

# FORMATION BATIMENT DURABLE

## EXIGENCES PEB EN RÉNOVATION

AUTOMNE 2024

**De la stratégie régionale à la rénovation d'un bien spécifique**

Critères de choix et points d'attention

Florence GREGOIRE, Sophie HAINE

**écorce**  
INGÉNIERIE CONSULTANCE



- ▶ Pour mémoire en J1
  - Présentation des objectifs énergétiques à moyen terme
  - Illustration de quelques scénarios de rénovation
- ▶ Objectifs du jour :
  - Aider à placer son curseur « objectif » au regard de la réglementation et des autres contraintes
  - Proposer une méthode de réflexion pour atteindre cet objectif
  - Détailler les différentes actions, en rappelant
    - Les ordres de grandeurs
    - Les points d'attention principaux
    - Les outils et les formations disponibles sur le sujet

Pour mémoire :

- Les chiffres présentés sont issus des simulations dans le logiciel PEB de la maison fil rouge (voir Journée 1).
- L'optimisation de l'encodage dans le logiciel n'est pas le sujet prioritaire



## QUELQUES RAPPELS

- ▶ **Rappels théoriques**
- ▶ **Rappels du J1**

DÉFINIR DES GUIDELINES

CONCEVOIR INTELLIGEMMENT

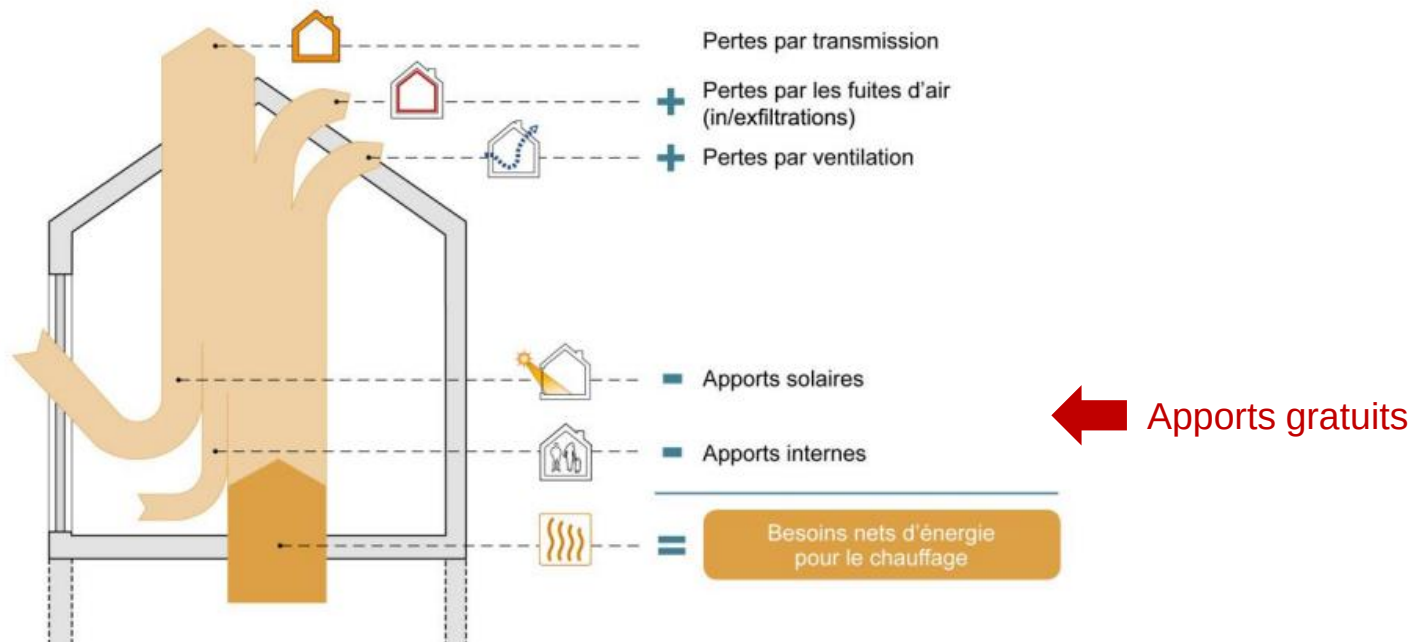


## Indicateurs

BNC  
CEP I  
BNR



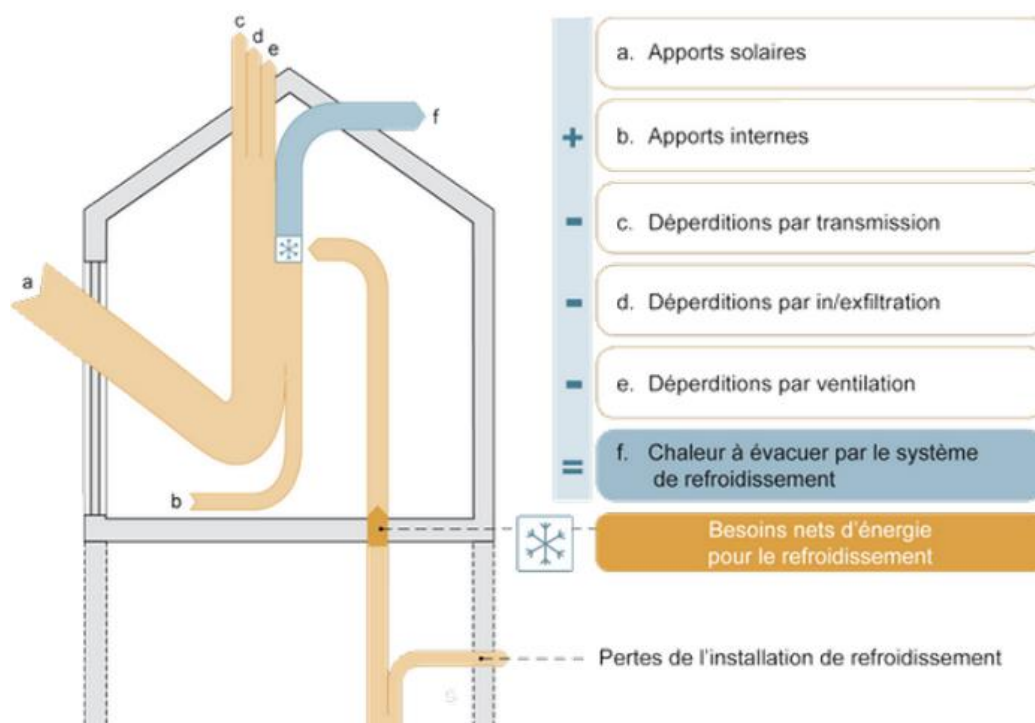
## BNC = Besoin net en énergie de chauffage



Source : Guide PEB 2021 Région Wallonne



## BNR = Besoin net en énergie de refroidissement

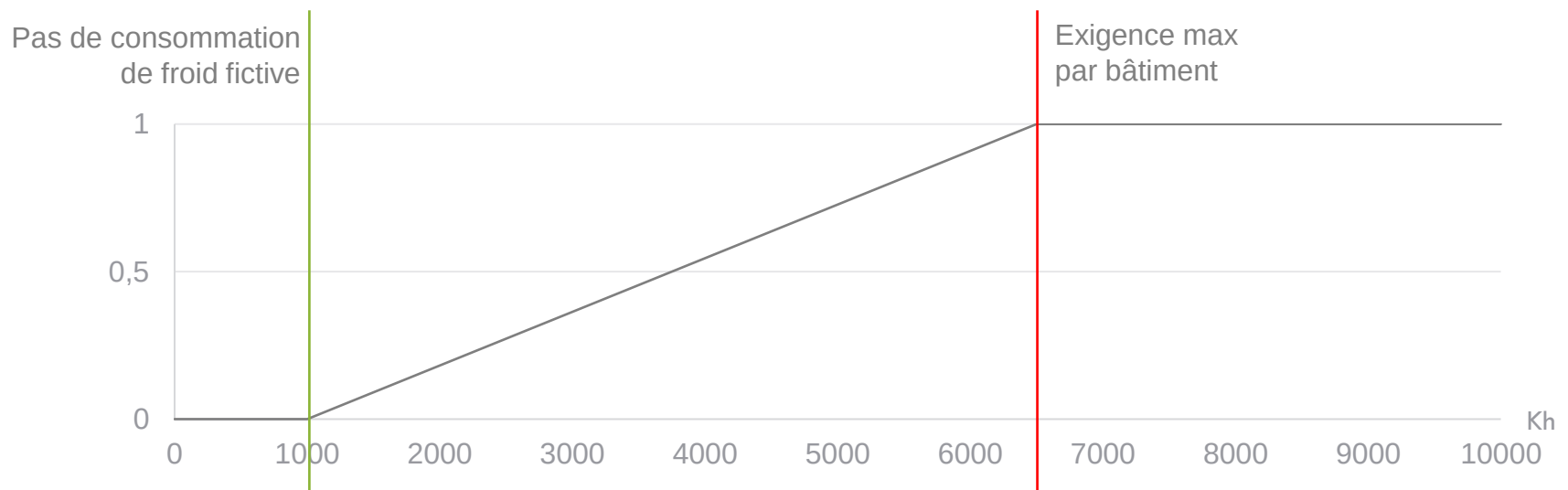


Source : Guide PEB 2021 Région Wallonne



## $\mathcal{I}$ = Indicateur de surchauffes

- Fonction
  - de la capacité thermique (l'inertie)
  - du rapport entre les gains (solaires et internes) et les pertes (par transmission et ventilation).
- les pertes de chaleur par ventilation incluent également la ventilation par l'ouverture des fenêtres (selon le type de fenêtres (oscillante...) et le risque d'effraction)



## RAPPELS THÉORIQUES

**CEP = Consommation spécifique annuelle d'énergie primaire**

- PER = Unité PEB habitation individuelle



Chauffage

+

Eau chaude  
sanitaire

+

Auxiliaires  
(y.c. ventilation)

+

Refroidissement  
éventuel

+

Autoproduction  
d'électricité

- PEN = Unité PEB non résidentielle

+

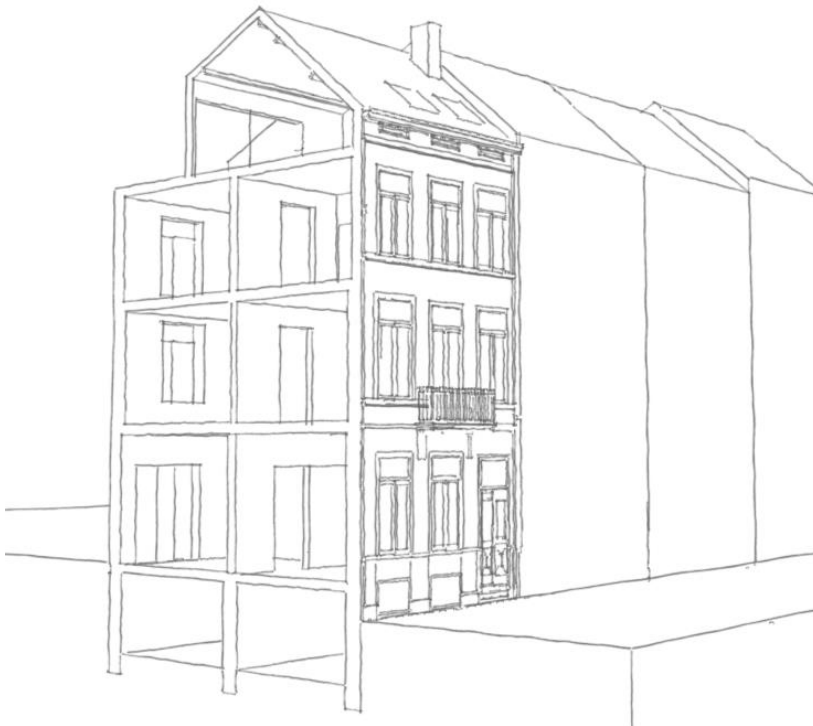


Eclairage

+

Humidification  
éventuelle

## Cas d'étude : la maison typiquement bruxelloise



- ▶ 3 scénarios de rénovation d'enveloppe ■ ▲ ●
- ▶ auxquels sont greffés des scénarios de rénovation des techniques plus ou moins performants
- ▶ Pour lesquels un changement d'orientation est également étudié

