

# ADGCF

## 18 Mars 2011



## Terre, planète bleue

**Terre, planète bleue,** où des astronomes exaltés capturent la lumière des étoiles aux confins de l'espace.

**Terre, planète bleue,** où un cosmonaute, au hublot de sa navette, nomme les continents des géographies de son enfance.

**Terre, planète bleue,** où une asphodèle germe dans les entrailles d'un migrateur mort d'épuisement sur un rocher de haute mer.

**Terre, planète bleue,** où un dictateur fête Noël en famille alors que, par milliers, des corps brûlent dans les fours crématoires.

**Terre, planète bleue,** où, décroché avec fracas de la banquise polaire, un iceberg bleuté entreprend son long périple océanique.

**Terre, planète bleue,** où, dans une gare de banlieue, une famille attend un prisonnier politique séquestré depuis vingt ans.

**Terre, planète bleue,** où à chaque printemps le Soleil ramène les fleurs dans les sous-bois obscurs.

**Terre, planète bleue,** où seize familles ont accumulé plus de richesses que quarante huit pays démunis.

**Terre, planète bleue,** où un orphelin se jette du troisième étage pour échapper aux sévices des surveillants.

**Terre, planète bleue,** où, à la nuit tombée, un maçon contemple avec fierté le mur de briques élevé tout au long du jour.

**Terre, planète bleue,** où un maître de chapelle écrit les dernières notes d'une cantate qui enchantera le cœur des hommes pendant des siècles.

**Terre, planète bleue,** où une mère tient dans ses bras un enfant mort du sida transmis à son mari à la fête du village.

**Terre, planète bleue,** où un navigateur solitaire regarde son grand mât s'effondrer sous le choc des déferlantes.

**Terre, planète bleue,** où, sur un divan de psychanalyse, un homme reste muet.

**Terre, planète bleue,** où un chevreuil agonise dans un buisson, blessé par un chasseur qui ne l'a pas recherché.

**Terre, planète bleue,** où, vêtue de couleurs éclatantes, une femme choisit ses légumes verts sur les étals d'un marché africain.

**Terre, planète bleue,** qui accomplit son quatre-milliard cinq-cent-cinquante-six millionième tour autour d'un Soleil qui achève sa vingt-cinquième révolution autour de la Voie Lactée.



Hubert Reems





## Sommaire :



➤ Grenelle 1 et 2



➤ La réglementation thermique

➤ Bâti et efficacité énergétique

➤ L'étanchéité à l'air



➤ La modélisation dynamique

➤ Des exemples de solutions





# Le Grenelle de l'environnement

Où en est-on ?





En France le secteur du bâtiment est à l'origine de 42% de la consommation d'énergie fossile, de 40% de la consommation de ressources naturelles et d'eau et de 25% des rejets de CO2 dans l'atmosphère .

Le secteur de la construction se doit de concilier progrès économique et social au service de tous sans mettre en péril l'équilibre naturel de notre planète, c'est sans doute un des enjeux majeurs de ce 21ème siècle.





## Rappel du calendrier

### 3 phases :

- Élaboration de propositions d'actions, 6 groupes de travail font des propositions (remises fin septembre 2007)
- Consultation publique
- Négociations, plan d'actions et programme: tables rondes puis conclusion du Président de la République

**Publication du Grenelle 1** au Journal Officiel

**Vote du Grenelle 2** au Sénat (une seule lecture)

Remise du rapport de l'office parlementaire des choix scientifiques et technologiques sur la modification de la norme BBC

**Vote du Grenelle 2** à l'Assemblée Nationale (une seule lecture)

Passage en commission mixte paritaire et vote final à l'Assemblée Nationale

Septembre 2007  
À  
Été 2008

5 août 2009

8 octobre 2009

Novembre 2009

11 mai 2010

Juin 2010



# Objectifs généraux



## Grenelle 1 - Article 2



La lutte contre le changement climatique est placée au premier rang des priorités.

Dans cette perspective, est confirmé l'engagement pris par la France de **diviser par quatre** ses émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050 en réduisant de **3 % par an**, en moyenne, les rejets de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, afin de ramener à cette échéance ses émissions annuelles de gaz à effet de serre à un niveau inférieur à **140 millions de tonnes équivalent CO2**.



→ Dans la lignée :

- o du protocole de Kyoto (le « facteur 4 »)
- o des directives européennes (les « 3 X 20 »)





## Grenelle 1 : rappel des principales dispositions



- Le bâtiment : Changement radical d'approche de la construction comme de la rénovation visant à réduire la consommation énergétique des bâtiments.



- Norme ambitieuse dans le neuf
- Réduction des consommations énergétiques du parc de bâtiments existants



- Action très volontariste sur les logements sociaux
- Incitations pour les collectivités territoriales, accent porté sur leur capacité d'animations territoriales
- État exemplaire
- Rien de chiffré en matière de certificat d'économie d'énergie





## Les collectivités au centre du dispositif du Grenelle 2



### Thématiques impactant les collectivités :

- L'efficacité énergétique dans les bâtiments
  - Bâtiments neufs
  - Bâtiments existants
- Urbanisme et aménagement
- Énergies renouvelables
- Bilan carbone
- CEE





## Bâtiments neufs



### Grenelle 2 : obligation pour le Maître d'ouvrage :

- d'attester de la réalisation de l'étude de faisabilité des approvisionnements en énergie au moment de la demande du permis de construire.
- d'attester de la prise en compte de la RT au moment de la demande de permis de construire et en fin de travaux.
- Obligation pour le maître d'œuvre ayant directement contribué à un projet de construction de réaliser l'attestation.



### Rappel Grenelle 1 :

- Objectif à moyen terme : construction de bâtiments uniquement basse consommation pour les bâtiments neufs à compter de janvier 2011 pour le tertiaire et janvier 2013 pour les MI.
- Objectif à long terme : construction de tous les bâtiments en énergie positive à l'horizon 2020-2025

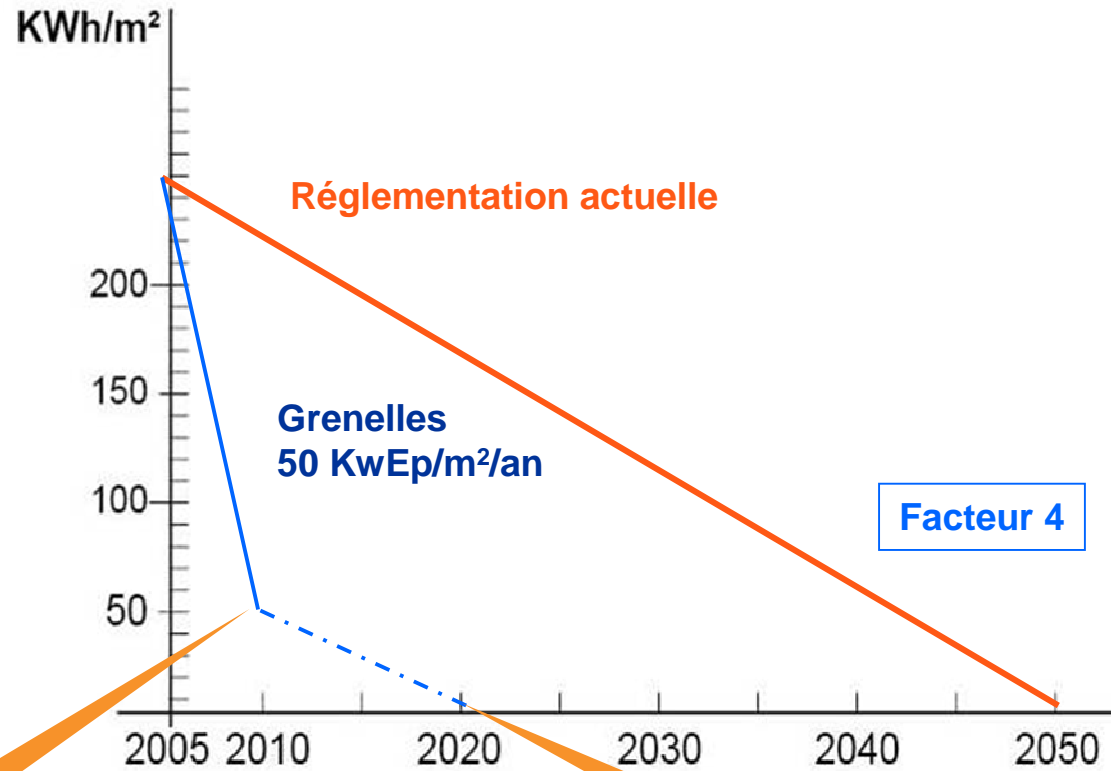




# Bâtiments neufs



## Évolutions de la consommation énergétique des bâtiments neufs



BBC

BEPOS



# Bâtiments existants



## ◎ Grenelle 2 (version à date – mai 2010)

- **Obligation** pour le maître d'ouvrage d'attester de la **prise en compte de la RT** à la fin des travaux.
- Obligation de réaliser des **travaux d'amélioration de la performance énergétique** dans les **bâtiments existants à usage tertiaire ou dans lesquels s'exercent une activité de service public** dans un délai de 8 ans à compter du 1er janvier 2012.

### ▪ Objectifs :

Baisse de 38% de la consommation d'énergie d'ici 2020 dans le privé et de 40 % dans le public. Le DPE sera communiqué à l'acquéreur d'un bien pour la vente ou la location d'un immeuble bâti.

Les annonces de vente ou de location d'un bien immobilier devront mentionner sa **Classe DPE** à compter du 1er janvier 2011.

**Obligation** pour les bâtiments à chauffage collectif de réaliser un **DPE** dans un délai de 5 ans à compter du 1er janvier 2012.

Individualisation des frais de chauffage par **l'installation de compteurs** dans les immeubles équipés d'un chauffage collectif.

## ◎ RAPPEL : Grenelle 1

**Obligation de rénovation** des 800 000 logements sociaux les plus énergivores avant 2020  
**Avec passage des classes E, F G en classe C**



# Synthèse des mesures pour le bâtiment

## Neuf



2010

2012

2020

Bâtiments publics et tertiaires BBC  
< 50 kWhep/m<sup>2</sup>

Tous les bâtiments BBC  
< 50 kWhep/m<sup>2</sup>

**BEPOS**



## Rénovation tertiaire

Objectif: - 40% de conso dans le public  
(- 38% de conso. dans le privé)

2010

2012

2020



**Audit** des bâtiments  
publics et de l'État  
(obligatoire)

Début de la rénovation  
du parc public

Objectif : - 40% de conso  
dans le public (- 38% de  
conso. dans le privé)



## Rénovation logement social

2009

2010

2011

2012

2020



40000

60000

70000

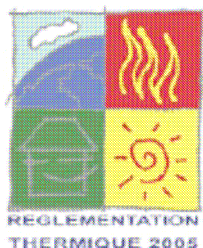
70000

**800 000 lgts. rénovés**  
de >230 à <150 kWhep/m<sup>2</sup>



# De la RT 2005 à la RT 2012

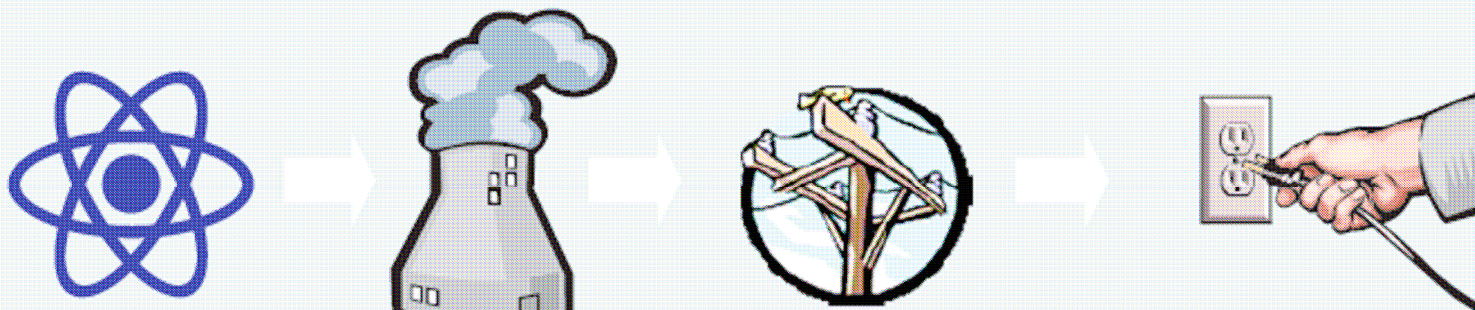




# Le principe général de la RT

## L'énergie primaire

- **Dans la réglementation thermique, la consommation d'un bâtiment est exprimée en énergie primaire.**
- **Energie finale :**
  - Quantité d'énergie disponible pour l'utilisateur final
- **Energie primaire :**
  - Consommation finale plus consommation nécessaire à la production de cette énergie
- **En France, on considère les équivalences suivantes**
  - 1 kWh gaz = 1 kWhep
  - 1 kWh fioul = 1 kWhep
  - 1 kWh élec = 2.58 kWhep



# Les exigences de la RT2012



## La transition de la RT 2005 vers la RT 2012 : La redéfinition du mode d'expression des exigences

- ✓ Des exigences de performances globales de trois types :
  - ✓ **Exigence d'efficacité énergétique minimale du bâti : Bbiomax**
    - ✓ Exigence de limitation simultanée du besoin en énergie pour les composantes liées au bâti (chauffage, refroidissement et éclairage)
  - ✓ **Exigence de consommation maximale : Cmax**
    - ✓ Exigence de consommations maximales d'énergie (objectif de valeur moyenne de 50 kWhEP/m<sup>2</sup>), en valeur absolue uniquement,
  - ✓ **Exigence de confort d'été :**
    - ✓ Dans l'immédiat :  $T_{ic} \leq T_{icr\acute{e}f}$
    - ✓ Qui sera remplacée ou complétée par autre exigence dès que possible

# Les exigences de la RT2012

## → Précisions sur le $C_{max}$

✓ Le  $C_{max}$  :

✓ 5 usages pris en compte :

- ✓ chauffage,
- ✓ production d'eau chaude sanitaire,
- ✓ refroidissement,
- ✓ éclairage,
- ✓ auxiliaires

✓ Une valeur moyenne de 50 kWhEP/m<sup>2</sup>

✓ Des coefficients de conversion en énergie primaire confirmés :

- ✓ 2,58 pour l'électricité
- ✓ 1 pour toutes les autres énergies

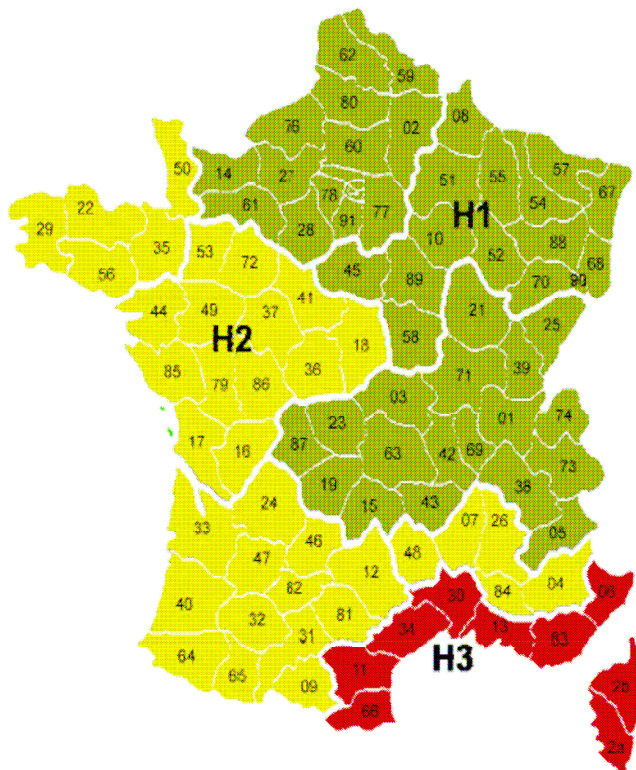
## Les exigences de la RT2012

### ➔ La transition de la RT 2005 vers la RT 2012 : Une obligation de résultats

- ✓ Deux indicateurs qui représentent la performance du bâtiment dans son ensemble
    - ✓ **Le « Bbiomax » (besoin bioclimatique du bâti) ,qui reflète l'impact de la conception du bâtiment , et encourage son optimisation, indépendamment du système de chauffage**
      - ✓ Valorise la conception bioclimatique (accès à l'éclairage naturel, surfaces vitrées orientées au Sud...)
      - ✓ Valorise la construction en mitoyenneté
      - ✓ Exemple: si un architecte construit un bâtiment nettement plus vitré que la moyenne , il pourra le faire sous réserve que ses vitrages soient très performants
    - ✓ **Le « Cmax » (consommation maximale) en valeur absolue permet de comparer les bâtiments entre eux**
      - ✓ l'exigence de la RT 2005, exprimée en valeur relative (Cref) , est abandonnée
-

