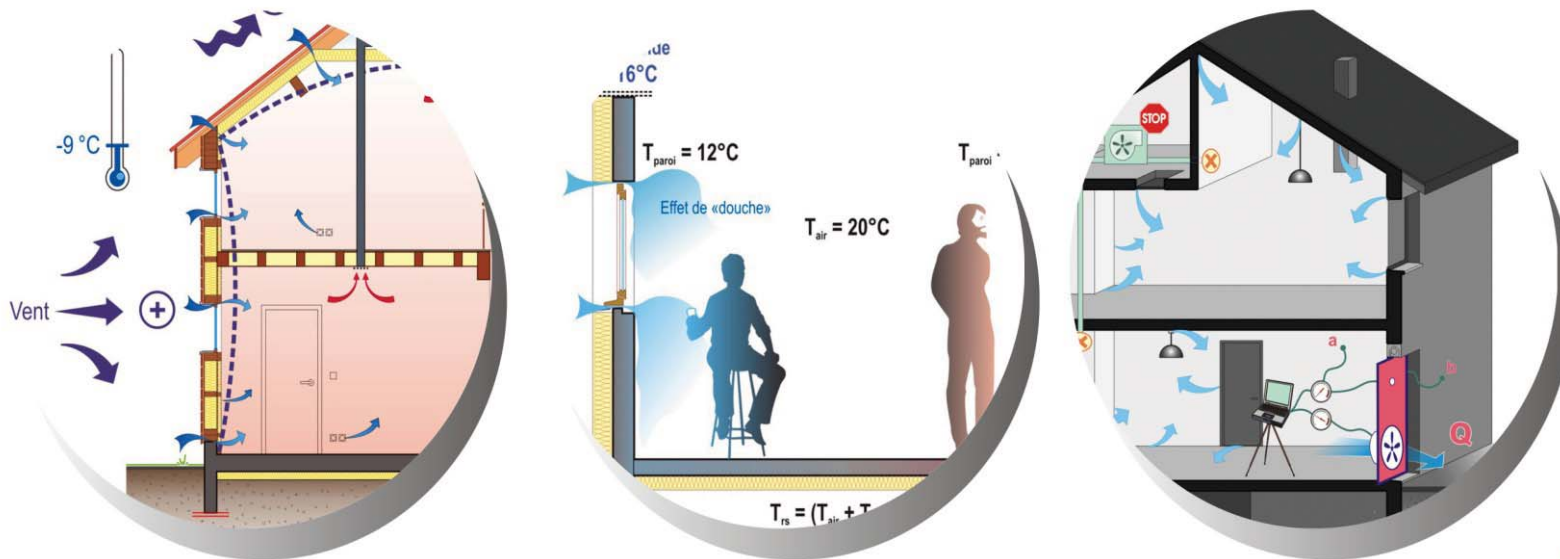


# Étanchéité à l'air des enveloppes

Un enjeu pour la qualité des **B**âtiments  
à **B**asse **C**onsommation d'énergie

## Support de formation n°1 Contexte et enjeux de la perméabilité à l'air



Sessions de formation 2011 / 2012

Ressources, territoires et habitats  
Énergie et climat Développement durable  
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

Présent  
pour  
l'avenir

# Objectifs de ce module

- Connaître le contexte énergétique du secteur bâtiment
- Comprendre le mécanisme de la perméabilité à l'air
- Identifier les enjeux de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe
- Comprendre les principes du test d'infiltrométrie
- Connaître et les indicateurs de performance  $Q_{4Pasurf}$  et  $n_{50}$



- Contexte énergétique et réglementaire

---
- Définition de la perméabilité à l'air

---
- Les phénomènes moteurs

---
- Implications énergétiques et pathogènes

---
- La mesure et les indicateurs de performance

---
- Les niveaux d'exigence actuels et futurs

---
- État des lieux et pistes d'amélioration

---



## ■ Contexte énergétique et réglementaire

---

■ Définition de la perméabilité à l'air

---

■ Les phénomènes moteurs

---

■ Implications énergétiques et pathogènes

---

■ La mesure et les indicateurs de performance

---

■ Les niveaux d'exigence actuels et futurs

---

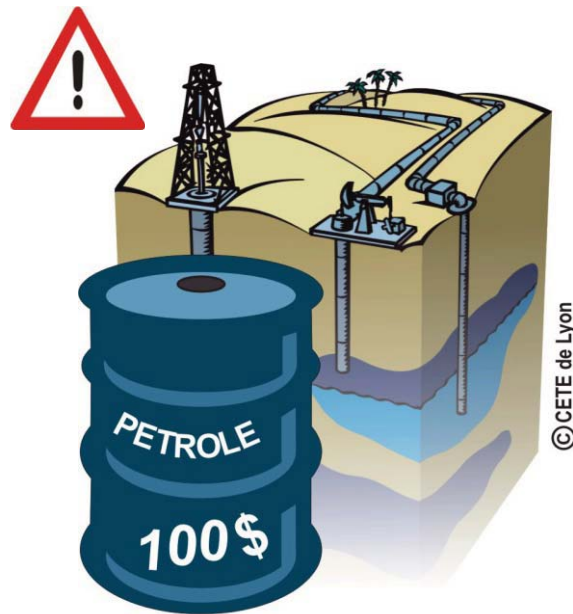
■ État des lieux et pistes d'amélioration

---

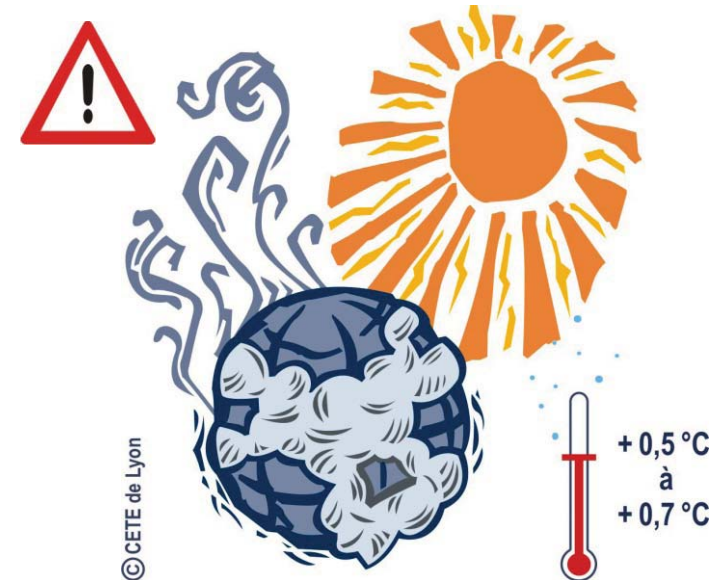


# Contexte énergétique et réglementaire

Le développement des activités humaines accroît l'épuisement des ressources naturelles et intensifie la production de gaz à effet de serre (GES)



- Pour le niveau actuel de consommation, les réserves de pétrole sont estimées à environ **45 ans**



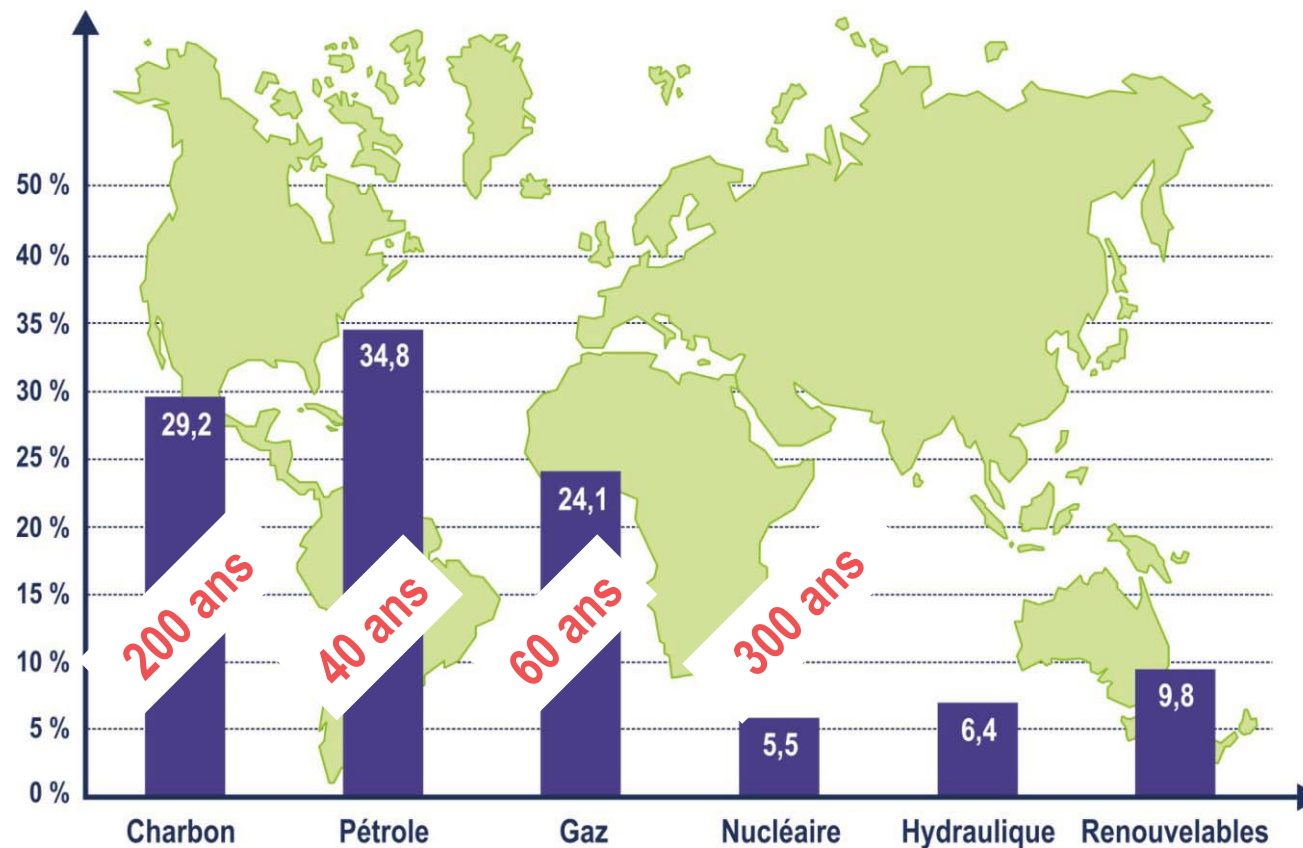
- Les gaz à effet de serre émis par les combustibles fossiles modifient le climat mondial (**+ 0,5° à + 0,7° C depuis 1860**)



# Contexte énergétique et réglementaire

Au niveau mondial, l'accroissement rapide des besoins de consommation entraîne une augmentation de la demande énergétique d'environ 2 % par an

Répartition de la demande d'énergie primaire mondiale en 2009



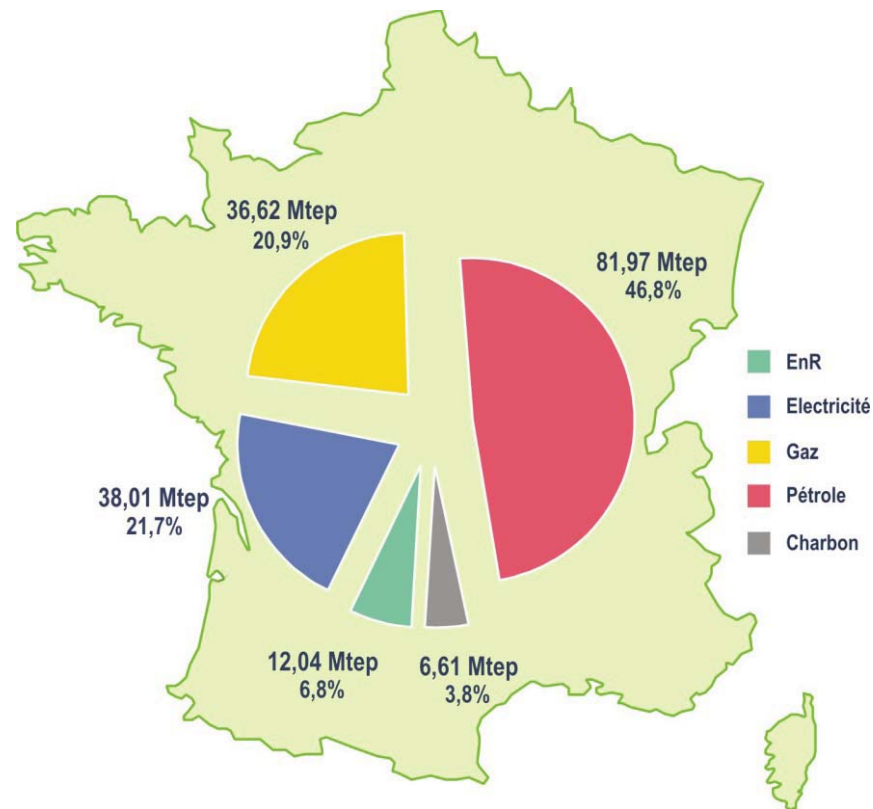
La plus grande part de ces consommations d'énergie provient de combustibles fossiles !



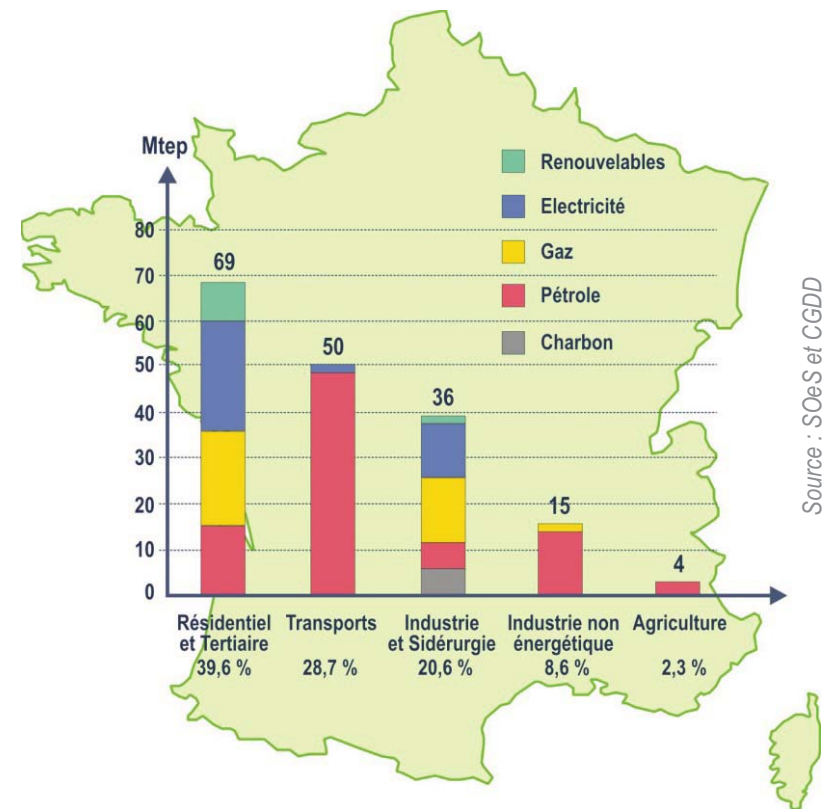


# Contexte énergétique et réglementaire

En France, La consommation finale d'énergie corrigée du climat s'élève à 175 Mtep soit 274 Mtep d'énergie primaire et une émission de 377 MtCO<sub>2</sub> due à l'énergie



■ Structure sectorielle de la consommation finale d'énergie en 2008 (corrigée du climat)



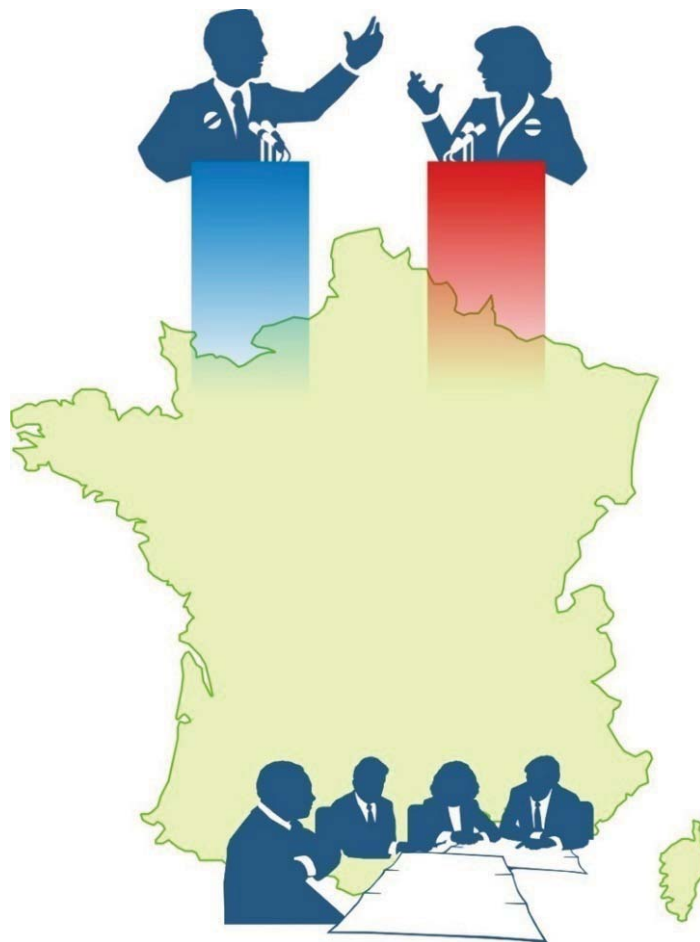
■ Répartition de la consommation finale par énergie en 2008 (corrigée du climat)

Source : SOeS et CGDD



# Contexte énergétique et réglementaire

La France s'est engagée à stabiliser ses émissions et à ne pas émettre plus de 565 millions de tonnes équivalentes CO<sub>2</sub> par an entre 2008 et 2012



## Les dispositions en France :

- Le Plan National de Lutte contre le Changement Climatique
- Le Plan Climat
- **Le Grenelle de l'Environnement**
- Le Plan Ville Durable
- Le Plan Energie Renouvelable
- **La Réglementation Thermique**
- ...





# Contexte énergétique et réglementaire

Le secteur du bâtiment est directement interpellé par les préoccupations environnementales d'aujourd'hui



Le bâtiment représente à lui seul :

- 50 % des ressources naturelles
- 43 % de l'énergie
- 16 % de l'eau
- 25 % des émissions de GES

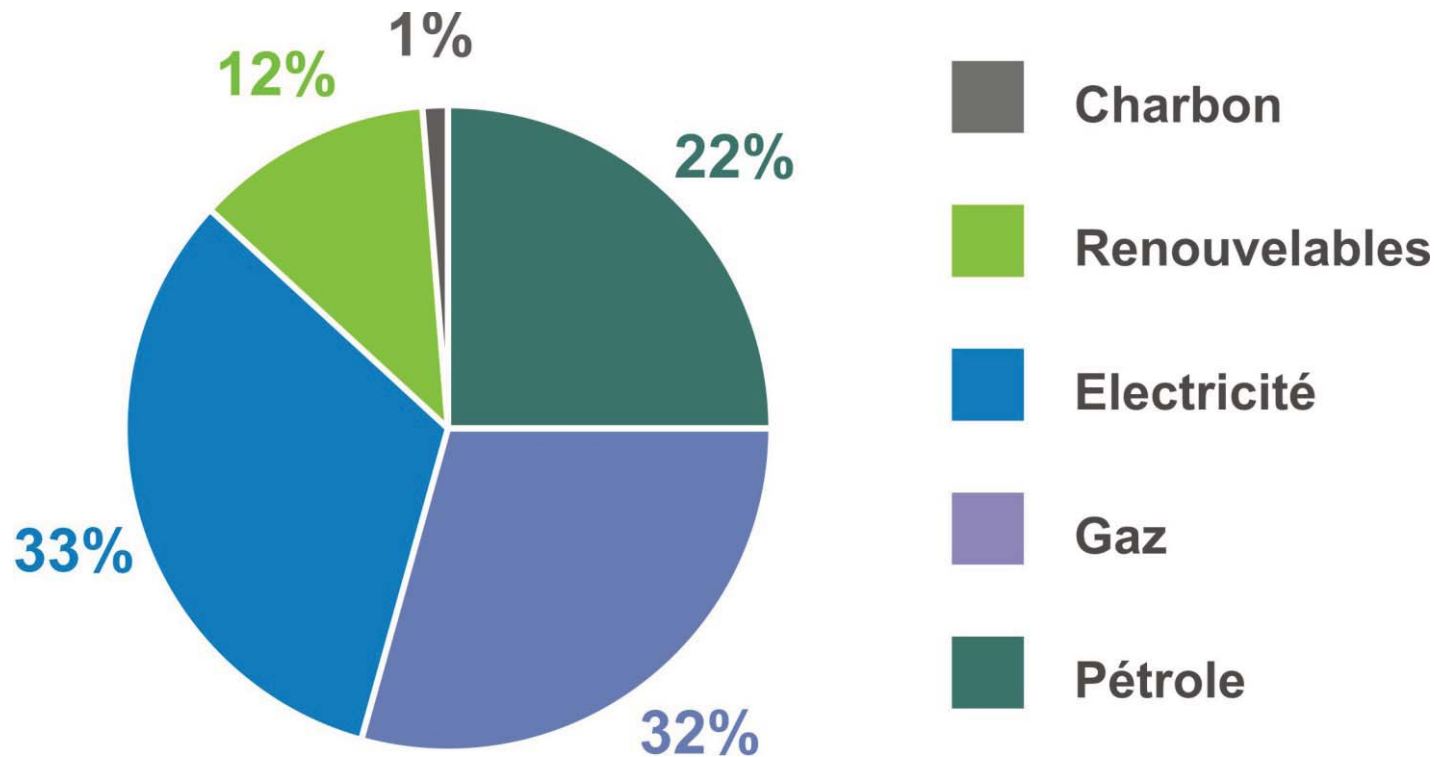
Source : Plan Climat 2006

*Le bâtiment est un grand consommateur de ressources naturelles et d'énergie !*



# Contexte énergétique et réglementaire

La consommation finale d'énergie progresse chaque année dans le "résidentiel - tertiaire" et s'élève aujourd'hui à **69,8 Mtep**