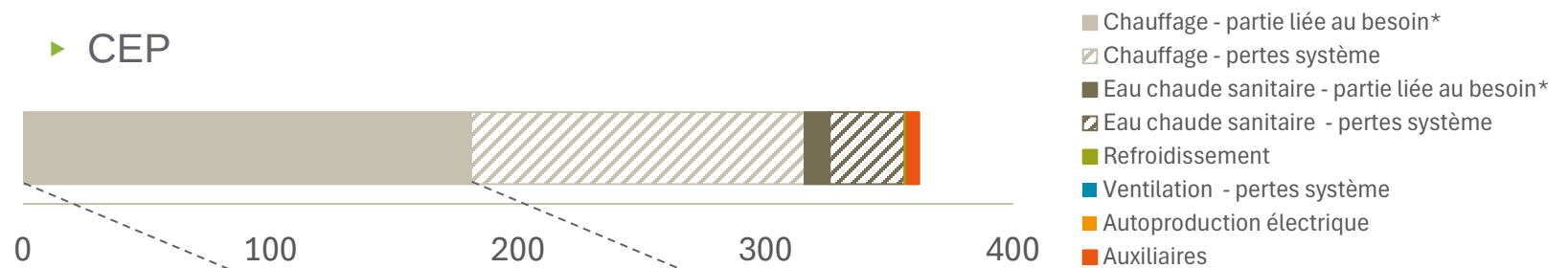


**Quels étaient les principales conclusions de l'étude des scénarios?**



## CAS de BASE

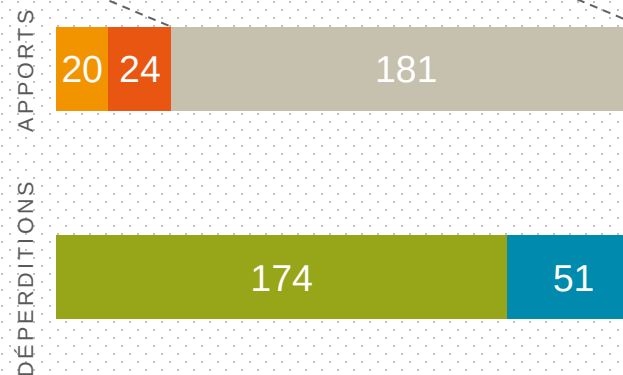
## ► CEP



\* en considérant un système parfait ( $\eta$  100%) alimenté par un vecteur énergétique équivalent à la situation sur place (gaz/électricité)

## ► BNC

- Pertes par transmission
- Pertes par ventilation et infiltration
- Apports internes
- Apports solaires
- Besoins en énergie de chauffage



## Rénovation de l'enveloppe : Scénarios envisagés

Parois

0,47

0,24

0,12

W/m<sup>2</sup>K



Menuiserie

$U_f = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U_g = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U_f = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$

Ventilation

Double flux avec récupérateur -  $\eta=80\%$

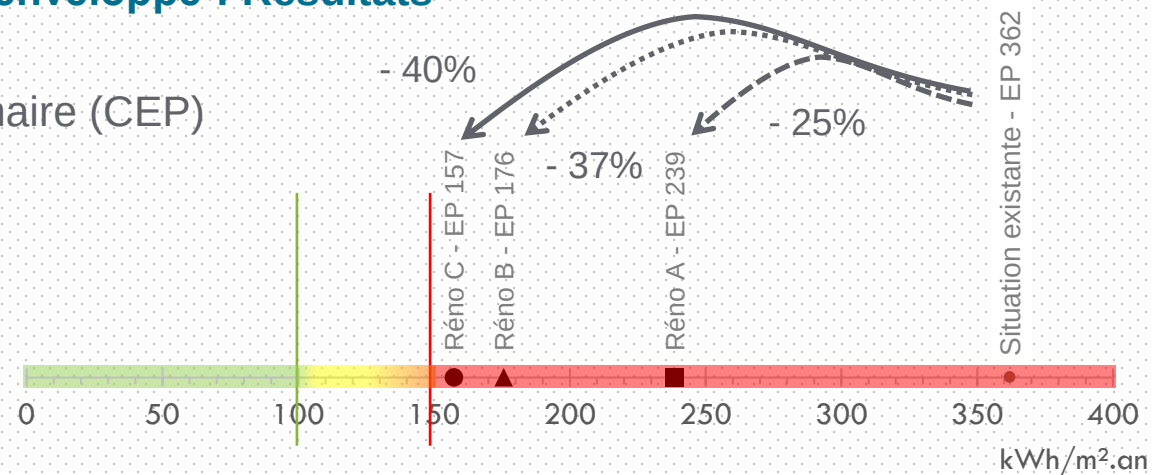
Etanchéité

$N50 = 3 \text{ Vol/h}$

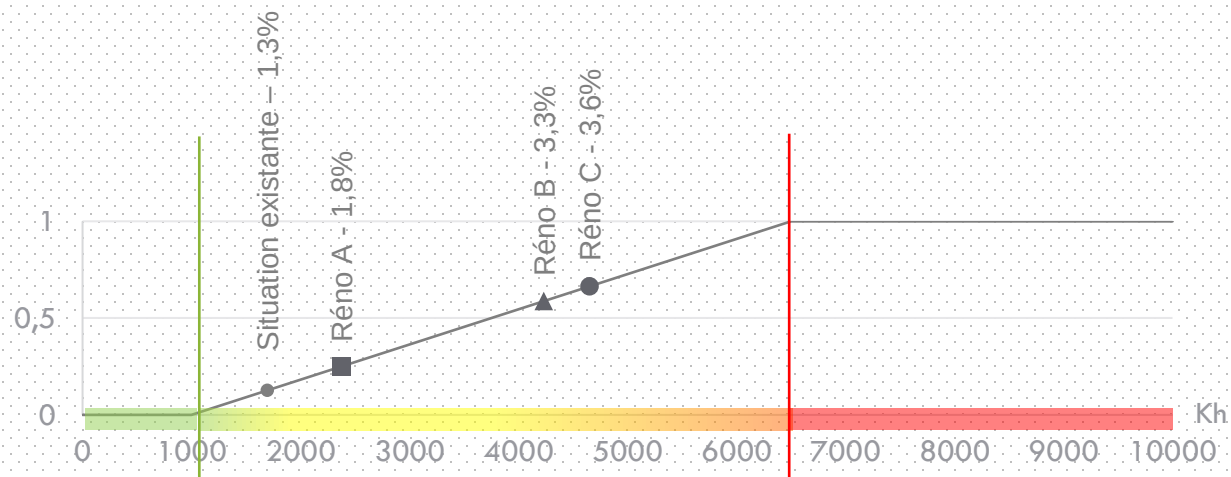


## Rénovation de l'enveloppe : Résultats

### ► Energie primaire (CEP)



### ► Surchauffes



## Vision globale des scénarios envisagés



Chaudière gaz à  
condensation

166

120

107

Chaudière gaz à  
condensation

+ Photovoltaïque 4kWc

131

85

72

Pompe à chaleur  
aérothermique

+ Photovoltaïque 4kWc

102

50

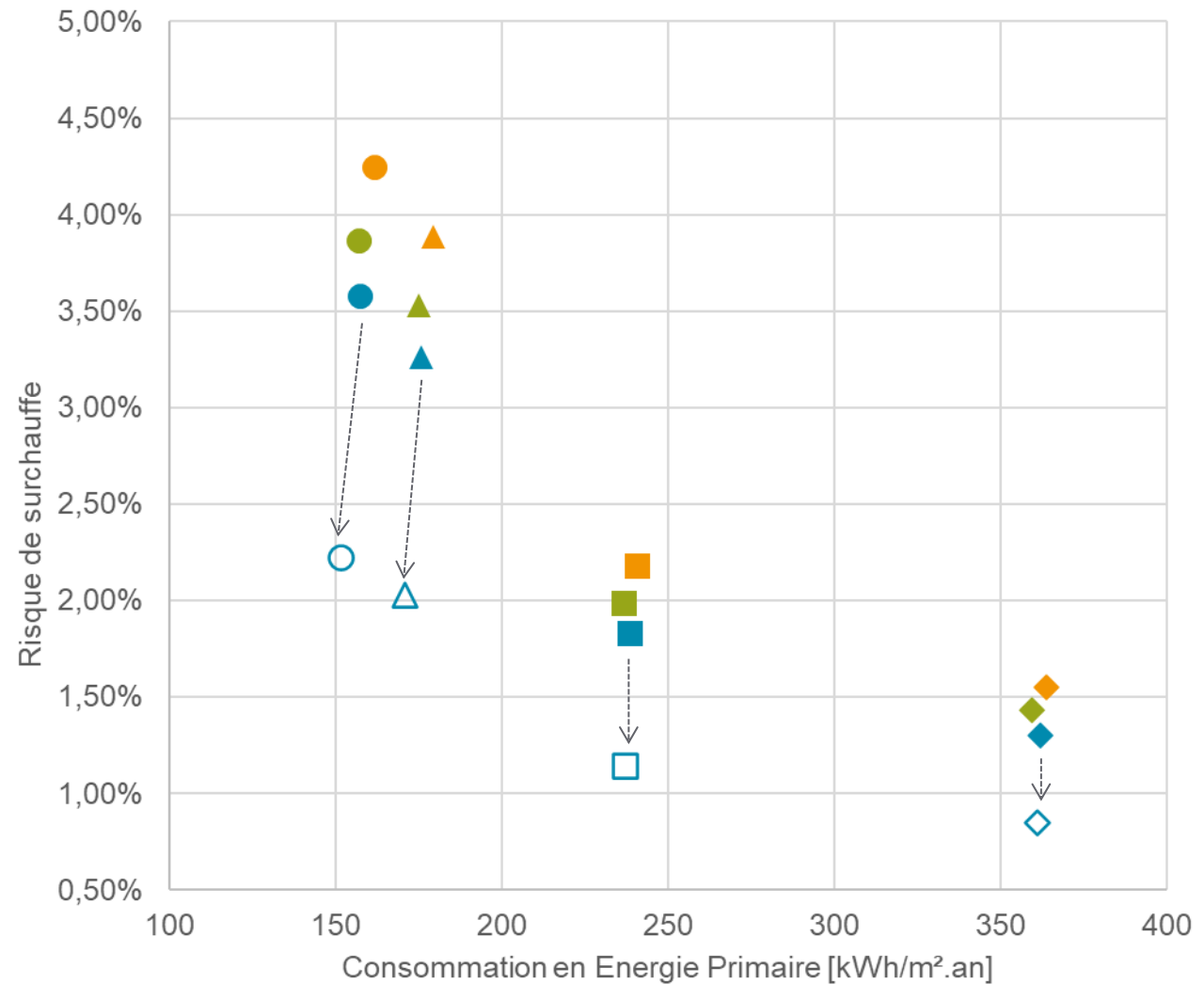
44



## LEGENDE



## Impact de l'orientation



QUELQUES RAPPELS

## DÉFINIR SES GUIDELINES

- ▶ **Les objectifs énergétiques**
- ▶ Dans un ensemble d'objectifs

CONCEVOIR INTELLIGEMMENT...