# Les exigences de la RT2012

## ➔ Rupture entre la RT2005 et la RT2012



Zones climatiques	RT2005 (Cmax en logement)		RT2012
	Chauffage par combustibles fossiles	Chauffage électrique (dont pompes à chaleur)	Valeur moyenne *
H1	130	250	60
H2	110	190	50
H3	80	130	40

\*Cette valeur moyenne est modulée en fonction de la localisation géographique, de l'altitude, du type d'usage du bâtiment, de sa surface pour les logements, et des émissions de gaz à effet de serre des bâtiments

# Les exigences de la RT2012

## ➔ La justification du respect des exigences

- ✓ **Justification du respect des exigences :**
- ✓ Le maître d'ouvrage doit pouvoir fournir le récapitulatif standardisé d'étude thermique du bâtiment.
- ✓ Ce récapitulatif est tenu à disposition, pour une durée de 5 ans après la déclaration d'achèvement des travaux, de :
  - ✓ Tout acquéreur
  - ✓ Toute personne chargée d'attester de la conformité du bâtiment à la réglementation thermique et/ou à un label de haute performance énergétique
  - ✓ Toute personne chargée d'établir le diagnostic de performance énergétique
  - ✓ Tout contrôleur assermenté de l'application des règles de construction

# Les exigences de la RT2012

## ➔ Exigences de moyens

- ✓ Obligation de traitement de la perméabilité à l'air des logements :
  - ✓ Soit le bâtiment a fait l'objet d'une **mesure de la perméabilité** à l'air réalisée, par des opérateurs autorisés par le ministère en charge de la construction, dans les conditions définies par le ministère en charge de la construction. La perméabilité mesurée est inférieure à :
    - ✓ **0.6 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup>** de parois déperditives hors plancher bas **en maison individuelle**,
    - ✓ **1 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup>** de parois déperditives hors plancher bas **en immeuble collectif d'habitation**.
  - ✓ Soit le bâtiment a fait l'objet de l'application d'une **démarche qualité agréée** par le ministère en charge de la construction

# Les exigences de la RT2012

## ➔ Exigences de moyens

### ✓ Accès à l'éclairage naturel

Pour les bâtiments ou parties de bâtiments à usage d'habitation, la surface totale des baies, mesurée en tableau, est supérieure ou égale à  $1/6$  de la surface habitable.

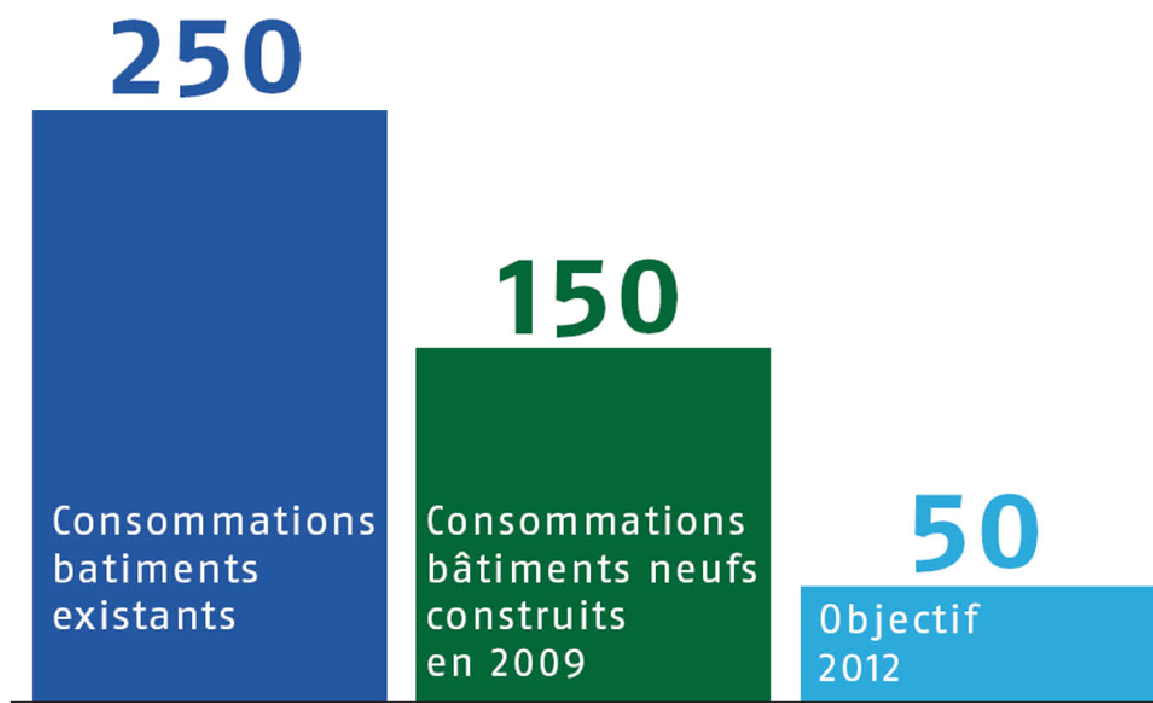
### ✓ Confort d'été

Exigence sur le facteur solaire des baies (reconduction de l'exigence RT2005)

Obligation de surface ouvrante minimale (reconduction de l'exigence RT2005)

# Évolution de la consommation

Évolution de la **consommation** des bâtiments  
(en kWhep/m<sup>2</sup>/an)





# Objectif de la RT 2012



## Contexte actuel :



Compte tenu des enjeux climatiques et de la nécessité de limiter l'augmentation de la température terrestre à + 2 °C au cours du 21ème siècle, les dirigeants ont pris la décision de ne pas créer de RT 2010 (-15% par rapport à la RT 2005) et de passer directement aux bâtiments basse consommation (BBC).



- 1er Novembre 2011 : 50 kWhEP/m<sup>2</sup>/an en non-résidentiel
- 1er janvier 2013 : 50 kWhEP/m<sup>2</sup>/an dans le résidentiel
- Horizon 2020 : tous les bâtiments neufs à énergie positive (BEPOS)





## Évolution RT 2012 / BBC



- La production d'électricité domestique d'origine renouvelable ne sera pas prise en compte dans le calcul de la consommation énergétique.



- Création à la marge des zones climatiques du Nord-Est de la France en créant un zone limitrophe sur le Rhin à 70 kWh



- La nouvelle réglementation thermique doit également prévoir l'existence obligatoire de l'un ou de l'autre systèmes de climatisation active, dans tous les bâtiments effectivement occupés au cœur de l'été, y compris les logements.



- Le branchement de l'aération sur un puits canadien, le recours à une pompe à chaleur fonctionnant aussi en réfrigérateur ou la mise en route d'un équipement spécifique de climatisation seront intégrés dans le calcul.



- Définir une valeur pivot, centrée sur la surface moyenne des logements, autour de laquelle une correction symétrique serait opérée selon une pente raisonnable comme en Allemagne afin de ne pas défavoriser les petits logements.



## Prise en compte du confort d'été



- En limitant les apports solaires par un plafonnement de la surface utile des baies vitrées.



- Définir une valeur pivot, centrée sur la surface moyenne des logements, autour de laquelle une correction symétrique serait opérée selon une pente raisonnable comme en Allemagne afin de ne pas défavoriser les petits logements.



- d'une part, une ventilation puissante pour récupérer l'air frais extérieur produit par la baisse de température de la nuit
- d'autre part, une inertie thermique du bâti suffisante pour conserver cette fraîcheur le plus longtemps possible





## RT 2012 : un défi pour l'éclairage



**L'éclairage va devenir le principal poste de consommation électrique dans les bâtiments tertiaires en construction neuve comme en rénovation.**



### **Indicateur bioclimatique pour les besoins d'éclairage**

Autonomie des locaux en lumière du jour :

- Nombre d'heures (pendant la journée et les plages d'occupation) durant lesquelles l'éclairage naturel est suffisant (éclairage naturel intérieur supérieur à un seuil)
- Indicateur calculé informatiquement à partir du "cœur de calcul Bbio" du CSTB





# Le confort visuel



## Définition



Le confort visuel c'est :

- Une relation visuelle satisfaisante avec l'extérieur.
- Un éclairage naturel optimal en terme de confort et de dépenses énergétiques : apports externes dus au soleil.
- Un éclairage artificiel satisfaisant et en appoint de l'éclairage naturel.





## Exemple : pour un bureau...



Objectifs : assurer	Moyens
<b>Un Éclairage naturel :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- sans apport thermique excessif</li><li>- sans éblouissement</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ <b>Baies vitrées</b> en façade</li><li>■ <b>Éclairage zénithal à proscrire</b> sauf dans les parties communes lorsque la hauteur sous plafond est importante</li><li>■ <b>Stores ou pare-soleil</b> pour les expositions autres que le Nord (de préférence à l'extérieur du vitrage)</li><li>■ <b>Hauteur sous plafond suffisante</b></li></ul>
<b>Une vue sur l'extérieur</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Baies vitrées en façade à hauteur des yeux</li></ul>

Sources : Code du travail, INRS, NF X35-102



## Exemple : pour un bureau...

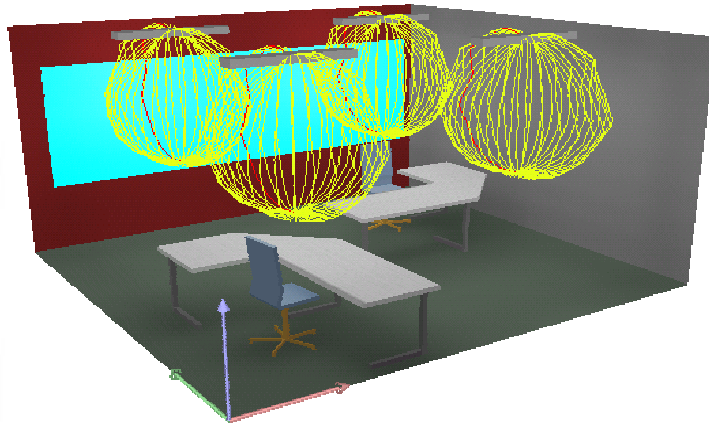


Objectifs : assurer	Moyens
Un éclairage artificiel adapté	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Choix de luminaires permettant à la fois d'atteindre les niveaux recommandés, une bonne homogénéité d'éclairage un rendu des couleurs proche de la lumière du jour et évitant l'éblouissement (exemple : par grilles de défilement)</li><li>■ Plusieurs commandes d'éclairage général pour tenir compte de l'éloignement par rapport aux fenêtres (généralement 2 zones)</li></ul>
Des couleurs agréables	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Tenir compte de l'ensemble des éléments (murs, sol, mobilier) et pas seulement des murs des matériaux ni de la couleur elle-même</li><li>■ Couleurs claires pour les plafonds, murs et plans de travail</li><li>■ Couleurs mates ou satinées (éviter les surfaces brillantes)</li></ul>

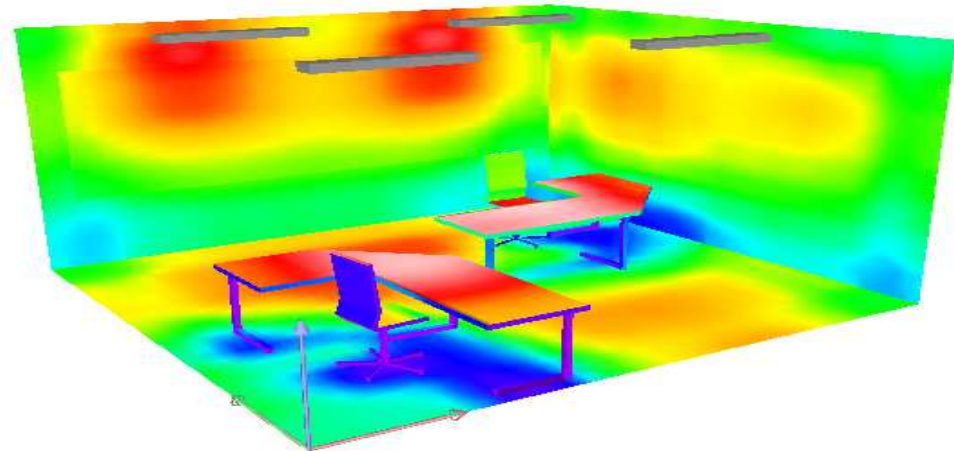
Sources : Code du travail, INRS, NF X35-102



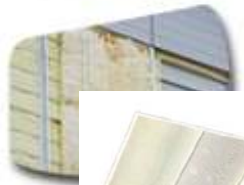
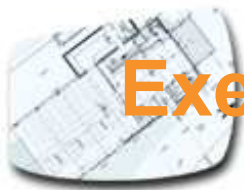
## Exemple : solutions pour un bureau de 12 m<sup>2</sup>



Recommandations  
AFE en lux et RT en W/m<sup>2</sup>  
+ norme NFEN12464-1



# Exemple : solutions pour un bureau de 12 m<sup>2</sup>



T8

2x55 W

T8 HR

4x18 W

T5

3x14 W

NOMBRE

PW unitaire

PW totale

E Lux

W / m<sup>2</sup>

3

116 W

348 W

460 lux

23

3

90 W

270 W

510 lux

18

3

42 W

126 W

480 lux

10

Objectifs : mini 500 lux et maxi 12 W/m<sup>2</sup>



ASSOCIATION FRANÇAISE DE L'ÉCLAIRAGE



# RT 2012 dans un bâtiment existant





# RT Existant



Principe :

- Amélioration de la performance énergétique des bâtiments existants lorsque ceux-ci font l'objet de travaux de rénovation,
- Limitation de l'utilisation de la climatisation.



2 volets :

- Les réhabilitations importantes de grands bâtiments :  
«RT globale» → applicable à partir du 1er avril 2008
- Les autres cas :  
«RT par élément» → applicable depuis le 1er novembre 2007





# RT Existant

## RT Globale



### Domaine d'application :

- SHON > 1000m<sup>2</sup>
- et coût total des travaux portant sur l'énergétique > 25% du coût total du bâtiment



### Principe :

- Une étude de faisabilité préalable
- Une exigence globale portant sur la consommation du bâtiment après travaux et une amélioration minimale de la performance



### Objectifs :

- Amélioration de la performance en cas de travaux importants
- Promouvoir une approche globale du bâtiment
- Permettre une compensation technico-économique afin de pallier aux contraintes existantes sur certains postes





# RT Existant

## RT par élément



Domaine d'application :

- Tous les travaux de rénovation énergétique non soumis à la RT globale dans l'existant



- les caractéristiques thermiques et les performances énergétiques des équipements, installations, ouvrages ou systèmes doivent être conformes aux prescriptions fixées, lorsqu'ils sont mis en place, installés ou remplacés.



- Les dispositions de l'arrêté s'appliquent :

- aux éléments constitutifs de l'enveloppe du bâtiment
- aux systèmes de chauffage
- aux systèmes de production d'eau chaude sanitaire
- aux systèmes de refroidissement ;
- aux équipements de production d'énergie utilisant une source d'énergie renouvelable
- aux systèmes de ventilation
- aux systèmes d'éclairage des locaux.





# RT Existant

## RT par élément



### Objectifs :

- Profiter pleinement du gisement d'économies d'énergies des travaux réalisés sur le parc existant
- Faire évoluer l'offre de produits vers la performance





# RT Existant

## RT par élément



Domaine d'application pour enveloppe du bâtiment



- Parois opaques : s'applique aux parois des locaux chauffés, parois dont la surface est  $\geq$  à 0,5 m<sup>2</sup>, donnant sur l'extérieur, sur un volume non chauffé ou en contact avec le sol, et ainsi constituées :

- murs composés des matériaux suivants : briques industrielles, blocs béton industriels ou assimilés, béton banché et bardages métalliques,
- plancher bas composés des matériaux suivants : terre cuite ou béton
- tous types de toitures.