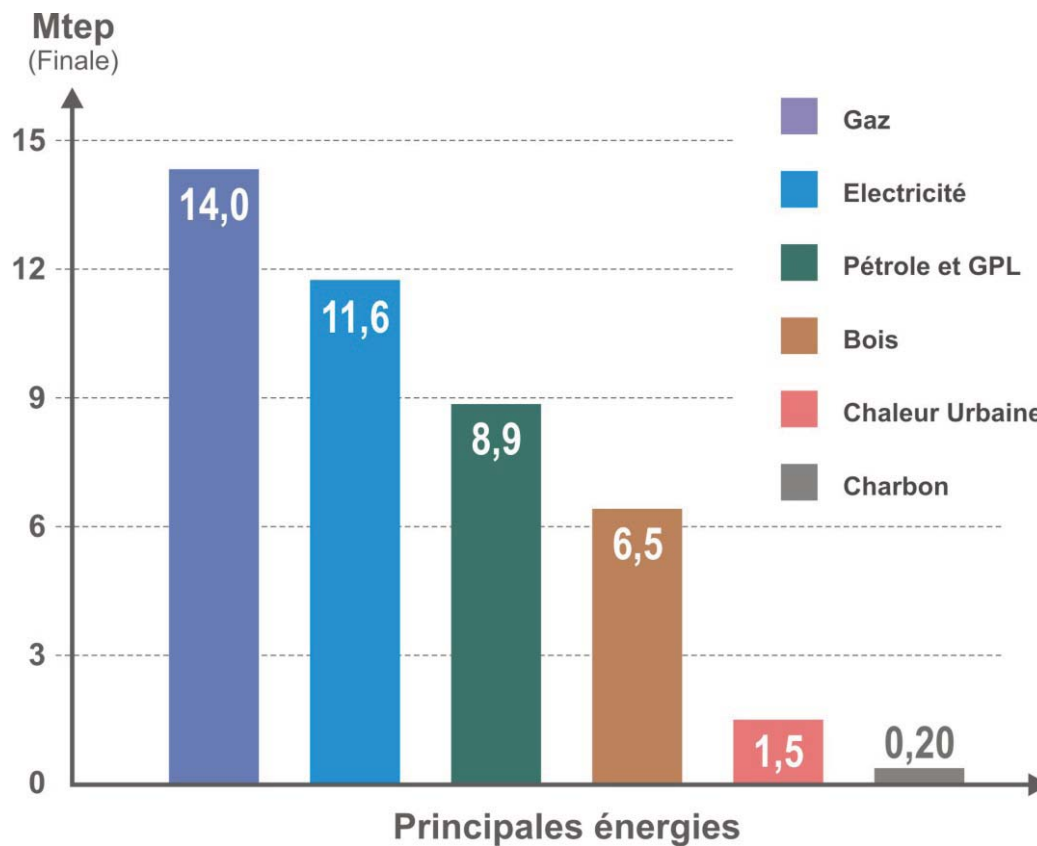


Source : Observatoire de l'Énergie 2007

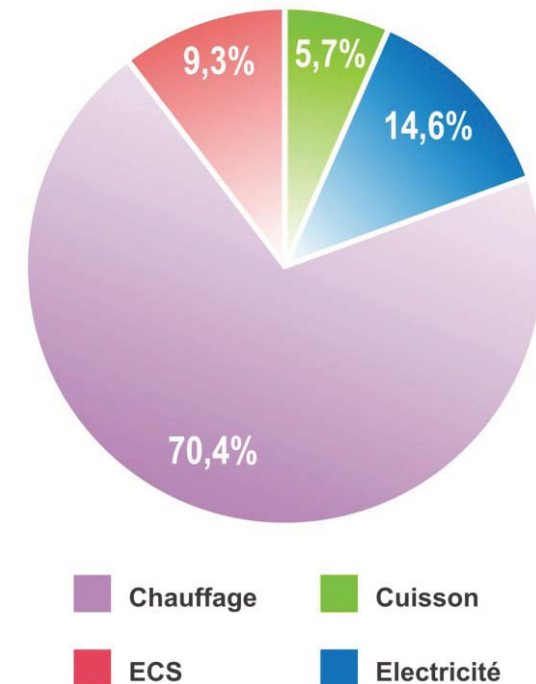


# Contexte énergétique et réglementaire

Avec 42,7 Mtep de consommation finale, le secteur **résidentiel** recèle **2/3** des principaux gisements d'économies d'énergie



Consommation d'énergie finale par usage

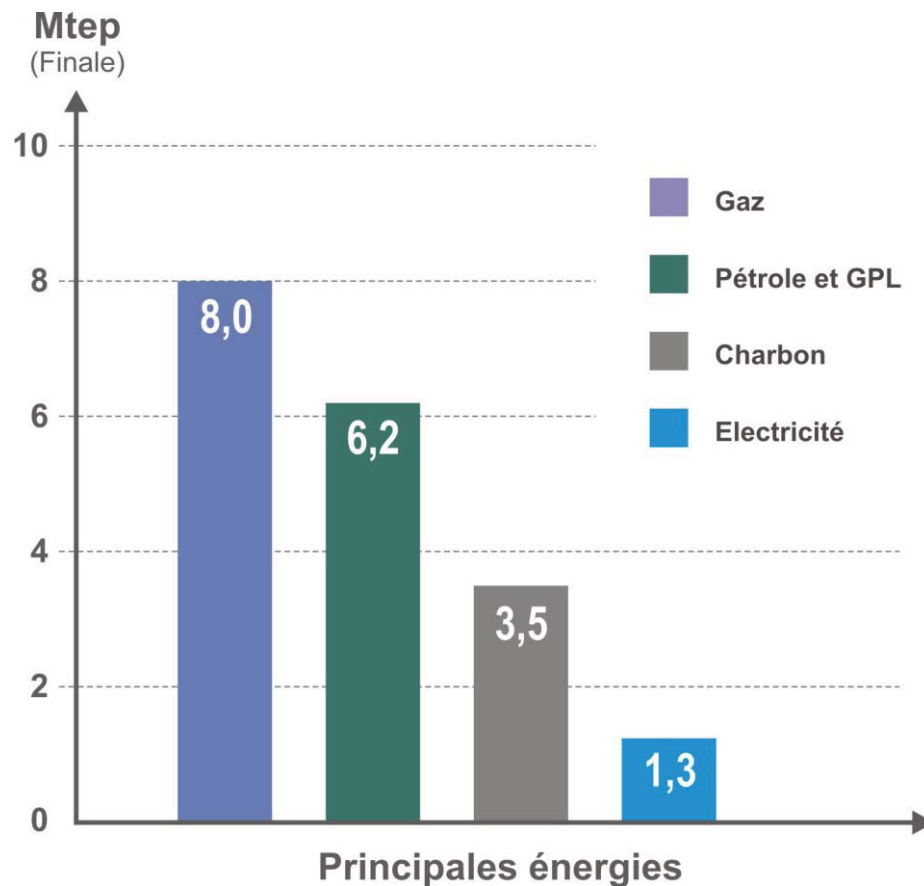


Source : ADEME / CEREN 2006

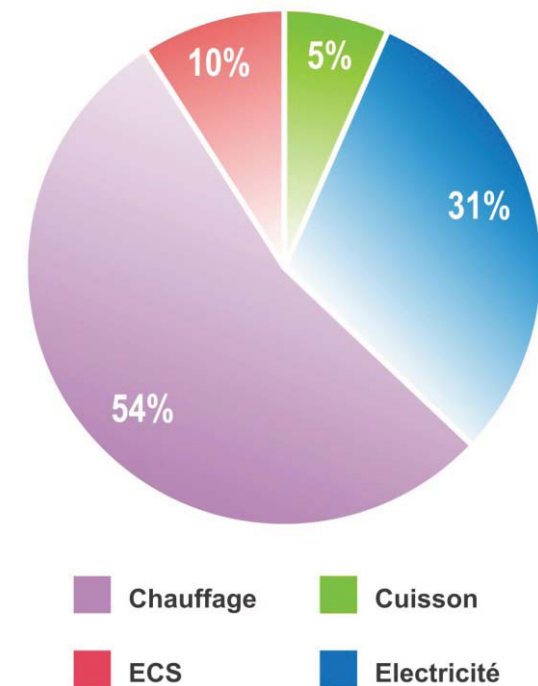


# Contexte énergétique et réglementaire

Avec 19,0 Mtep de consommation finale, le secteur **tertiaire** recèle **1/3** des principaux gisements d'économies d'énergie



Consommation d'énergie finale par usage



Source : ADEME / CEREN 2006



# Contexte énergétique et réglementaire

Une culture du confort atteinte avec un important arsenal d'équipements techniques consommateurs d'énergie



432,70 TWh pour se chauffer...



12,7 TWh pour se rafraîchir...

Chauffage, ventilation, climatisation, éclairage, appareillage électrique, assainissement...





# Contexte énergétique et réglementaire

Construire des bâtiments neufs performants et améliorer la performance des bâtiments existants afin de limiter leurs impacts sur les consommations d'énergie et l'environnement



*Construire des bâtiments économes en énergie et respectueux de l'environnement*

## Les principaux outils :

- Le Grenelle de l'Environnement
- La Réglementation Thermique
- Les Labels de Performance Énergétique
- Les Démarches Environnementales
- Le Programme PREBAT (*Plan Climat*)



# Contexte énergétique et réglementaire

## Le Plan Bâtiment du Grenelle de l'environnement

Atteindre le Facteur 2 en 2020, le Facteur 4 en 2050...Le Plan Bâtiment du Grenelle s'inscrit dans le long terme, dans la lutte contre le réchauffement climatique et l'acquisition de l'indépendance énergétique

### Objectifs et Échéances :

- 2012 :**
  - ✓ **Construire** tous les bâtiments neufs au niveau **BBC**
  - ✓ **Engager** la rénovation énergétique de tous les bâtiments de l'État
  - ✓ **Renforcer** la réglementation thermique des bâtiments neufs et existants
- 2013 :**
  - ✓ **Engager** la rénovation des logements à raison de **400 000 / an**
- 2020 :**
  - ✓ **Réduire** de **38%** les consommations d'énergie
  - ✓ **Réduire** de **50%** les émissions de gaz à effet de serre
  - ✓ **Construire** tous les bâtiments neufs au niveau " Énergie Positive "
  - ✓ **Rénover** les **800 000** logements sociaux les plus énergivores
- 2050 :**
  - ✓ **Atteindre** le facteur **4** au niveau de les tous secteurs



# Contexte énergétique et réglementaire

Une réglementation thermique en route vers la **classe A** et un renforcement des exigences de perméabilité à l'air



<b>Secteur résidentiel</b> Maison individuelle	<b>0,6</b> Valeur exigée !
<b>Secteur résidentiel</b> Logement collectif	<b>1,0</b> Valeur exigée !
<b>Secteur tertiaire</b> Bureaux, Enseignement,...	<b>1,7</b> Valeur par défaut
<b>Secteur tertiaire</b> Industries et autres usages	<b>3,0</b> Valeur par défaut

Valeurs cible exprimées avec l'indicateur  $Q_{4Pa-Surf}$  [ $m^3/(h.m^2)$ ]



# Contexte énergétique et réglementaire

Les labels de performance énergétique invitent les concepteurs à raisonner en terme de performance globale du bâtiment



$$Q_{4PaSurf} \leq 0,6 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$$

$$Q_{4PaSurf} \leq 1,0 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$$



$$n_{50} \leq 0,6 \text{ vol/h}$$



$$n_{50} \leq 0,6 \text{ vol/h}$$

**L'étanchéité à l'air doit inscrire dans cette démarche de conception globale !**



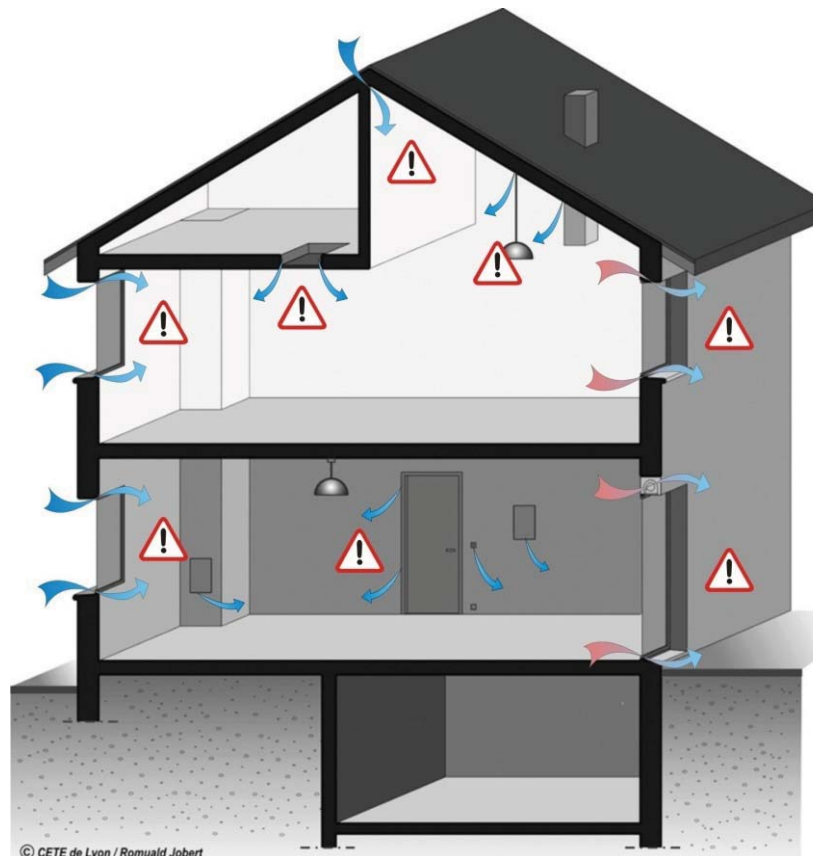
- Contexte énergétique et réglementaire
- **Définition de la perméabilité à l'air**
- Les phénomènes moteurs
- Implications énergétiques et pathogènes
- La mesure et les indicateurs de performance
- Les niveaux d'exigence actuels et futurs
- État des lieux et pistes d'amélioration





## Une définition :

*L'expression "perméabilité à l'air" caractérise la sensibilité d'un bâtiment vis à vis des écoulements aérauliques ou écoulement d'air parasites causés par les défauts d'étanchéité à l'air de son enveloppe*



# Perméabilité à l'air ?

Une préoccupation de l'enveloppe des bâtiments qui existe depuis de 30 ans !



***Build tight and ventilate right !***

Source : AIR (Air Infiltration Review), Août 1980

## Quelques dates importantes :

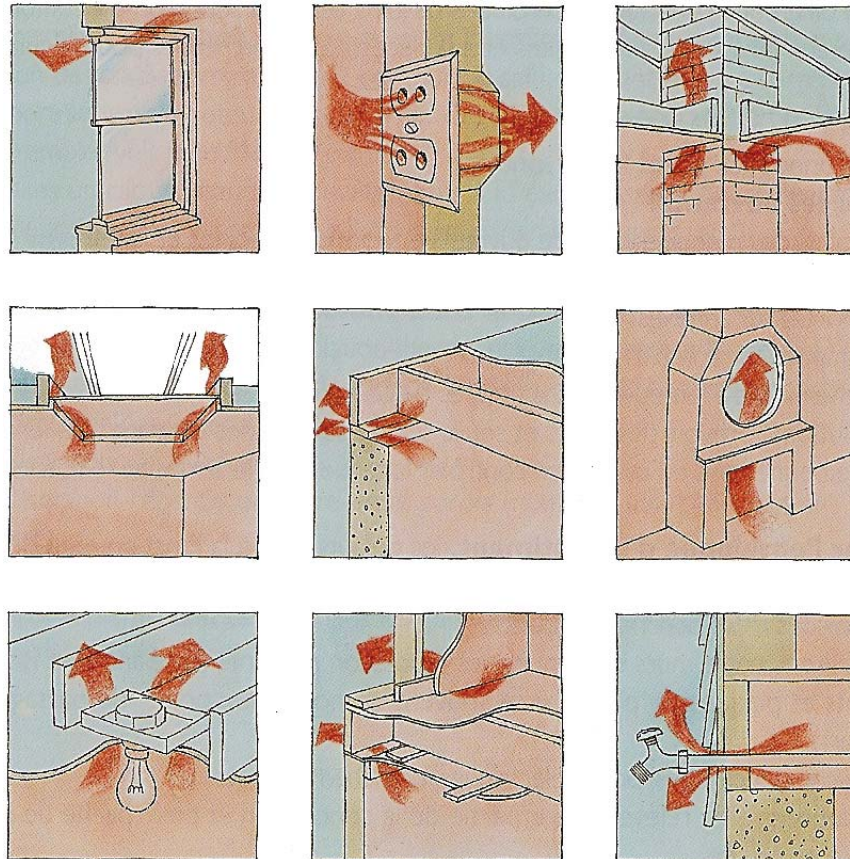
- **1980 : Norvège et USA**
  - Premières études
- **1983 : France**
  - Premier rapport du CETE de Lyon
- **1991 : Europe**
  - CEPHEUS / Concept bâtiments passifs
- **1996 : Allemagne**
  - Création du Label Passiv'haus
- **1998 : Suisse**
  - Création du Label Minergie-P
- **2005 : France**
  - Réglementation Thermique Renforcée
- **2006 : France**
  - Création du Label BBC-Effinergie
- **2012 : France**
  - Renforcement des exigences



# Perméabilité à l'air ?

Les parois modernes sont souvent multicouches et le calfeutrement ne fait pas l'objet d'une grande attention

- La présence de fuites dans les parois :

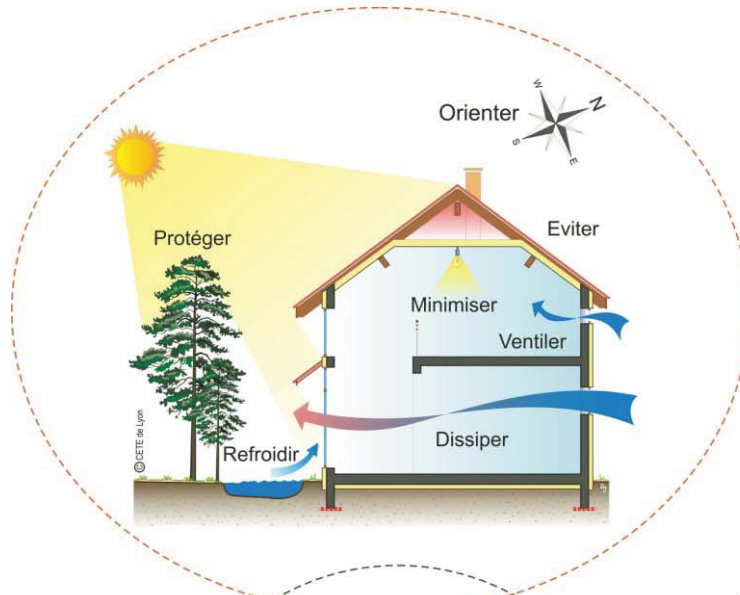


Croquis : T. Cabriol, Edisud

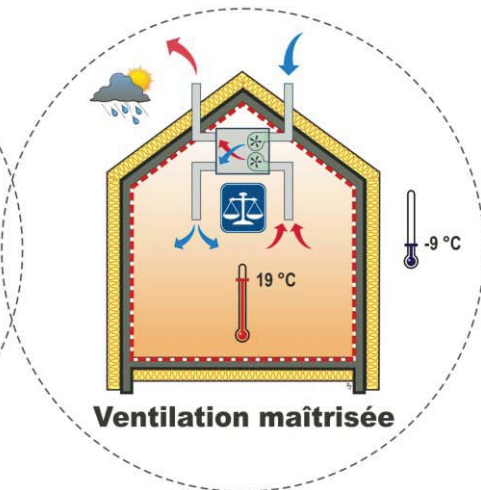
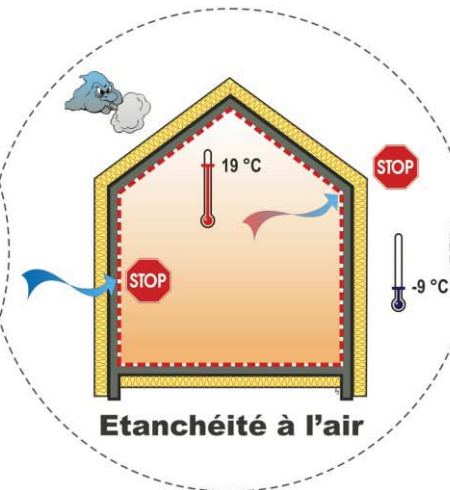
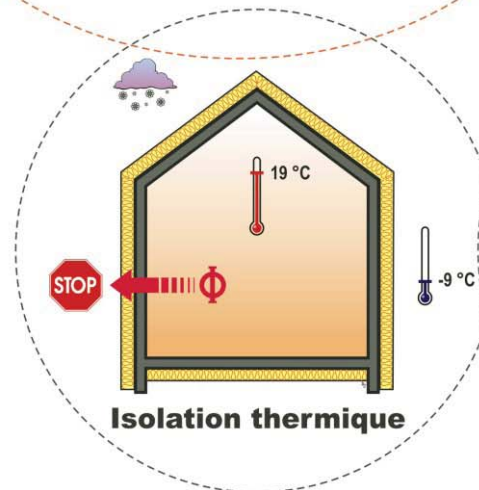


# Perméabilité à l'air ?

La réalisation d'une enveloppe étanche s'inscrit dans une stratégie de conception dédiée à l'efficacité énergétique des bâtiments et au confort des occupants



Elle est incontournable pour l'efficacité des bâtiments basse consommation !



