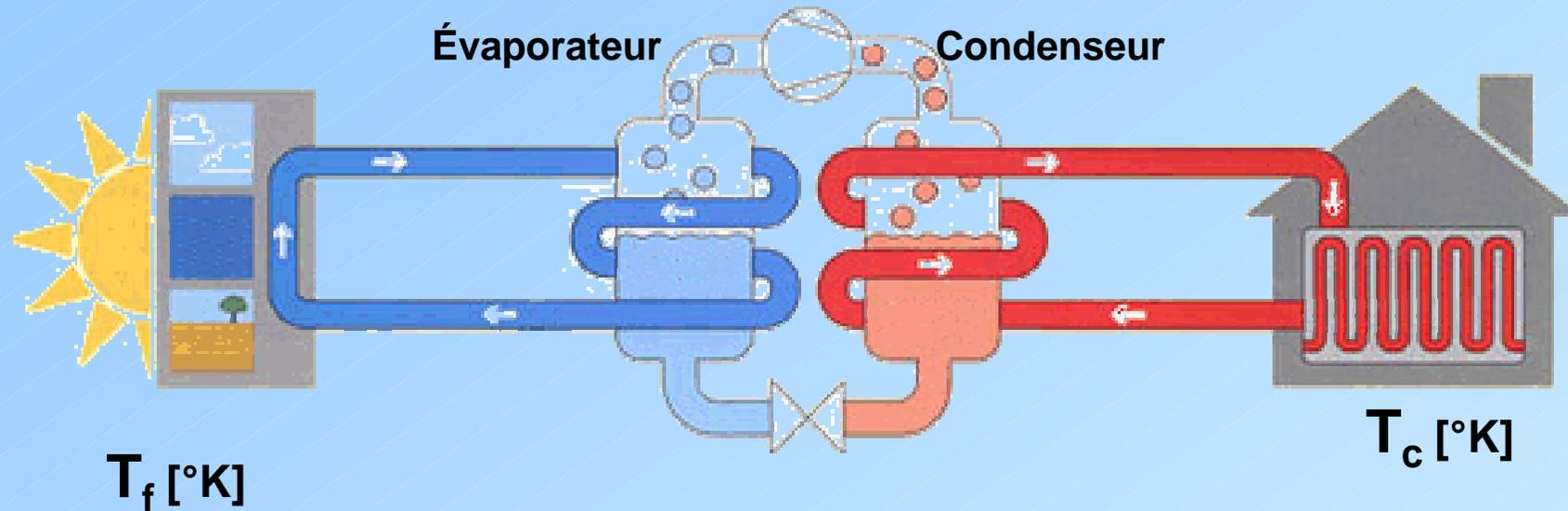


# **A - La conception générale**

---

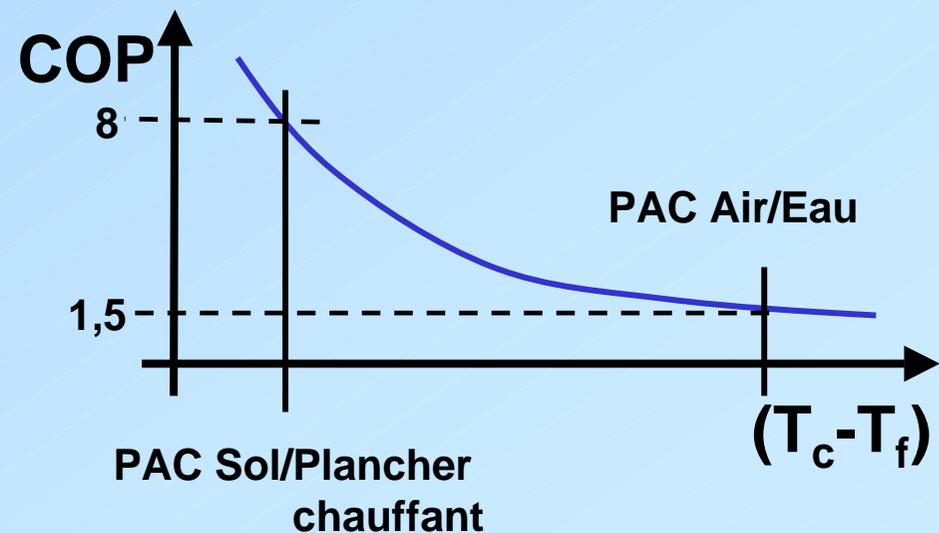
## **2 Un système thermique performant**

# Principe de la PAC



$$COP_{théorique} = \frac{T_c}{T_c - T_f}$$

*L'écart de température entre sources chaude et froide doit être minimum*



## Stratégie développée :

1 – Une pompe à chaleur doit avoir un COP moyen annuel  $> 3$  pour présenter un intérêt énergétique.