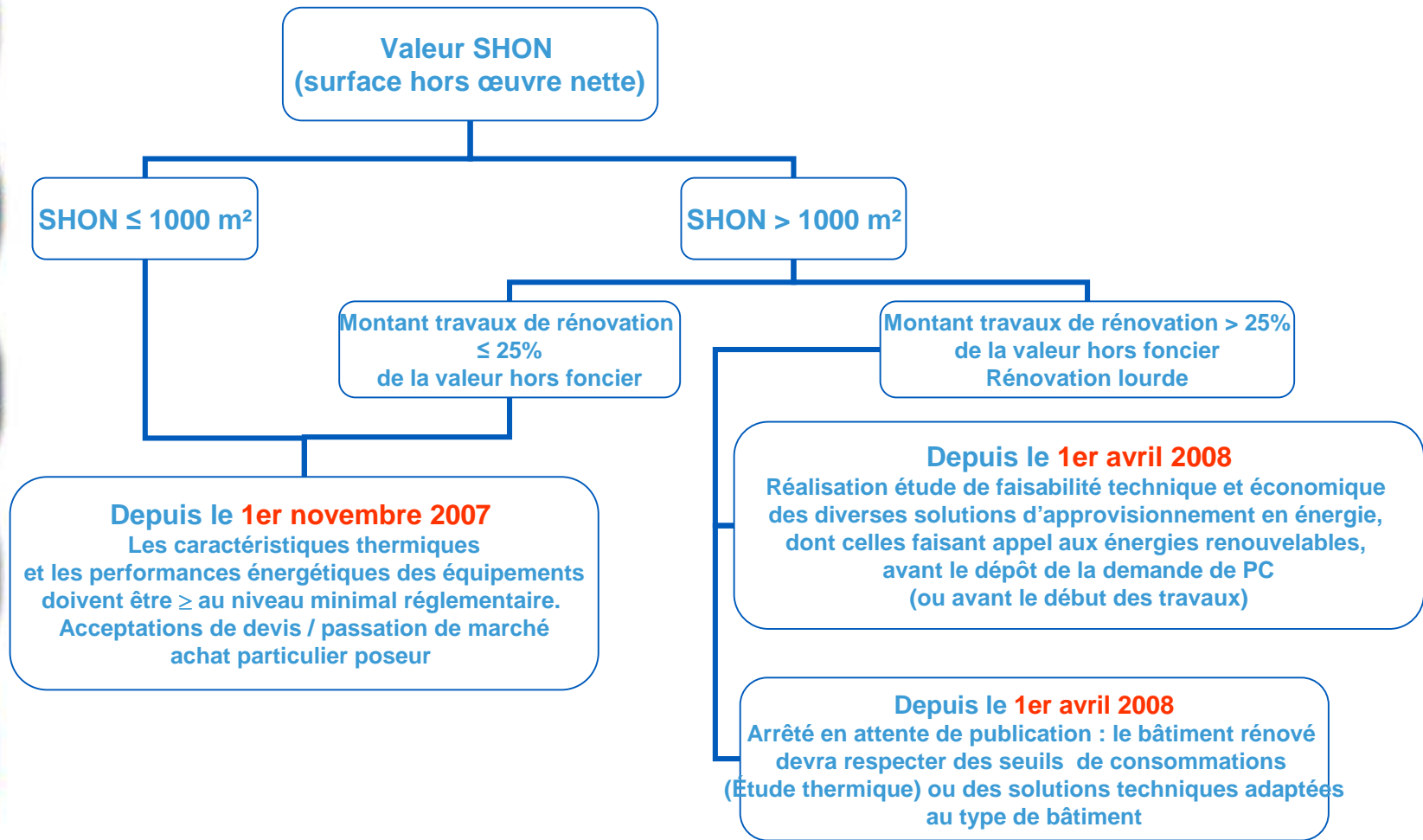


- Parois vitrées : s'applique aux fenêtres, portes-fenêtres et façades rideaux, qui font l'objet de travaux d'installation ou de remplacement, excepté pour les éléments suivants :

- $S < 0.5\text{m}^2$ , Verrières, vitrages anti-effraction / désenfumage, vitraux, vérandas non chauffées, fenêtres de forme non rectangulaire, doubles fenêtres,...



# RT Existant – En résumé



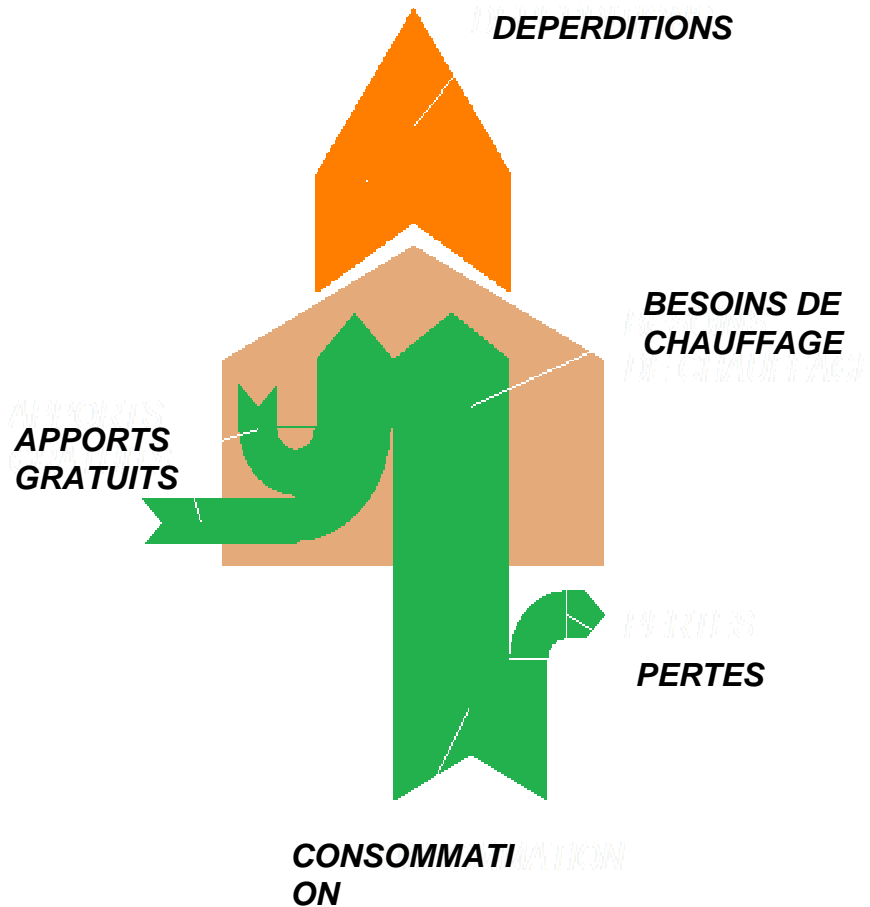


## Le bâti





# Bilan thermique sur un bâtiment



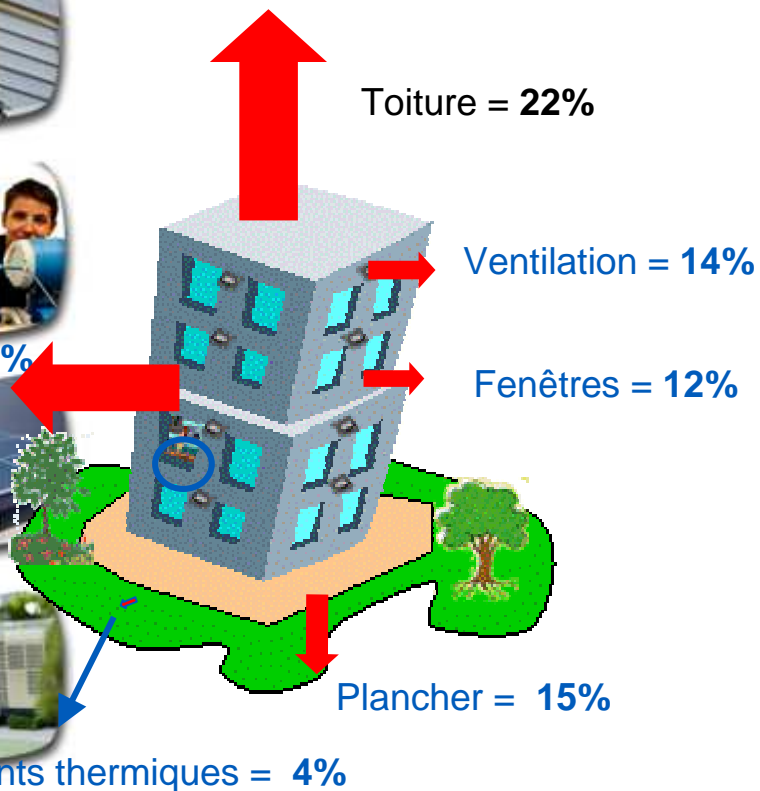
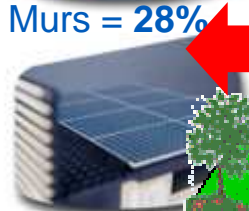
## La température, une question d'équilibre



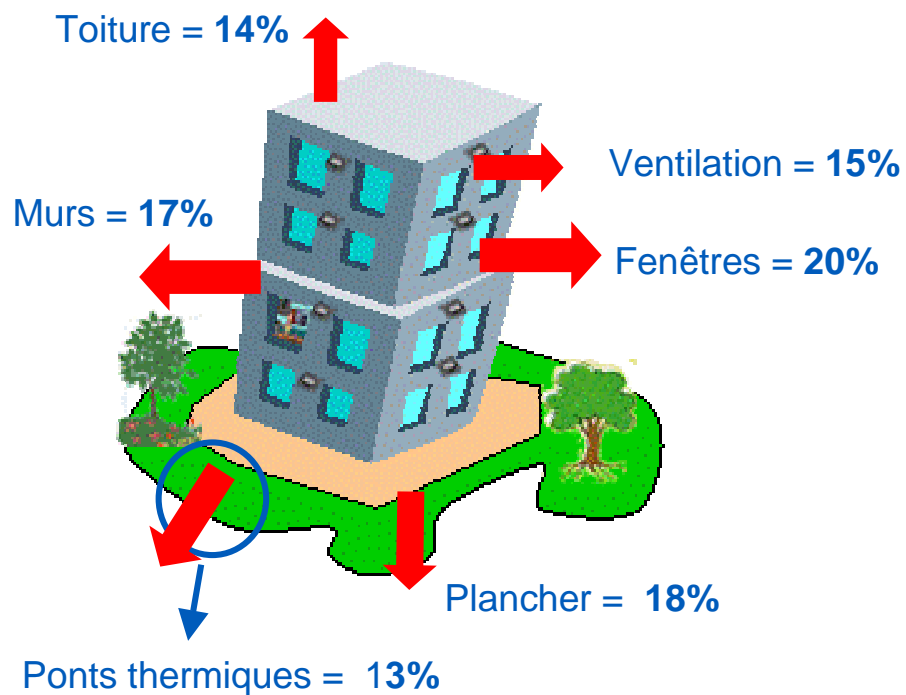


# Le bâti : répartition des déperditions

## Bâtiment avant 1974 NON ISOLE



## Bâtiment neuf selon RT 2000



Consommation RT2000 = 1/3 (consommation 1974)



## Quelques notions de thermique



**R : résistance thermique ( $m^2.K/W$ )**  
 **$\lambda$  : conductivité thermique ( $W/m.K$ )**



- Plus R est grand, plus la paroi résiste à la transmission de chaleur
- Plus  $\lambda$  est faible, meilleure est la performance de l'isolant



$$R = \frac{\textit{épaisseur (m)}}{\lambda (W / m.K)}$$





## Quelques notions de thermique

### U : coefficient de transmission thermique d'une paroi (W/m<sup>2</sup>.K)

- Il représente le flux de chaleur à travers 1 m<sup>2</sup> de paroi et pour 1 une différence de température d'un degré entre les 2 ambiances que sépare cette paroi.
- Plus U est grand, plus la chaleur transmise est grande,
- C'est l'inverse de la résistance

$$U (W / m^2.K) = \frac{1}{R_{paroi}}$$



## Quelques notions de thermique

Matériaux	$\lambda$	R (ép 8 cm)
Liège	0,042	1,90
Laine de mouton	0,041	1,95
Laine de chanvre	0,041	1,95
Cellulose	0,040	2,00
Plume	0,040	2,00
Laine de verre (LdV)	0,038	2,10
Laine de roche (LdR)	0,038	2,10
Expansé 38 (PSE)	0,038	2,10
Expansé 32 (PSE)	0,032	2,50
Extrudé (XPS)	0,028	2,85
Polyuréthane (PUR)	0,025	3,20



## Le bâti



# L'isolation thermique a plusieurs objectifs :



- Améliorer le confort

- Les exigences de confort sont de plus en plus élevées :

- Éviter des parois froides alors que le chauffage fonctionne

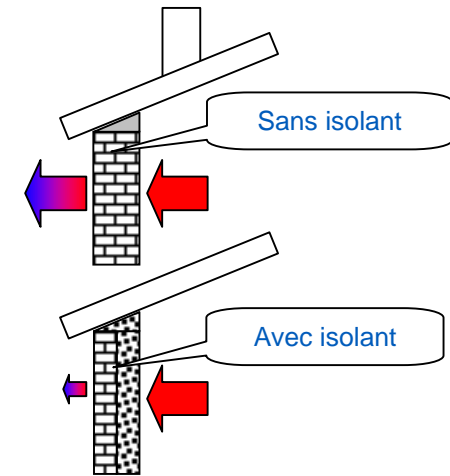
- Éviter la surchauffe l'été

- Réduire le coût du chauffage

- Avoir une facture la plus maîtrisée possible

- Éviter certaines pathologies

- Par exemple : traces de condensation ou de moisissures



*L'isolant thermique va réduire les échanges de chaleur d'un côté vers l'autre de la paroi du bâtiment.*



## Le bâti : mesure de l'efficacité de l'isolation d'une paroi



Quelques exemples :



Vitrage simple menuiserie métallique  $U=5,8 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Double vitrage menuiserie métallique  $U=4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$



béton de 20 cm :  $U=3,5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

parpaing de 20 cm :  $U = 2,6 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Béton cellulaire de 20 cm :  $U=1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$



Bardage double peau 6 cm :  $U=0,7 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$



**Plus U est faible, plus la résistance est forte  
→ Plus l'isolation est efficace !!**



# Les isolants pour l'isolation thermique répartie



## Les briques multi alvéolaires :

Produits en terre cuite intégrant de fines alvéoles d'air qui jouent leur rôle d'isolation



## Les bétons cellulaires :

Une « mousse de béton » avec une multitude de petites bulles d'air qui vont jouer leur rôle d'isolation



# Les isolants pour l'isolation thermique rapportée : les laines minérales



## Les laines minérales :

- laines de verre
- laines de roche

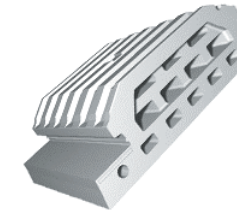


Isolation des toitures et plancher  
bon isolants acoustiques



## Les plastiques alvéolaires :

- Les polyuréthannes (PUR)
- Les polystyrènes (PSE)



## Les isolants thermiques naturels :

- d'origine végétale : le lin, le chanvre, ou la paille.
- d'origine minérale : la pierre ponce.
- d'origine animale : la plume de canard et la laine de mouton.
- recyclés : la cellulose, les isolants à base de plastique recyclé.



Plumes de canards





# Caractérisation du type d'isolation



Quelle est la différence



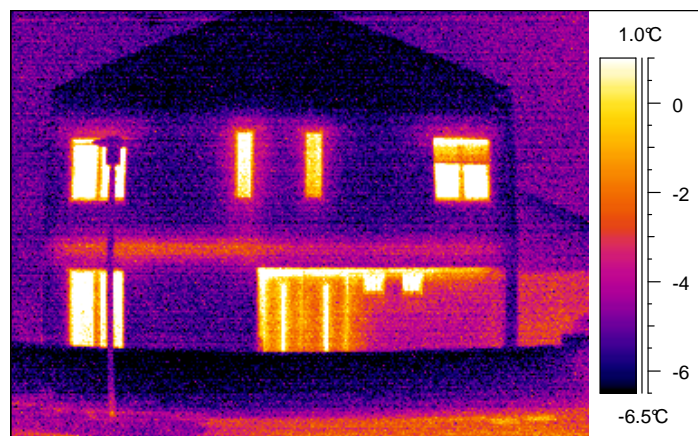
entre ces deux maisons ?