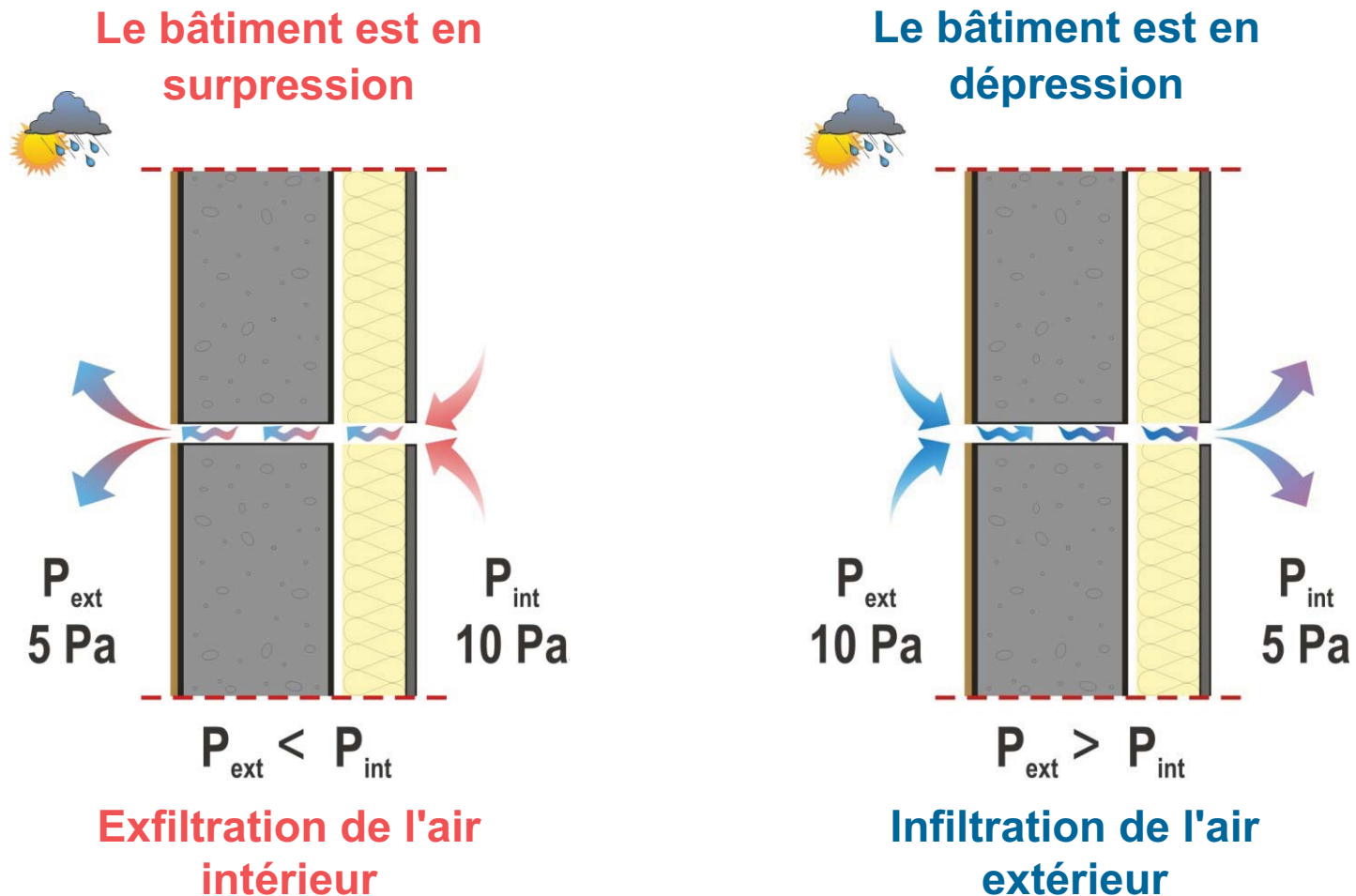
- Contexte énergétique et réglementaire
- Définition de la perméabilité à l'air
- **Les phénomènes moteurs**
- Implications énergétiques et pathogènes
- La mesure et les indicateurs de performance
- Les niveaux d'exigence actuels et futurs
- État des lieux et pistes d'amélioration





# Les phénomènes **moteur**

La présence d'un écart de pression d'air entre les 2 faces de la paroi au droit d'une fuite favorise les transferts d'air



# Les phénomènes **moteur**

Trois phénomènes physiques internes ou externes au bâtiment entraîne des différences de pression d'air entre l'intérieur et l'extérieur de l'enveloppe

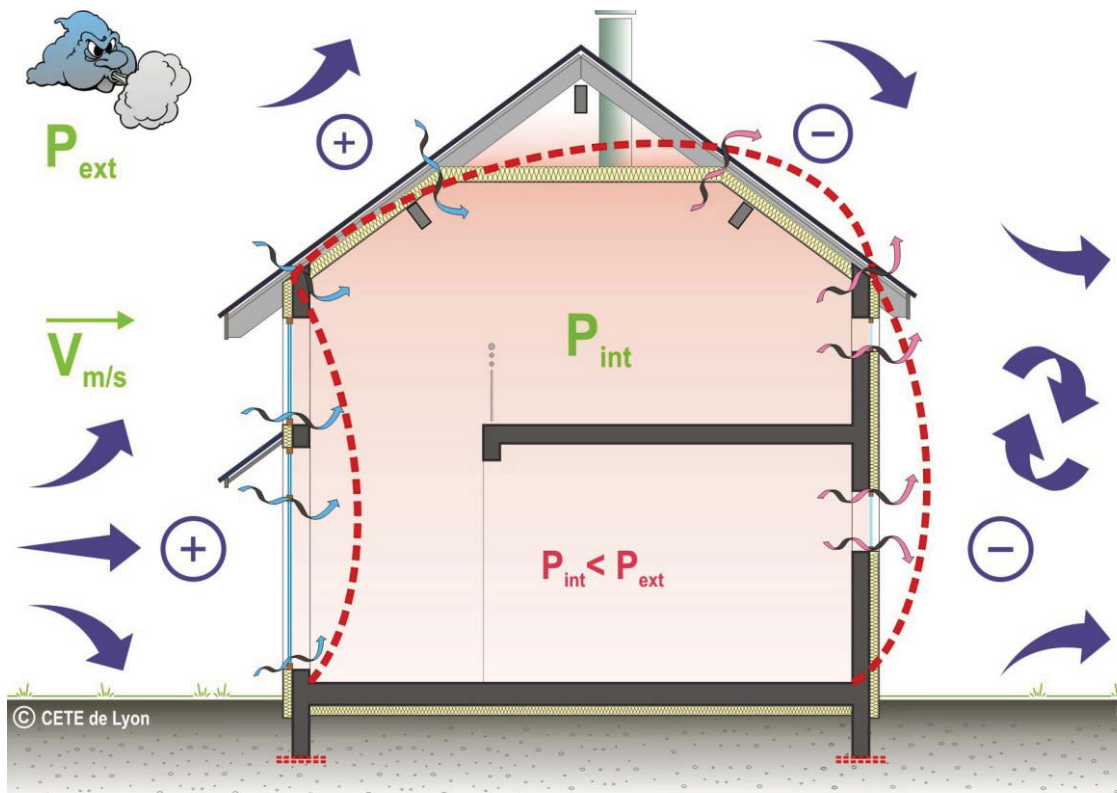
- La pression du vent sur les façades
- Le tirage thermique
- La ventilation du bâtiment



# Les phénomènes **moteur**

Une surpression sur les façades incidentes favorise l'infiltration de l'air et une dépression sur les autres façades l'exfiltration de l'air

## ■ La pression du vent



**Transferts parasites incontrôlables**

La pression due au vent  $P_{vent}$  est proportionnelle au carré de la vitesse du vent :

$$P_{vent} = C_p \times \frac{1}{2} \rho \times v^2$$

$C_p$  : Coefficient de pression

$\rho$  : Masse volumique de l'air [ $kg/m^3$ ]

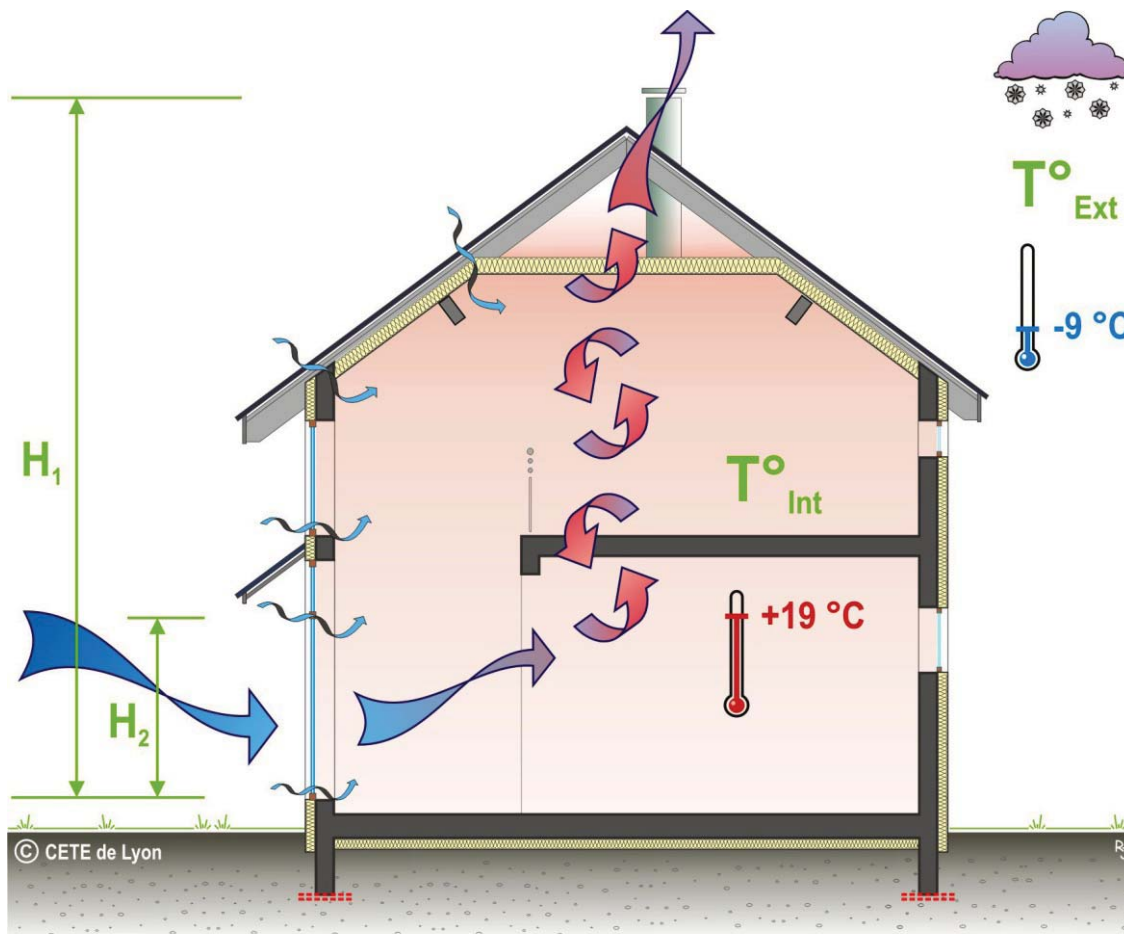
$v^2$  : Vitesse du vent sur le bâtiment [ $m/s$ ]



# Les phénomènes **moteur**

La mise en circulation de l'air résulte d'une différence de pression entre les masses volumiques de l'air extérieur et de l'air chauffé du bâtiment

## ■ Le tirage thermique



**Transferts parasites  
incontrôlables**

La différence de pression  
générée par le tirage thermique  
est proportionnelle à :

$$H \times (T_{\text{ext}} - T_{\text{int}})$$



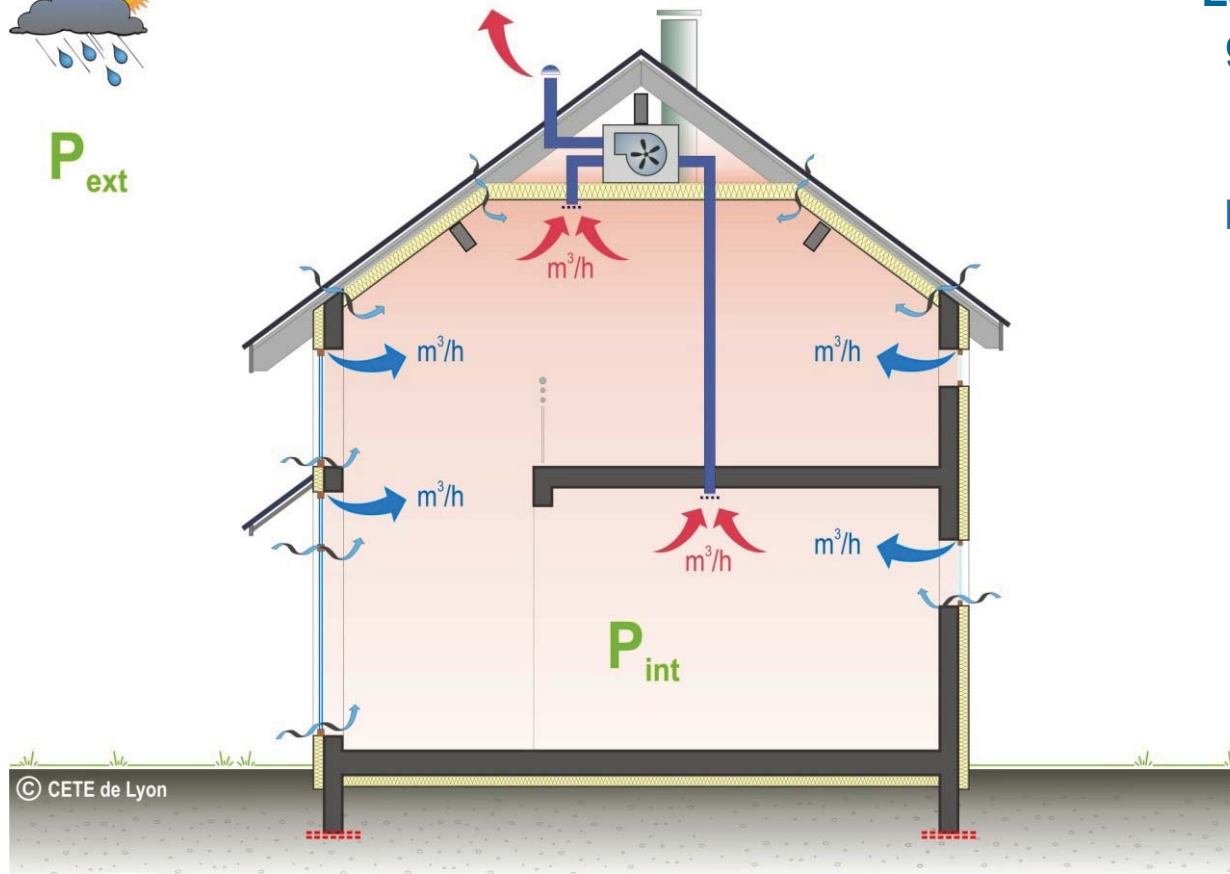
# Les phénomènes **moteur**

Le système est mis en dépression par un extracteur d'air qui force l'air extérieur à entrer dans le bâtiment

## ■ La ventilation mécanique



$P_{ext}$



La ventilation mécanique génère des débits d'air connus aux bouches :

Insufflation $m^3/h$	Extraction $m^3/h$
Séjour 3 x 45	Cuisine 45 / 180
Chambres 1 x 25 3 x 10	Sanitaires 2 x 30 2 x 15
<b>190</b>	<b>225</b>

© CETE de Lyon



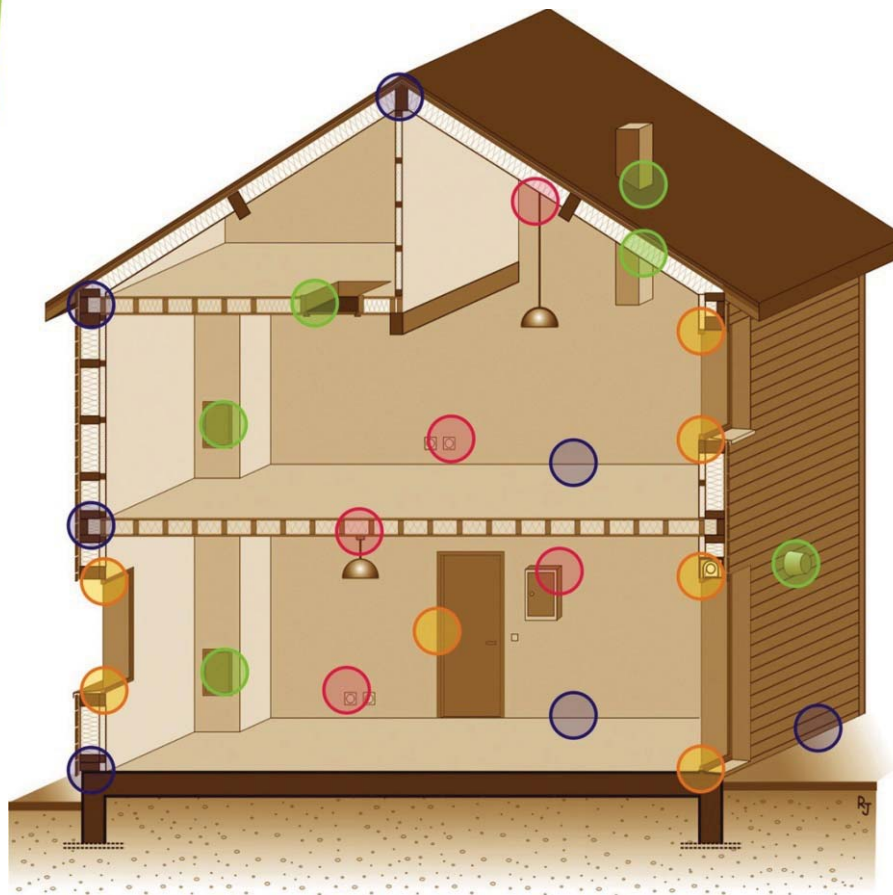


- Contexte énergétique et réglementaire
- Définition de la perméabilité à l'air
- Les phénomènes moteurs
- **Localisation des fuites**
- Implications énergétiques et pathogènes
- La mesure et les indicateurs de performance
- Les niveaux d'exigence actuels et futurs
- État des lieux et pistes d'amélioration







# Localisation des fuites

Les fuites d'air parasites sont réparties de manière diffuse au droit des points singuliers de l'enveloppe



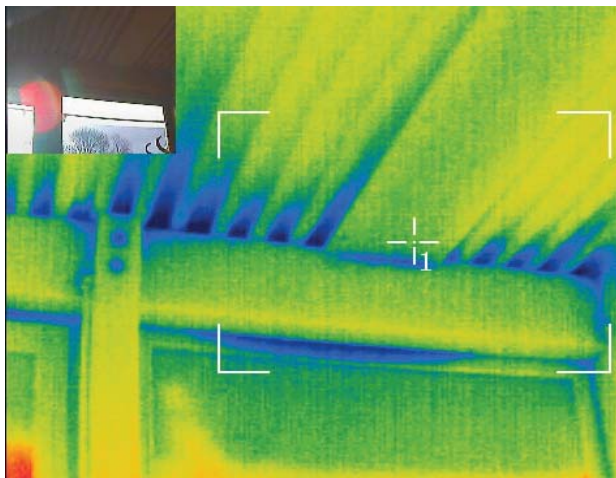
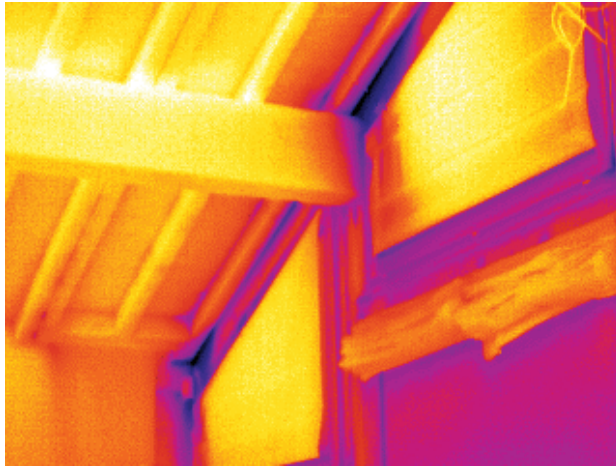
**Risque de fuite**

-  Gros oeuvre et Eléments de structure
-  Menuiseries extérieures
-  Trappes et éléments traversant les parois
-  Equipements électriques et Réseaux fluides

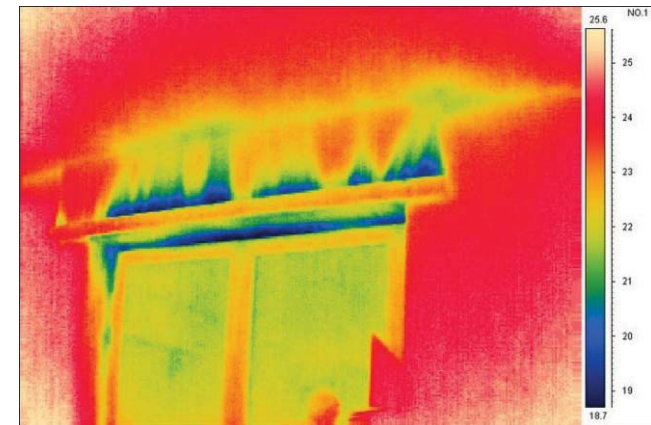
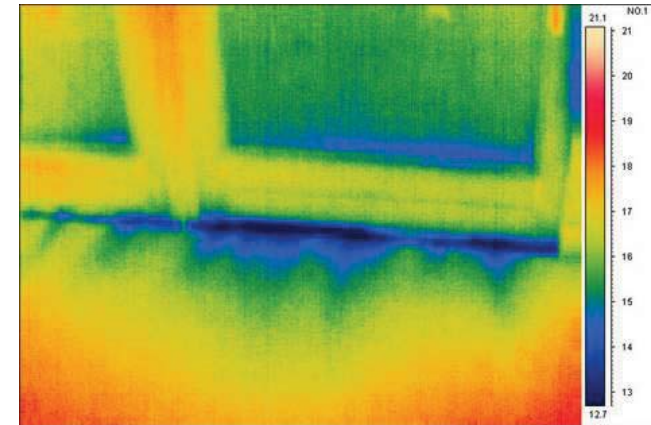


## Où sont les fuites ?

### ■ Liaison Façade / Plancher / Toit



### ■ Les menuiseries extérieures



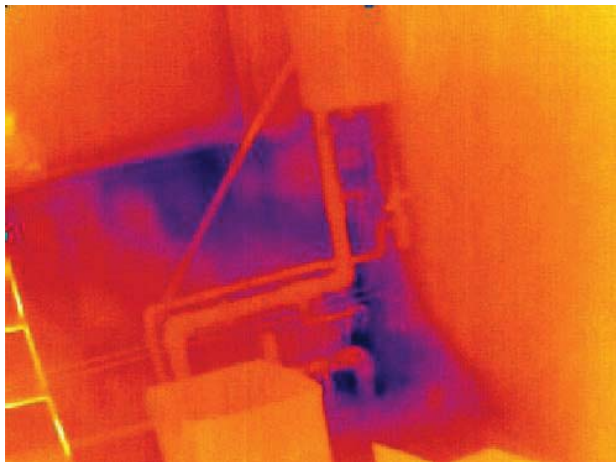
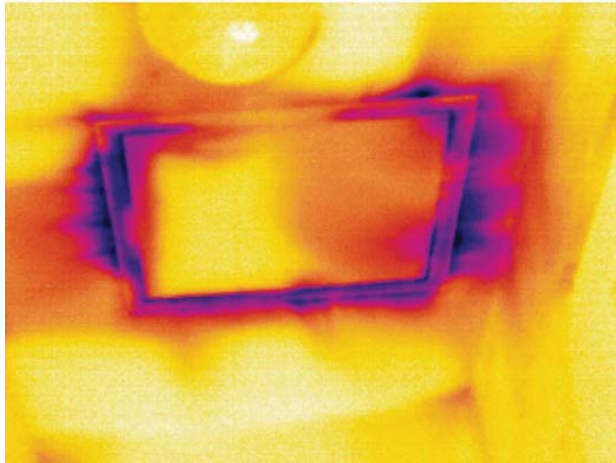
Source photo: SARL Alsatech



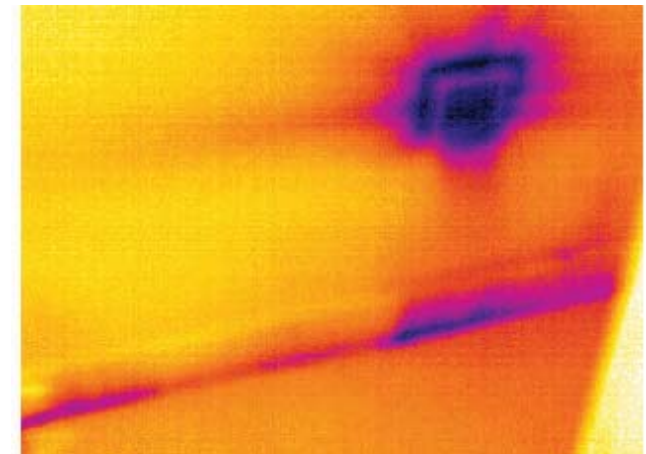
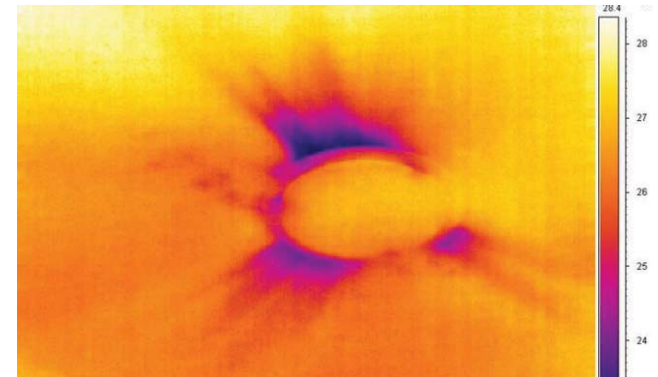