2 – Pour cela il faut :

- $T_{\text{froid}}$  (le milieu extérieur) le + élevé possible,
- $T_{\text{chaud}}$  (l'émission de chaleur) la + basse possible,

.... ce qui devient de plus en plus aisé au fur et à mesure que les bâtiments ont peu de besoins.

3 – La solution qui est la plus intéressante : puiser la chaleur dans le sol ( $T = 12^{\circ}\text{C}$ ) et utiliser un plancher chauffant à très basse température ( $28^{\circ}\text{C}$ ). Ici, le COP vaut 5,2 en hiver et 5,8 en été.

**Puissance : 87 kW – soit 24,6 W/m<sup>2</sup> chauffé**

# Emission de chaleur à la température la plus basse possible



+



Cette solution permet à la fois de chauffer en hiver et de refroidir en été. Les consommations sont minimisées dans les deux cas. Ce faisant, on régénère en été le sol refroidi en hiver.

**Une PAC bien conçue augmente considérablement la part des énergies renouvelables dans le bilan énergétique d'un bâtiment**

## **A - La conception générale**

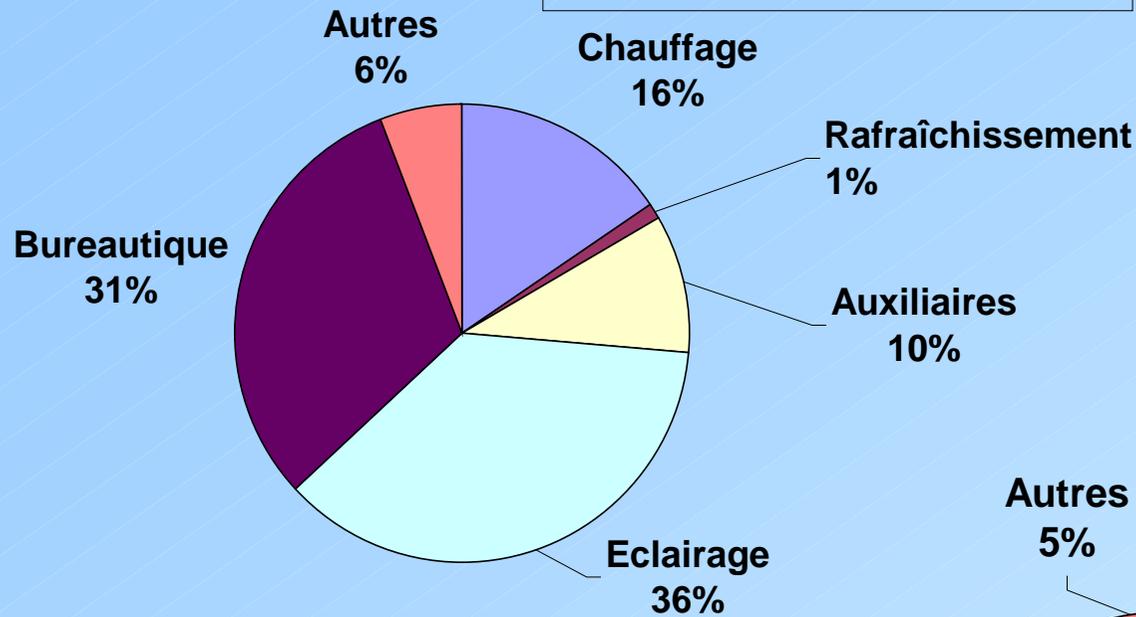
---

### **3 Bilan des besoins et de la production**

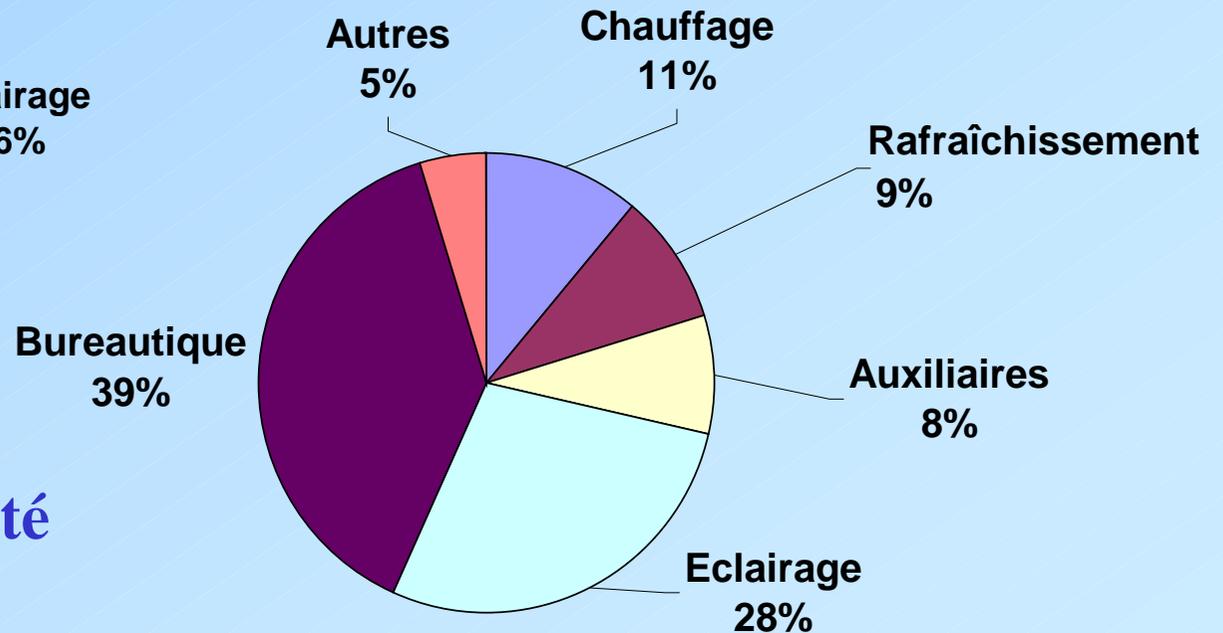