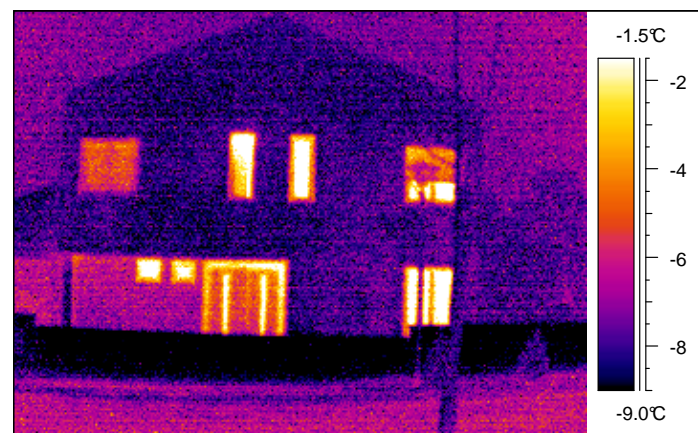
# Caractérisation du type d'isolation Neuf : contrôle de la mise en oeuvre



► Isolation Thermique  
par l'Intérieur (ITI)



► Isolation Thermique  
par l'Extérieur (ITE)





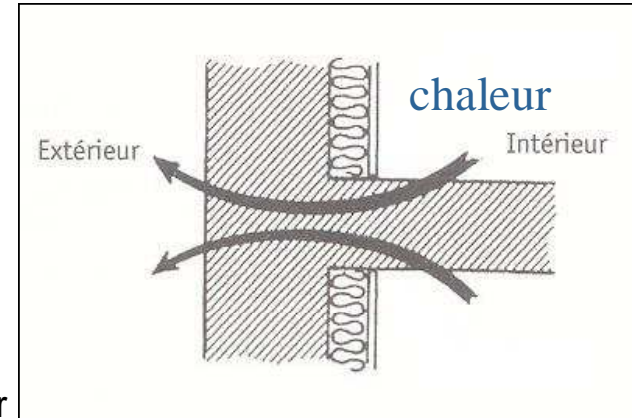
# Qu'est ce qu'un pont thermique



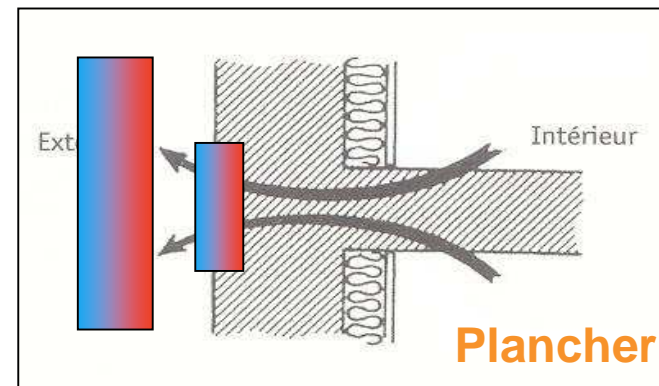
Un pont thermique = zone où il n'y a pas de continuité de l'isolation thermique



exemple du plancher



**conséquence : la chaleur « s'échappe » = perte d'énergie + pathologie**



Dégradation du mur due à la condensation liée à un pont thermique

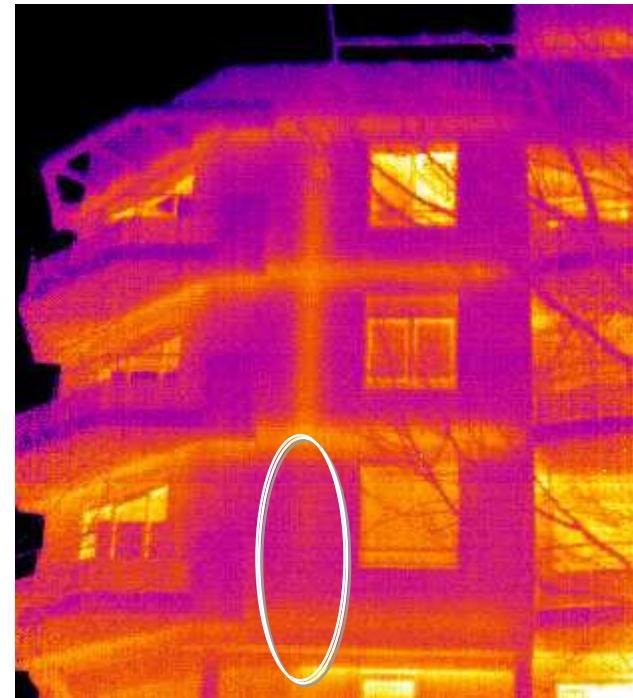
Dispositif de rupture de pont thermique





# Traitement des ponts thermiques

## Neuf : contrôle de la mise en oeuvre



Rupture de pont thermique  
sur le refend d'un étage



# Ponts thermiques existants



Manque d'isolant



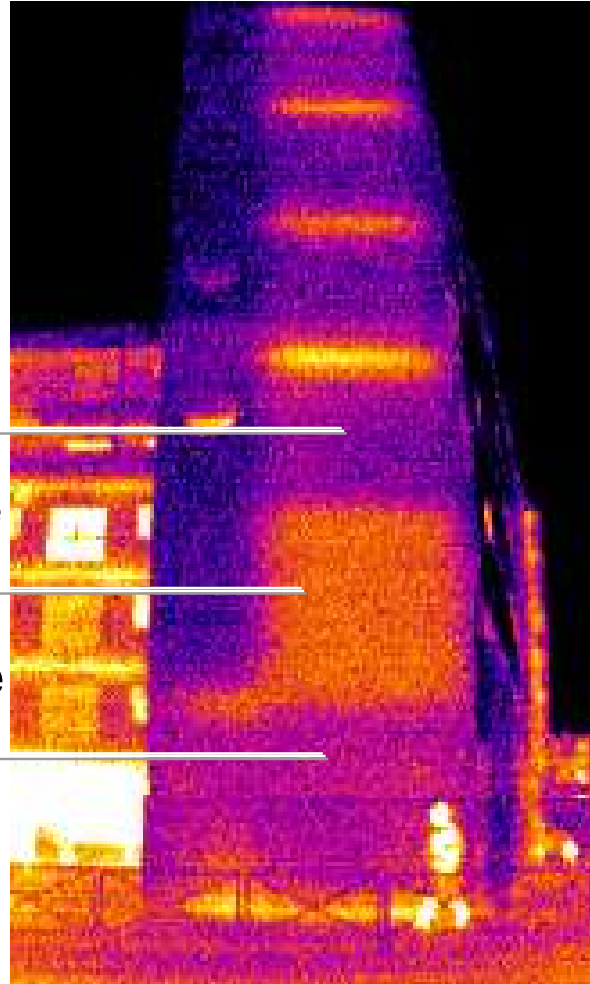
1<sup>er</sup> étage



Inter-étage



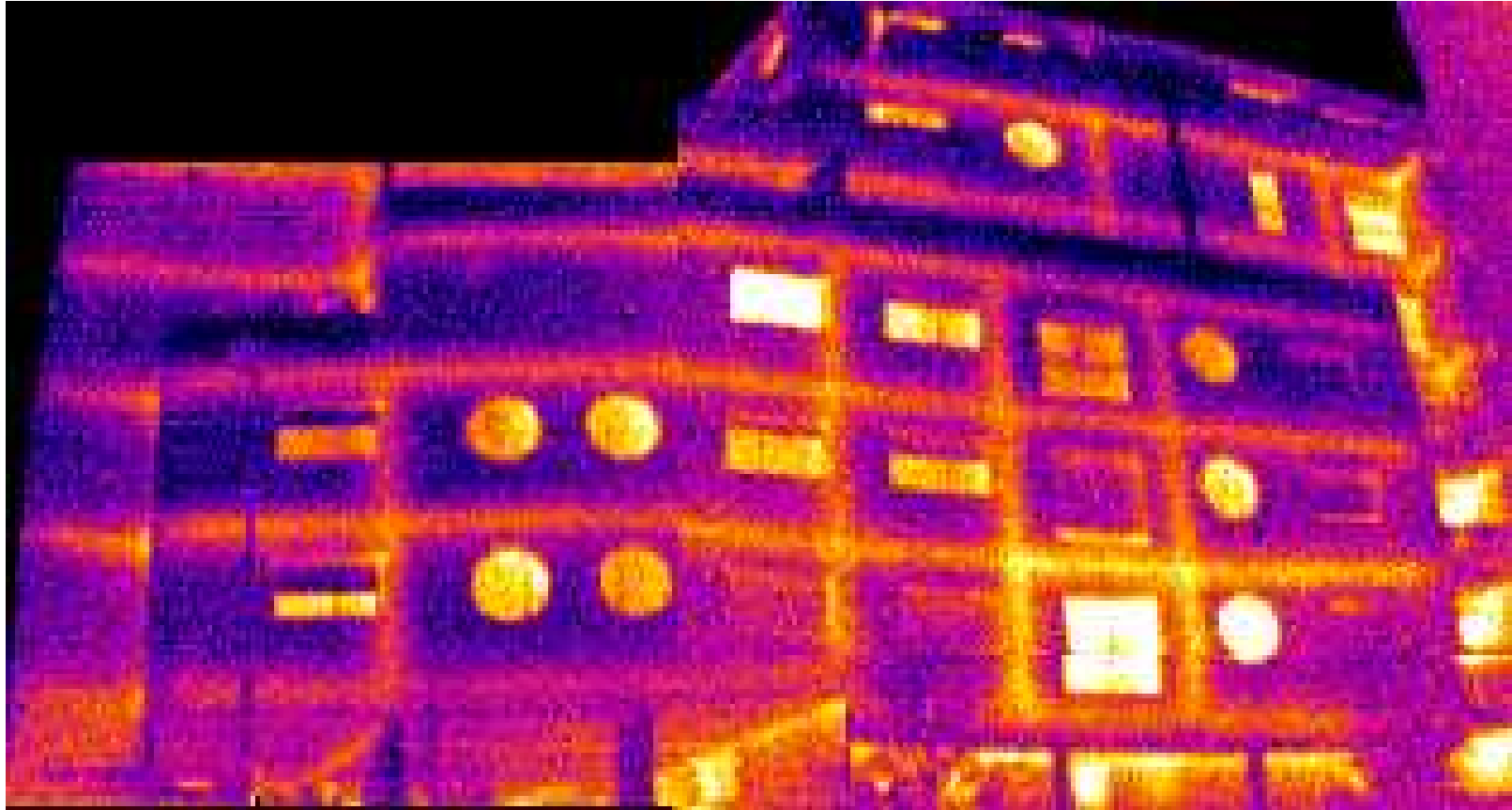
Loge



# Image dans le visible



# Mise en évidence des ponts thermiques



Montage d'images réalisées avec une caméra IR FLIR Agema 550



# L'isolation des murs par l'extérieur I.T.E



Cette opération permet de combiner le renforcement de l'isolation et le ravalement de façade, en particulier pour les bâtiments existants



**L'enduit sur isolant** : L'enduit ( mince ou épais) est solidaire de l'isolant fixé sur le mur. C'est une des techniques la plus souvent rencontrée. L'aspect extérieur est du type « Crépi »



**Le bardage** : une peau (en bois ou pvc,..) est fixée sur une ossature, l'isolant étant fixé sur le mur extérieur souvent utilisé sur chalet bois



**La vêtire** : éléments isolant + enduit préfabriqués fixés sur mur : plutôt pour collectif





## Les Ouvrants : la menuiserie



+ de 15% des surfaces de murs extérieurs d'un bâtiment tertiaire.



Aujourd'hui un ouvrant certifié de haute performance thermique isole 5 fois moins que le mur qui l'entoure.



*( $U_w < 2 \text{ W/m}^2\text{K}$  pour une menuiserie selon le référentiel )*



*( $U = 0.4 \text{ W/m}^2\text{K}$  pour un mur de 21 cm en parpaing et enduit, isolé par doublage rapporté PSE de 8 cm + 1cm de plâtre )*



Son pouvoir d'isolation thermique n'est seulement équivalent qu'à 2 cm d'isolant certifié rapporté sur le mur!

→ choisir les plus performants.



les ouvrants BOIS :  
matériau traditionnel

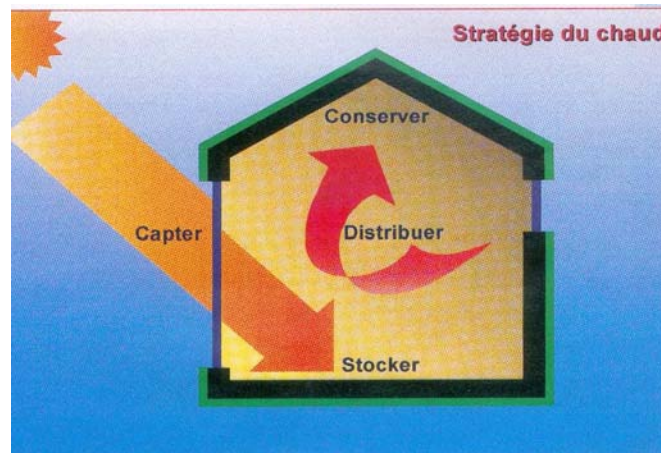


L'Aluminium : matériau  
esthétique pouvant être  
coloré ouvrants plus  
grands

# Compromis à trouver

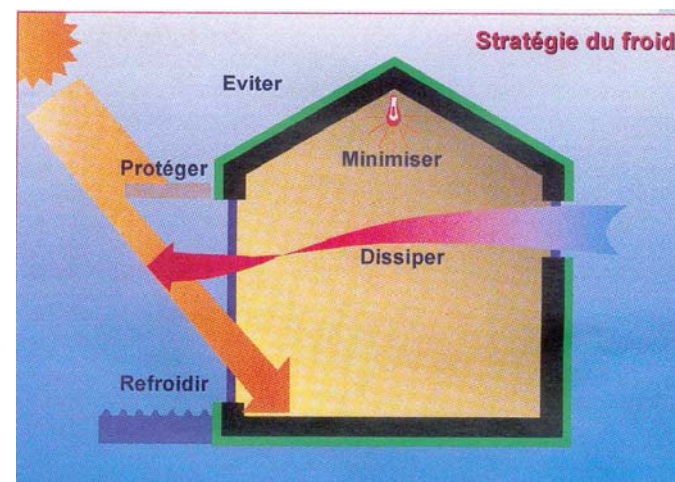
## Chaleur

- Récupération des apports gratuits
- Isolation
- Distribution
- Régulation



## Froid

- Protections solaires
- Systèmes de climatisation passifs ou actifs
- Minimisation des apports gratuits internes



Sources : *Traité d'Architecture et Urbanisme Bioclimatique*



## Les critères de performances énergétiques des fenêtres

**3 coefficients caractérisent les performances énergétiques des fenêtres** Identification du produit,

- $U_w$  : Coefficient de transmission thermique de la fenêtre qui traduit sa capacité à conserver la température intérieure (associé à un volet il devient  $U$  jour nuit)
- $S_w$  : Facteur solaire de la fenêtre qui traduit sa capacité à transmettre l'énergie solaire à l'intérieur du local
- $T_l$  : Facteur de transmission lumineuse de la fenêtre qui traduit sa capacité à transmettre la lumière naturelle à l'intérieur du local

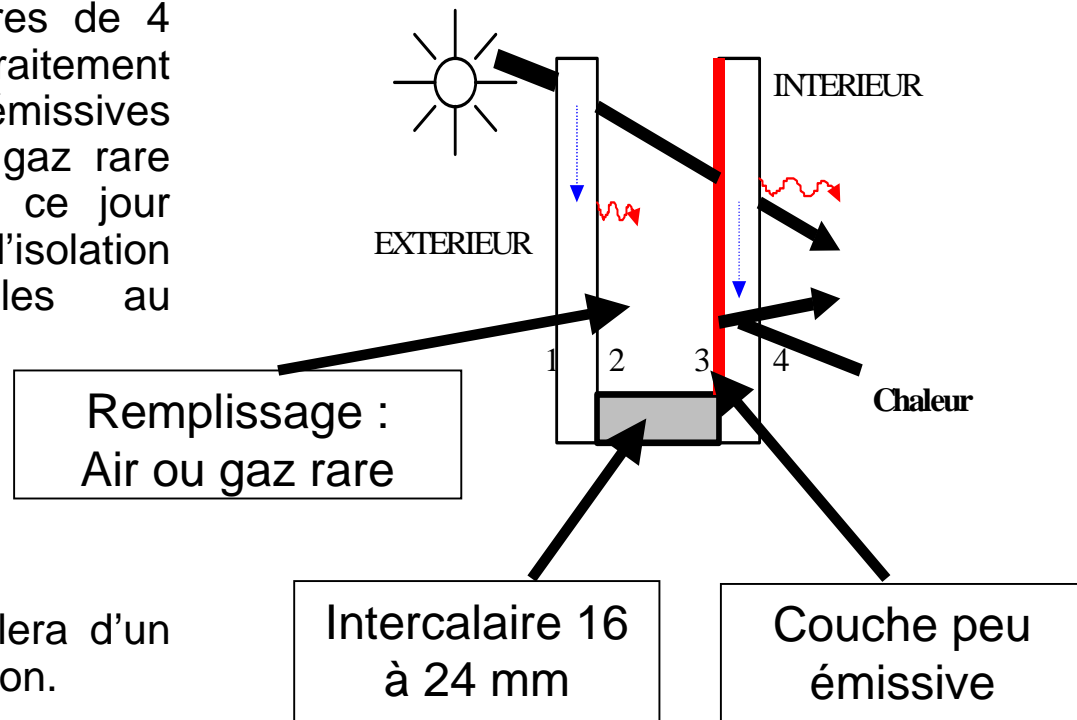


# Les ouvrants : zoom sur le vitrage peu émissif (PE)

Zoom sur les vitrages : comment fonctionne un vitrage à haute isolation ?