## Choix d'un niveau de performance

**La meilleure énergie est celle que l'on ne consomme pas**

- ⇒ **S'inspirer des principes du standard passif**
- ⇒ **Avoir une approche globale des besoins énergétiques (chaud – froid – électricité – autres?)**
- ⇒ **Prendre en compte les consommations converties en énergie primaire**



## Choix d'un niveau de performance

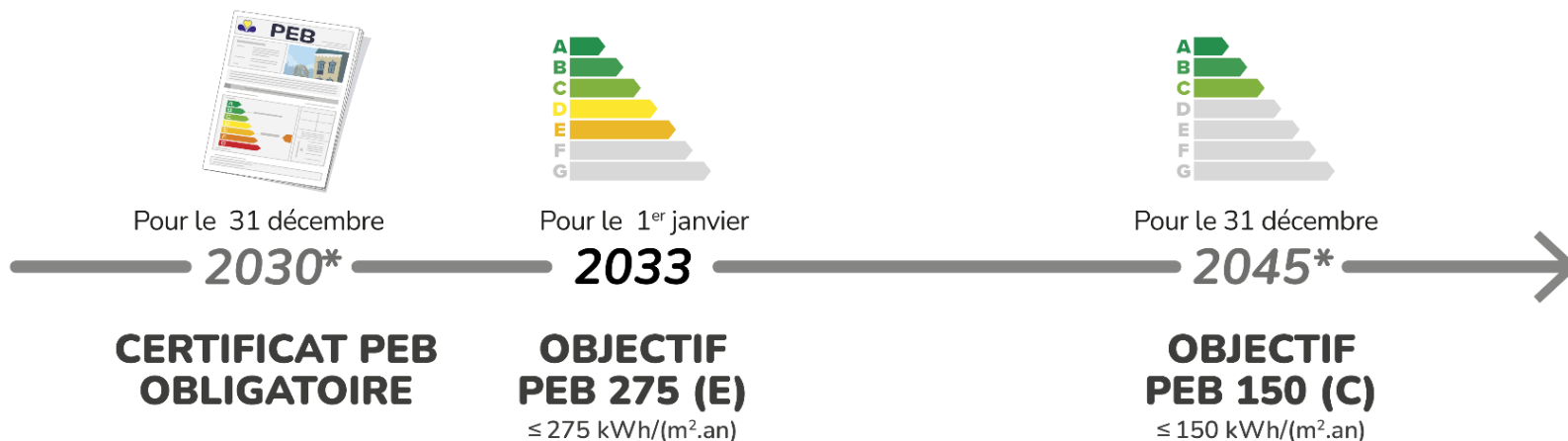
**Rénover aujourd'hui à la hauteur des exigences de demain**

- ⇒ **S'inspirer**  
**des futures réglementations**  
(exemple: interdiction de vente des chaudières atmosphériques)  
**ou des réglementation pour les bâtiments neufs...**
- ⇒ **Anticiper l'évolution**



## OBJECTIF ÉNERGÉTIQUE

## COBRACE - Objectifs PEB pour les logements à l'horizon 2050



\* Dépendamment de la date d'entrée en vigueur des Arrêtés du Gouvernement.



QUELQUES RAPPELS

## DÉFINIR SES GUIDELINES

- Les objectifs énergétiques
- **Dans un ensemble d'objectifs**

CONCEVOIR INTELLIGEMMENT...



**Choix architecturaux**

**Choix techniques**

**Aspects urbanistiques**

**Aspects patrimoniaux**

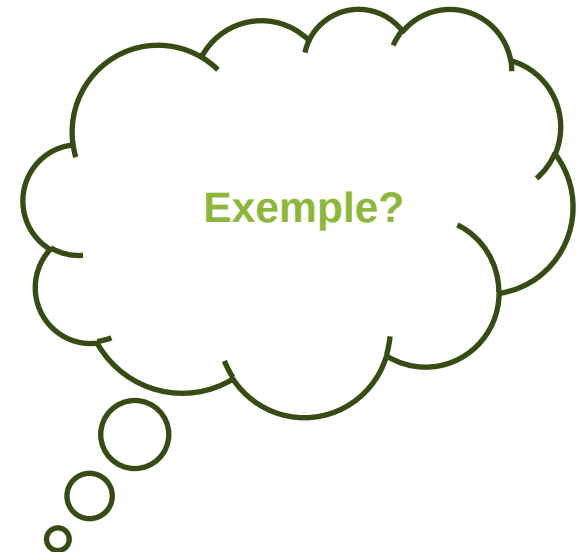
**Contraintes budgétaires**

**Circularité**

**Occupation / Phasage**

...

- Lesquels ont un impact sur l'objectif énergétique?



**Exemples :**

- Souhait de garder des décors typiques de la maison 1900

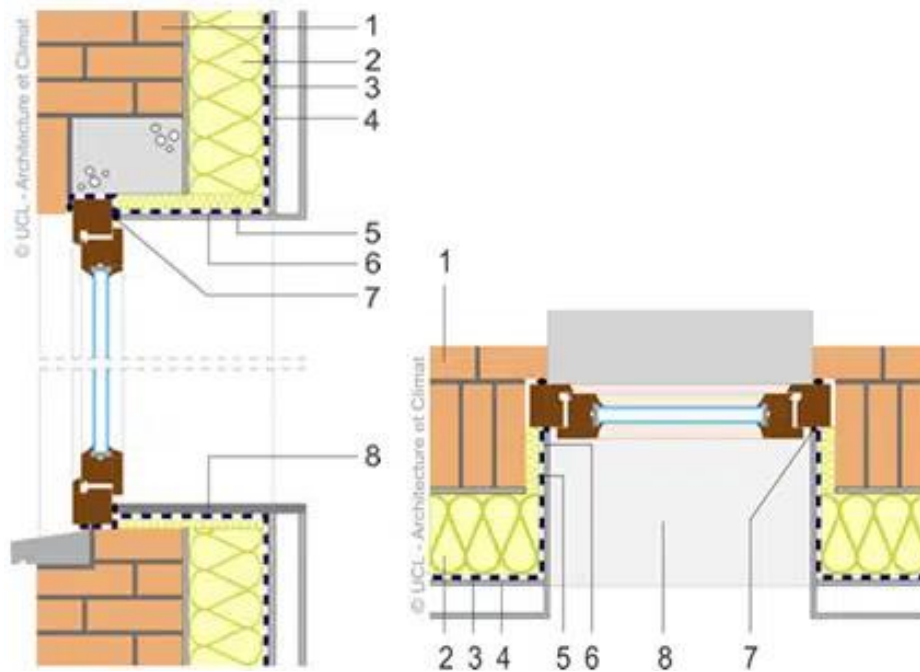


Source / Bron : ecorce



**Exemples :**

- Souhait de garder des décors typiques de la maison 1900
- Position du châssis en façade avant



Source / Bron : energie +



**Exemples :**

- ▶ Souhait de garder des décors typiques de la maison 1900
- ▶ Position du châssis en façade avant
- ▶ Souhait de garder les planchers existants



Source / Bron : ecorce



**Exemples :**

- ▶ Souhait de garder des décors typiques de la maison 1900
- ▶ Position du châssis en façade avant
- ▶ Souhait de garder les planchers existants
- ▶ Double hauteur
- ▶ ...



Source / Bron : A+ / Renolab.B



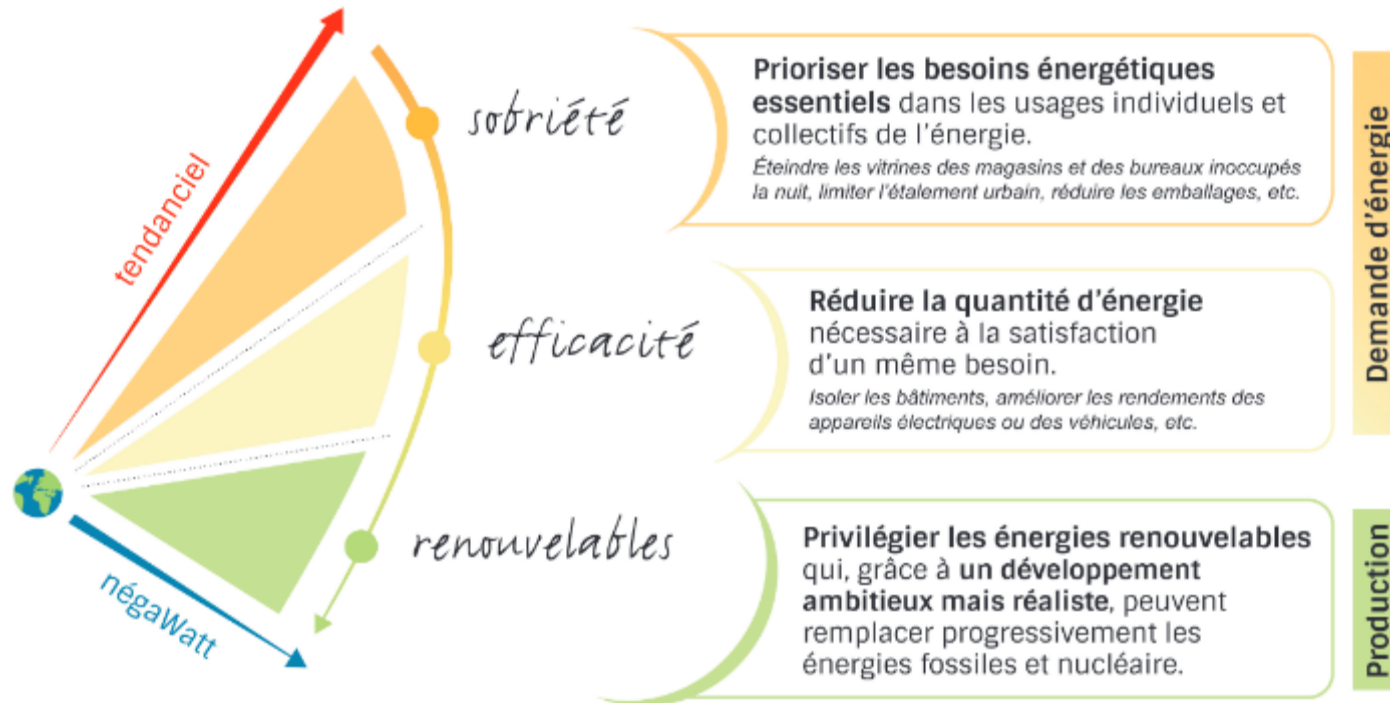
QUELQUES RAPPELS

DÉFINIR SES GUIDELINES

**CONCEVOIR INTELLIGEMMENT...**



## Préambule



Source / Bron : © Association négaWatt



QUELQUES RAPPELS

DÉFINIR SES GUIDELINES

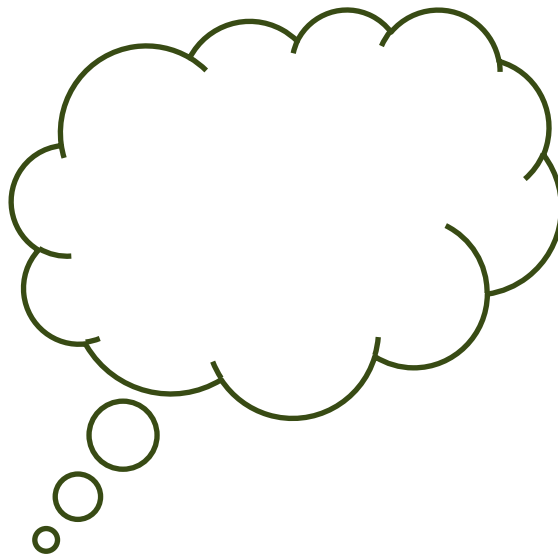
## CONCEVOIR INTELLIGEMMENT...