# 3 – Bilan des besoins et de la production

## 3.1 Bilan des besoins

Hypothèse basse = 26 kWh/m<sup>2</sup>



Hypothèse haute = 54 kWh/m<sup>2</sup>



Bilan en kWh d'électricité

## 3 – Bilan des besoins et de la production

### 3.2 Bilan de la production

**Pour une bonne intégration architecturale, la production se compose de deux types de modules :**

**- 153 m<sup>2</sup> de type semi transparent (mono cristallin) –  
Puissance : 15 kWc**

**- 1250 m<sup>2</sup> de type polycristallin - Puissance : 148 kWc**

**Soit 0,40 m<sup>2</sup> de PV/m<sup>2</sup> chauffé**

**Au total 1400 m<sup>2</sup> offrant une puissance crête de 163 kWc, et  
produisant 145.000 kWh/an.**

## 3 – Bilan des besoins et de la production

### 3.3 Bilan global

**Besoins hypothèse basse : 88.850 kWh/an**

**Besoins hypothèse haute : 189.700 kWh/an**

**Production : 145.000 kWh/an.**

### CONCLUSION

**Le bâtiment peut produire 63 % d'énergie de plus que ses besoins....si les occupants intègrent la notion de sobriété énergétique. Certains le font....et ça marche!**

**Mais il peut aussi consommer 30 % de plus et être un bâtiment à énergie négative! Contrairement à ce qui se dit, la technique ne peut pas tout !**