## Où sont les fuites ?

- Trappes et éléments traversant



- Les équipements électriques

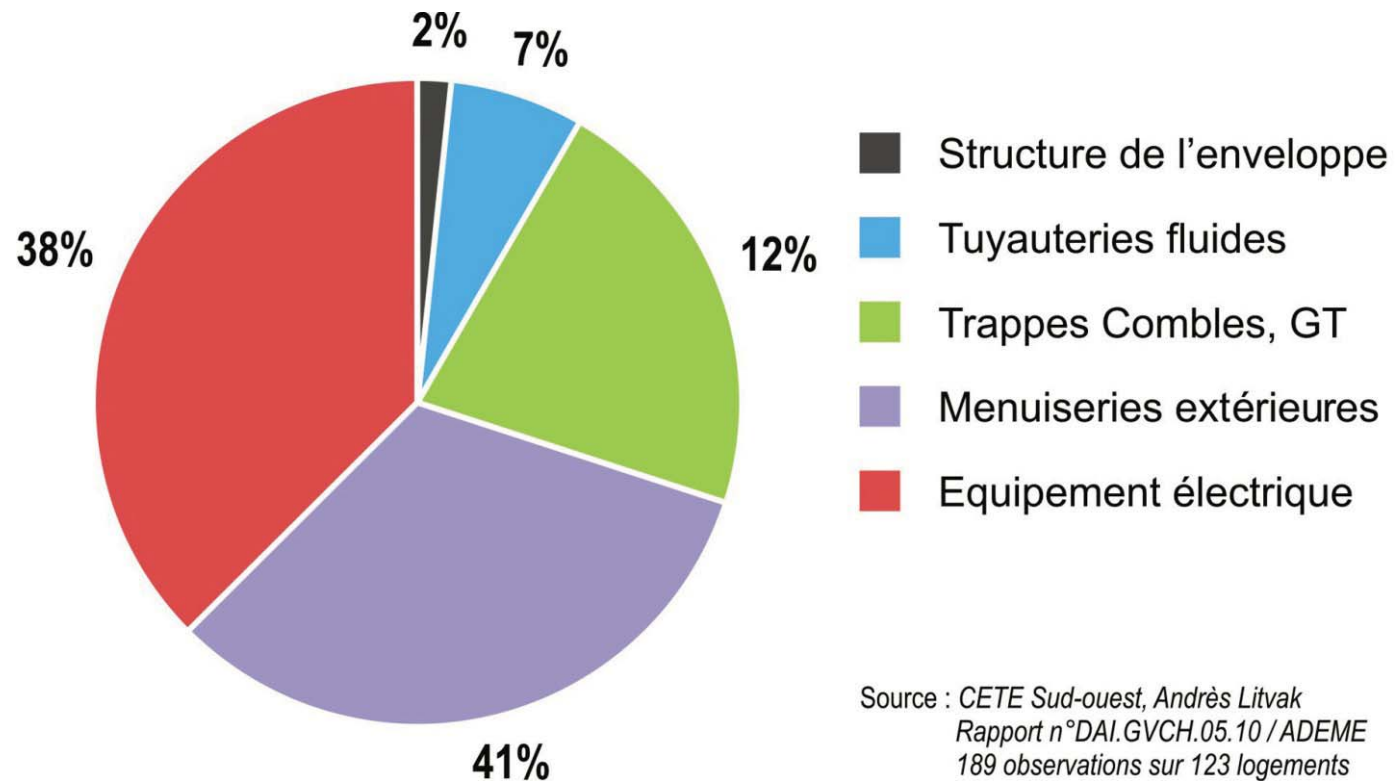


Source photo: SARL Alsatech



# Localisation des fuites

Les fuites d'air parasites sont réparties de manière diffuse au droit des points singuliers de l'enveloppe



**Répartition des occurrences de fuite généralement constatées lors des tests d'infiltrométrie**





- Contexte énergétique et réglementaire
- Définition de la perméabilité à l'air
- Les phénomènes moteurs
- Localisation des fuites
- **Implications énergétiques et pathogènes**
- La mesure et les indicateurs de performance
- Les niveaux d'exigence actuels et futurs
- État des lieux et pistes d'amélioration



# Implications énergétiques et pathogènes

La perméabilité à l'air a des implications sur l'ensemble du « système dynamique » bâtiment

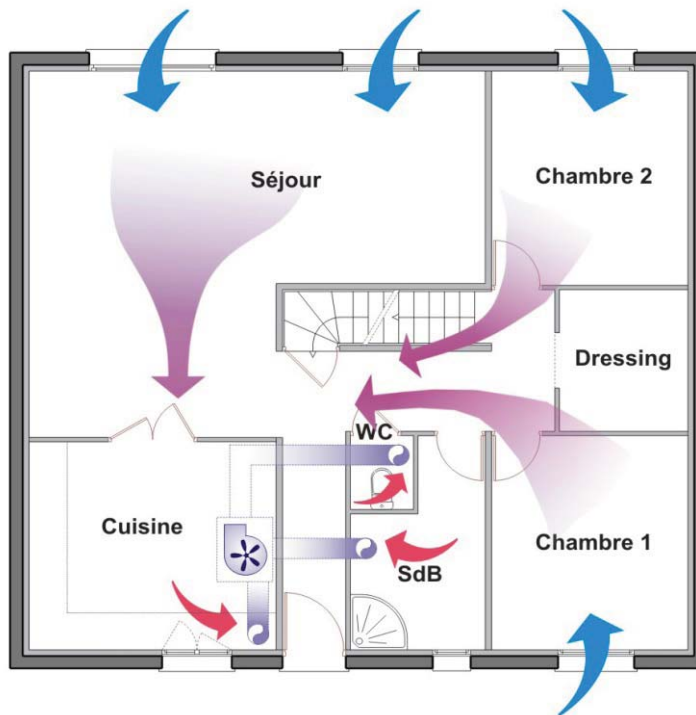
**On distingue 5 enjeux principaux :**

- L'hygiène, la santé, la qualité de l'air intérieur
- Le confort thermique et acoustique
- La consommation et la facture énergétique
- La conservation du bâti
- La sécurité des personnes



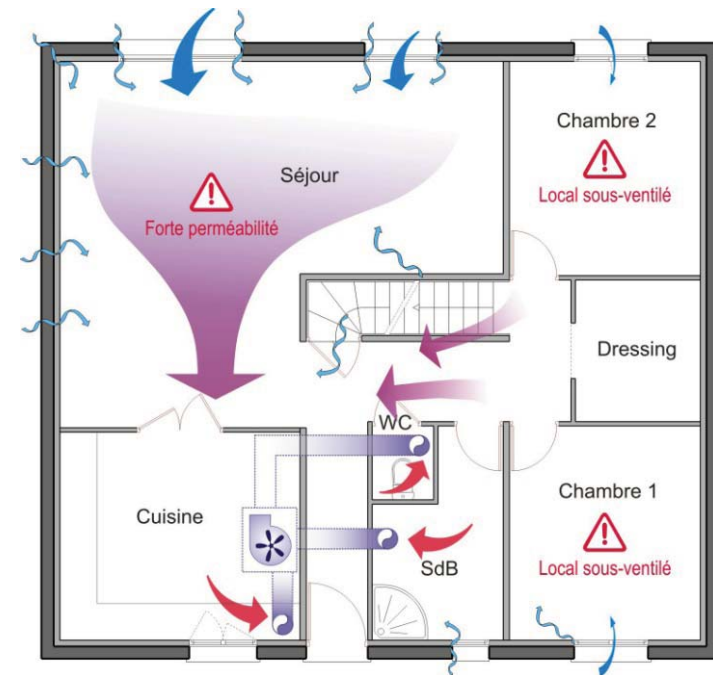
# La qualité de l'air intérieur

## Court-circuit du flux de ventilation volontaire et transfert potentiel d'air chargé en polluants



### Faible perméabilité

Minimiser la perméabilité à l'air pour mieux contrôler les débits d'air volontaires



### Forte perméabilité

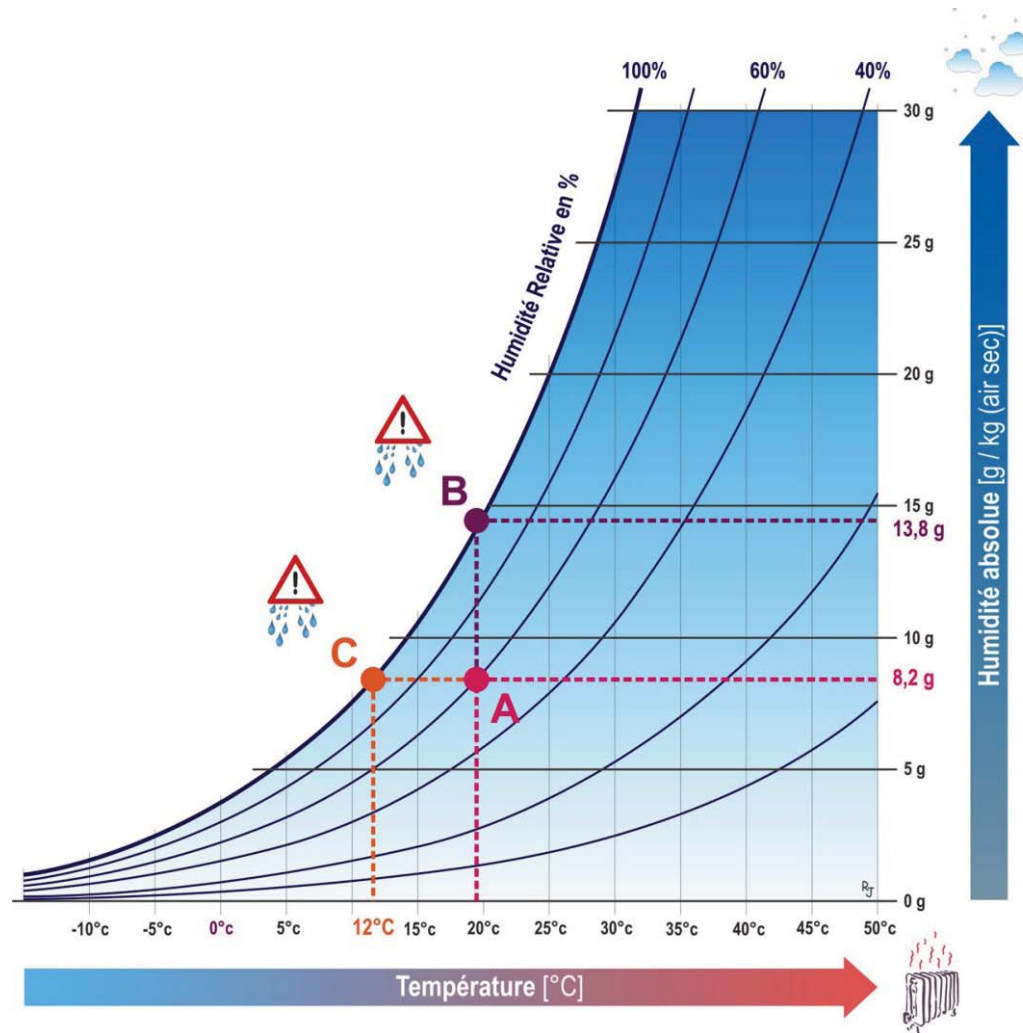
La sous ventilation des locaux augmente le risque de condensations superficielles

Croquis : R. Jobert, CETE de Lyon



# La qualité de l'air intérieur

A une température donnée l'air ne peut contenir qu'une quantité de vapeur d'eau maximum appelé poids de vapeur saturante



**Point A : Exigences de confort**

$T^{\circ}\text{C air} = 19^{\circ}\text{C}$

$H_r = 60\%$

$R_s = 8,2 \text{ g}_{\text{eau}}/\text{kg}_{\text{air sec}}$

**Point B : La quantité d'eau augmente**

$T^{\circ}\text{C air} = 19^{\circ}\text{C}$

$H_r = 100\%$  (! Saturation)

$R_s = 13,8 \text{ g}_{\text{eau}}/\text{kg}_{\text{air sec}}$

**Point C : La température diminue**

$T^{\circ}\text{C air} = 12^{\circ}\text{C}$

$H_r = 100\%$  (! Saturation)

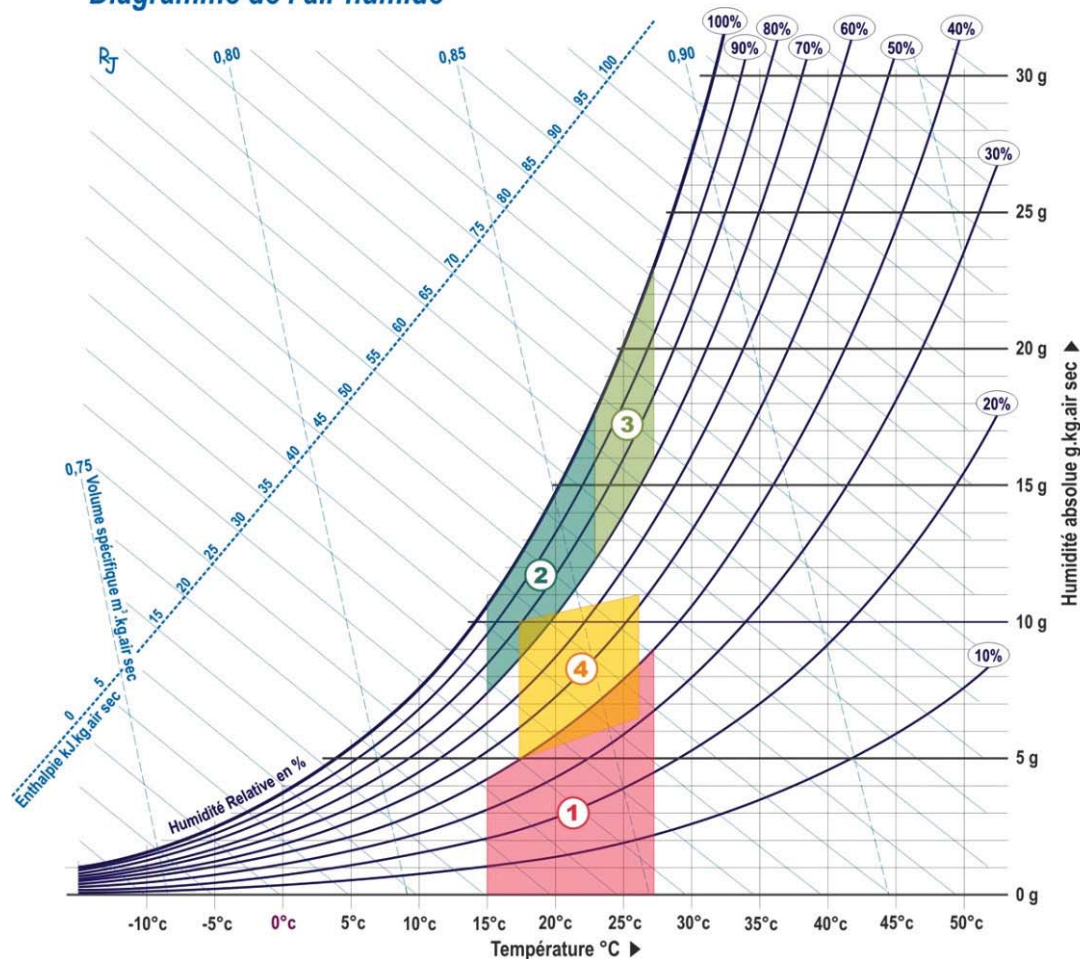
$R_s = 8,2 \text{ g}_{\text{eau}}/\text{kg}_{\text{air sec}}$



# La qualité de l'air intérieur

## Modification des caractéristiques physiques de l'air et de l'équilibre hygrothermique du volume "climatisé"

Diagramme de l'air humide



### Polygones de confort thermique

(Cf. Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France)

- ① Zone à éviter vis-à-vis des problèmes de sécheresse
- ② Zone à éviter vis-à-vis du développement des bactéries et des microchampignons
- ③ Zone à éviter vis-à-vis du développement des acariens
- ④ Zone de confort thermique



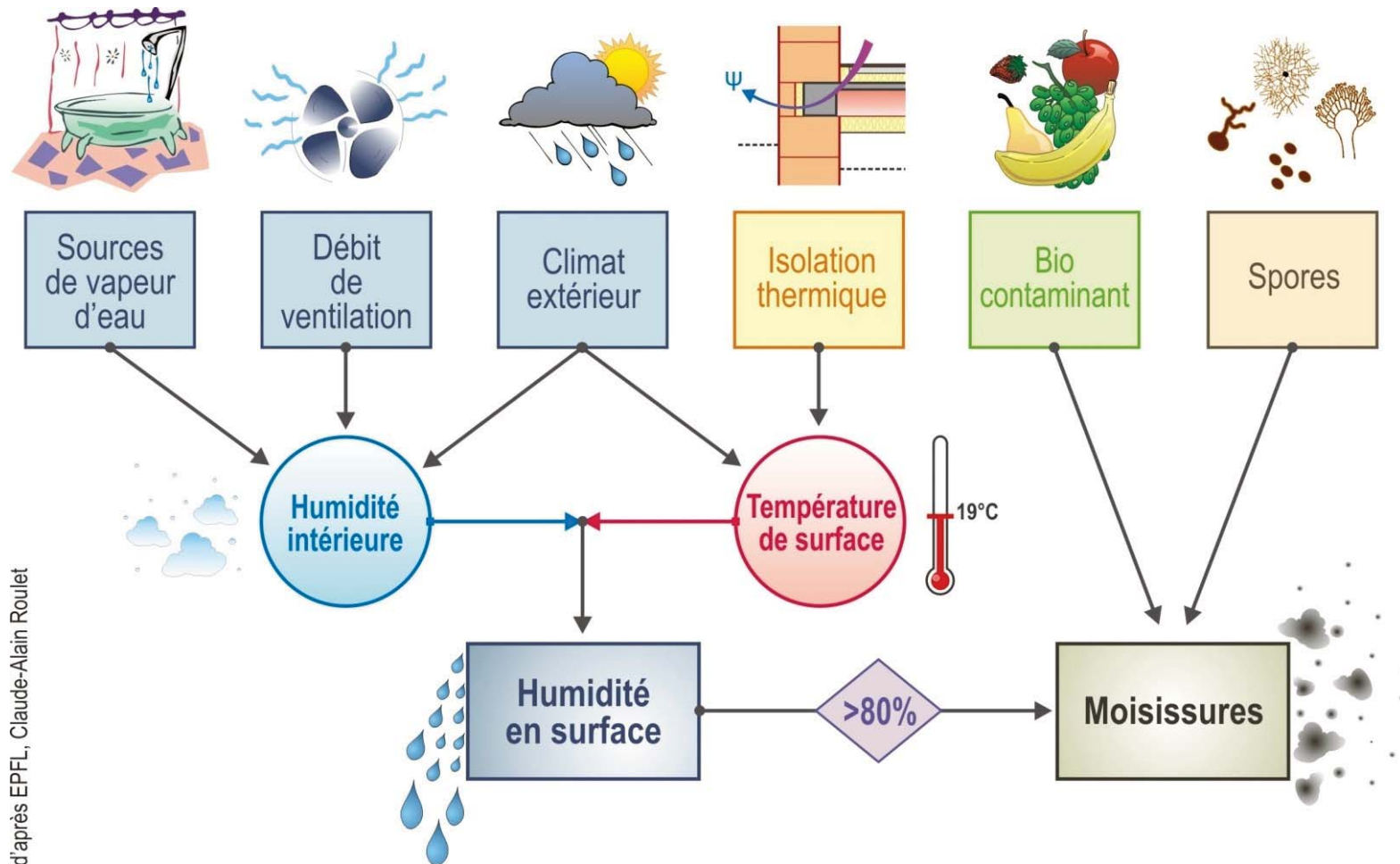
■ Moisissure due à une mauvaise ventilation





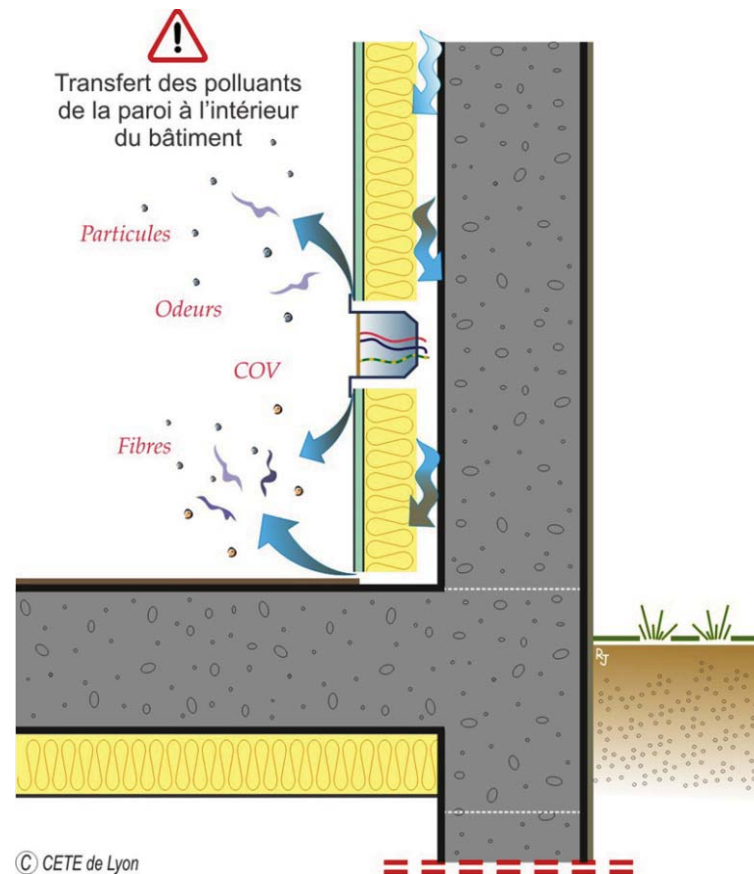
# La qualité de l'air intérieur

Les tâches de moisissure sur les parois constituent le signe principal de condensation superficielle



# La qualité de l'air intérieur

L'air qui transite dans l'enveloppe peut se charger de polluants présents au sein de la paroi puis les transférer à l'intérieur