Un espace minimum de 16 mm entre deux verres de 4 mm ayant reçu un traitement de couches peu émissives (PE) et rempli d'un gaz rare (argon) confèrent à ce jour des propriétés d'isolation thermiques optimales au vitrage.

Dans ce cas on parlera d'un vitrage 4/16/4 PE Argon.





# Recommandations



## Optimiser les apports solaires



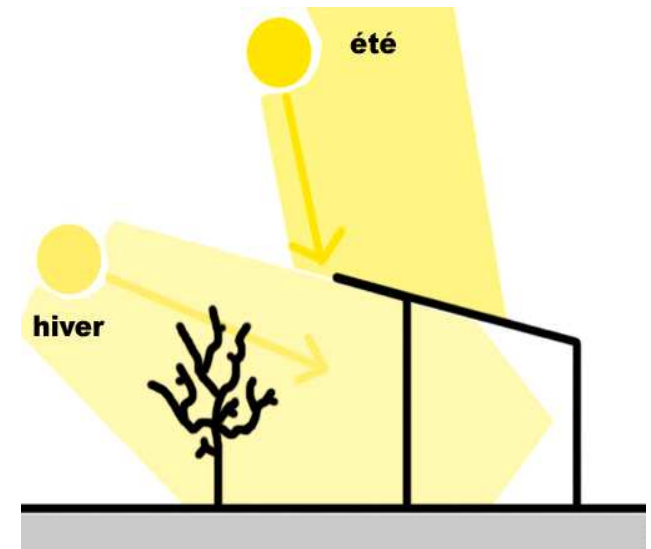
- Utiliser des casquettes de petites dimensions permettant d'écrêter la partie la plus importante du rayonnement solaire en été et n'altérant pas le rayonnement en hiver.



- Pour évaluer l'impact des masques on utilise le diagramme solaire sur lequel on superpose le relevé en hauteur et azimuth des masques proches et lointains.



- Protections solaires extérieures





# La ventilation



Le rôle principal de la ventilation est de permettre de maîtriser les différents paramètres qui agiront sur l'état de l'air insufflé :

- la température
- l'humidité
- la pureté
- le mouvement



tout en respectant un triple enjeu :

**confort – santé – économie**



La ventilation est régie par :

les règlements sanitaires départementaux  
et le code du travail.





# La diffusion de l'air et le confort



**La vitesse d'air résiduelle dans la zone de confort est fonction :**

1. du débit à ventiler
2. du type de diffusion choisie
3. de l'emplacement et du réglage de l'organe de soufflage



Elle a une influence sur le confort de l'occupant : la sensation de courant d'air apparaît lorsque la vitesse de l'air dans la zone d'occupation est  $> 0,2 \text{ m/s}$





# La diffusion de l'air : quelques précautions



- Négliger la diffusion d'air c'est introduire des sensations d'inconfort (vitesses trop élevées, bruit, ...)



- Vérifier le Taux de brassage (réglementation)



- Des solutions ...

- ➔ Choisir des emplacements appropriés
- ➔ Multiplier les points de soufflage (zonage)
- ➔ Régler les organes de soufflage





# Ventilation

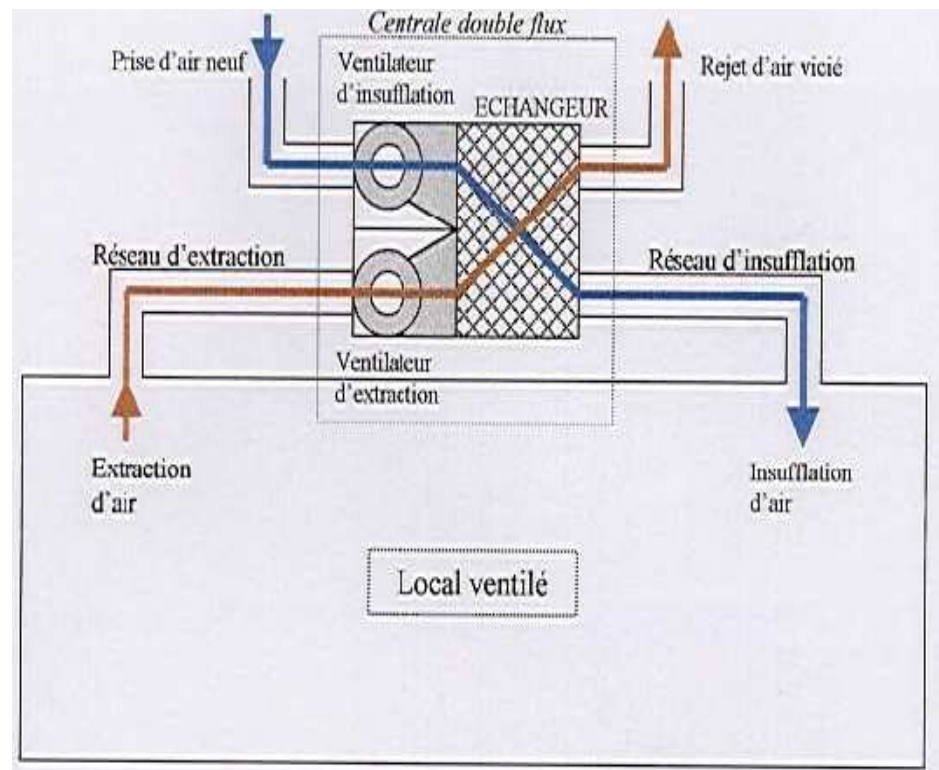
Systemes les plus facilement utilisables :

- La ventilation asservie à l'utilisation :
  - Simple flux hygroréglable dans le logement
  - Systemes asservis à la présence ou à la qualité de l'air en tertiaire

# Ventilation

## Les systèmes double flux avec échangeurs :

- Efficacité de l'échangeur > 80%
- Puissances des ventilateurs et faible consommation électrique
- Entretien et gestion de l'échangeur en saison chaude



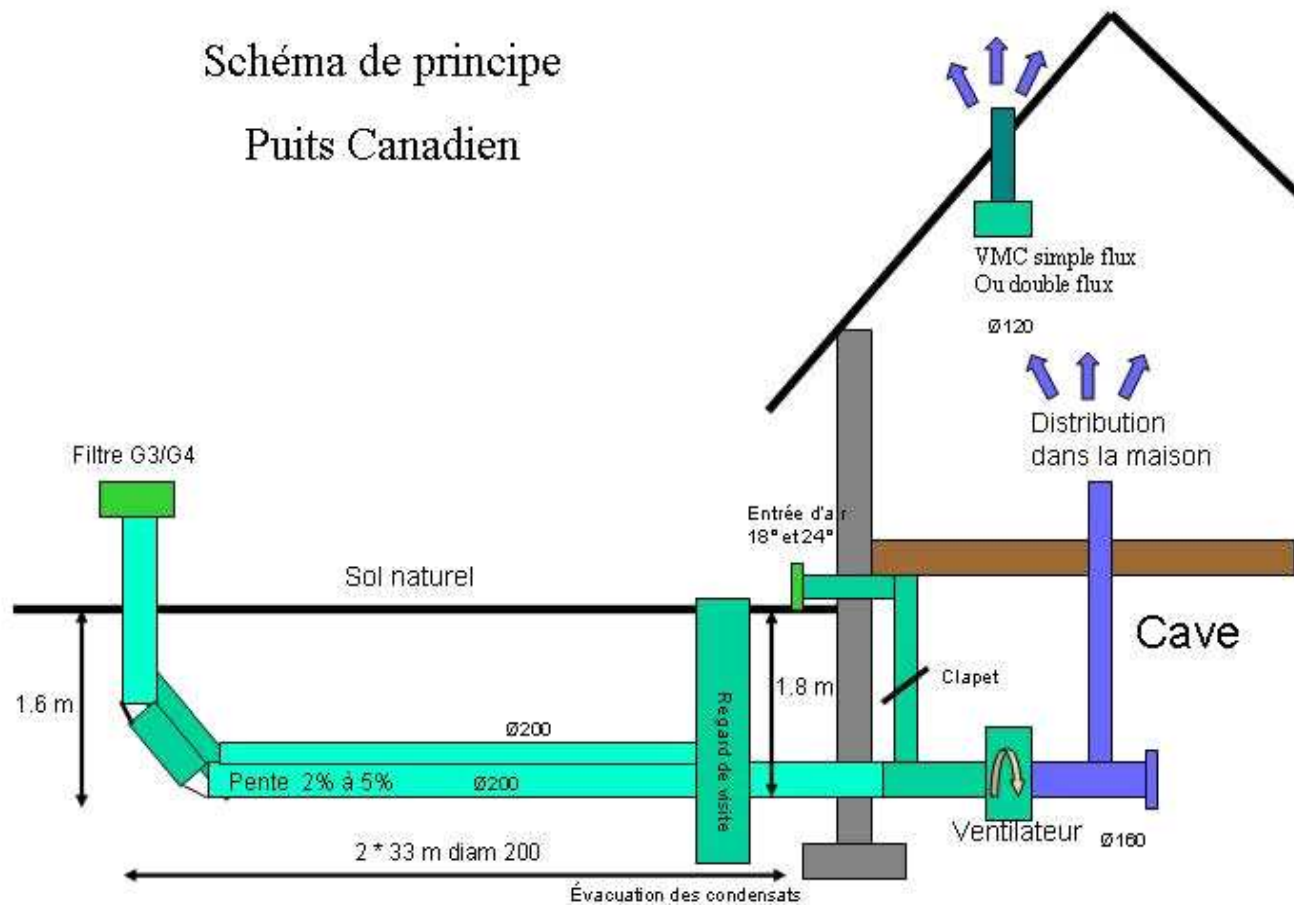
Source : <http://www.energelio.fr/>



# Ventilation : Puits canadien

Schéma de principe

Puits Canadien



Source : <http://www.batibio.org>





# Le puits canadien



Entrée d'air



Enfouissement  
des gaines

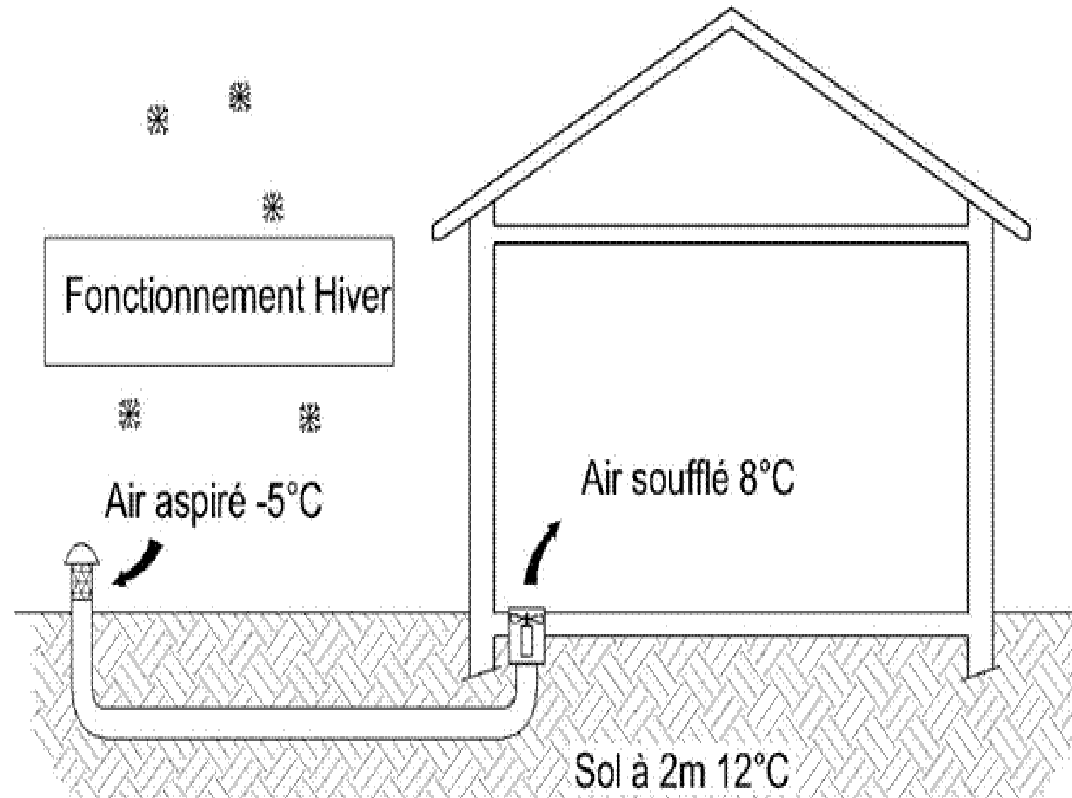


Système  
d'introduction



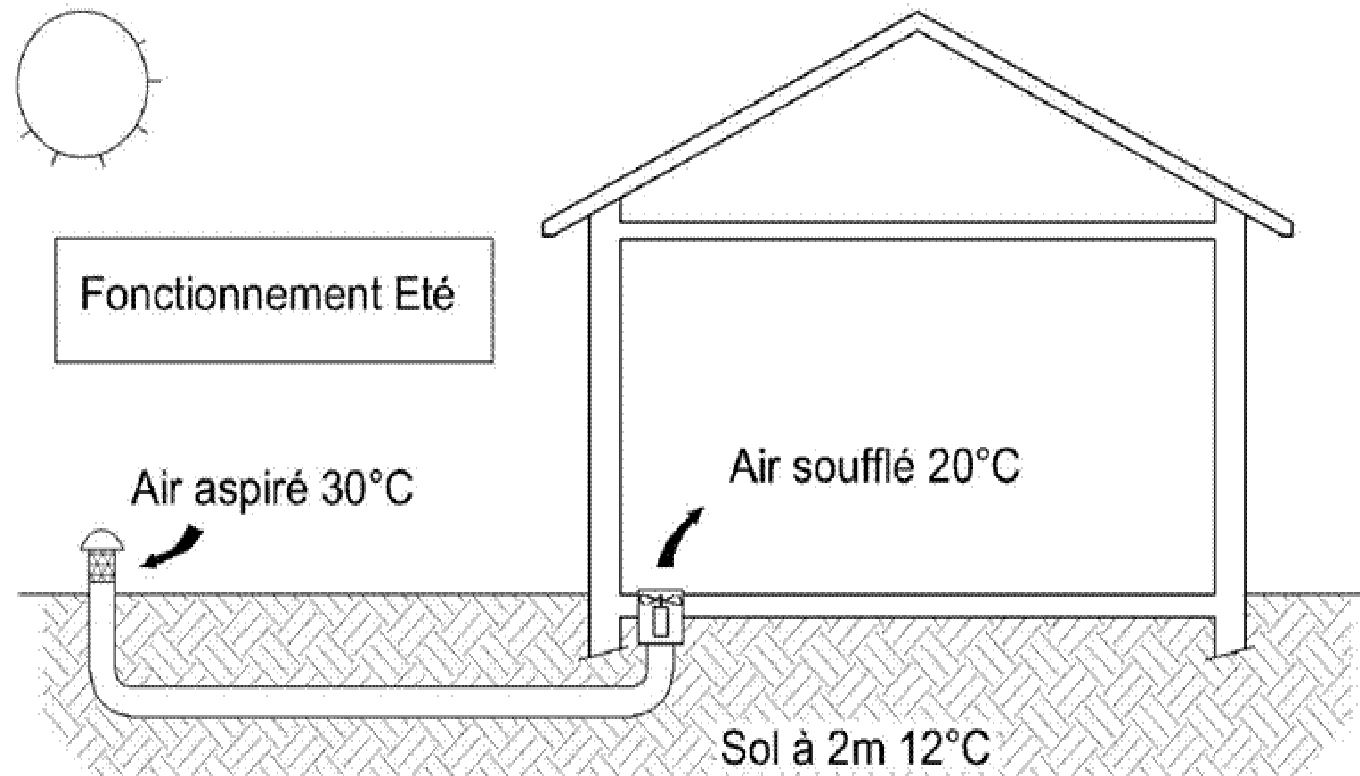
# Ventilation : Puits canadien

Principe :



# Ventilation : Puits canadien

Principe :





# Ventilation : Puits canadien



## Quel investissement ?



- Le coût d'un système complet pour un local de 100 m<sup>2</sup> = 3.000 à 5.000 € HT (selon qualité du matériel), étude incluse
- Les coûts d'installation et raccordement sont très variables selon les conditions du chantier et du matériel choisi (construction neuve ou existante, dimensions, distances, etc.)
- Le coût du terrassement vient en sus (négligeable pour constructions neuves)





**L'étanchéité à l'air :  
un enjeu pour demain!**





# Une enveloppe étanche à l'air

Quels sont les enjeux ?