## 3 – Bilan des besoins et de la production

### 3.3 Bilan global

**Pour aller vers la sobriété énergétique, il faudrait par exemple :**

- **respecter la température de 19°C en hiver (art. 131-20 du Code de la Construction et de l'Habitation). Un degré de plus dans ce bâtiment c'est 20 % de consommation supplémentaire.**
- **respecter la température minimale de 26°C en été,**
- **limiter son éclairage à des besoins raisonnables,**
- **éteindre ses lumières et ses machines lorsqu'on quitte son bureau,**
- **s'équiper d'écrans de taille raisonnable : 15'' pour du traitement de texte suffit amplement,**
- **bien réfléchir avant chaque nouvelle acquisition dans le futur : en ai-je vraiment besoin ????**

**B – Pour aller plus loin....**

---

# Immeuble de bureaux à énergie positive



ACOUSTB



CADINCY SIDLER

atelier LD



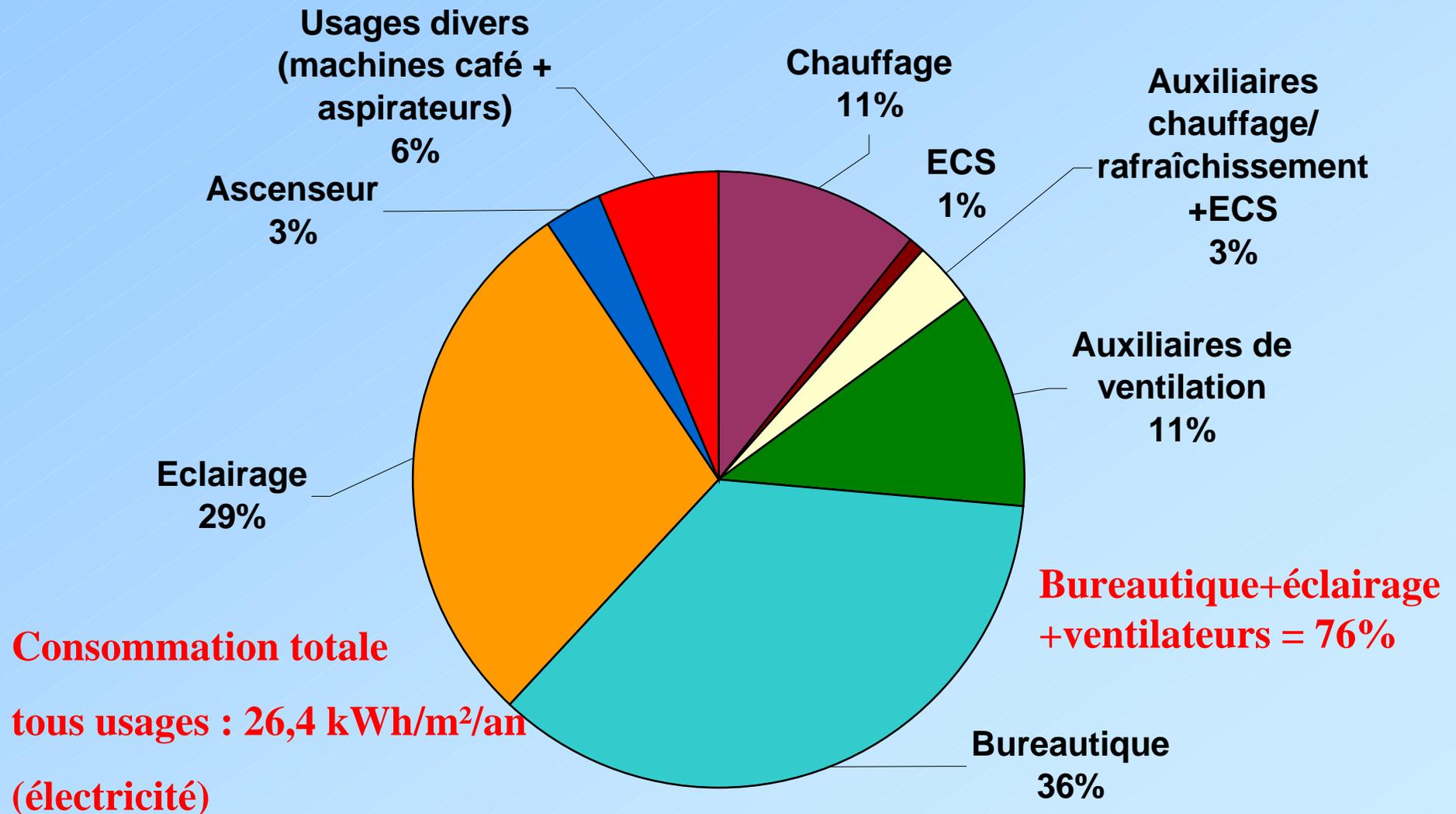
MEDIECO

Atelier Thierry Roche & Associés

Groupe **MCP**  
promotion

# Immeuble de bureaux à énergie positive : le chauffage ne représente plus rien

## Répartition des différents postes de consommation énergétique

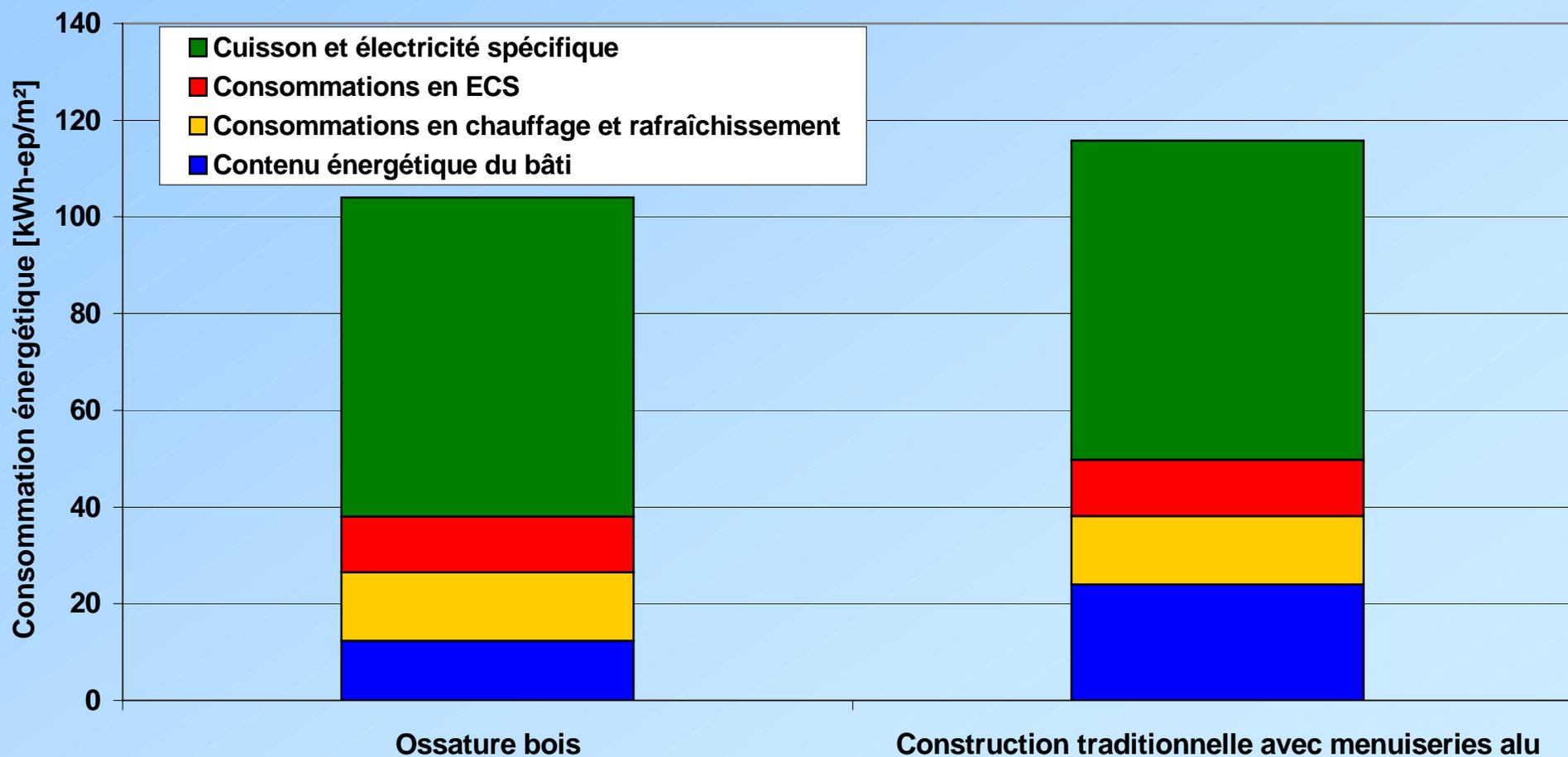