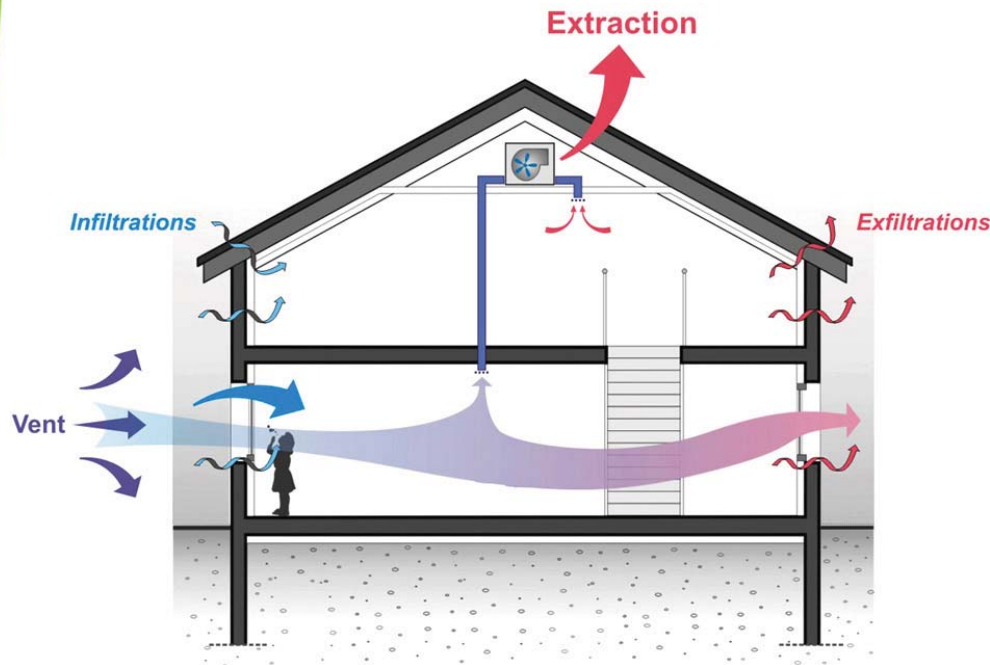


**A mesure qu'ils s'encrassent, ces circuits aérauliques peuvent dégrader la QAI**



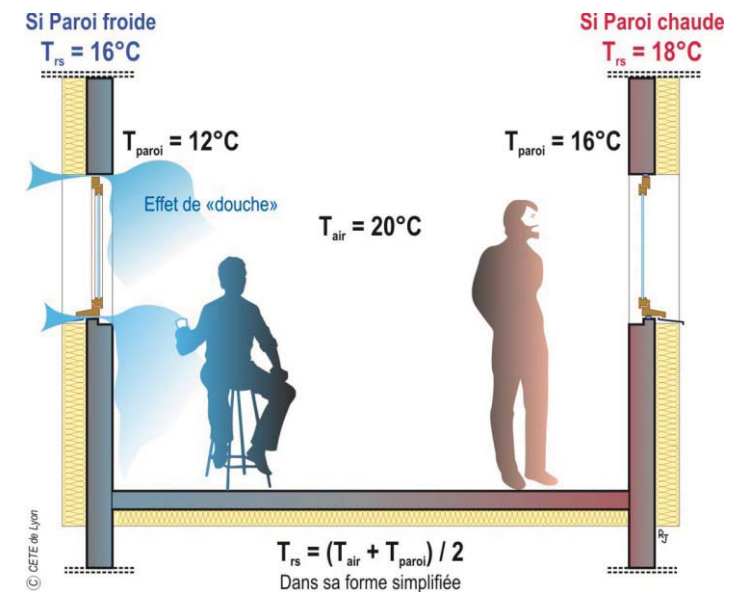
# Le confort thermique

Les infiltrations d'air parasite affectent le confort des occupants en agissant sur le mécanisme des échanges thermiques du métabolisme humain



- **Courant d'air traversant**

La circulation d'air parasite peut être source de sensation de froid



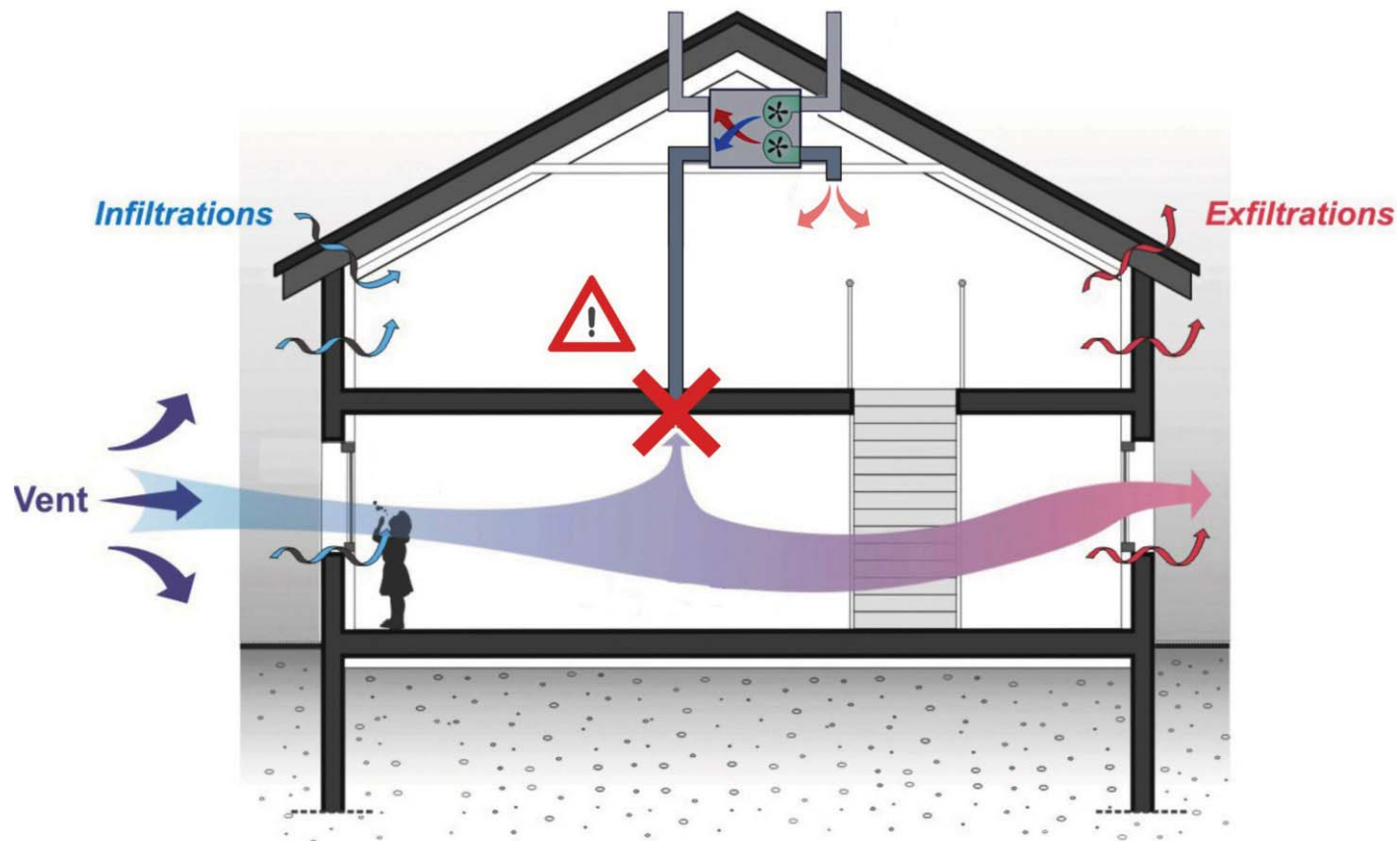
- **Écart de température des parois**

L'infiltration d'air au droit des parois modifie leur température de surface



# La consommation d'énergie

La perméabilité à l'air influe sur l'efficacité de l'échangeur thermique air/air des VMC double flux



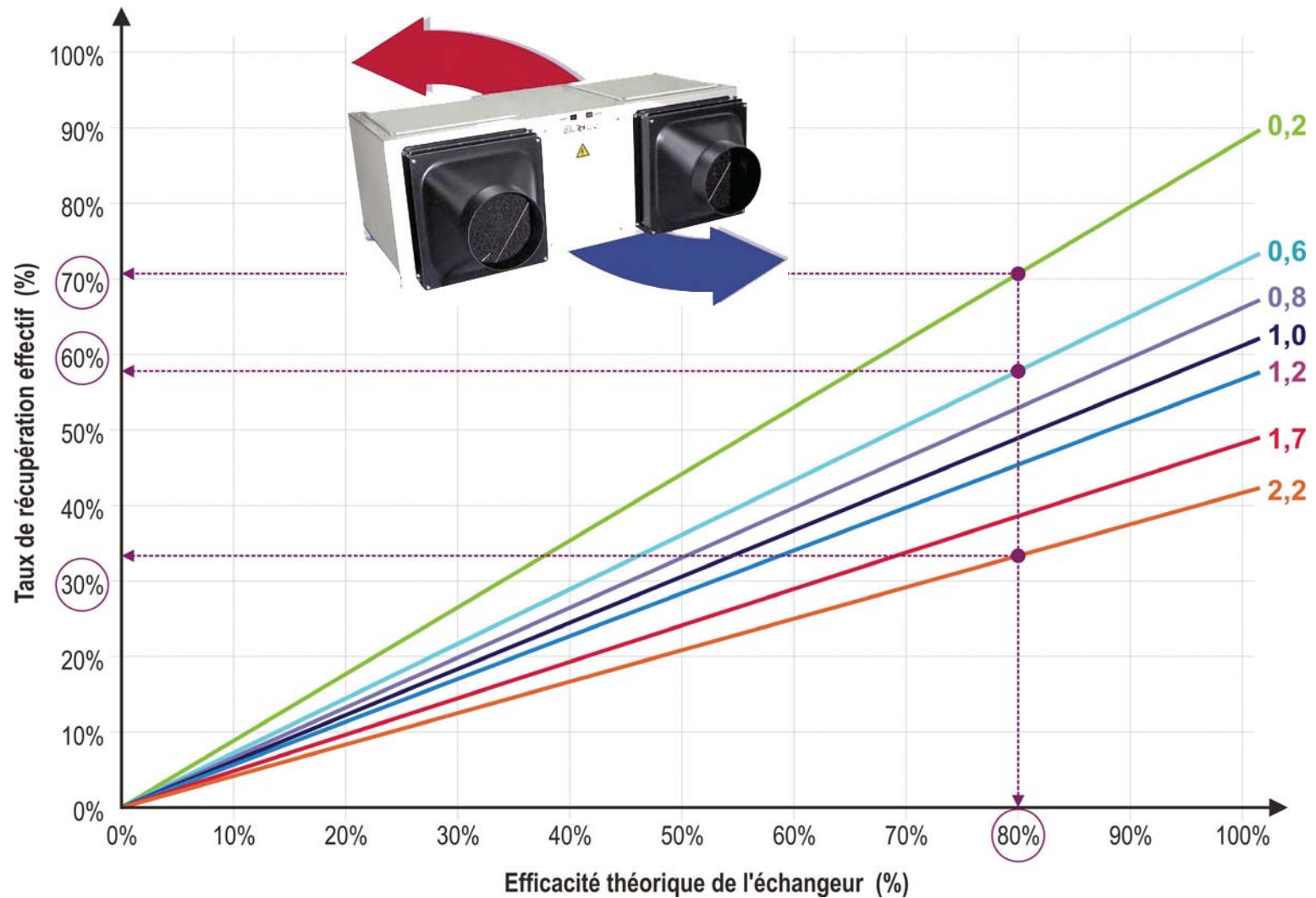
**En présence de vent, le débit total de ventilation augmente !  
L'échangeur est court-circuité !**





# La consommation d'énergie

L'efficacité d'un échangeur de chaleur peut passer de **80% à 30%** à cause des fuites du bâti



Source : CETE de Lyon





## Les flux d'air parasites et leurs effets induisent des besoins supplémentaires de chauffage

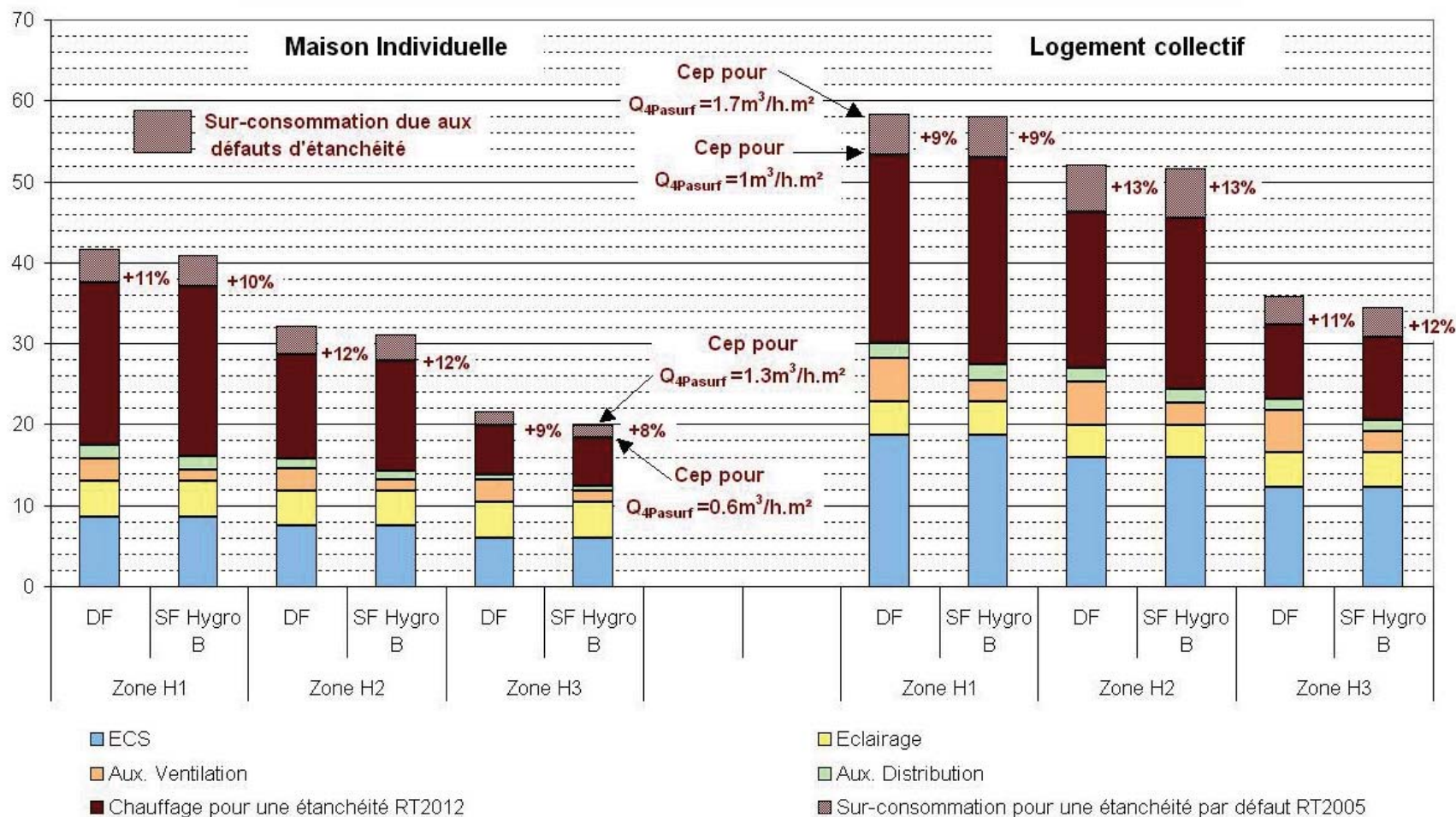
- L'impact estimé sur les consommations énergétiques se situe entre **5** et **10** kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>/an par unité de Q<sub>4</sub><sub>PaSurf</sub>
- Pour une maison individuelle, **10%** à **20%** de réduction sur le C<sub>ep</sub> en passant de la valeur par défaut **1.3** m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> à **0.3** m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup>
- Les impacts non chiffrés :
  - Impact sur la performance des isolants
  - Impact sur le confort local (courant d'air parasite)
  - Impact lié à la dégradation de la paroi



# La consommation d'énergie

## Impact de l'étanchéité à l'air sur la consommation d'énergie d'une maison individuelle et d'un bâtiment de logements collectifs (Chauffage gaz)

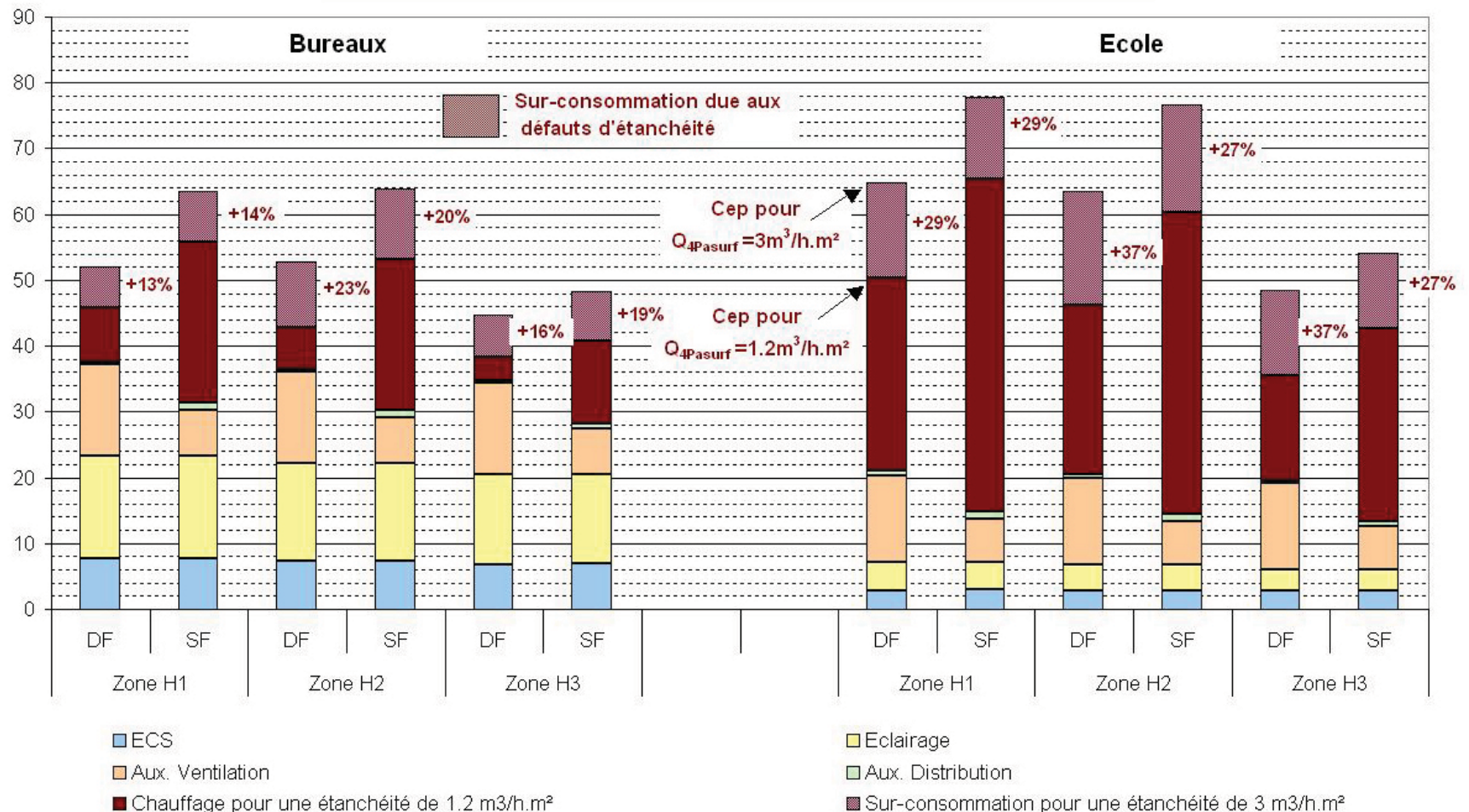
Consommations  
(kWh/m².an)



# La consommation d'énergie

## Impact de l'étanchéité à l'air sur la consommation d'énergie d'un bâtiment de bureaux (Chauffage gaz) et d'une école (Chauffage bois)

Consommations  
(kWh/m<sup>2</sup>.an)

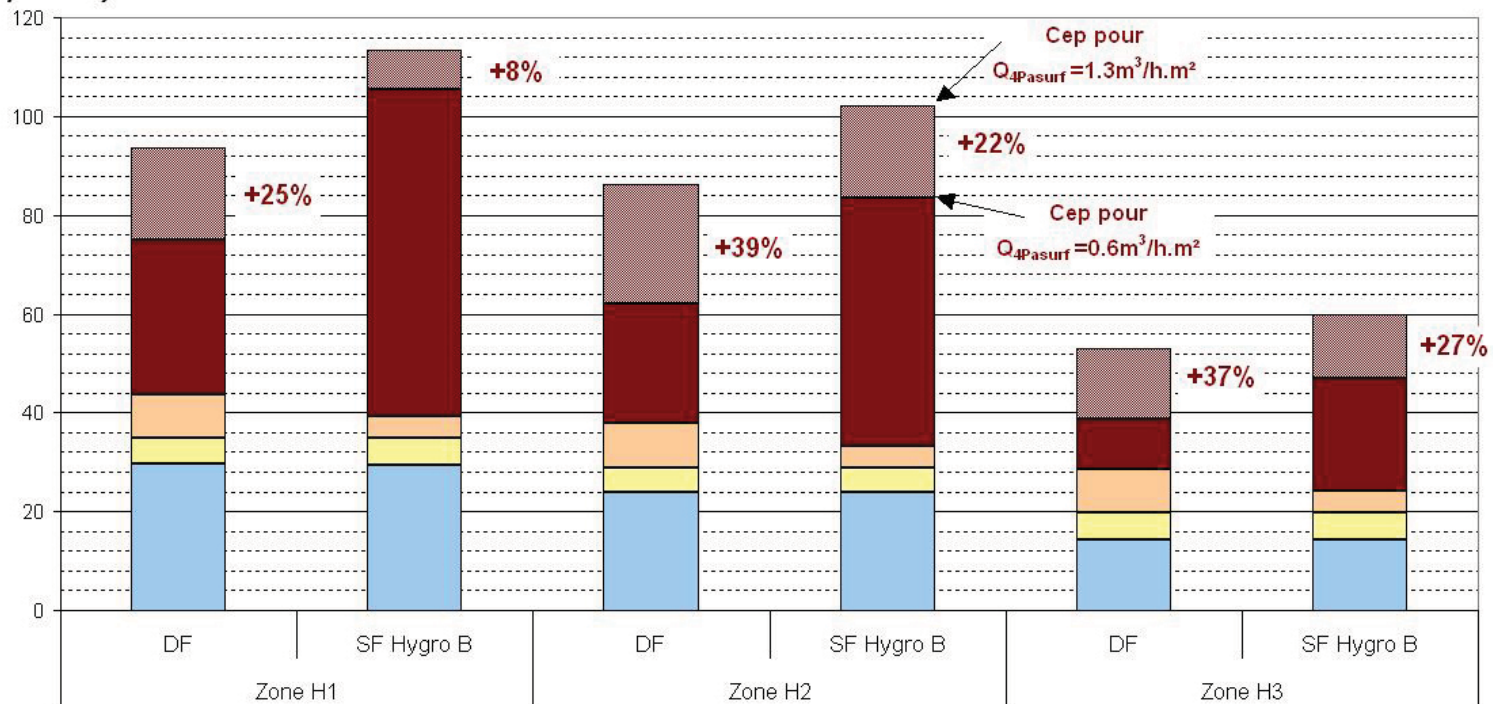




# La consommation d'énergie

## Impact de l'étanchéité à l'air sur la consommation d'énergie d'une maison individuelle (Chauffage électrique)

Consommations  
(kWhep/m<sup>2</sup>.an)