- ▶ **Sobriété**
- ▶ Efficacité
- ▶ Renouvelables



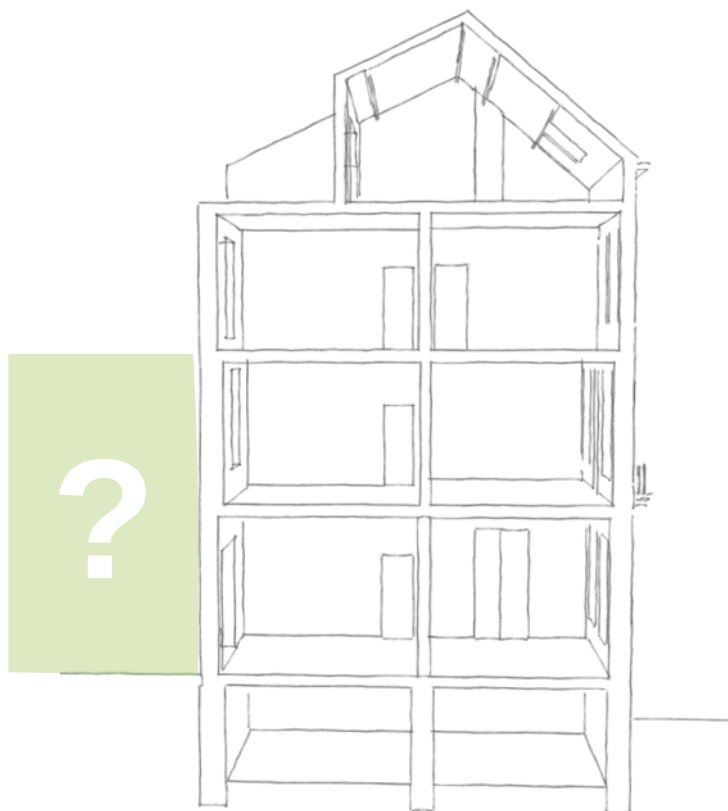
**Quels sont les besoins énergétiques essentiels d'un logement ?**

**Sur quoi puis-je agir avant de réfléchir aux principes de conception « classique »?**



### Ai-je besoin d'agrandir?

- ▶ La performance visée est illustrée en kWh/m<sup>2</sup>.an
- ▶ Pour consommer moins, les m<sup>2</sup> sont aussi un moyen d'action



**Quel est le volume à chauffer ?**

**Volume chauffé**

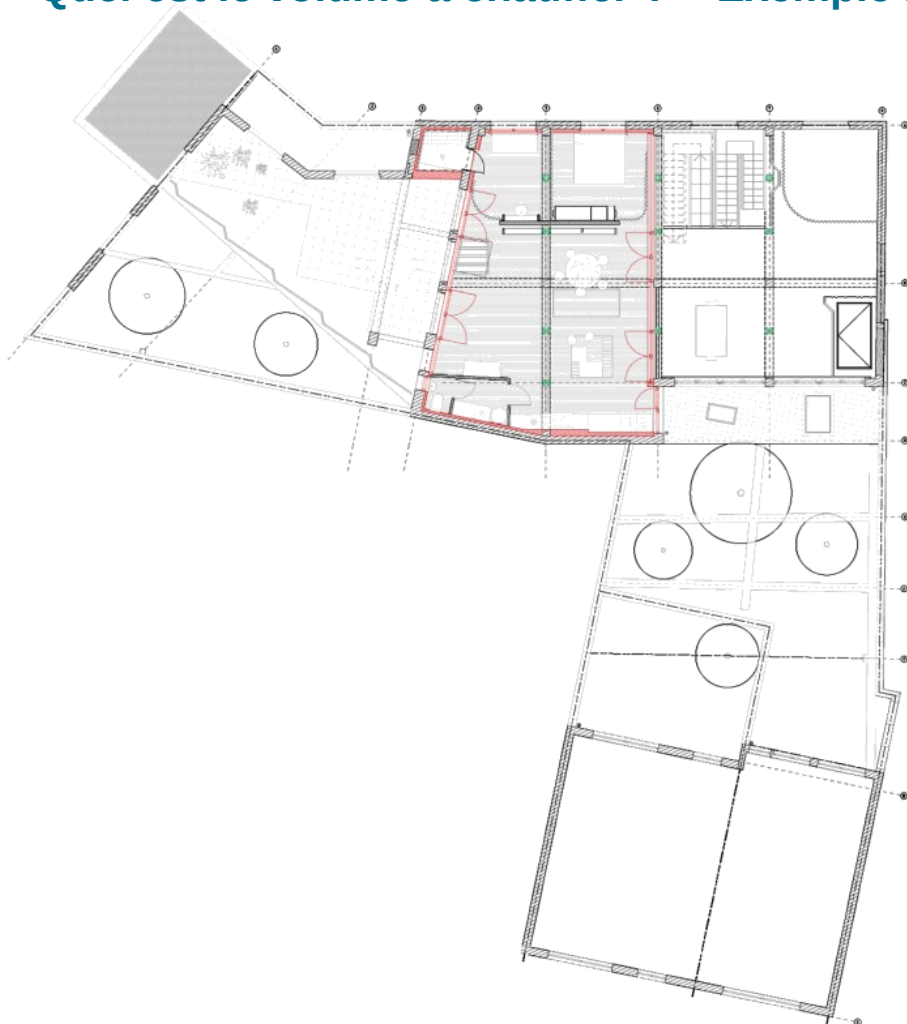
Versus

**Volume protégé**

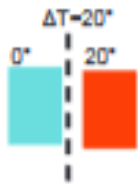


## Quel est le volume à chauffer ? – Exemple 1

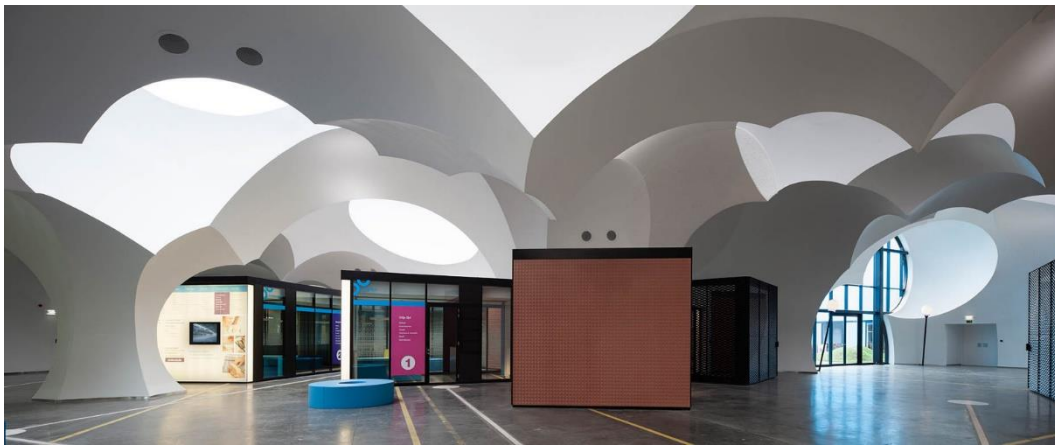
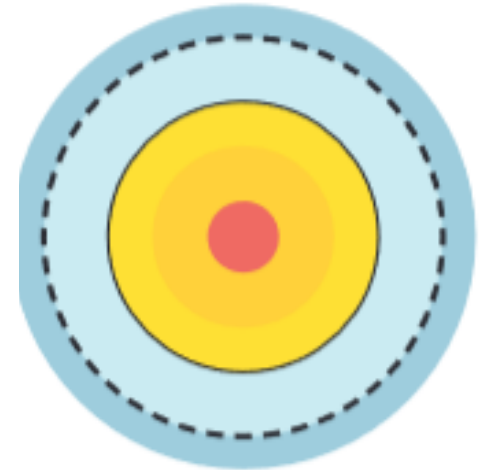
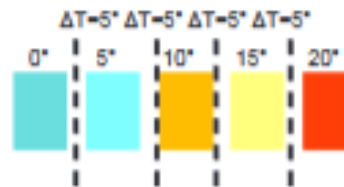
Source : Agwa - 1718\_VERBIEST



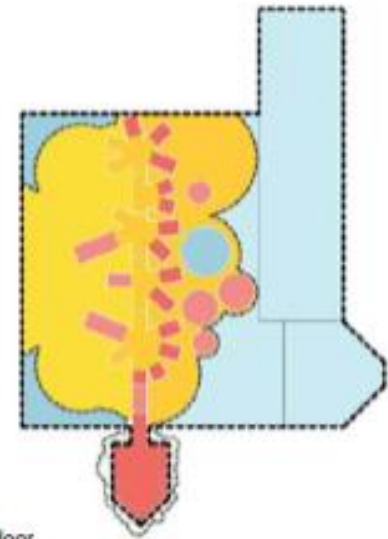
## Quel est le volume à chauffer ? – Exemple 2



versus

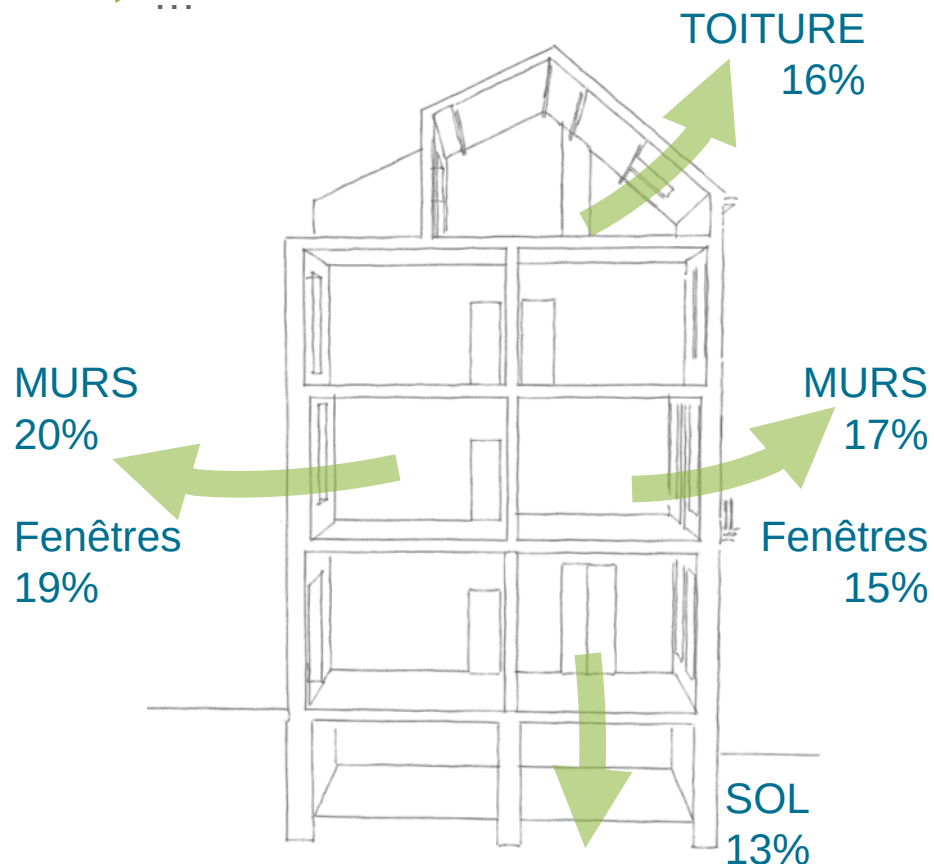


Source : passive architecture – Municipality of Oostcamp – architect : Carlos Arroyo



### Quelles sont mes priorités au regard de la temporalité?

- ▶ Le logement sera-t-il entièrement occupé au temps 0 ?
- ▶ Quels travaux peuvent être compatibles avec l'occupation ?
- ▶ ...



QUELQUES RAPPELS

DÉFINIR SES GUIDELINES

## CONCEVOIR INTELLIGEMMENT...

- ▶ Sobriété
- ▶ **Efficacité**
  - **Définitions**
  - Mettre en place une stratégie
  - Application dans la pratique
- ▶ Renouvelables



## Efficacité

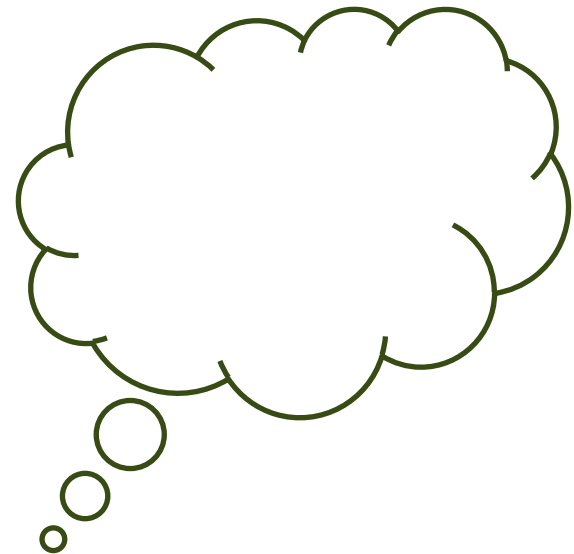
- ▶ Réduire la quantité d'énergie nécessaire à la satisfaction d'un même besoin

## Besoin

- ▶ C'est la quantifiée d'énergie que les systèmes doivent fournir au bâtiment pour répondre à la demande, sans considérer les pertes des systèmes.