L'étanchéité à l'air est un aspect incontournable des bâtiments à basse consommation énergie :



- Elle est essentielle pour que les systèmes de ventilation fonctionnent correctement, pour assurer une bonne qualité de l'air, la conservation du bâti, un bon confort acoustique et thermique, et pour éviter le gaspillage d'énergie.
- La ventilation d'un bâtiment ne peut en aucun cas reposer sur une perméabilité diffuse et non maîtrisée de son enveloppe.
- Une enveloppe non étanche à l'air représente 1 à 8 kWh/m<sup>2</sup>/an et de 7 à 11% de la consommation





# Une enveloppe étanche à l'air



**Quelles sont les points de fuites les plus courants ?**



- Les menuiseries
- Les passages des équipements électriques (prises de courant, interrupteurs)
- Les tableaux électriques
- Les passages des canalisations et réseaux
- Les liaisons entre éléments de façade et planchers
- Les trappes d'accès aux combles
- Portes donnant sur des locaux non chauffés

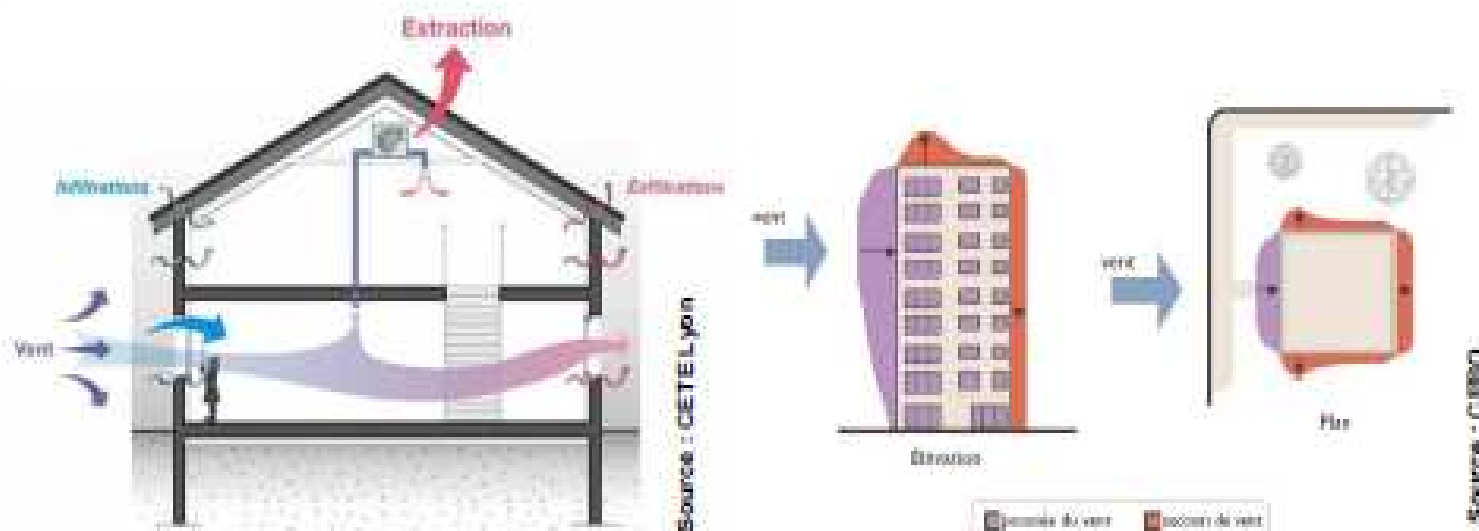




## Les enjeux de la perméabilité à l'air : l'efficacité énergétique



- Les infiltrations/exfiltrations d'air sont influencées par le vent qui exerce une pression variable sur le bâtiment  
→ C'est un phénomène impactant l'efficacité énergétique du bâti



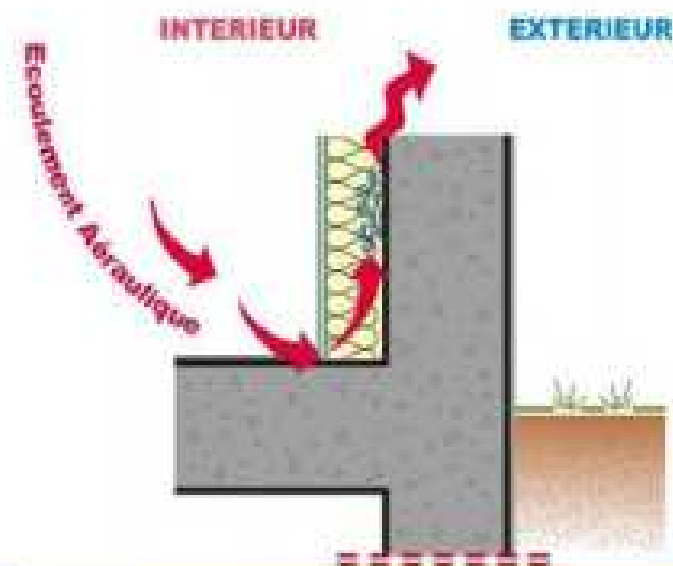


## Les enjeux de la perméabilité à l'air : la conservation du bâti



En période de chauffe, les exfiltrations d'air humide se traduisent par de la condensation :

- Humidification de l'isolant
- Charge en eau des structures
- Moisissures, corrosion





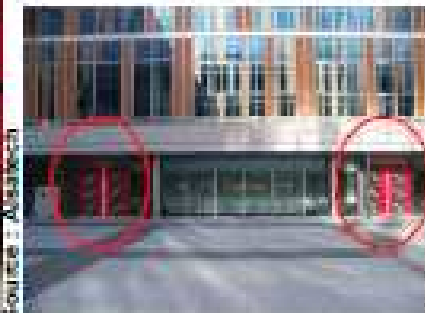
## Les techniques de diagnostic : blower door, caméra thermique, générateur de fumée, anémomètre



- Mesure de la perméabilité :
  - Norme NF EN 13829
  - Porte soufflante (blower door) mono ou multi ventilateurs



Source : Aisatech



- Localisation des fuites
  - Générateur de fumée
  - Caméra thermique
  - Anémomètre



Source : Aisatech



Source : Aisatech



## La perméabilité des bâtiments existants : les principaux points faibles



- Liaisons façades et planchers
  - Liaison mur/dalle sur terre plein
  - Liaison mur/dalle ou plancher en partie courante, ...



Source : Alcatel

- Matériaux en partie courante
  - ⚠ Certains matériaux nécessitent un complément d'étanchéification





## La perméabilité des bâtiments existants : les principaux points faibles



### ▪ Menuiseries

- liaisons menuiseries/gros oeuvre
- rétraction des joints de vitrage,
- parclofes,
- liaisons ouvrant/dormant,
- systèmes coulissants,
- ferrures oscillo-battantes, ...



Source : Aligatexh





## La perméabilité des bâtiments existants : les principaux points faibles



- Perméabilité des réseaux électriques

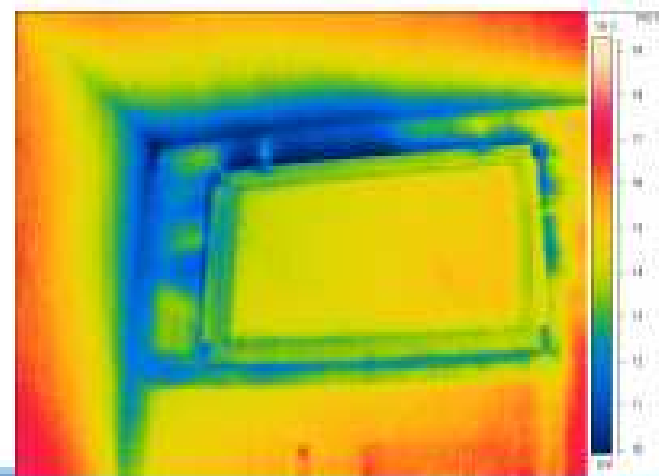
- Interrupteurs
- Prises
- Boîtiers de dérivation
- Réseaux informatiques ou téléphoniques



Source : Alcatel

- Trappes et éléments traversant les parois

- Trappes de visites
- Ascenseurs
- Gaines techniques
- Conduits de fumée
- Coffres de volets roulants





# Bâtiment public



Bâtiment très énergivore à potentiel de dégradation élevé



# Construction bois – surconsommation chauffage









La modélisation dynamique  
un outil d'analyse du comportement  
d'un bâtiment dans son  
environnement.





Alcyone - Salle Polyvalente.alcp

Fichier Edition Plan Fond de plan Affichage Aide

Données de construction Plan 3D Exporter vers Pleiades + Comfie

Options de vue Niveau 0 Hauteur du niveau 2,20 m  Mode sous-sol

Loge

Dégagement 2

Salle polyvalente

Loge

Dégagement 2

Salle d'activités

Salle de rencontre/d'activités

Hall d'entrée

Pièce

Pré rangement 1

Rangement 3

Rangement 2

Salle d'activités handicapé

Sanitaire H

Sanitaire D

Wc

Wc

Wc handicapé



Alcyone - Salle Polyvalente.alcp

Fichier Edition Plan Fond de plan Affichage Aide

Données de construction Plan 3D Exporter vers Pleiades + Comfie

21/01/2008 14:24:00

Nombre de niveaux visibles: [Slider]

Option d'affichage

- Sol
- Couleurs des zones
- Ciel
- Ombres portées
- Afficher les toitures

Options graphiques

Mode de déplacement

- Tourner autour
- Position solaire

Vidéo des ombres

Configurer la vidéo

Centrer la vue

Sauver l'image

Imprimer l'image





Alcyone - Salle Polyvalente.alcp

Fichier Edition Plan Fond de plan Affichage Aide



Données de construction Plan 3D Exporter vers Pleiades + Comfie

Nombre de niveaux visibles

21/05/2008 19:21:36

Option d'affichage

- Sol
- Couleurs des zones
- Ciel
- Ombres portées
- Afficher les toitures

Options graphiques

Mode de déplacement

- Tourner autour
- Position solaire

Vidéo des ombres

Configurer la vidéo



Centrer la vue

Sauver l'image

Imprimer l'image





Interface Comfie / NOM DU PROJET :Salle Polyvalente. / VARIANTE DU PROJET :Export Alcyone

Fichier Affichage Aide



Environnement Fonctionnement Simulation Sorties

Liste des résultats Synthèse Graphiques Générer un rapport Comparaison Comparateur Consommation

Projet sélectionné : Salle Polyvalente. / Export Alcyone

Diagramme de Sankey

Exporter vers Excel

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
<b>Année</b>									
RDC - 1 - Salles de rencontre/d'activités+RDC - 4 - :	45908 kWh	113 kWh/m²	0 kWh	0 kWh/m²	26197 W	0 W	20.00 °C	21.98 °C	
RDC - 2 - Rangement 2+RDC - 16 - Rangement 3+ff	3242 kWh	78 kWh/m²	0 kWh	0 kWh/m²	2550 W	0 W	20.00 °C	21.87 °C	
RDC - 3 - Hall d'entrée 2+RDC - 12 - Dégagement+H	3796 kWh	81 kWh/m²	0 kWh	0 kWh/m²	2777 W	0 W	20.00 °C	22.14 °C	
RDC - 21 - Laverie+RDC - 22 - Cuisine	4042 kWh	78 kWh/m²	0 kWh	0 kWh/m²	3380 W	0 W	20.00 °C	22.11 °C	
RDC - 5 - Wc+RDC - 6 - Sanitaire D+RDC - 7 - Hanc	2879 kWh	67 kWh/m²	0 kWh	0 kWh/m²	2557 W	0 W	20.00 °C	22.05 °C	
RDC - 28 - Loge	0 kWh	0 kWh/m²	0 kWh	0 kWh/m²	0 W	0 W	12.55 °C	18.30 °C	
R+1 - 30 - Appartement concierge	0 kWh	0 kWh/m²	0 kWh	0 kWh/m²	0 W	0 W	17.16 °C	21.04 °C	
<b>Total</b>	<b>59867 kWh</b>	<b>102 kWh/m²</b>	<b>0 kWh</b>		<b>37460 W</b>	<b>0 W</b>			

Zones	Apports solaires bruts	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauffe Max	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort	Part de besoin nets	Dépédictions
RDC - 1 - Salles de rencontre/d'activités+RDC - 4 - Salle d'activi	5199.00 kWh	19.67 kWh/m3	26.87 (1/10°C)	29.14 %	8.36 %	63.48 %	
RDC - 2 - Rangement 2+RDC - 16 - Rangement 3+RDC - 17 - Piè	319.00 kWh	35.58 kWh/m3	16.39 (1/10°C)	22.91 %	0.00 %	63.24 %	
RDC - 3 - Hall d'entrée 2+RDC - 12 - Dégagement+RDC - 18 - Ha	2237.00 kWh	36.88 kWh/m3	22.82 (1/10°C)	27.64 %	0.00 %	55.25 %	
RDC - 21 - Laverie+RDC - 22 - Cuisine	903.00 kWh	35.54 kWh/m3	25.88 (1/10°C)	26.56 %	17.09 %	57.05 %	
RDC - 5 - Wc+RDC - 6 - Sanitaire D+RDC - 7 - Handicapé+RDC -	523.00 kWh	30.49 kWh/m3	21.39 (1/10°C)	26.34 %	6.62 %	55.16 %	
RDC - 28 - Loge	578.00 kWh	0.00 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	17.53 %	0.00 %	0.00 %	
R+1 - 30 - Appartement concierge	0.00 kWh	0.00 kWh/m3	20.46 (1/10°C)	25.15 %	0.00 %	0.00 %	





Interface Comfie / NOM DU PROJET :Salle Polyvalente. / VARIANTE DU PROJET :Export Alcyone

Fichier Affichage Aide

Environnement Fonctionnement Simulation Sorties

Liste des résultats Synthèse Graphiques Générer un rapport Comparaison Comparateur Consommation