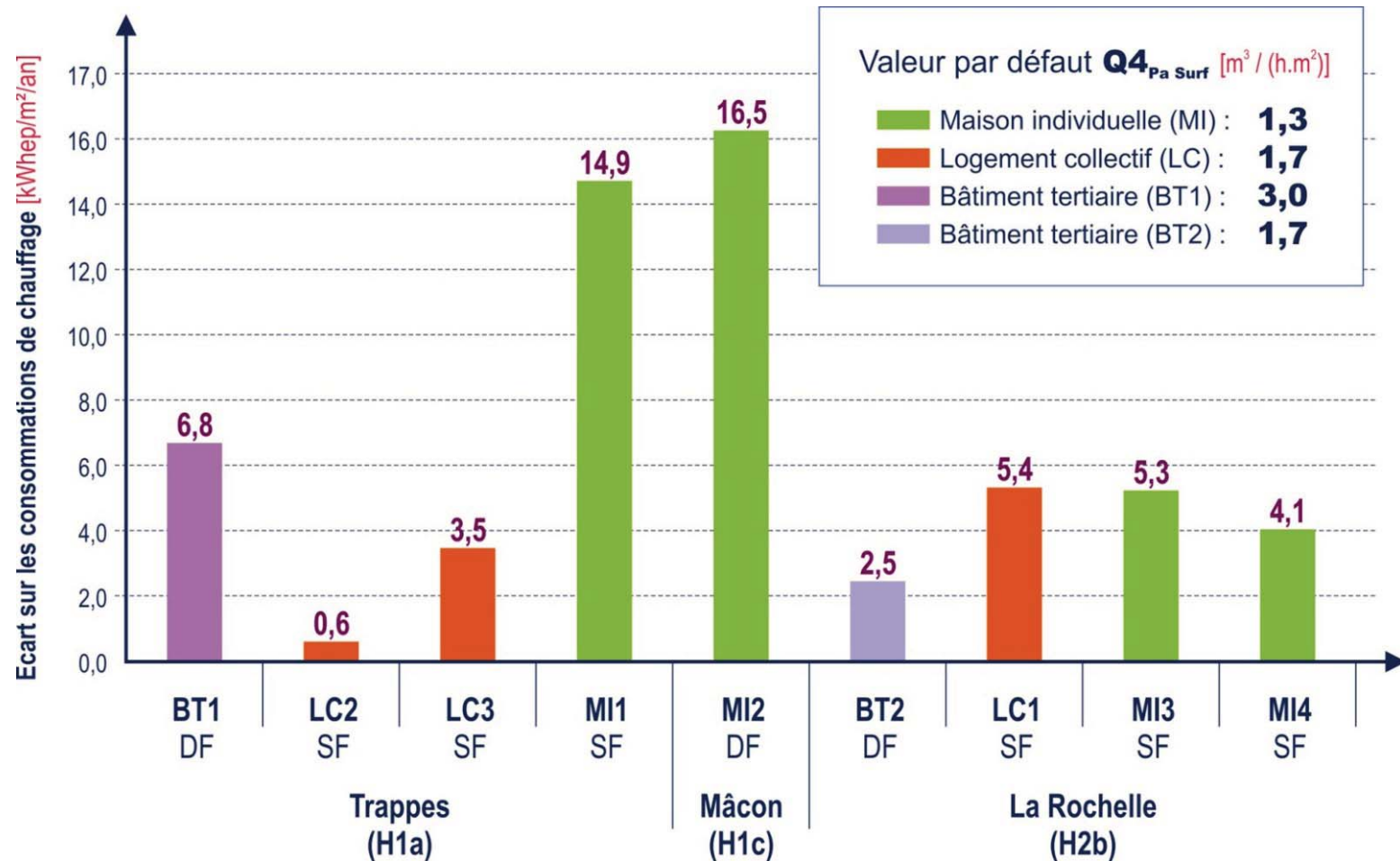
■ ECS  
■ Aux. Ventilation  
■ Sur-consommation pour une étanchéité de 1.3 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup>  
■ Eclairage  
■ Chauffage pour une étanchéité de 0.6 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup>

La perméabilité à l'air influe quasi-exclusivement sur la consommation d'énergie affectée au chauffage



# La consommation d'énergie

Écart sur les consommations de chauffage de 9 types de bâtiments entre une perméabilité fixée à la valeur par défaut et une perméabilité de **0,2 m<sup>3</sup>/(h.m<sup>2</sup>)**



Cf. PREBAT / CETE de Lyon 2008

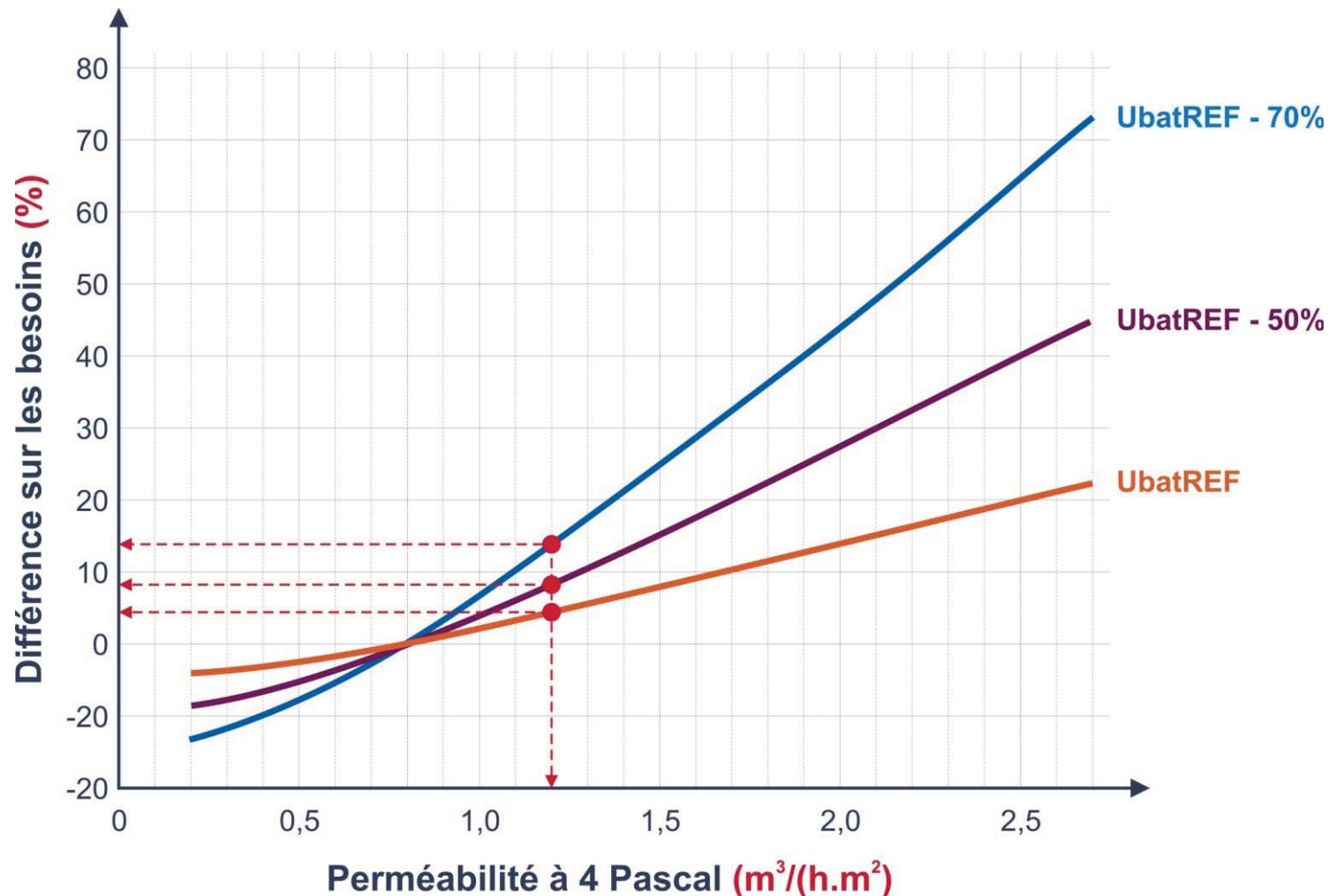
Réalisé à l'aide du moteur de calcul RT2005





# La consommation d'énergie

Implication énergétique de la perméabilité à l'air sur le coefficient global des déperditions de l'enveloppe du bâtiment Ubat-ref

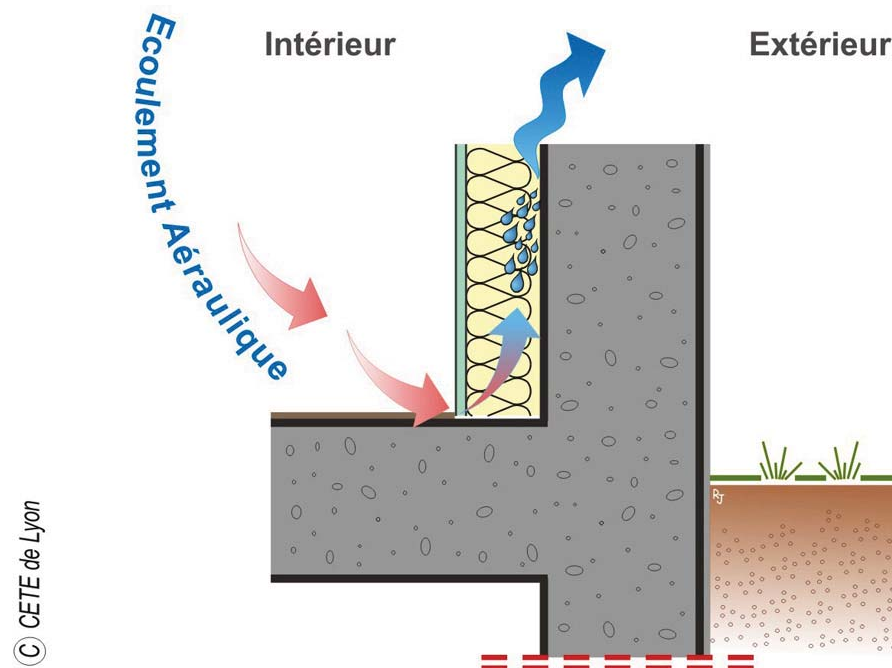


Cf. PREBAT / CETE de Lyon 2007

Réalisé à l'aide du moteur de calcul RT2005



## Un écoulement aéraulique dans une paroi peut entraîner des phénomènes de condensation



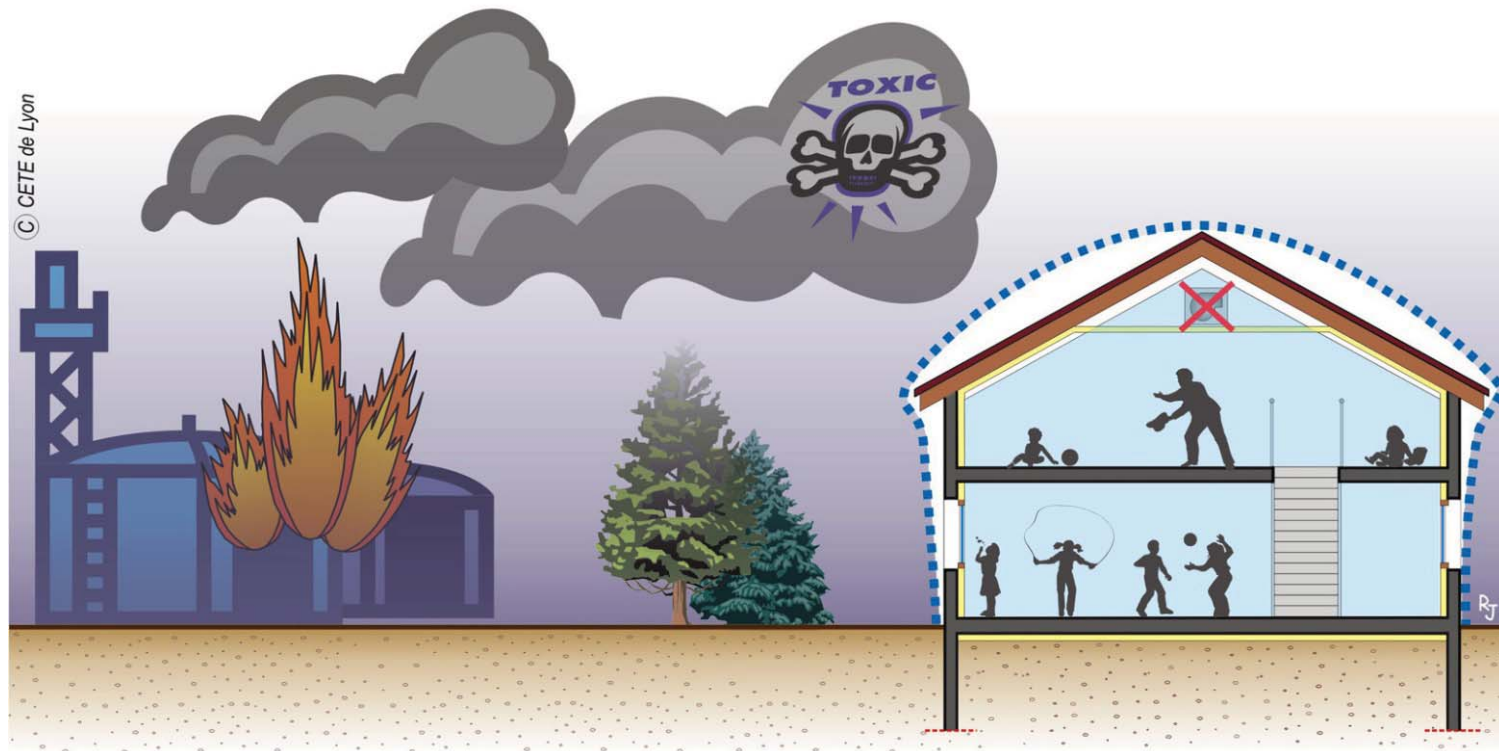
Le phénomène est identique à celui des condensations superficielles mais il a lieu à l'intérieur de la paroi

- En période de chauffage, l'air exfiltré se refroidit au droit de la paroi froide



# La protection des personnes

Mettre à l'abri les personnes dans un local confiné en cas de pollution atmosphérique accidentelle



- Le confinement peut être rendu obligatoire par un PPRT



- Contexte énergétique et réglementaire
- Définition de la perméabilité à l'air
- Les phénomènes moteurs
- Localisation des fuites
- Implications énergétiques et pathogènes
- **La mesure et les indicateurs de performance**
- Les niveaux d'exigence actuels et futurs
- État des lieux et pistes d'amélioration



L'objectif de la mesure est de quantifier la perméabilité à l'air et de visualiser les fuites

- Un matériel spécifique adapté aux différents types de construction :



Perméoscope  
 $Q_{\max} = 1\ 200\ \text{m}^3/\text{h}$



Porte soufflante (Blower Door)  
 $Q_{\max} = 10\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$



Banc grand volume  
 $Q_{\max} = 16\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$

**La mesure de la perméabilité à l'air doit être conforme à la norme NF EN 13829 et au guide d'application GA P 50784**





L'objectif de la mesure est de quantifier la perméabilité à l'air et de visualiser les fuites

- Un matériel spécifique adapté aux différents types de construction :



Porte soufflante (3 ventilateurs)

$$Q_{\max} = 40\,000 \text{ m}^3/\text{h}$$



Banc Grand Volume

$$Q_{\max} = 72\,000 \text{ m}^3/\text{h}$$



MegaFan

$$Q_{\max} = 300\,000 \text{ m}^3/\text{h}$$

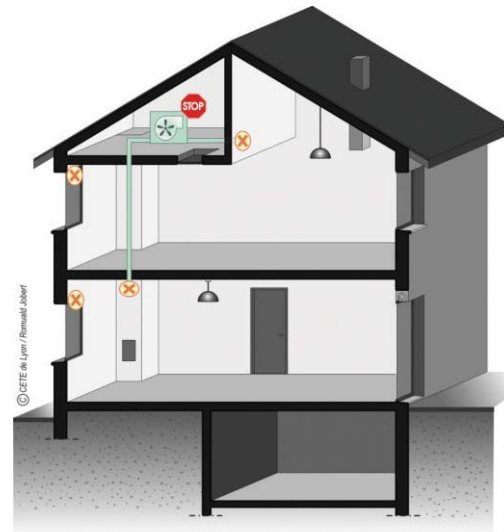
**Ces débits volumiques sont donnés pour une différence de pression de 50 Pa  
Le volume mesurable dépend du niveau de perméabilité à l'air du bâtiment**



Le protocole le plus utilisé est celui de la dépressurisation progressive du bâtiment à l'aide de la porte soufflante



1. Arrêt de la ventilation



2. Obturation des entrées et sorties d'air volontaires

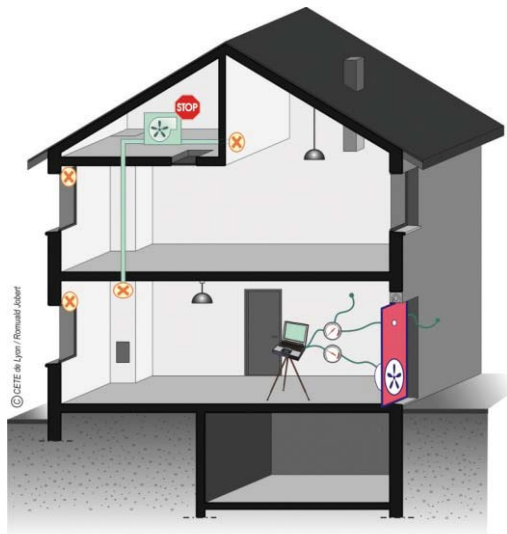


3. Installation de la porte soufflante (*Blower Door*)

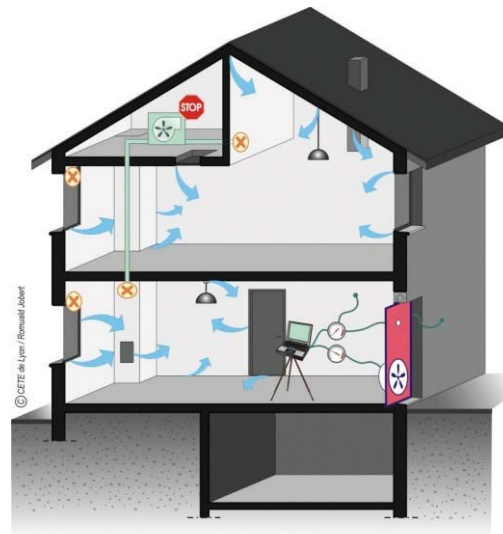
**L'objectif est de quantifier uniquement les fuites d'air parasites et non maîtrisées**



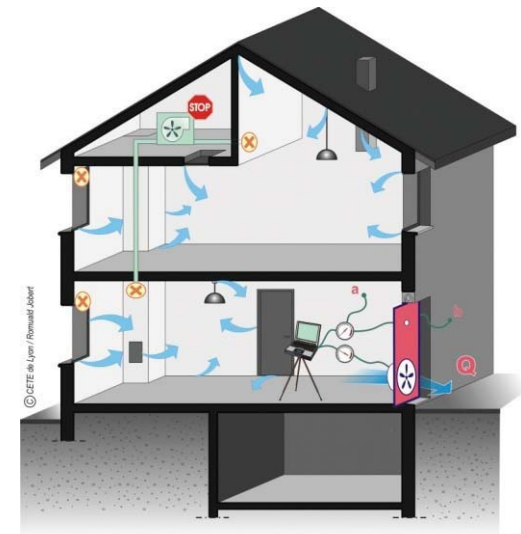
Créer une variation de pression interne afin de produire une différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur qui sera génératrice de flux d'air



4. Installation du banc d'essai ou de mesure



5. Maintien en dépression et analyse qualitative



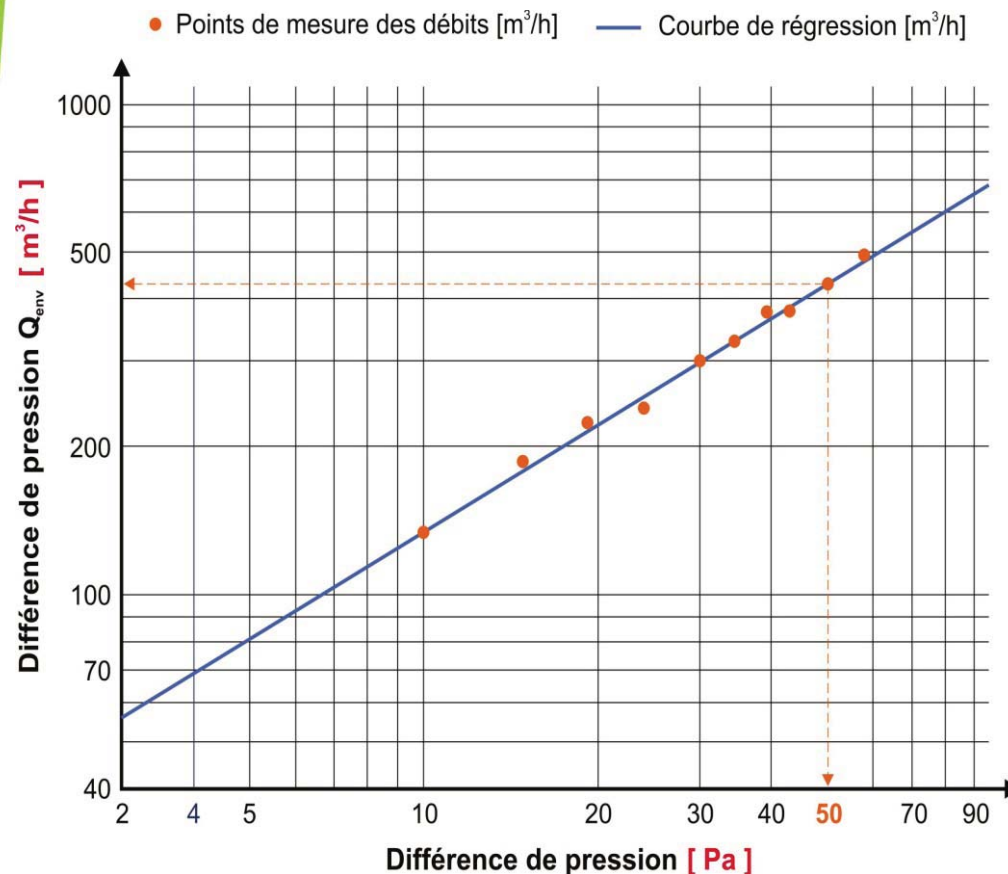
6. Mesure du débit de fuite pour 5 à 10 paliers de pression