## Quels sont les besoins dans un bâtiment?

- ▶ En pratique
- ▶ Dans la méthode PEB?



## Méthode PEB : zoom sur quelques notions

- ▶ Les besoins nets en énergie pour le chauffage correspondent à
  - la quantité d'énergie à fournir à l'ambiance intérieure de l'unité PEB
  - pour maintenir une température intérieure définie (18°C en logement)
  - et ce afin de compenser les déperditions (par transmission, in/exfiltration et ventilation),
  - déduction faite des apports solaires et internes.
  
- ▶ Les besoins nets en eau chaude sanitaire correspondent à
  - Un forfait, fonction de la taille du logement



### Méthode PEB = Méthode standardisée

- ▶ Evaluation la performance dans un contexte donné et standard
- ▶ Objectif de comparaison entre bâtiment et de respect d'exigences

⇒ **Guidelines pour votre projet**

≠ Méthode de conception qui vise à diminuer le besoin réel



### Cadre de cette formation

- ▶ Résidentiel
- ▶ Sachant que le besoin en ECS dépend surtout de l'usage

⇒ **Focus CHAUD / FROID**



QUELQUES RAPPELS

DÉFINIR SES GUIDELINES

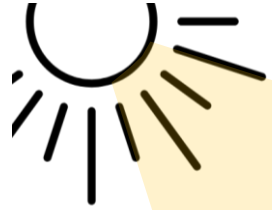
## CONCEVOIR INTELLIGEMMENT...

- ▶ Sobriété
- ▶ **Efficacité**
  - Définitions
  - **Mettre en place une stratégie**
  - Application pratique
- ▶ Renouvelables

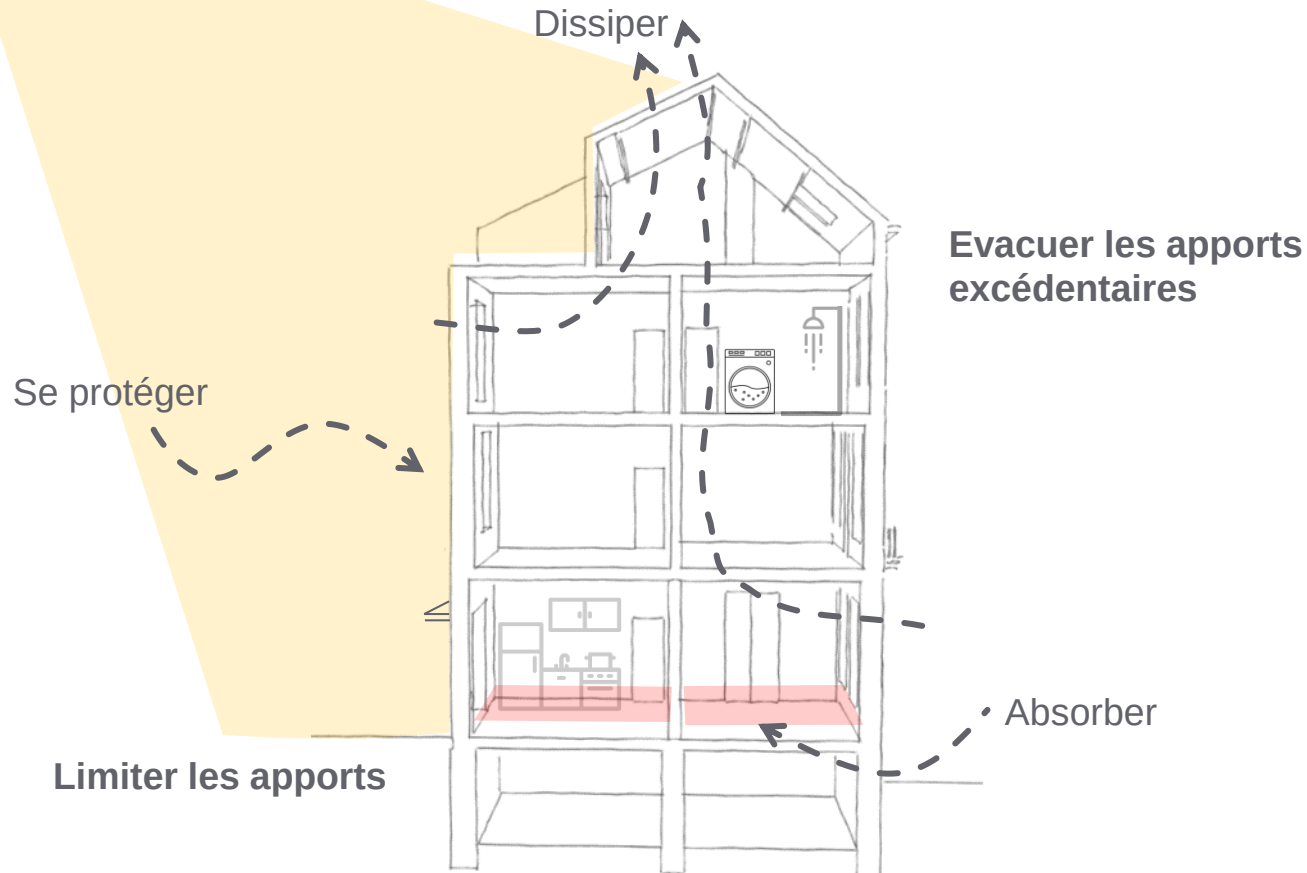




## METTRE EN PLACE UNE STRATÉGIE...



**& en période estivale !**



QUELQUES RAPPELS

DÉFINIR SES GUIDELINES

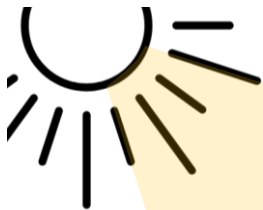
## CONCEVOIR INTELLIGEMMENT...

- ▶ Sobriété
- ▶ **Efficacité**
  - Définitions
  - Mettre en place une stratégie
  - **Application pratique**
- ▶ Renouvelables



44

## METTRE EN PLACE UNE STRATÉGIE...

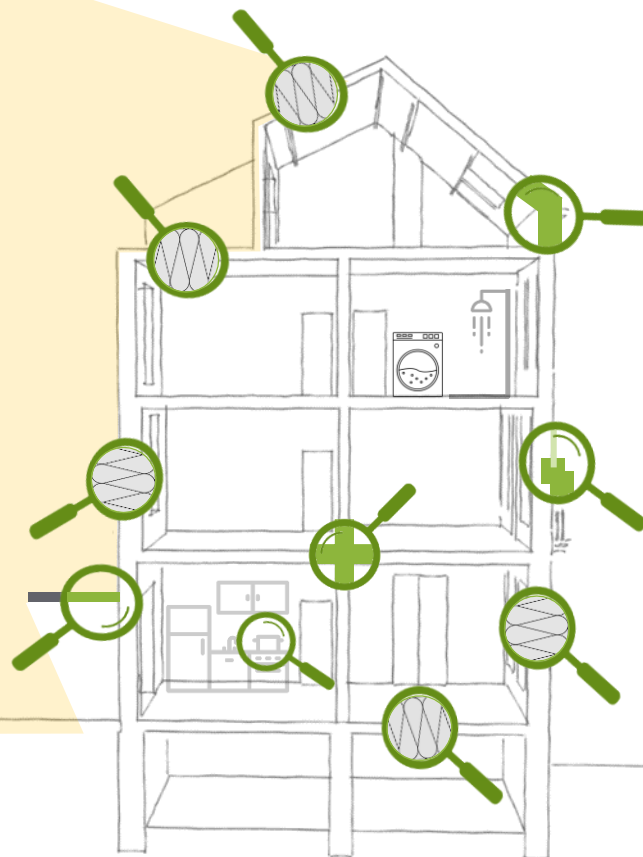
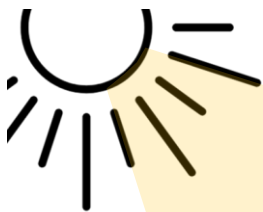


Où et comment peut-on agir sur la maison bruxelloise ?  
Quels sont les principaux points d'attention / difficultés ?



## METTRE EN PLACE UNE STRATÉGIE...

Où et comment peut-on agir sur la maison bruxelloise ?  
Quels sont les principaux points d'attention / difficultés ?



Mais aussi

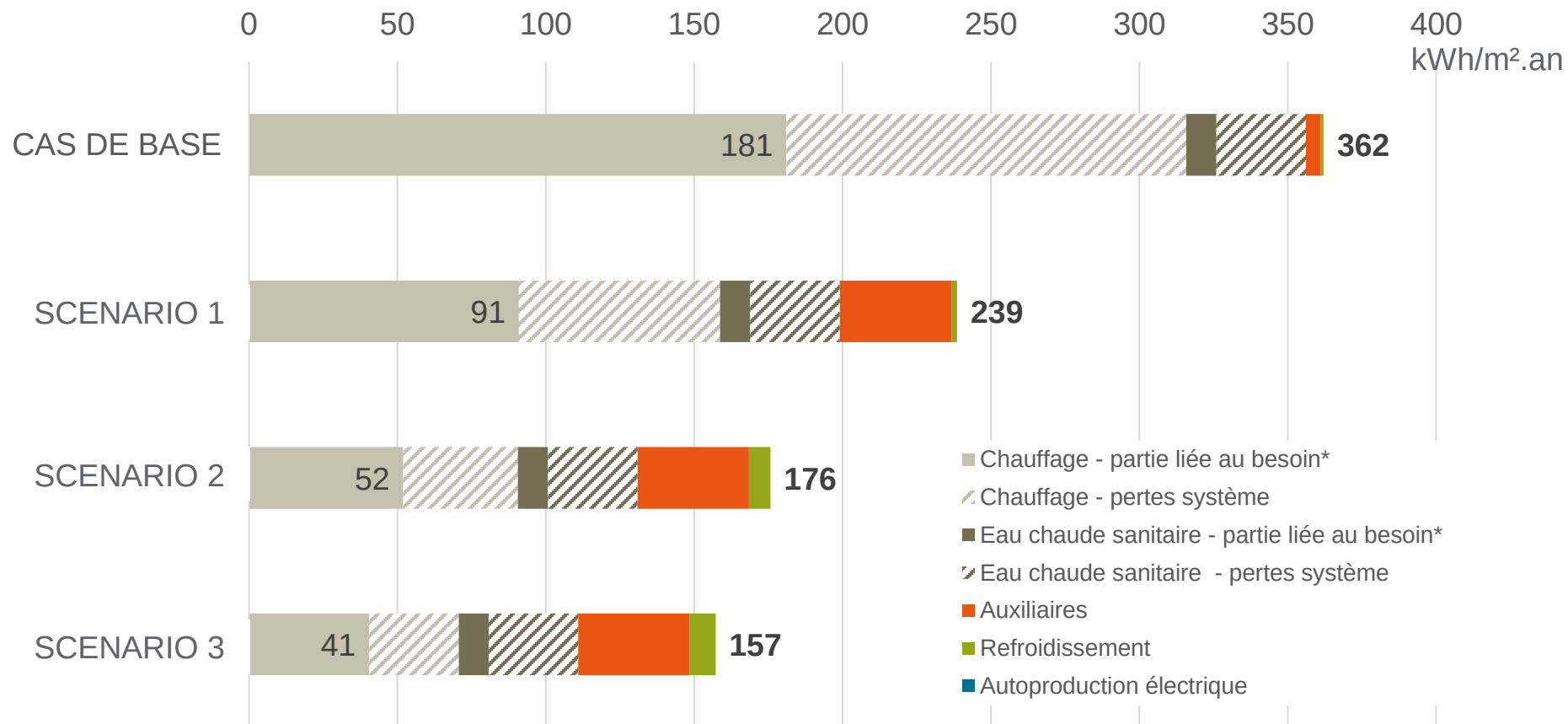
- Ventilation
- Sur-ventilation
- Etanchéité à l'air