## Pour aller plus loin...

*1 - Le poids des usages autres que le chauffage*

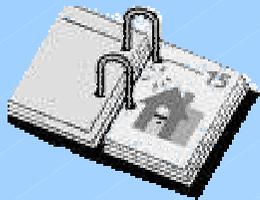
### Cas d'une maison passive

Bilan énergétique global sur une durée de vie de 50 ans.  
Impact des choix constructifs sur le bilan énergétique global pour des consommations moyennes d'électricité spécifique.



#### .... pour une approche globale du projet

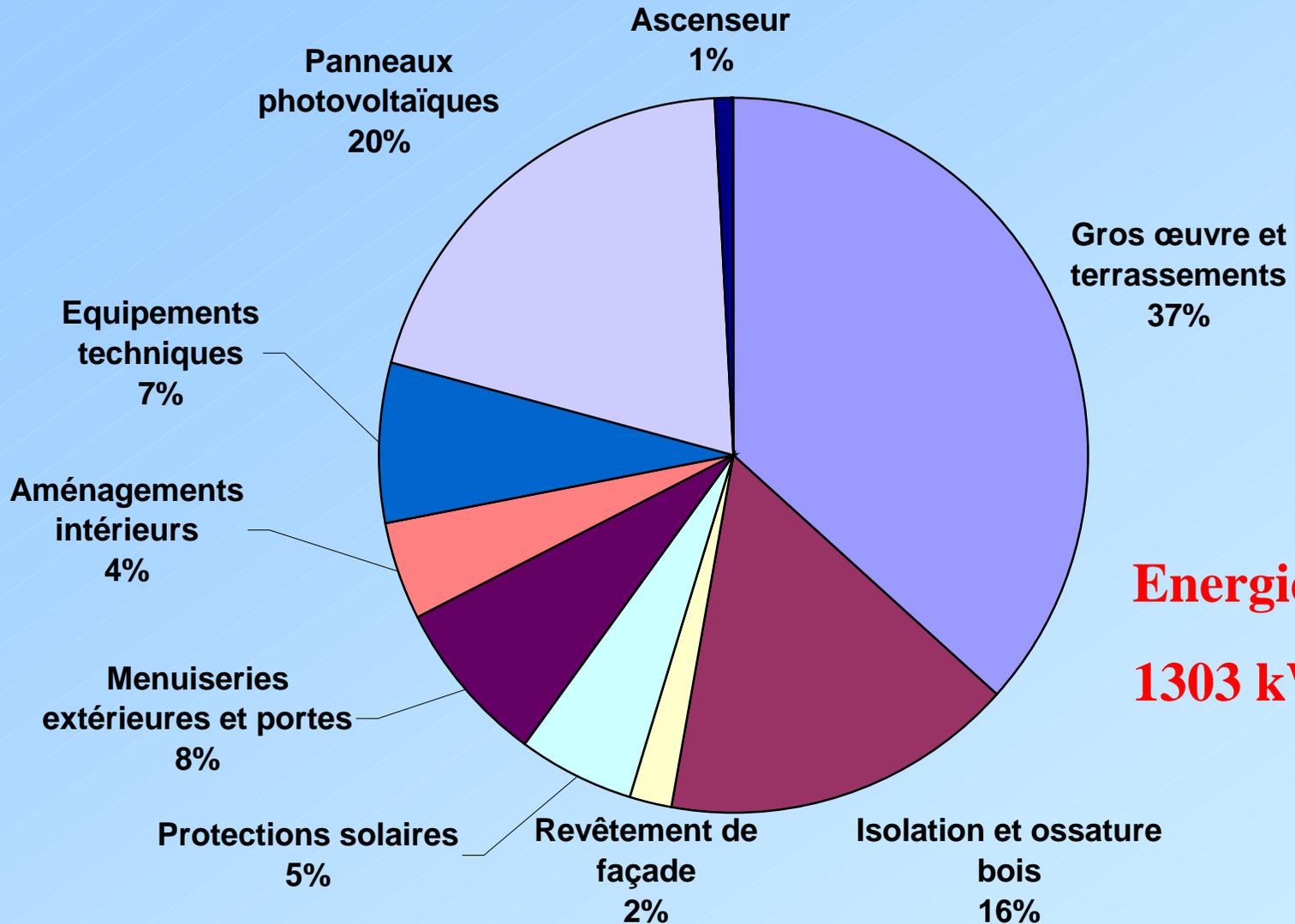
- le contenu énergétique, ou énergie grise, est l'énergie nécessaire à la fabrication, la mise en œuvre puis l'élimination d'un matériau,