**Couplé à la dépressurisation, la thermographie IR permet de visualiser les fuites**



# Mesures et indicateurs

La méthodologie repose sur la loi d'écoulement reliant le débit d'air  $Q$  traversant les parois du bâtiment à la pression différentielle entre l'intérieur et l'extérieur  $\Delta P$



$$Q = C \cdot \Delta P^n$$

- $Q$  : Débit volumique [ $m^3/h$ ]
- $C$  : Coefficient de perméabilité à l'air [ $m^3/h/Pa^n$ ]
- $\Delta P$  : Différence de pression int./ext. [ $Pa$ ]
- $n$  : Coefficient d'écoulement [ $0,5 < n < 1$ ]



A partir des mesures Débits / Dépressions et d'une méthode d'analyse, on peut extraire des indicateurs

## ■ Les débits de fuite normalisés :

- Le taux de renouvellement d'air sous 50 Pa,  $n_{50}$

Débit de fuite sous 50 Pa divisé par le volume chauffé

Il s'exprime en volume par heure [Vol / h] à 50 pascal [Pa]

- L'indice de perméabilité à l'air sous 4 Pa,  $Q_{4Pa\ Surf}$

Débit de fuite sous 4 Pa divisé par la surface de parois froides hors plancher bas

Il s'exprime en mètre cube par heure par m<sup>2</sup> [m<sup>3</sup>.h / m<sup>2</sup>] à 4 pascal [Pa]

## ■ Conversions :

- Il résulte de la définition de ces indicateurs que :

$$Q_{4Pa\ Surf} = (4/50)^n \cdot (V/A) \cdot n_{50}$$



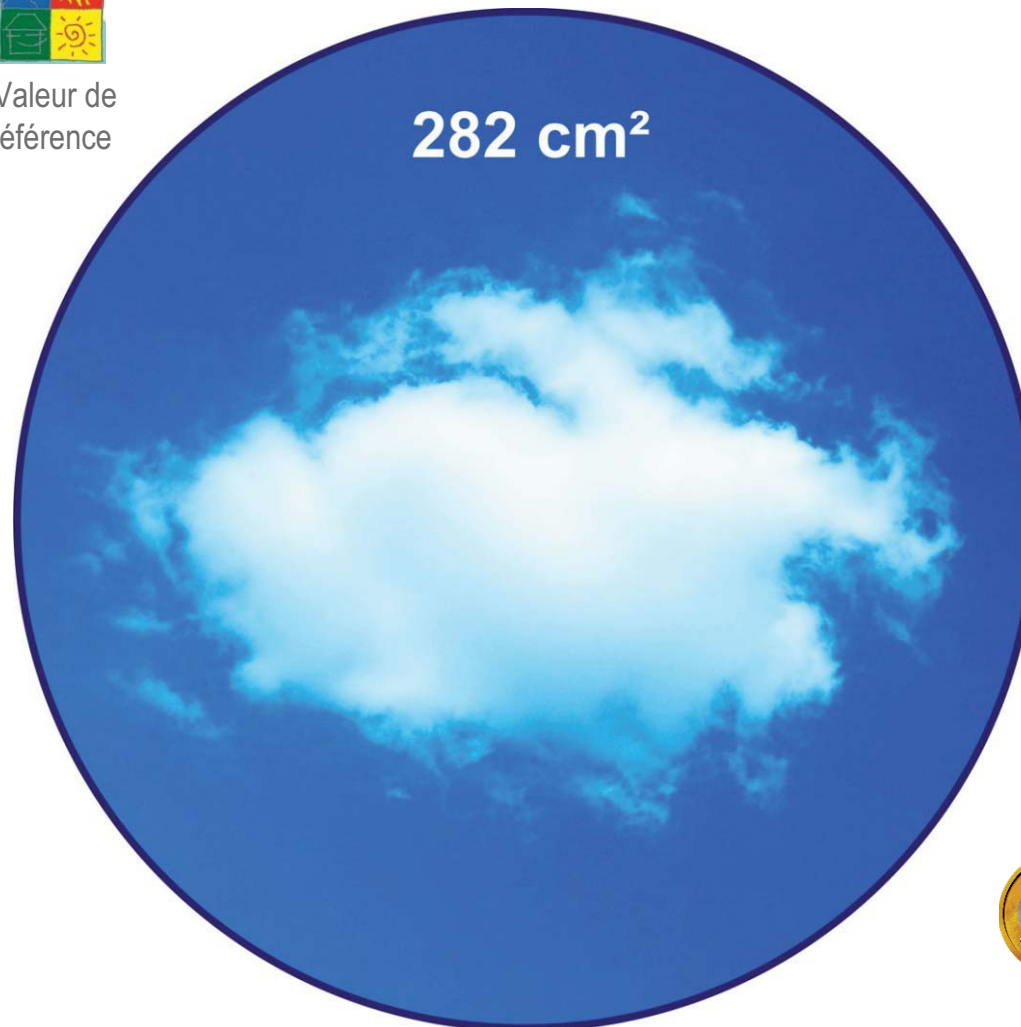


La surface équivalente de fuite correspond à la surface d'une fuite unique égale à la somme des fuites de l'enveloppe

$$Q_{4\text{Pa-surf}} = 0,80 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$$



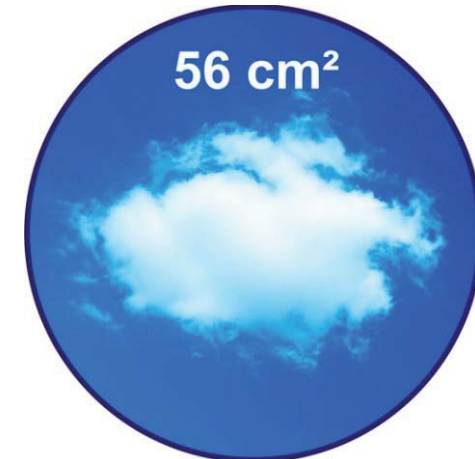
Valeur de référence



## ■ Maison individuelle

- Surface : 110 m<sup>2</sup>
- Volume : 273 m<sup>3</sup>
- Parois : 196 m<sup>2</sup>
- $V/A_{\text{TBAT}}$  : 1,4 m

$$Q_{4\text{Pa-surf}} = 0,16 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$$



Exigence







- Contexte énergétique et réglementaire
- Définition de la perméabilité à l'air
- Les phénomènes moteurs
- Localisation des fuites
- Implications énergétiques et pathogènes
- La mesure et les indicateurs de performance
- **Les niveaux d'exigence actuels et futurs**
- État des lieux et pistes d'amélioration



# Le cadre réglementaire

## Obligation de traitement de l'étanchéité à l'air pour les maisons individuelles et les immeubles collectifs d'habitation

■ Valeurs cible de la RT2012 :  $Q_{4Pa-surf}$  [ $m^3/h/m^2$ ]

Usage	 RT2005	 RT2005	 RT2012	 Passivhaus
Logement Individuel	<b>1,3</b> Valeur par défaut	<b>0,8</b> Valeur de référence	<b>0,6</b> Valeur exigée !	<b>0,16</b> $V/A_{TBAT} = 1,4$ m
Logement Collectif	<b>1,7</b> Valeur par défaut	<b>1,2</b> Valeur de référence	<b>1,0</b> Valeur exigée !	<b>0,23</b> $V/A_{TBAT} = 2,0$ m
Bâtiment Tertiaire	<b>1,7</b> Valeur par défaut	<b>1,2</b> Valeur de référence	<b>1,7</b> Valeur par défaut	<b>0,25</b> $V/A_{TBAT} = 2,2$ m
Industrie Salle de sport	<b>3,0</b> Valeur par défaut	<b>2,5</b> Valeur de référence	<b>3,0</b> Valeur par défaut	<b>0,22</b> $V/A_{TBAT} = 2,0$ m



## Obligation de résultat pour les maisons individuelles et les immeubles collectifs d'habitation



### ■ 2 Options pour la justification :

- ✓ Soit par **mesure** conformément à la **norme NF EN 13829** et ses documents d'application, par un opérateur autorisé par le Ministère en charge de la construction
- ✓ Soit par une **démarche de qualité** de l'étanchéité à l'air (et des réseaux aérauliques) agréée par le Ministère en charge de la construction. La démarche qualité implique des mesures sur un échantillon du parc construit



## Obligation de résultat pour les maisons individuelles et les immeubles collectifs d'habitation



### ■ Le calendrier de la RT2012:

- ✓ En maison individuelle, les deux options sont possibles dès la publication des textes, à partir du **26 Octobre 2011**
- ✓ En immeuble collectif :
  - Avant le 1er janvier 2015 : mesure obligatoire
  - Après le 1er janvier 2015 : les deux options sont possibles

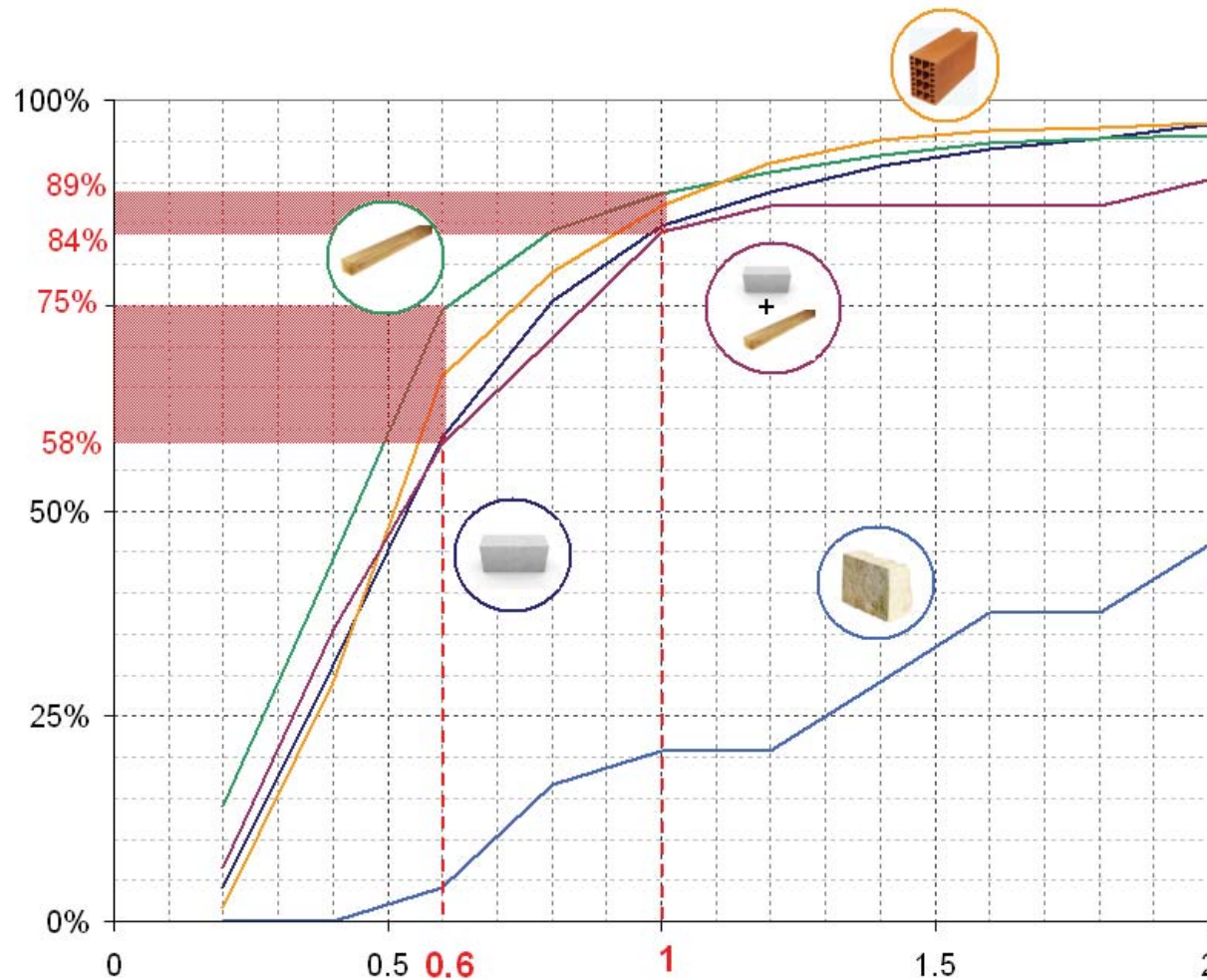




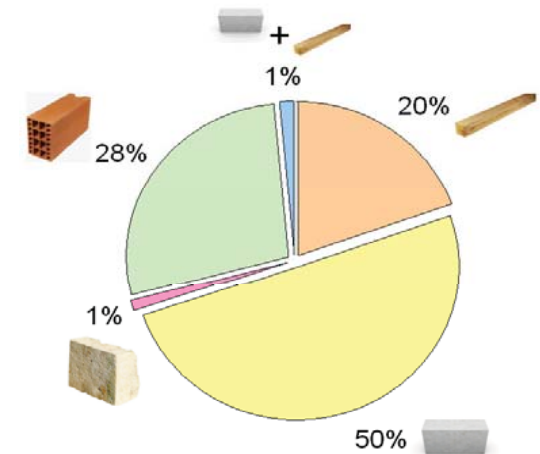
- Contexte énergétique et réglementaire
- Définition de la perméabilité à l'air
- Les phénomènes moteurs
- Localisation des fuites
- Implications énergétiques et pathogènes
- La mesure et les indicateurs de performance
- Les niveaux d'exigence actuels et futurs
- **État des lieux et pistes d'amélioration**



## Analyse comparative du niveau de perméabilité à l'air de différentes typologie constructive du **secteur résidentiel**



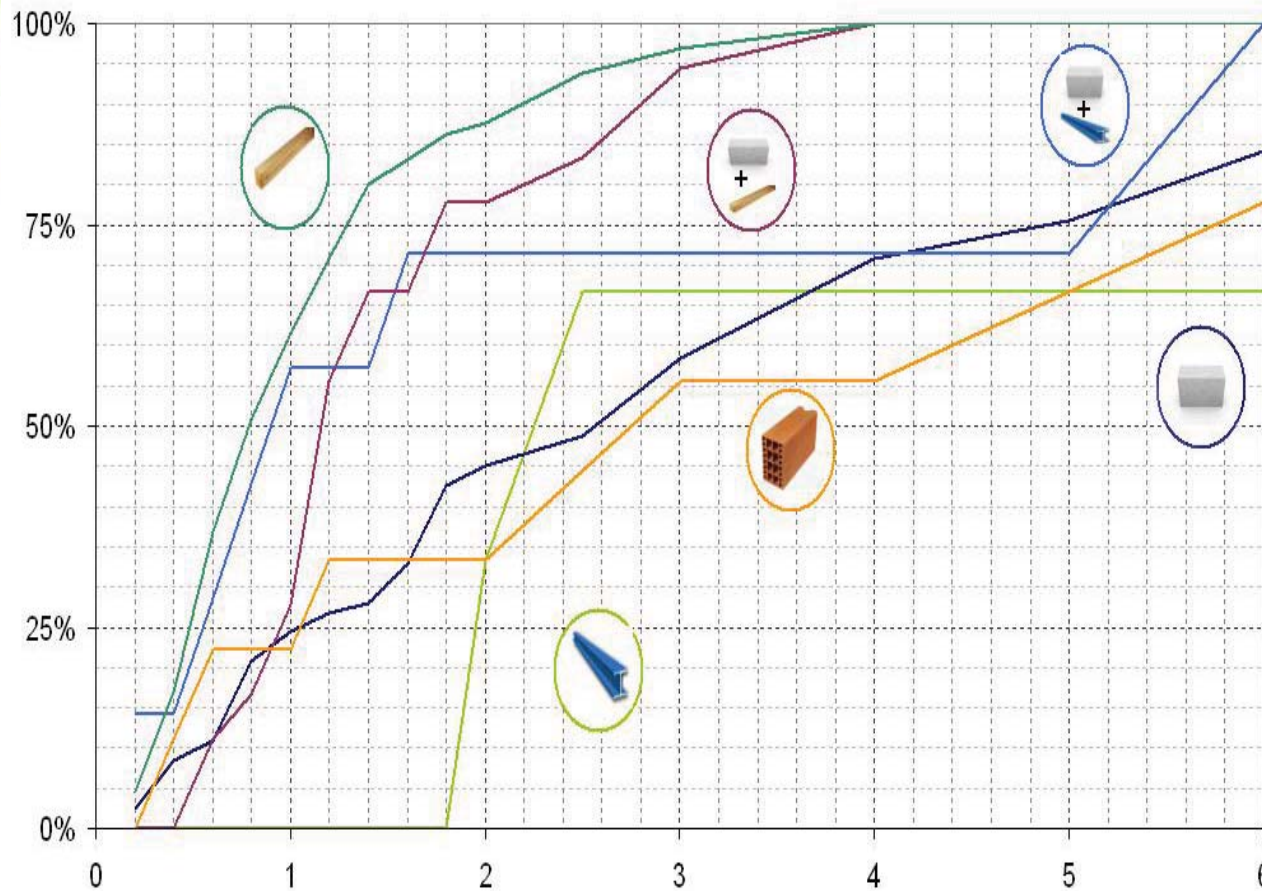
Répartition des typologies constructives



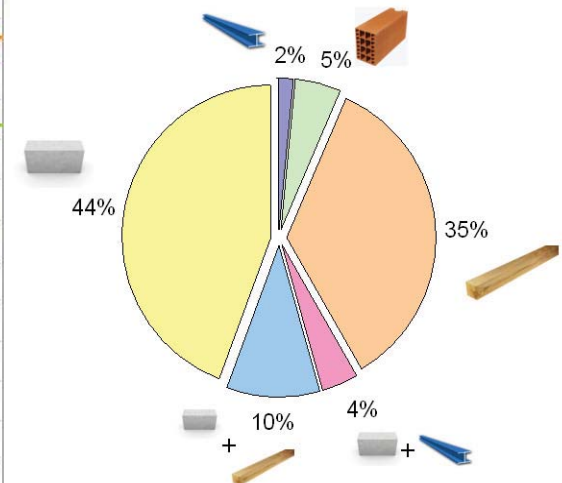
Statistiques calculées à partir d'un échantillon d'environ **2500 mesures** réalisées par des opérateurs en infiltrométrie autorisés ces 40 dernières années



## Analyse comparative du niveau de perméabilité à l'air de différentes typologie constructive du **secteur tertiaire**



Répartition des typologies constructives

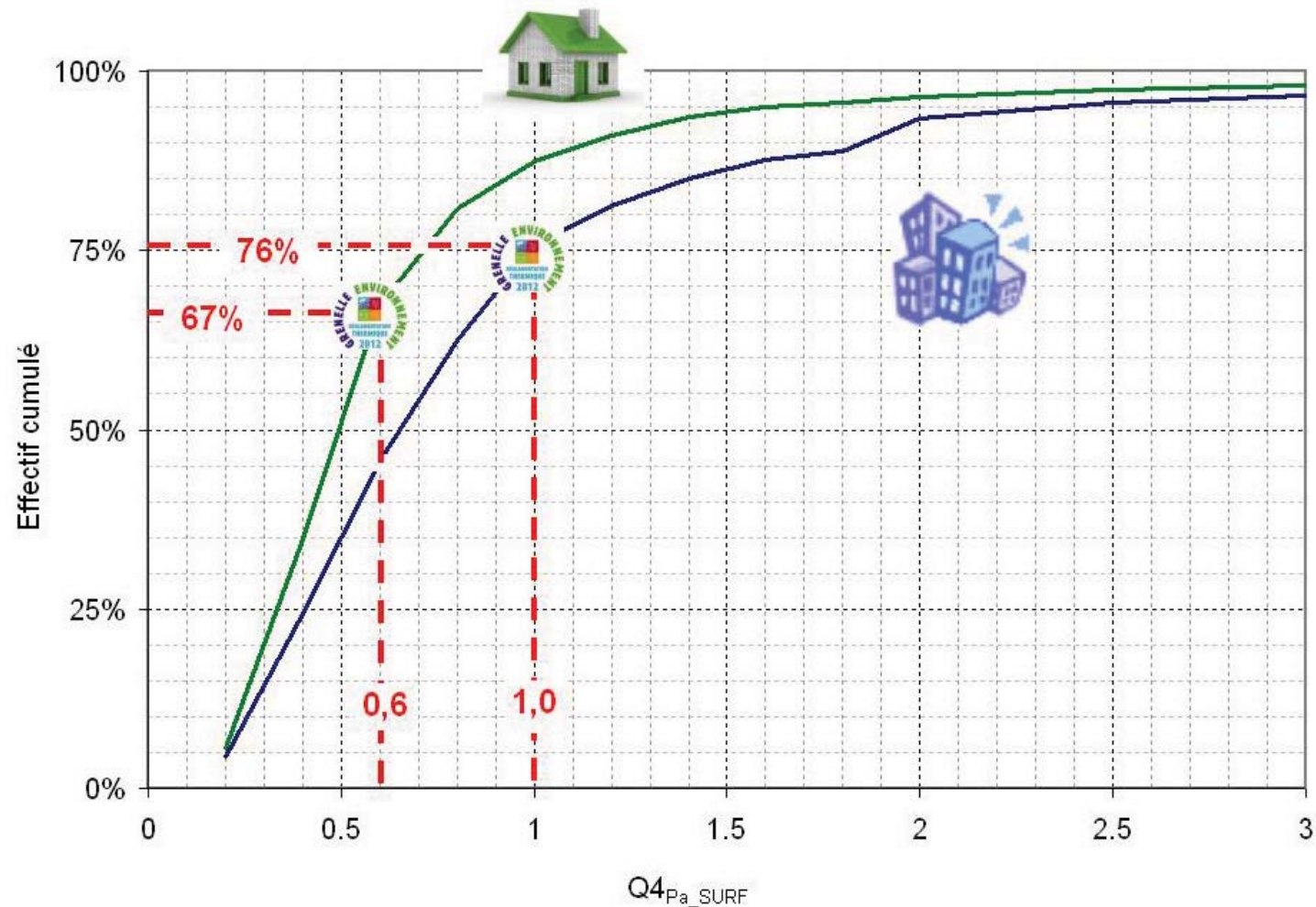


Statistiques calculées à partir d'un échantillon d'environ **2500 mesures** réalisées par des opérateurs en infiltrométrie autorisés ces 40 dernières années