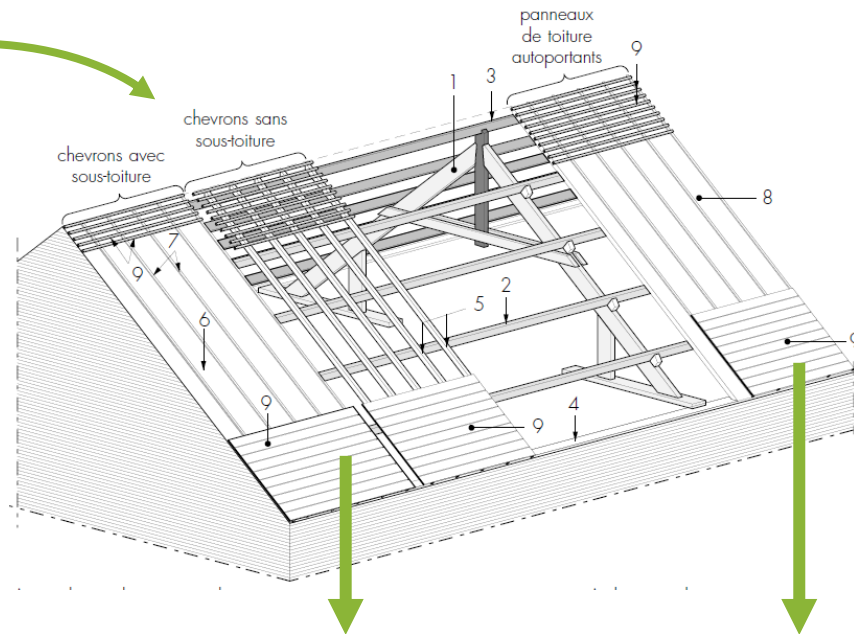
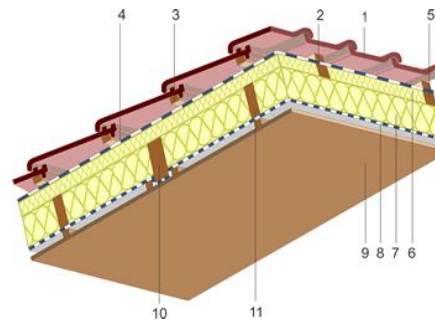
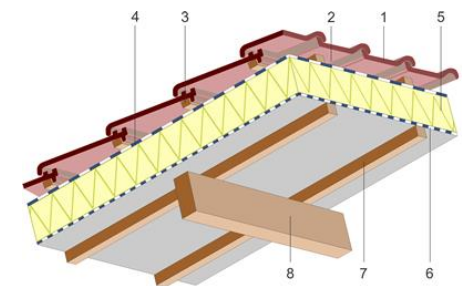
→ Conclusion ?



## Rénovation de l'enveloppe : Résultats

- Energie primaire (CEP) et part du BNC



**Toiture isolée dans la charpente****Toiture sarking**

Sources / Bronnen : UCL – Architecture et climat



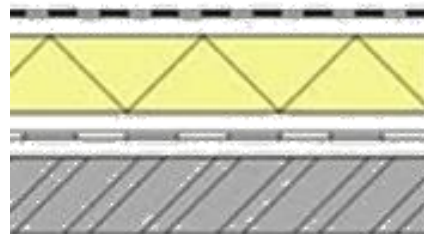


### Structure continue

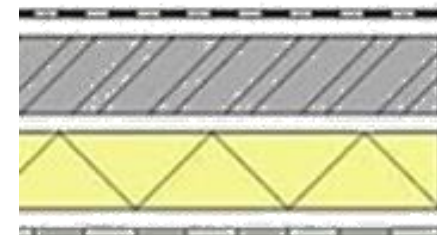
- ▶ Béton et dérivé (Dalle, Hourdis, Poutrains entrevous,...)
- ▶ Métal : bac acier (isolé ou non)
- ▶ Bois : CLT

Position de l'isolant ?

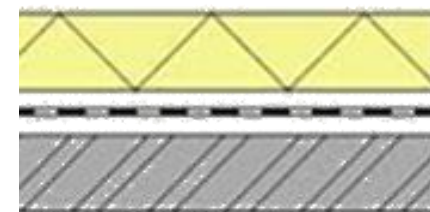
Toiture chaude



Toiture froide



Toiture inversée



Sources / Bronnen :  
IKO.com



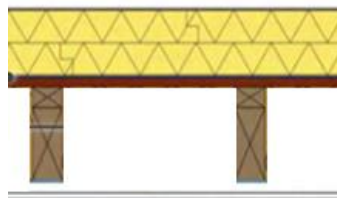
## Structure discontinue

- ▶ Métal ou bois (majoritairement)
  - traditionnel (pannes - chevrons)
  - TJI (systèmes plus complexes : âme en acier,...)
  - caissons auto-portants

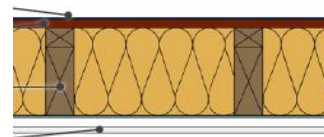


Position de l'isolant ?

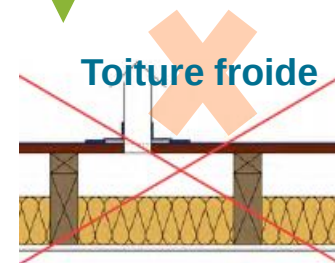
Toiture chaude



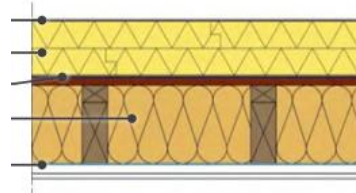
Toiture compacte



Toiture froide



Toiture mixte

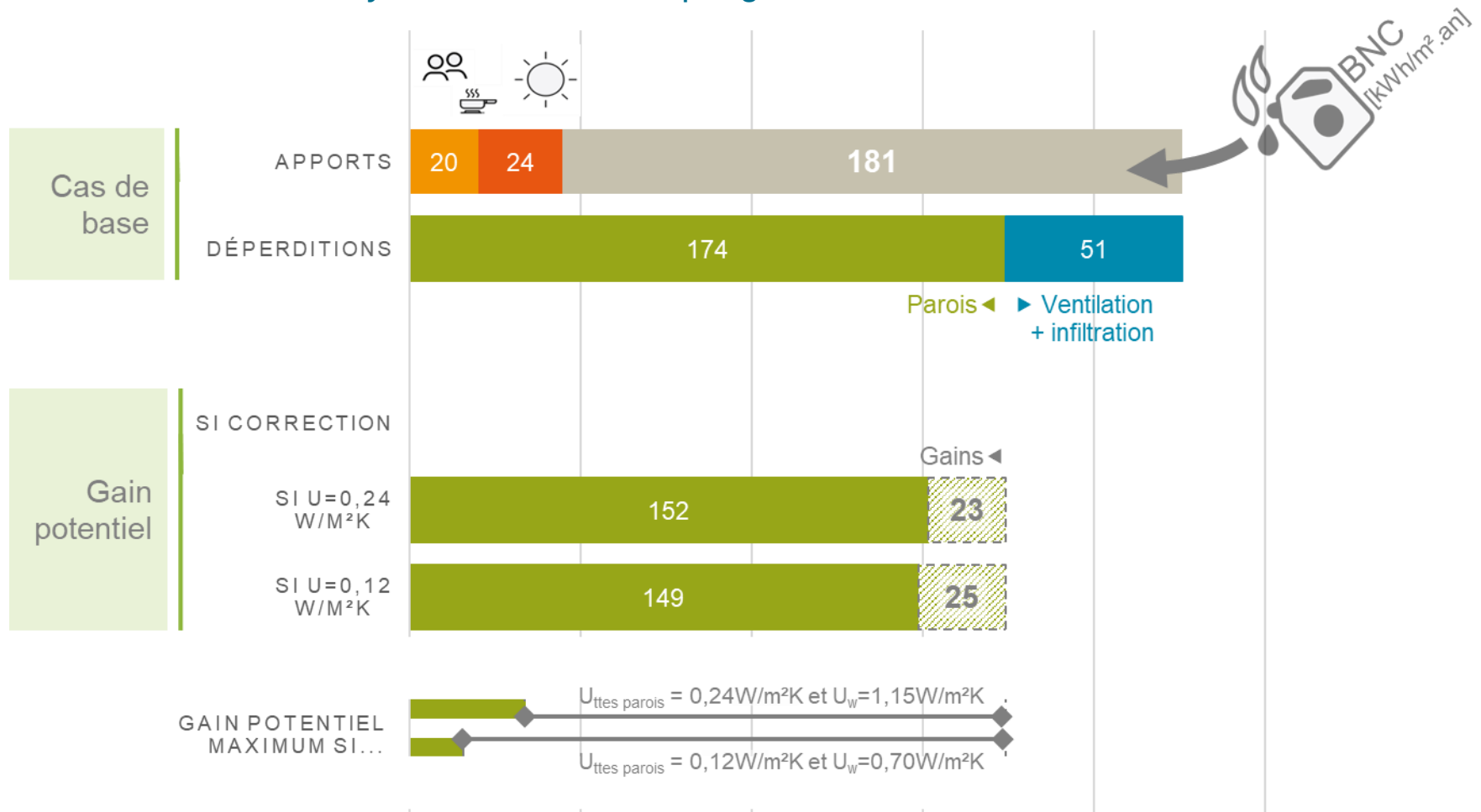


Sources / Bronnen : Homegrade



## Rappel des chiffres

Illustration au moyen du bilan thermique global



## Points d'attention

- ▶ Choisir un complexe : charpente/sarking/mixte
- ▶ Déterminer les épaisseurs et la nature de l'isolation
- ▶ Veiller à la diffusion de vapeur d'eau
- ▶ Anticiper les détails
  - Nœuds constructifs
  - Etanchéité à l'air
- ▶ Avoir une réflexion sur les ouvertures





### Points d'attention

- Quelle épaisseur d'isolant faut-il installer pour atteindre le U souhaité selon la performance de l'isolant ?

| Nature        | PIR/PUR | Fibre de bois<br>(rigide) | Laine minérale<br>+ fraction de bois | Fibre de<br>bois/Cellulose |
|---------------|---------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| Lambda [W/mK] | 0,022   | 0,040                     | 0,032                                | 0,038                      |

$$U = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$$

épaisseur [m]

$$U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$$

épaisseur [m]





## Points d'attention

- Comparaison entre matériaux

Caractéristiques de matériaux d'isolation couramment utilisés dans les toitures à versants et comparaison avec deux autres matériaux courants.

| Matériaux          | Conductivité thermique [W/mK] | Densité [kg/m³] | Chaleur spécifique massique [kJ/kgK] | Chaleur spécifique volumique [kJ/m³K] |
|--------------------|-------------------------------|-----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| PIR                | 0,023                         | 30              | 1,4                                  | 42                                    |
| Cellulose          | 0,038                         | 50              | 2                                    | 100                                   |
| Laine de bois (*)  | 0,038                         | 160             | 2,1                                  | 336                                   |
| Laine minérale     | 0,035                         | 25              | 1,03                                 | 25                                    |
| Béton armé         | –                             | 2500            | 0,79                                 | 1997                                  |
| Carreaux de plâtre | –                             | 950             | 1,08                                 | 1026                                  |

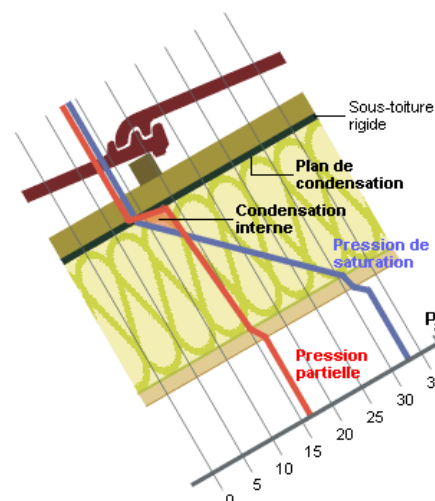
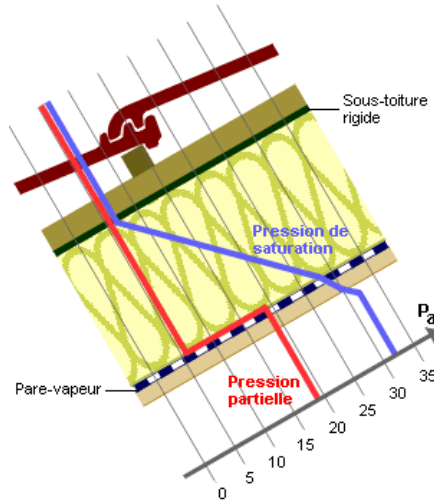
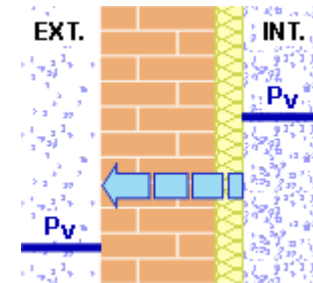
(\*) Afin de maximiser l'influence sur l'inertie thermique, l'un des matériaux les plus lourds du marché a été utilisé lors des simulations.