- pour les bâtiments à faible consommation, l'énergie grise peut représenter 50 ans de la consommation de chauffage,

# Immeuble de bureaux à énergie positive : l'énergie grise écrase tout!

Répartition des différents postes d'énergie grise



**Energie grise :  
1303 kWh/m<sup>2</sup>**

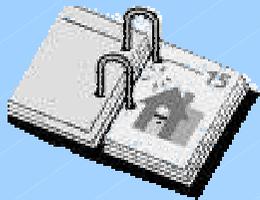
## Pour aller plus loin....

### 2 – Le contenu énergétique

#### 1- Le contenu énergétique

**.... pour une approche globale du projet**

- le contenu énergétique, ou énergie grise, est l'énergie nécessaire à la fabrication, la mise en œuvre puis l'élimination d'un matériau,



- pour les bâtiments à faible consommation, l'énergie grise peut représenter 50 ans de la consommation de chauffage,

**Alors ?**

**Faut-il construire des bâtiments neufs gourmands en énergie grise, ou bien réhabiliter? Pour passer le cap de l'inversion de la croissance de la concentration des gaz à effet de serre d'ici 7 ans, la réponse paraît sans ambiguïté....**

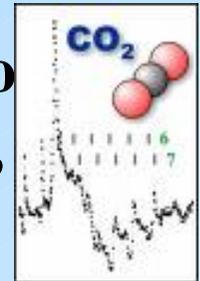
# 1 - La conception générale

## 3 – Le bilan carbone

### 1.3 Le bilan carbone

#### .... Un indicateur de cohérence du projet

- le bilan carbone d'un bâtiment est une expression des émissions de gaz à effet de serre au cours de la construction (matériaux), l'exploitation et de l'élimination du bâtiment,



- tous les gaz à effet de serre n'ont pas le même pouvoir de réchauffement (PRG) : les gaz frigorigènes ont par exemple des PRG allant de 1000 à 8000 selon leur nature,

- le bois a un contenu carbone **néгатif** : une tonne de bois stocke 0,5 tonne de carbone,



- l'approche doit donc, là aussi, être globale!

## Petit bilan carbone....

**Question :** une pompe à chaleur utilise des fluides frigorigènes (R 407 c ou R 410 a) qui sont de redoutables gaz à effet de serre. Est-ce mieux ou moins bien qu'une chaudière gaz à condensation du point de vue du changement climatique, avec une PAC très performante (COP > 5) ?

**Réponse :** en prenant tout en compte, les fuites de circuit et la non recyclabilité totale du produit, la PAC émet :

- 15 fois moins de gaz à effet de serre que la chaudière sur sa durée de vie, à condition que l'électricité soit produite par conversion directe (photopile, éolienne, hydraulique),

- 5 fois moins de GES si l'électricité est celle du réseau.