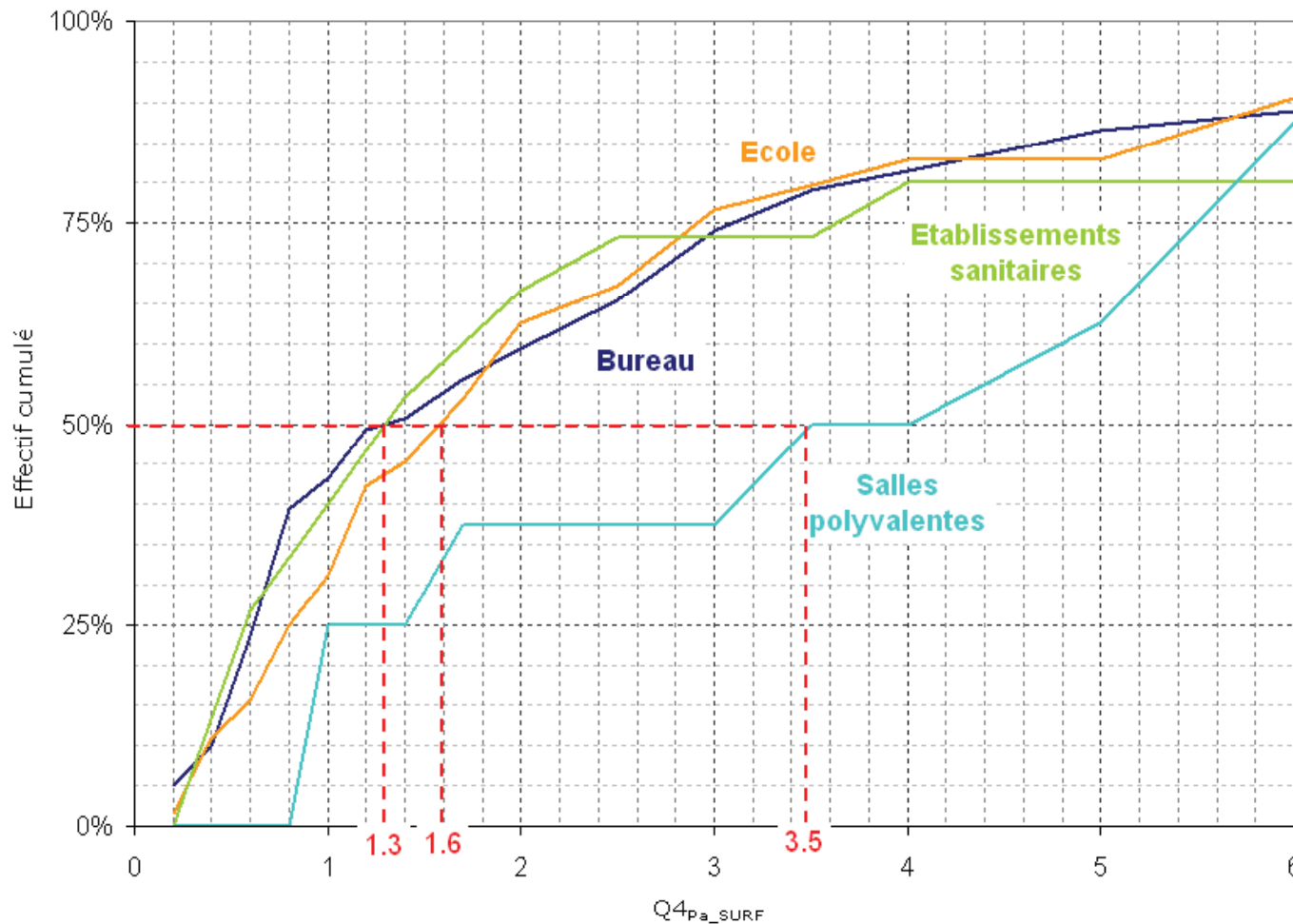
## Valeurs de la perméabilité à l'air des constructions du secteur résidentiel : maisons individuelles et logements collectifs



Statistiques calculées à partir d'un échantillon d'environ **2235 mesures** réalisées par des opérateurs en infiltrométrie autorisés ces 40 dernières années



## Valeurs de la perméabilité à l'air des constructions du secteur tertiaire : bureaux, écoles, hôpitaux et salles polyvalentes

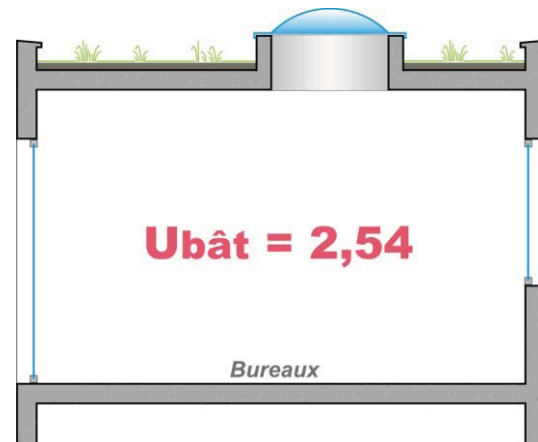


Statistiques calculées à partir d'un échantillon d'environ **180 mesures** réalisées par des opérateurs en infiltrométrie autorisés ces 40 dernières années

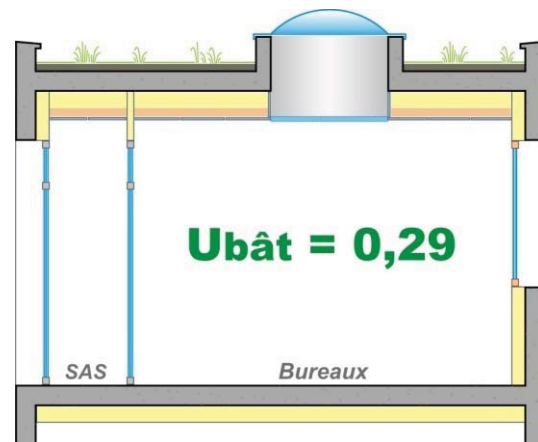




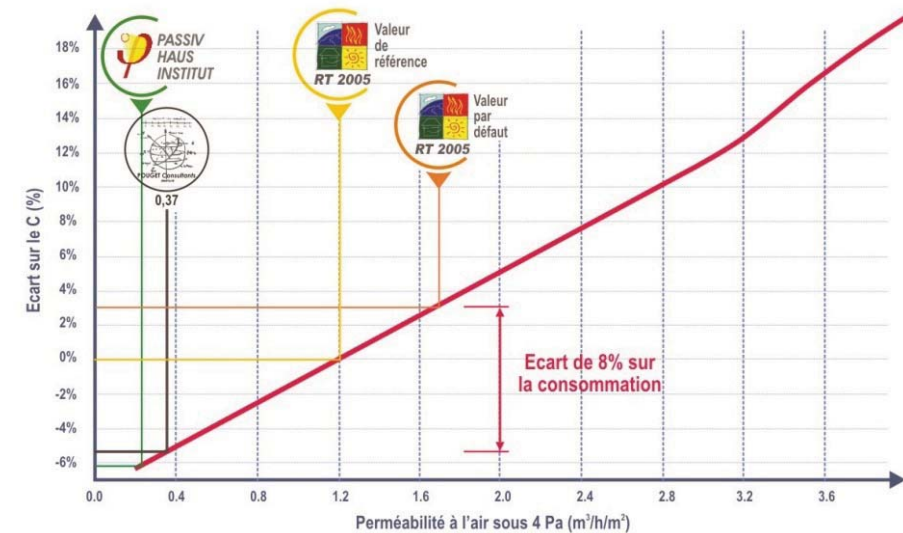
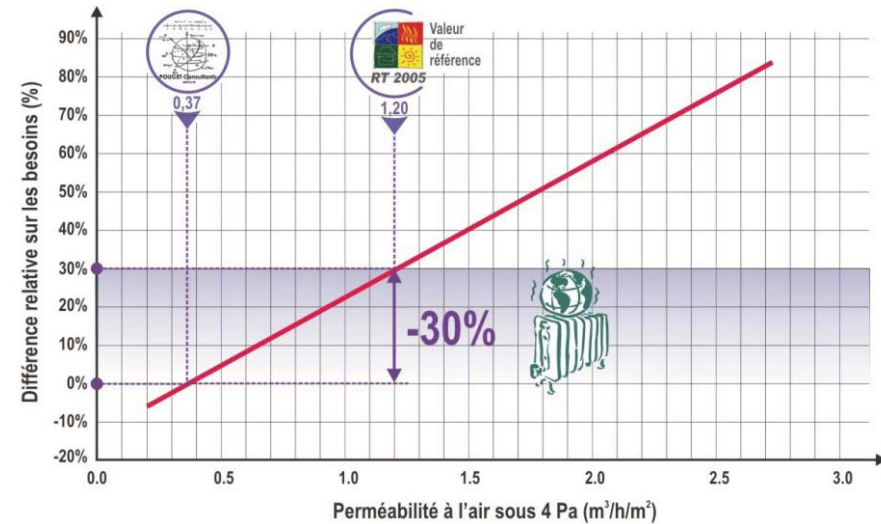
## Des résultats encourageants en rénovation thermique lors des travaux du projet PABHI / PREBAT



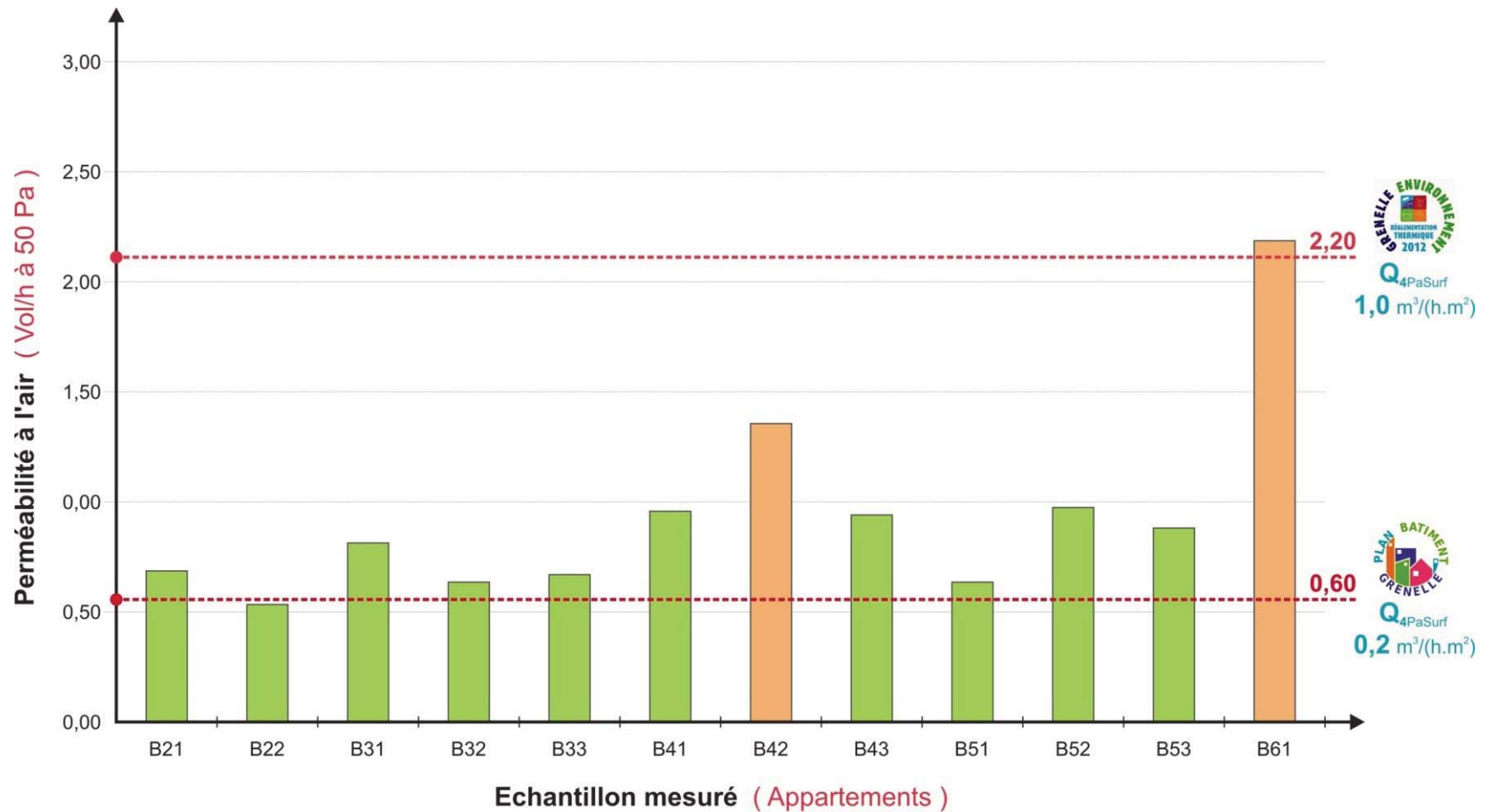
■ Avant Travaux



■ Après Travaux



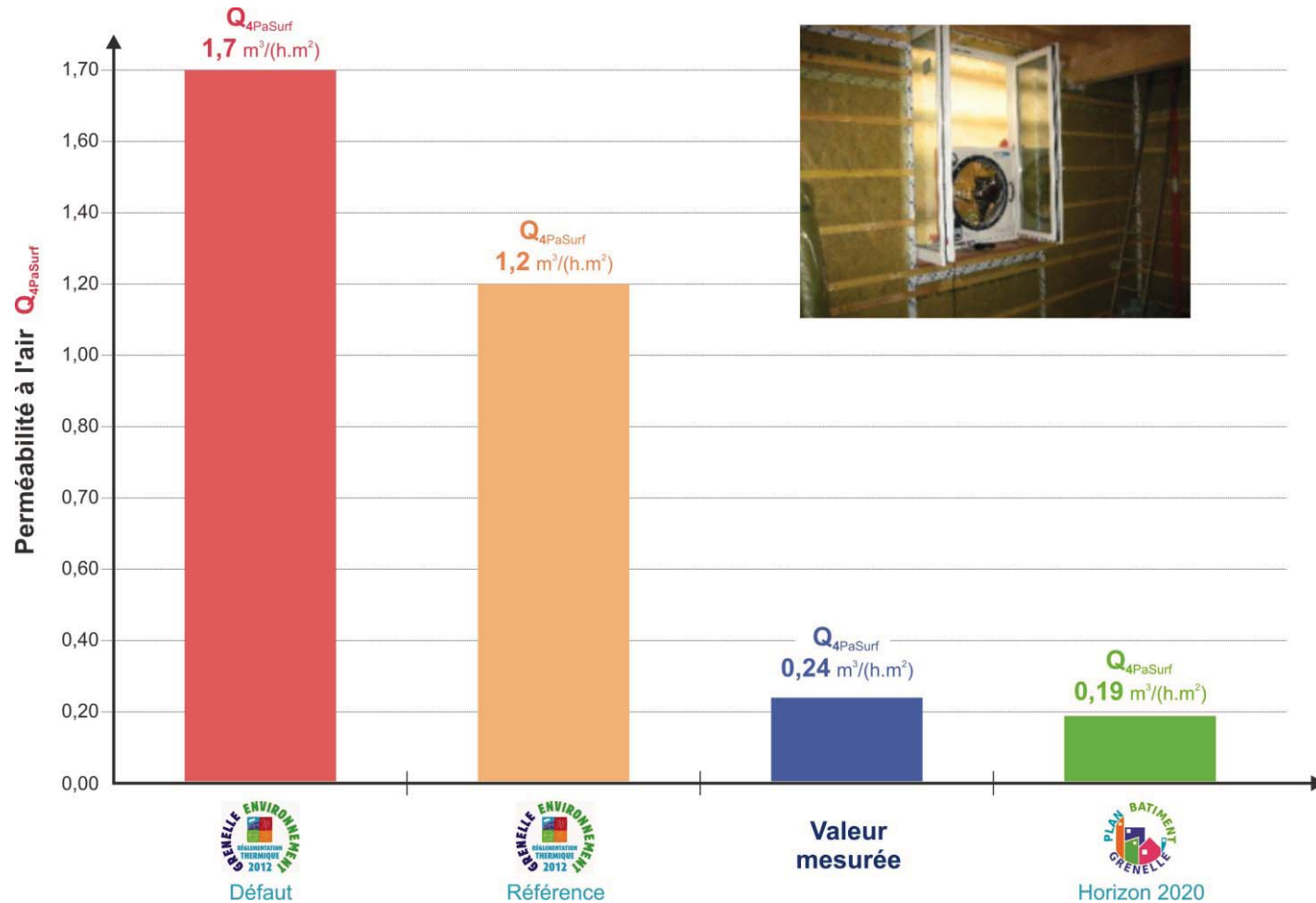
## Villeurbanne, opération « Grand Clément », réalisation de 12 logements collectifs pour l'OPAC du Rhône



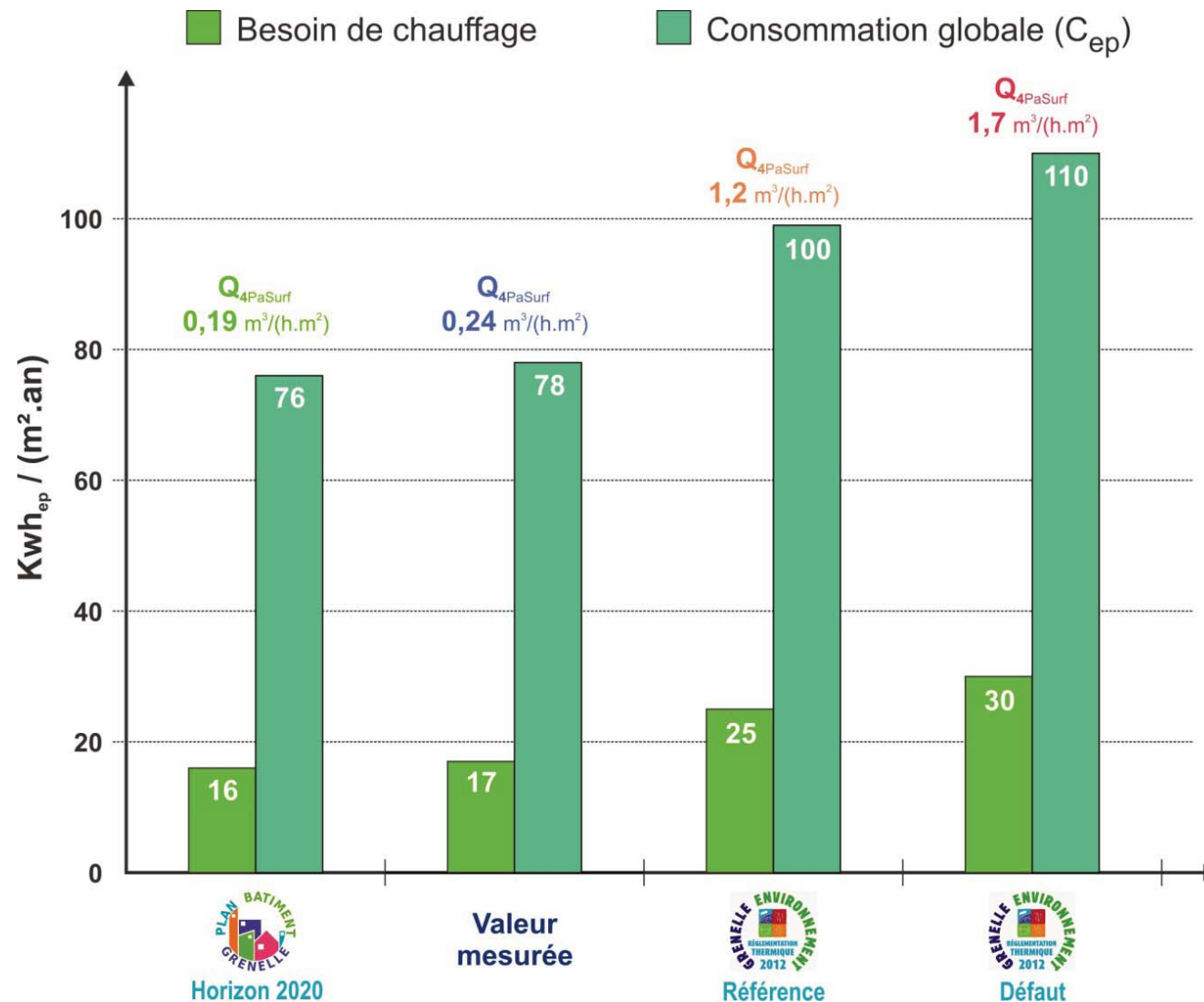
Source : Projet PREBAT Performance, ADEME, DGUHC, CETE de Lyon



## Construction d'une bibliothèque scolaire en ossature bois à Beuvraigne dans la Somme, (Atelier Passerelle Architectes)



## Construction d'une bibliothèque scolaire en ossature bois à Beuvraigne dans la Somme, (Atelier Passerelle Architectes)



**Il ne s'agit en aucun cas de confiner les occupants dans un  
« sac plastique »**

Photo : Christo & Jeanne-Claude, Reichstag



**Mais plutôt de mieux contrôler les débits d'air volontaires pour leur procurer un  
air de qualité en quantité suffisante et sans excès**





## Perméabilité à l'air

« **Perméabilité à l'air de l'enveloppe des bâtiments, Généralités et Sensibilisation** » L'objectif de ce document est d'apporter au lecteur des éléments qui lui permettront de se familiariser avec les enjeux et les principes physiques liés à la perméabilité à l'air. Par ailleurs, il constitue une aide à la compréhension des rapports de mesure de perméabilité à l'air de l'enveloppe des bâtiments réalisés par le Centre d'Études Techniques de l'Équipement de Lyon, ( <http://www.cetu.fr>, puis "ville et équipements publics, construction durable, la perméabilité à l'air des bâtiments" )

« **Perméabilité à l'air** » Fiche technique du Centre d'Études Techniques de l'Équipement de Lyon sur les prestations de mesure de la perméabilité à l'air de l'enveloppe des bâtiments.

« **MinInfil - Carnet de détails** » Quatre carnets comprenant chacun environ 25 détails constructifs réparties sur quatre principes constructifs les plus courants (ITI, ITE, ITR, COB)

« **PREBAT Performance - Rapport final** » Retour d'expérience sur l'élaboration et la réalisation d'une démarche qualité destinée à améliorer l'étanchéité à l'air de l'enveloppe des bâtiments et des réseaux aérauliques (Ventilation, CTA, ...)

« **Risques technologiques - Confinement** » Fiche technique du Centre d'Études Techniques de l'Équipement de Lyon sur les risques technologiques et notamment la stratégie et les principes du confinement

[http://www.cete-lyon.equipement.gouv.fr/rubrique.php3?id\\_rubrique=165](http://www.cete-lyon.equipement.gouv.fr/rubrique.php3?id_rubrique=165)





Département  
Villes et Territoires  
Pôle Construction

46, rue Saint-Théobald  
BP 128  
38081 L'Isle d'Abeau  
Cedex

Téléphone :  
04 74 27 51 03  
Télécopie :  
04 74 27 51 18  
Mail : [dvt.cete-lyon@developpement-durable.gouv.fr](mailto:dvt.cete-lyon@developpement-durable.gouv.fr)

Le CETE de Lyon  
appartient au Réseau  
Scientifique et Technique  
de l'Équipement



# Merci pour votre attention



Département Construction Aménagement Projet  
Unité Maîtrise de l'Énergie et Transferts Aérauliques