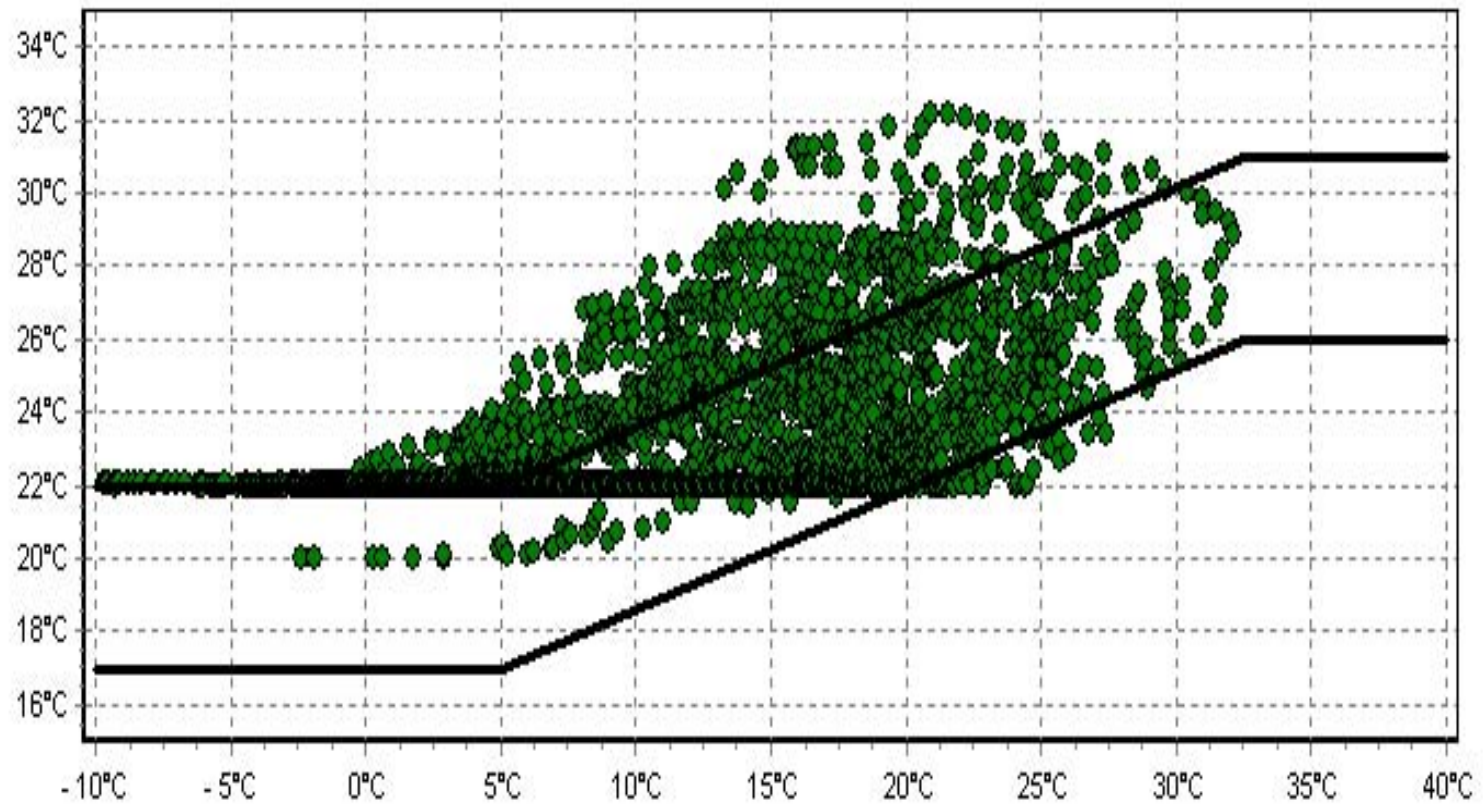
Projet sélectionné : Salle Polyvalente. / Rapport AVEC prog

Diagramme de Sankey
 Exporter vers Excel

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° M
Année									
RDC - 1 - Salles de rencontre/d'activités+RDC - 4 - :	40882 kWh	101 kWh/m²	0 kWh	0 kWh/m²	33911 W	0 W	18.00 °C	21.32 °C	
RDC - 2 - Rangement 2+RDC - 16 - Rangement 3+F	2982 kWh	72 kWh/m²	0 kWh	0 kWh/m²	3885 W	0 W	18.00 °C	21.24 °C	
RDC - 3 - Hall d'entrée 2+RDC - 12 - Dégagement+H	3168 kWh	68 kWh/m²	0 kWh	0 kWh/m²	4079 W	0 W	18.00 °C	21.54 °C	
RDC - 21 - Laverie+RDC - 22 - Cuisine	3895 kWh	75 kWh/m²	0 kWh	0 kWh/m²	5144 W	0 W	18.00 °C	21.42 °C	
RDC - 5 - Wc+RDC - 6 - Sanitaire D+RDC - 7 - Hanc	2800 kWh	65 kWh/m²	0 kWh	0 kWh/m²	4017 W	0 W	18.00 °C	21.29 °C	
RDC - 28 - Loge	1770 kWh	56 kWh/m²	0 kWh	0 kWh/m²	2225 W	0 W	18.00 °C	21.28 °C	
R+1 - 30 - Appartement concierge	0 kWh	0 kWh/m²	0 kWh	0 kWh/m²	0 W	0 W	15.38 °C	20.46 °C	
Total	55496 kWh	89 kWh/m²	0 kWh		53261 W	0 W			

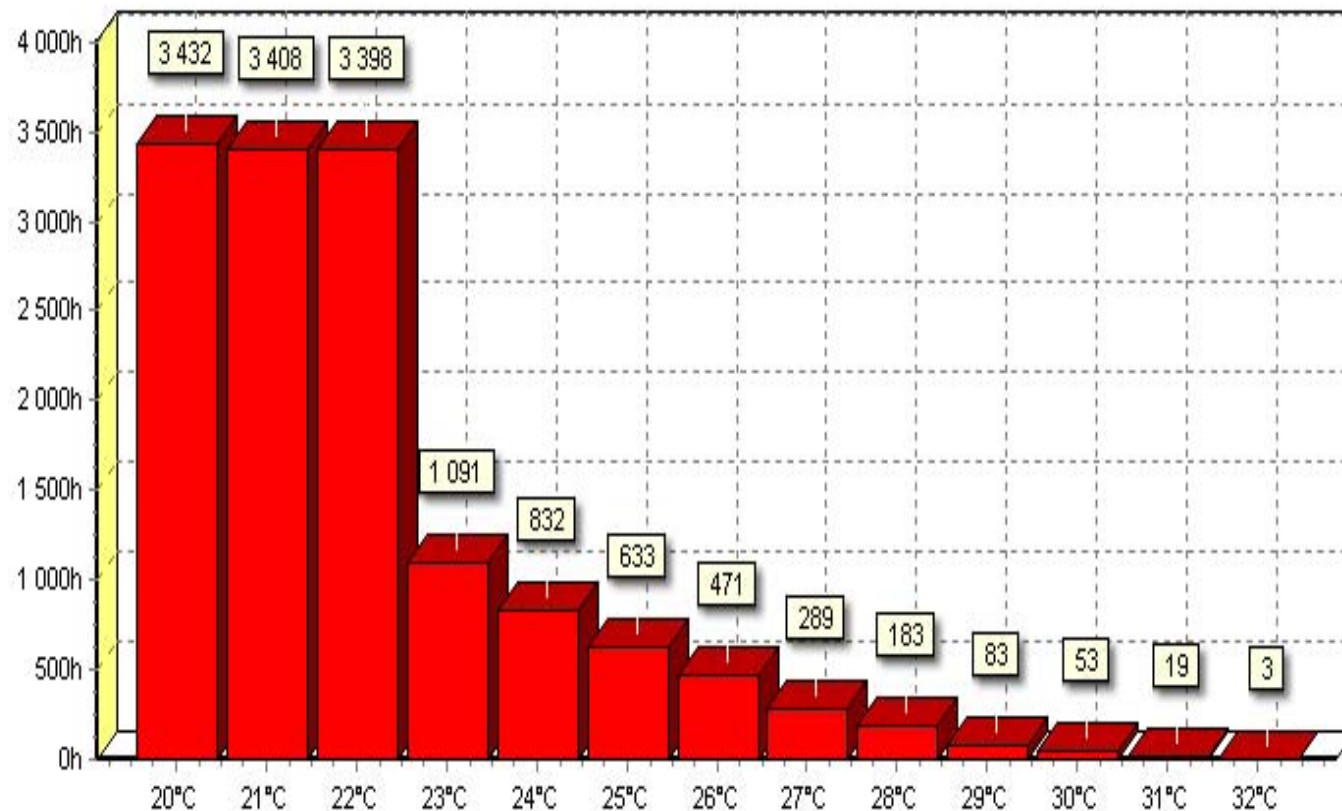
Zones	Apports solaires bruts	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauffe Max	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort	Part de besoin nets	Déperditio
RDC - 1 - Salles de rencontre/d'activités+RDC - 4 - Salle d'activi	5199.00 kWh	17.51 kWh/m3	26.71 (1/10°C)	42.26 %	8.19 %	61.65 %	
RDC - 2 - Rangement 2+RDC - 16 - Rangement 3+RDC - 17 - Piè	319.00 kWh	32.73 kWh/m3	15.39 (1/10°C)	35.57 %	0.00 %	61.99 %	
RDC - 3 - Hall d'entrée 2+RDC - 12 - Dégagement+RDC - 18 - Ha	2237.00 kWh	30.78 kWh/m3	22.82 (1/10°C)	40.31 %	0.00 %	53.26 %	
RDC - 21 - Laverie+RDC - 22 - Cuisine	903.00 kWh	34.25 kWh/m3	21.10 (1/10°C)	36.30 %	8.76 %	58.19 %	
RDC - 5 - Wc+RDC - 6 - Sanitaire D+RDC - 7 - Handicapé+RDC -	523.00 kWh	29.65 kWh/m3	13.45 (1/10°C)	36.97 %	5.13 %	57.36 %	
RDC - 28 - Loge	578.00 kWh	25.32 kWh/m3	13.24 (1/10°C)	37.57 %	0.00 %	55.21 %	
R+1 - 30 - Appartement concierge	0.00 kWh	0.00 kWh/m3	19.22 (1/10°C)	33.56 %	0.00 %	0.00 %	







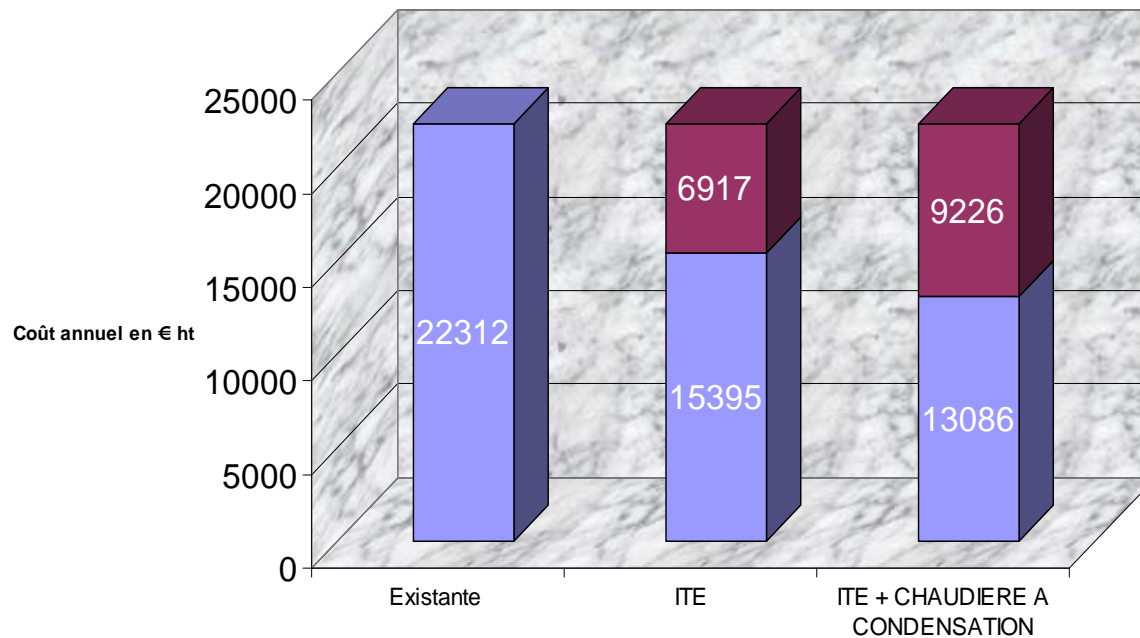
Salle Polyvalente. / Export Alcyone / RDC - 1 - Salles de rencontre/d'activités+RDC - 4 - Salle d'a



Exemple : 50 logements 2 bâtiments ( type T1 à T4)  
Année 1977 , chaufferie de 1995



### Coût exploitation en fonction des solutions retenues



Coût annuel en € ht

■ Economie sur le chauffage / capacité d'investissement en € HT

■ Coût consommation annuelle chauffage €/an





## Quelques exemples de l'efficacité énergétique dans les bâtiments



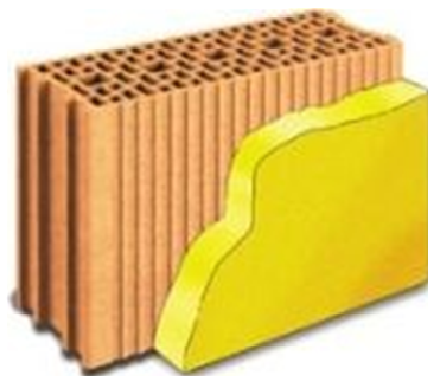


## Exemples de solutions en matière de gros-œuvre dans le neuf en zone H1a et H1b



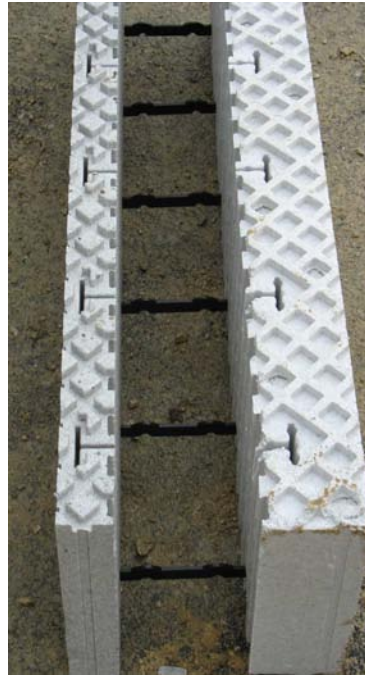
### Brique avec isolation extérieure :

- Sortie en 2010 de la Porotherm R25Th+ d'une résistance thermique de  $R = 1,61 \text{ m}^2\text{K/W}$ .
- Conductivité thermique de cette brique  $0.155 \text{ W/m.K}$
- Cette brique posée avec un doublage de 12 cm en laine de roche HD freine vapeur + BA 13 sur ossature permettra d'atteindre une résistance thermique de  $R = 4.56 \text{ m}^2\text{K/W}$  parfait pour un label BBC

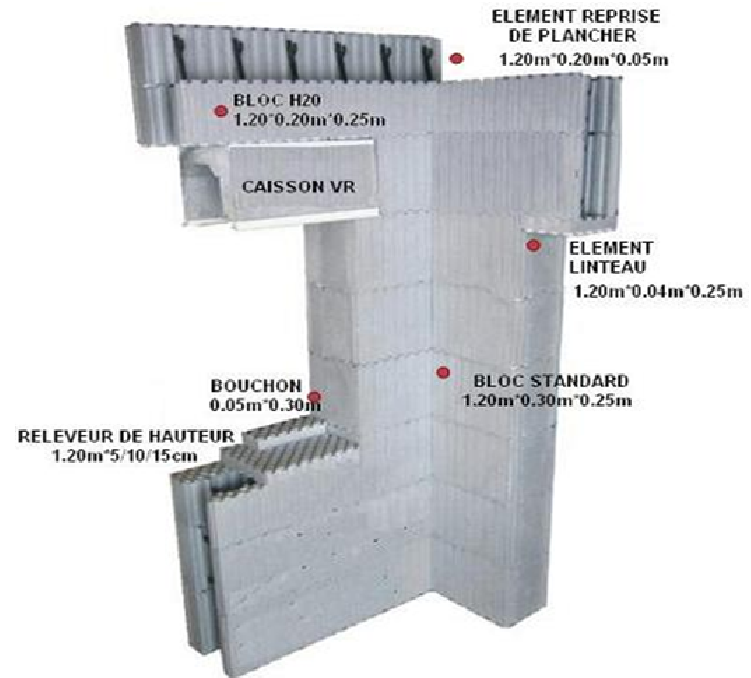




# Systeme constructif beton (MAGU) :



MAGU 10,5-15-5.5



Systeme complet MAGU





**Étaieiment des blocs coffrant**



**Coulage par pompe à béton**



## Autre système constructif béton (tertiaire) :

- Mur structurel à isolation intégrée d'une dimension pouvant aller jusqu'à 3 X 12 m pour un poids moyen de 250 à 350 Kg/m<sup>2</sup>
- L'épaisseur peut varier de 25 à 40 cm suivant l'épaisseur de l'isolant extérieur et sa résistance thermique de R = 2,78 à 5,56 m<sup>2</sup>.K/W
- Le voile de béton est de 16 cm
- L'avantage réside dans la rapidité de mise en œuvre et sur la fait que ce mur soit prêt à recevoir une finition





## Béton cellulaire (symporex) :

- Conductivité thermique de 0.09 W/m.K
- Le Thermopierre (béton cellulaire) est composé (eau, sable, chaux) et de millions de bulles d'air.