Source: CSTC Contact 2021/2



## Points d'attention

- Veiller à la diffusion de vapeur d'eau
  - $P_{\text{vap.int}} > P_{\text{vap.ext}} \rightarrow$  migration de vapeur de l'int. vers l'ext.
  - Comportement simple



## Points d'attention

- ▶ Anticiper les détails
  - Nœuds constructifs

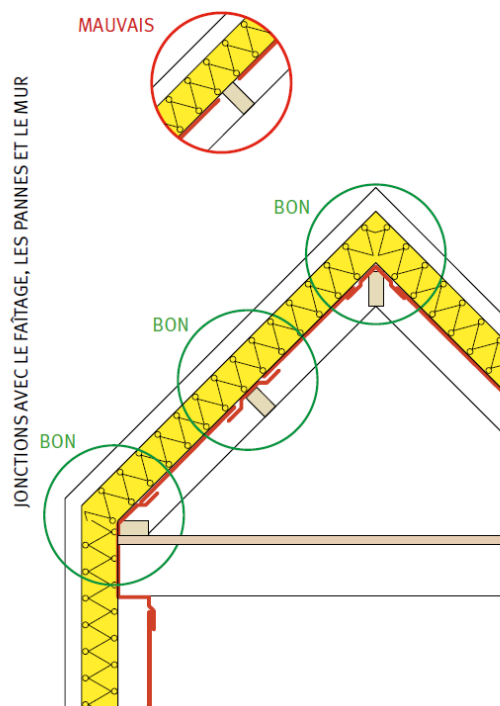


Source / Bron : écorce



## Points d'attention

- ▶ Anticiper les détails
  - Etanchéité à l'air



Source: CSTC



Source : <https://conseils-thermiques.org/contenu/laine-de-bois.php>



## Points d'attention

- ▶ Anticiper les détails
  - Etanchéité à l'air (suite)



Sources / Bronnen : ecorce



## Points d'attention

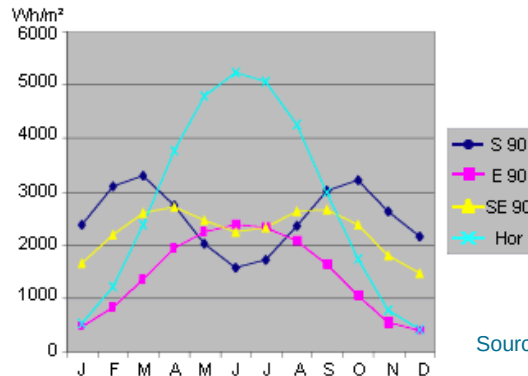
- Avoir une réflexion sur les ouvertures

- Déperditions
  - 1m<sup>2</sup> de fenêtre est ≈6X plus déperditive que 1m<sup>2</sup> de mur

$$U_{window} = 1,44 \text{ versus } U_{paroi} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{window} = 0,72 \text{ versus } U_{paroi} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- Apports solaires



Source : Energie +

- Surventilation possible

*Efficacité éprouvée avec effet cheminée*



## Pour aller plus loin...



- ▶ Supports des Formations Bâtiment Durable
  - Enveloppe : Rénovation de la toiture



- ▶ Guide bâtiment durable Energie
  - Dont notamment :
    - Isolation d'une toiture plate
    - Isolation par l'intérieur des toitures inclinées
    - Isolation d'une toiture inclinée par l'extérieur



- ▶ Homegrade
  - Toiture Plate – Rénovation et Isolation
  - Toiture inclinée – Rénovation et isolation



- ▶ Energie+ :
  - Toiture plate
  - Toiture inclinée



# ISOLER PAR L'INTÉRIEUR



Une action **par l'intérieur** est la seule action possible/souhaitée dans une majorité des cas



**Correction thermique**  
(enduit isolant, isolant de faible épaisseur,...)

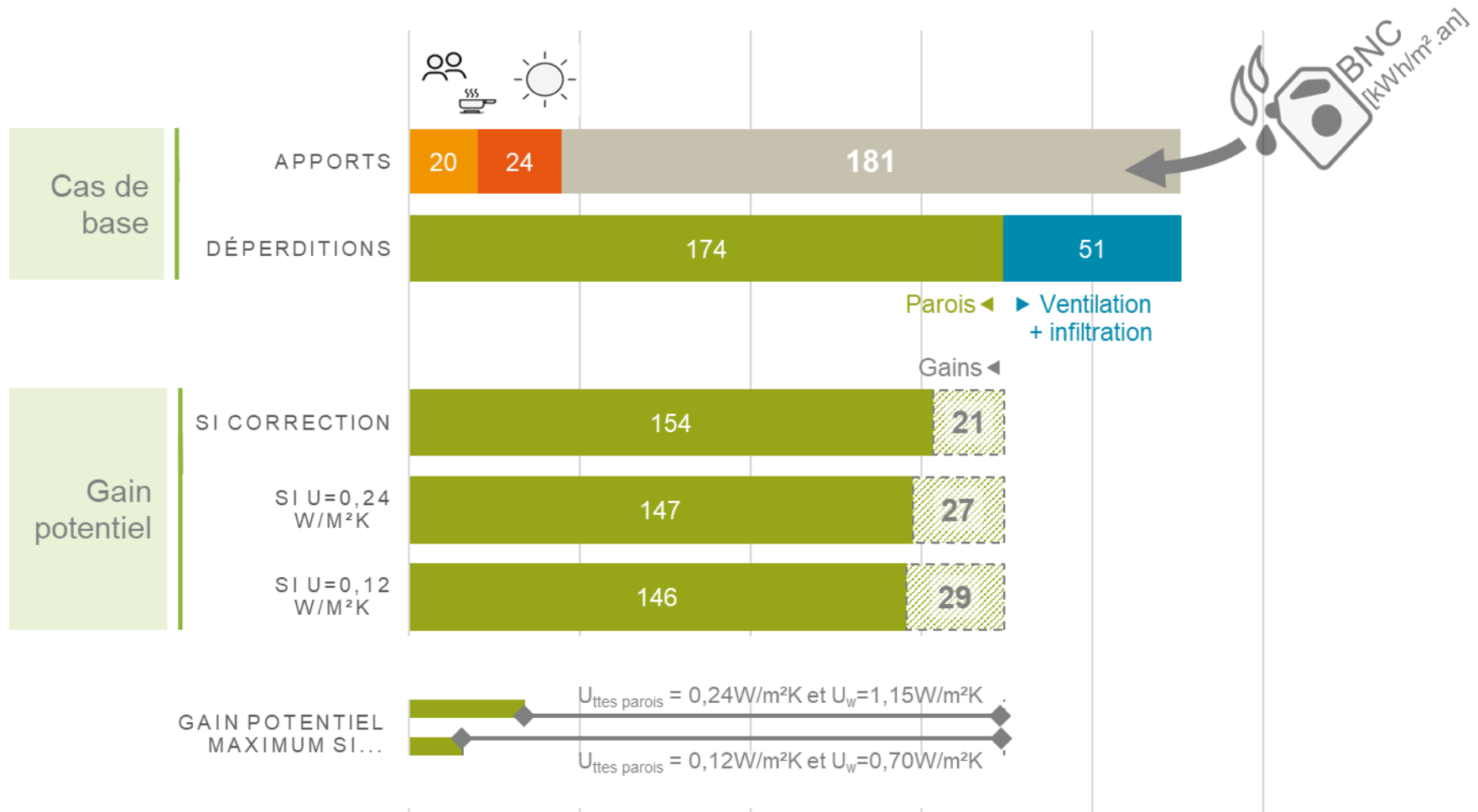


**Isolation thermique**  
(isolation de type PEB conforme ou supérieure)



## Rappel des chiffres

Illustration au moyen du bilan thermique global



### Points d'attention

- ▶ Analyser la situation avant travaux
- ▶ Veiller au nœuds constructifs et à la diffusion de vapeur d'eau
- ▶ La mise en œuvre !



Source : ecorce



## Points d'attention

- Analyser la situation avant travaux
  - Humidité ?
  - Finition intérieure ?
  - Installations techniques ?



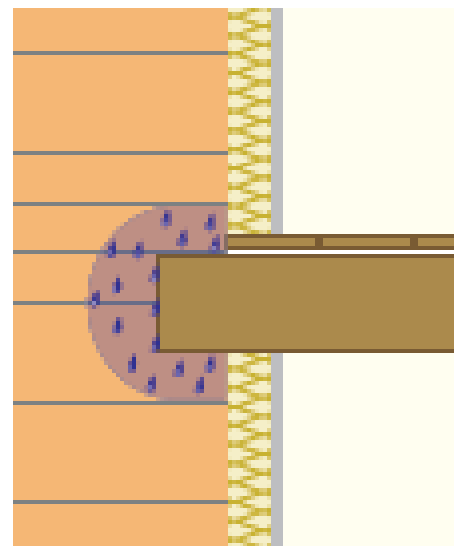
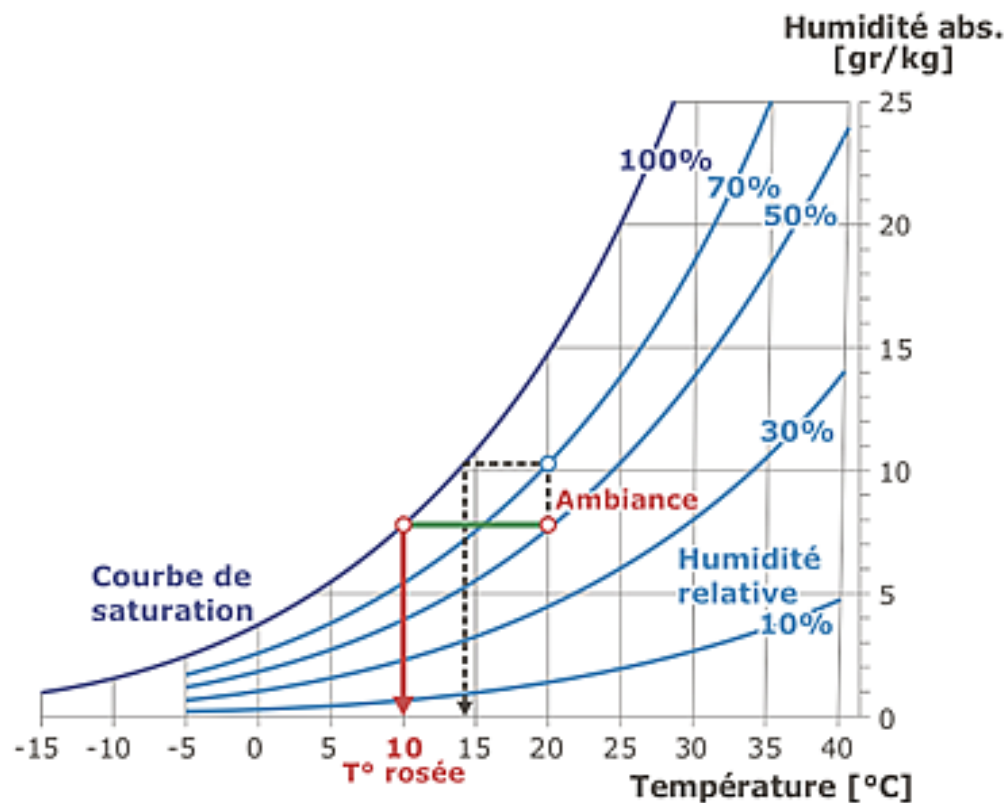
Source : buildwise



## ISOLER PAR L'INTÉRIEUR

### Points d'attention

- Veiller au nœuds constructifs et à la diffusion de vapeur d'eau



Risques de condensation  
au droit de l'appui des gîtes  
dans le mur.