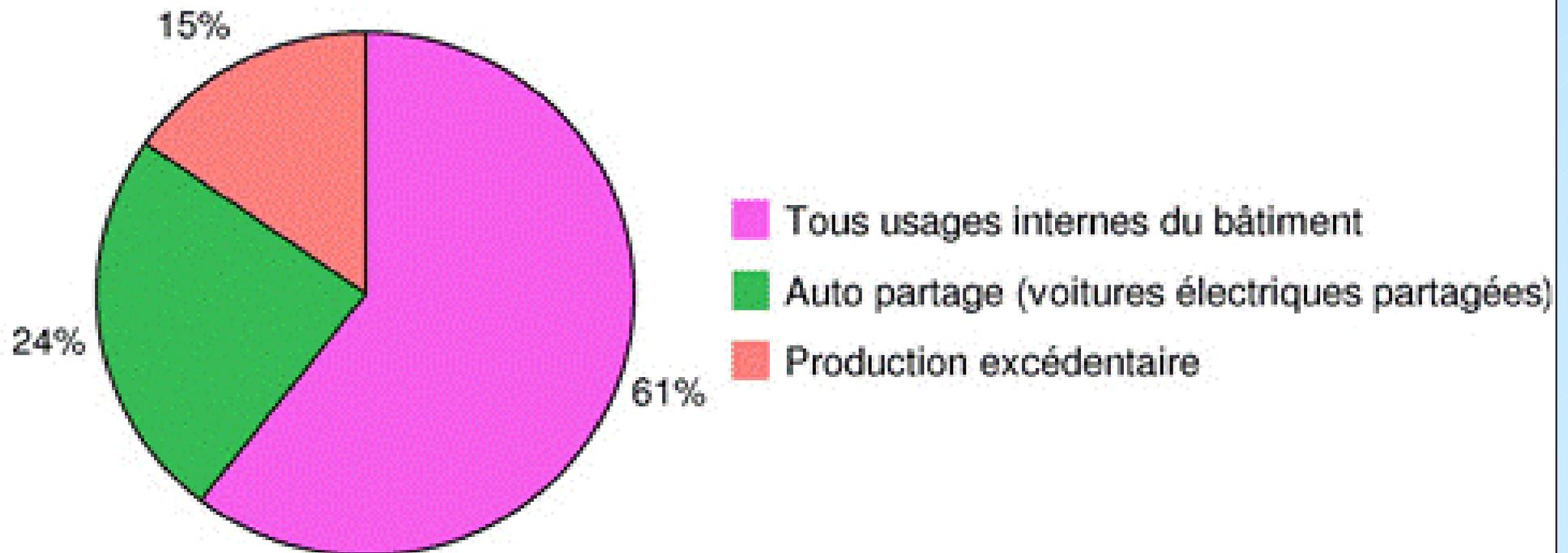
**Conclusion :** avec une PAC très performante on peut à la fois réduire les consommations d'énergie primaire ET les émissions de GES, la meilleure solution étant de coupler l'installation avec une production photovoltaïque.

Pour aller plus loin....

*4 – Produire plus qu'on  
ne consomme*

**Immeuble de bureaux R+3 à énergie positive : avec du PV seulement  
en toiture, on est très surproducteur d'énergie.**

Répartition de l'utilisation de l'électricité produite par les photopiles



Pour aller plus loin....

5 – L'énergie des transports quotidiens

## L'énergie consacrée au trajet quotidien domicile/travail

	Trajet journalier  (km)	Voiture (8 l/100 km hors ville) (10 l/100 km hors ville)	Bus	Tramway
Consommation de l'utilisateur ramené au m <sup>2</sup> de bureau (10m <sup>2</sup> /pers) en kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> /an	20 A&R	645	73,5	—
Consommation de l'utilisateur ramené au m <sup>2</sup> de bureau (10m <sup>2</sup> /pers) en kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> /an	5 A&R	201,5	18,3	14,4

Rappel : consommation tous usages du bâtiment : 26,4 kWh/m<sup>2</sup>/an

**La consommation annuelle pour faire chaque jour 20 km  
A & R en voiture est 24 fois plus importante que la  
consommation totale d'énergie tous usages**

## Le bâtiment à énergie positive ?...

- 1 - C'est techniquement faisable** dès aujourd'hui,
- 2 – Sa réussite** repose essentiellement sur la maîtrise des consommations d'électricité. **Le chauffage n'est plus le problème,**
- 3 – Mais** sans changement des habitudes et sans sobriété énergétique il restera un leurre, **sauf à coûter très cher,**
- 4 – Il ne doit faire perdre de vue les autres aspects de la question énergétique, notamment l'énergie grise et le déplacement des personnes qui peuvent lui faire perdre tout son sens et tout son intérêt.**

**En savoir un peu plus :**

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