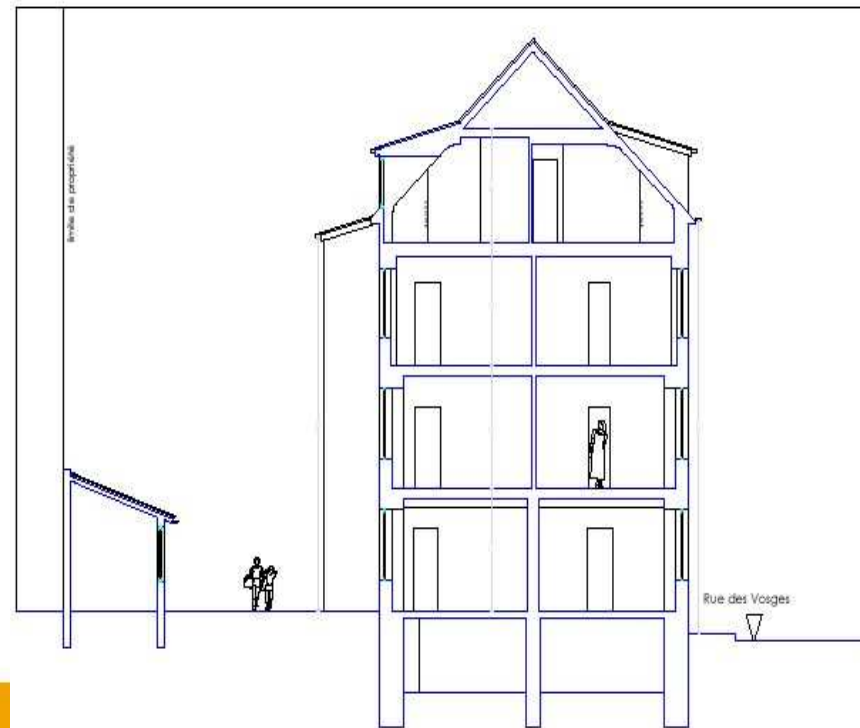




# Opération au N°31 Rue des Vosges à Mulhouse



Habitat ancien début XXe siècle,  
Immeuble en bande R+3  
avec combles et sur cave.  
Surface habitable totale  
194.5 m<sup>2</sup>





# Les hypothèses de simulations



➤ Simuler d'abord l'état initial → **point zéro**.



➤ Simuler les bâtiments en conditions exploratoires très variées.

➤ Objectif : ne pas se mettre de barrières technologiques



➤ Au total, plus de **350 simulations** d'une année au pas de temps de l'heure ont été effectuées.



ALME Mulhouse / ENERTECH



# Caractéristiques techniques des solutions

## 1 – Les parois opaques

- Murs et rampants : isolation **a priori** par l'intérieur.
- Plancher bas sur cave : en sous face plancher RdC

Plusieurs solutions correspondant à des épaisseurs croissantes d'isolant.

Epaisseur approx. Isolant cm	R m <sup>2</sup> .K / W
10	2,9
15	4,3
22	5,7
30	7,5

- Plancher haut : isolation sur plancher en combles  
solution unique R = 7.5 m<sup>2</sup>K / W correspondant à une épaisseur d'environ 30 cm d'isolant.

ALME Mulhouse / ENERTECH








# Caractéristiques techniques des solutions



## 2 – Les vitrages



Type de menuiserie	Type de vitrage	U global Wm <sup>2</sup> .K	U vitrage Wm <sup>2</sup> .K	Facteur solaire (%)	Disponible en France	Disponible en Europe
Bois	Double peu émissif avec argon	<b>1,70</b>	1,10	58	x	
Bois	Triple peu émissif avec argon	<b>1,10</b>	0,70	42		x
Bois/liège	Triple peu émissif avec krypton	<b>0,78</b>	0,50	52		x
Bois Double Fenêtre	Double peu émissif avec argon	<b>0,97</b>	1,10	34	x	

- 
- Les menuiseries d'origine sont remplacées.
  - Les dimensions des ouvertures sont conservées (environ 1/6 de la Sh).

ALME Mulhouse / ENERTECH





# Caractéristiques techniques des solutions



## 3 – La ventilation



Ventilation double flux (débit 0,5 vol/h)

**avec** ou **sans** échangeur



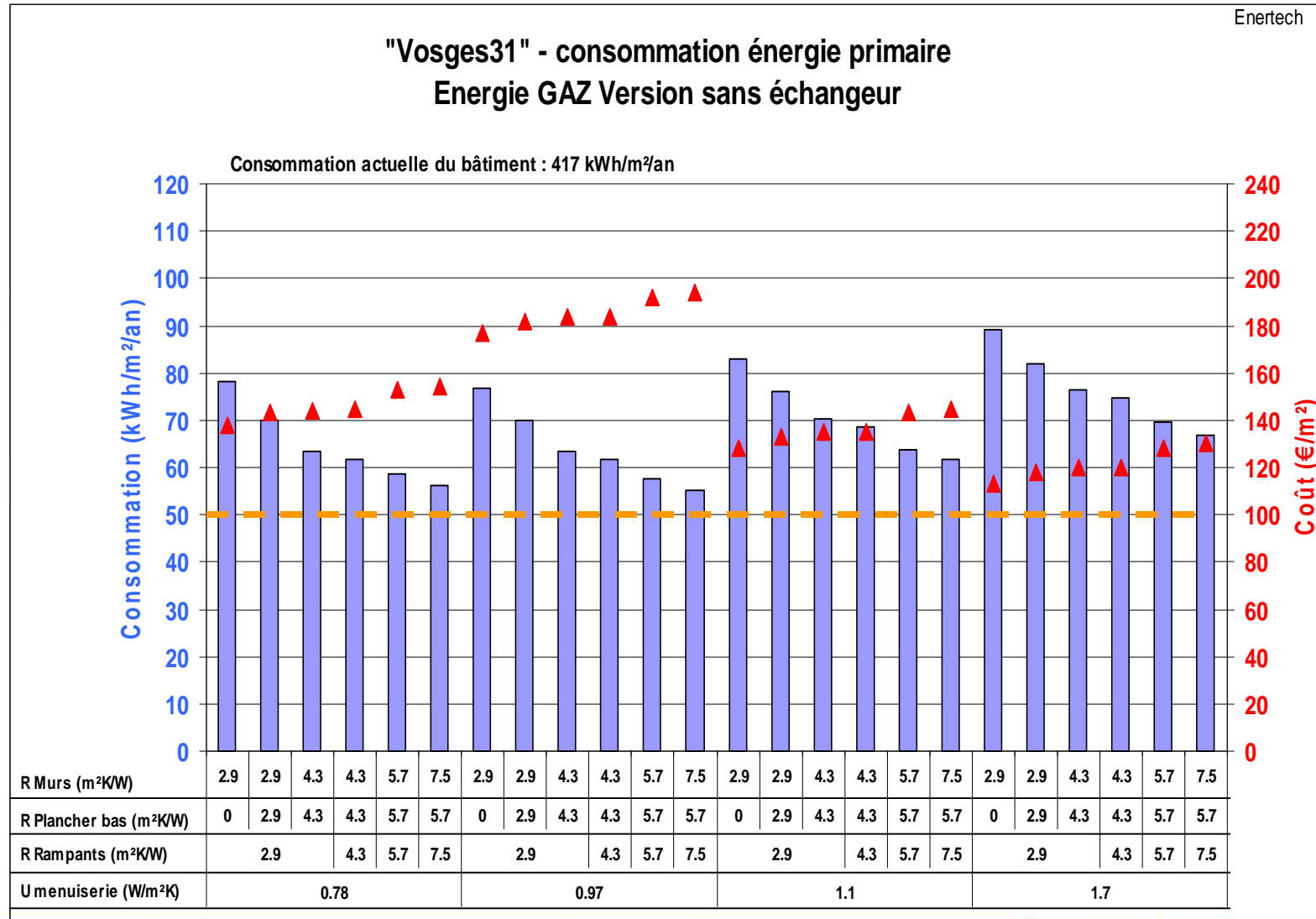
- Gaz : associé à un échangeur **centralisé** et commun aux différents logements, **d'efficacité supérieure à 70%**.



- Électricité : échangeur intégré à une pompe à chaleur sur air extrait



# Energie gaz sans échangeur

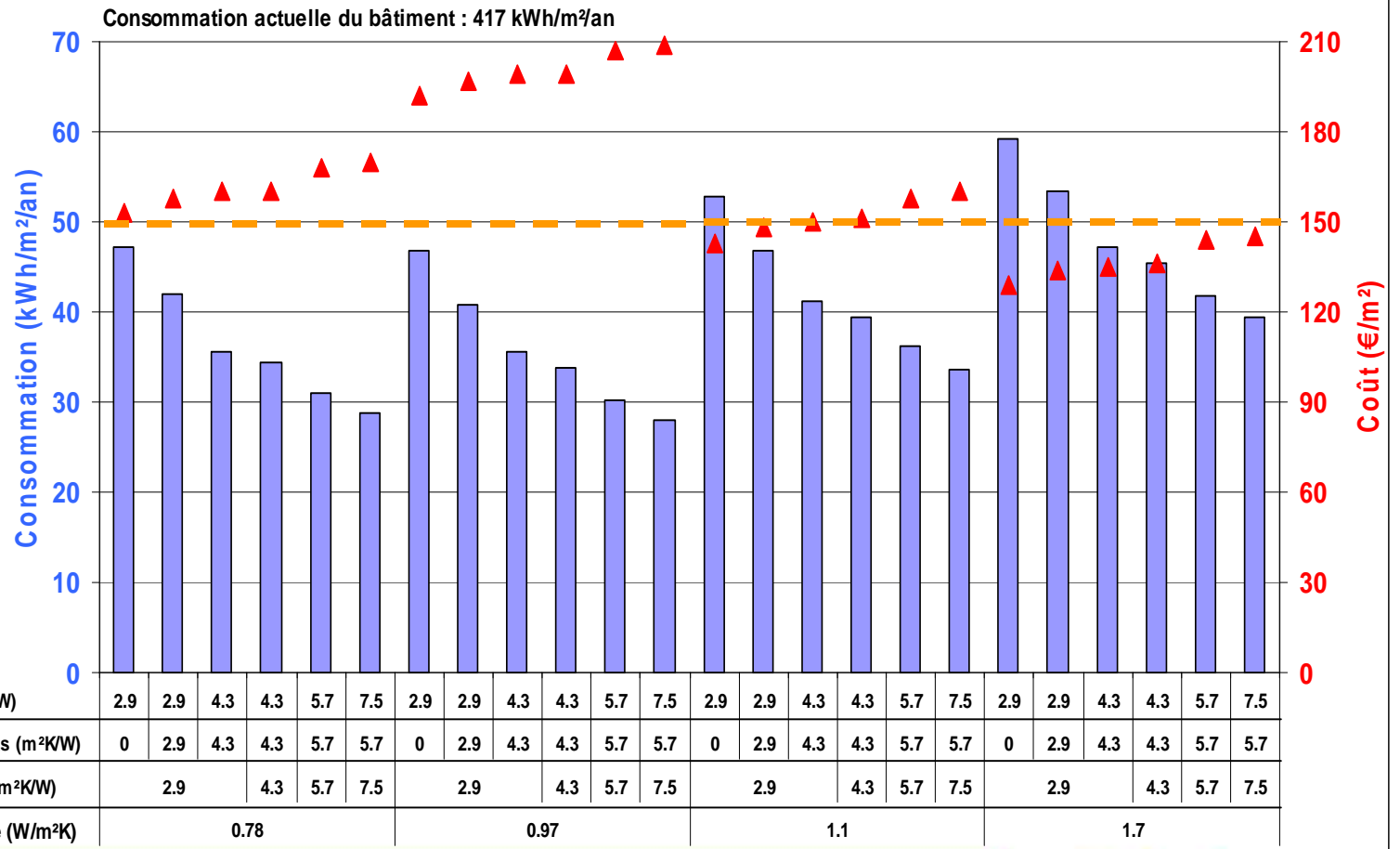




# Energie gaz avec échangeur

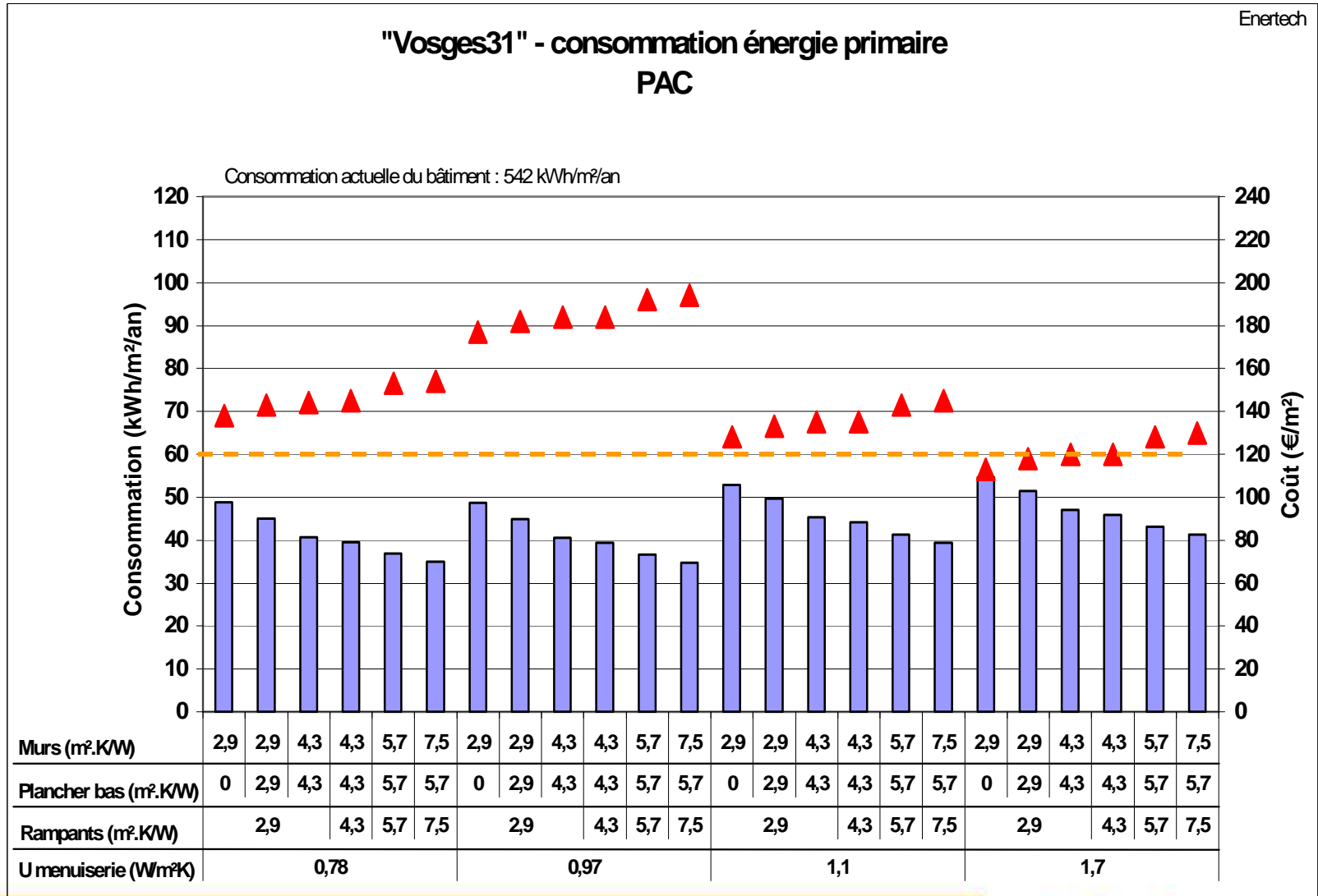
Enertech

## "Vosges31" - consommation énergie primaire Energie GAZ Version avec échangeur





# Pompe à chaleur sur air extrait





***Merci de votre attention***