## ISOLER PAR L'INTÉRIEUR

### Points d'attention

- Mise en œuvre
  - exemple en plancher bois



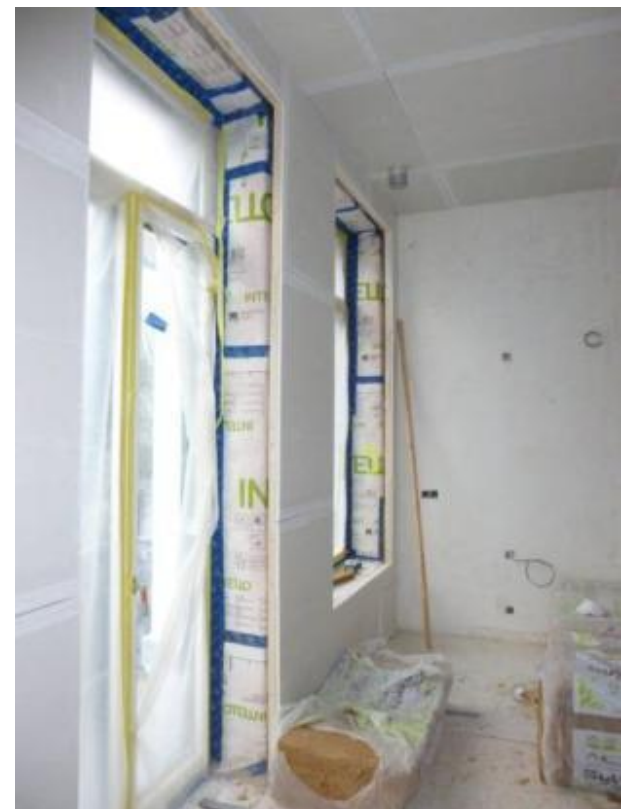
Source : ecorce



## ISOLER PAR L'INTÉRIEUR

### Points d'attention

- Mise en œuvre
  - exemple en plancher bois



Source : J. Kessler – UP8 Architects

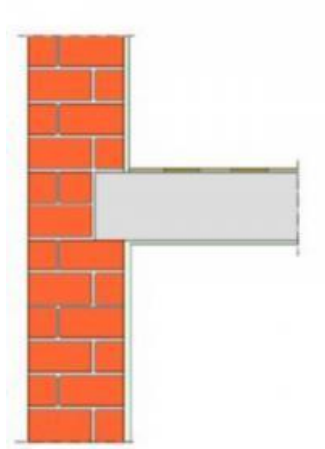


## ISOLER PAR L'INTÉRIEUR

### Points d'attention

► Mise en œuvre

- exemple en plancher bois
- Quid en plancher béton?



## Pour aller plus loin...



- ▶ Supports des Formations Bâtiment Durable
  - Enveloppe : Isolation de la façade à rue dont notamment :
    - Isolation | Faisabilité ?
    - Isolation par l'intérieur | Diffusion de vapeur d'eau et étanchéité à l'air
    - Isolation par l'intérieur | Systèmes et matériaux, nœuds constructifs, intégration au bâti, acoustique



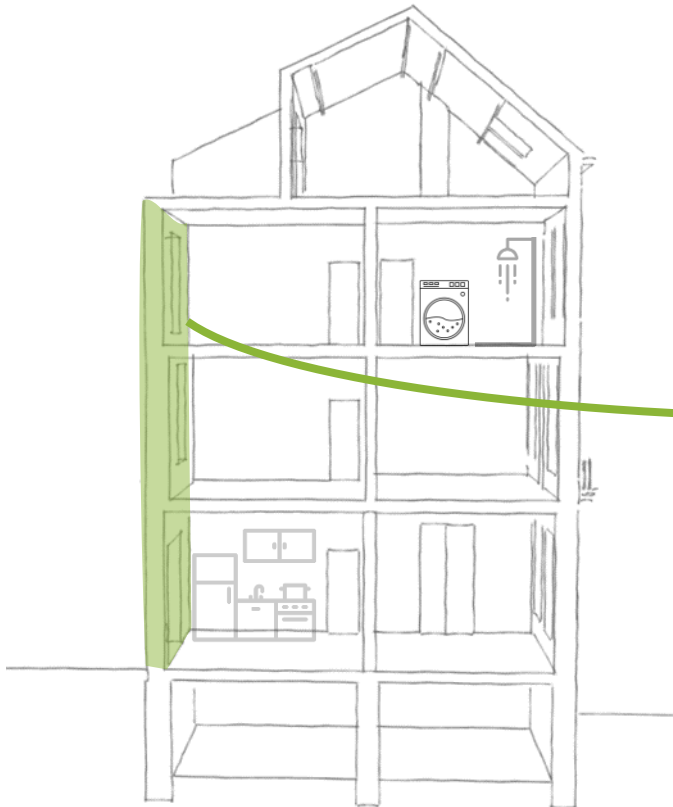
- ▶ Guide bâtiment durable Energie | Diminuer les pertes thermiques par transmission | Isolation d'un mur par l'intérieur
  - Dont notamment Etape 1 : puis-je isoler mon mur par l'intérieur?
- ▶ Energie+ | Isolation par l'intérieur
- ▶ Energie+ | Isoler un mur par l'intérieur



- ▶ Outils
  - <https://www.objectifzero.be/ressources/publications/>
  - Isolin : Isolation thermique par l'intérieur des murs existants en briques pleines
  - Les Dossiers de Buildwise 2012/4.16 - Isolation des murs existants par l'intérieur : diagnostic.



## ISOLER PAR L'EXTÉRIEUR



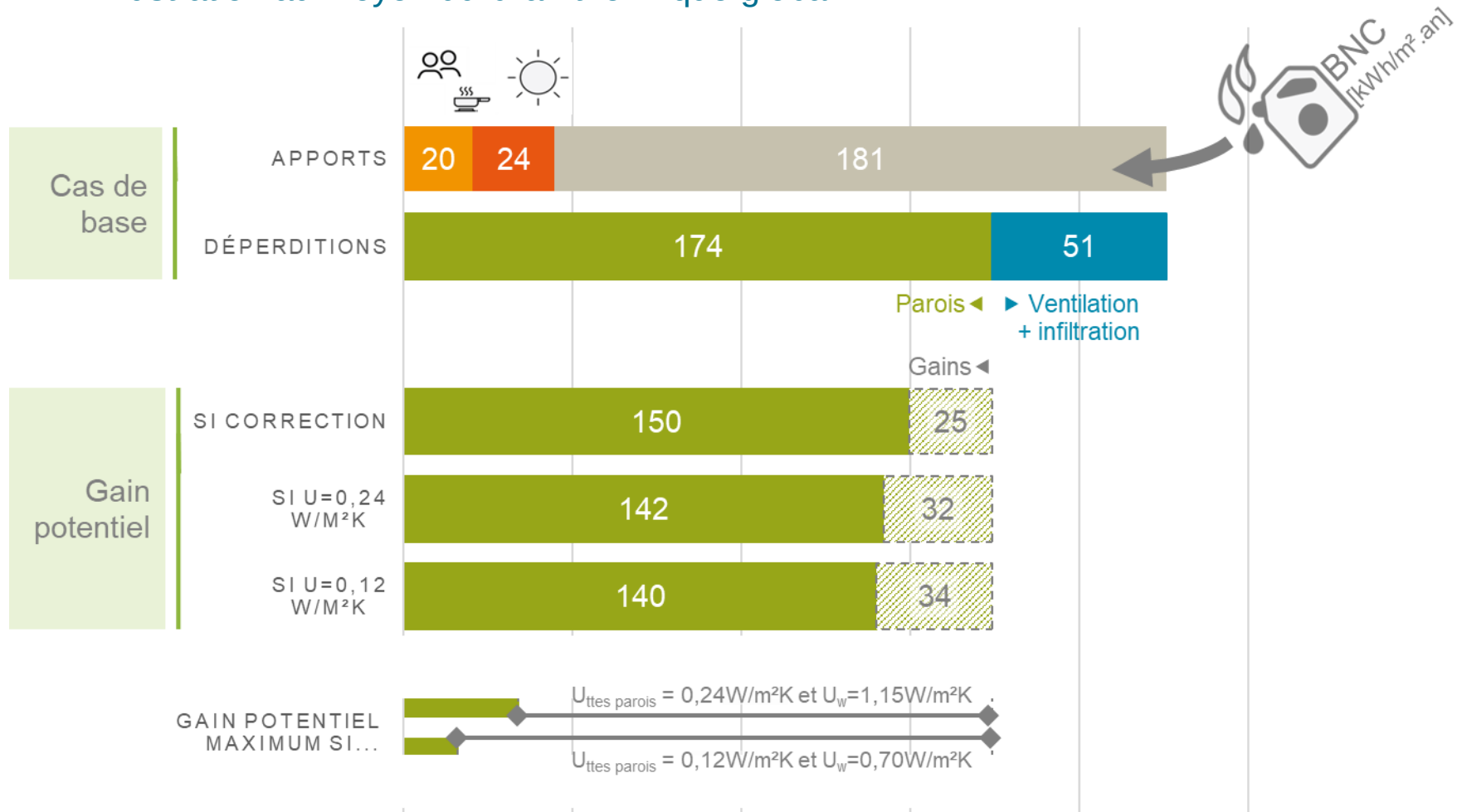
Une action **par l'extérieur** est possible dans une majorité des cas



## ISOLER PAR L'EXTÉRIEUR

## Rappel des chiffres

Illustration au moyen du bilan thermique global



## ISOLER PAR L'EXTÉRIEUR

### Points d'attention

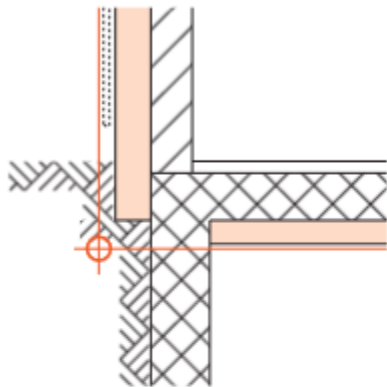
- ▶ Non abordé en détail [*cfr construction traditionnelle*]
- ▶ Focus sur le pied de gel



## Points d'attention

- Focus sur le pied de gel

### Contre terre, sous-sol non chauffé



#### Conditions standard

|                                |                                          |
|--------------------------------|------------------------------------------|
| Elément isolant de pied de mur | Non                                      |
| Mur façade                     | Brique t.c.                              |
| Type de façade                 | Façade avec isolation extérieure crépie  |
| Isolation                      | jusqu'au nu inférieur dalle sur sous-sol |

### 3.4-A2

| Valeur $U$ façade en $W/(m^2 \cdot K)$ | Val. $U$ dalle sous-sol en $W/(m^2 \cdot K)$ |      |      |      | Val. $\psi$ en $W/(m \cdot K)$ |       |
|----------------------------------------|----------------------------------------------|------|------|------|--------------------------------|-------|
|                                        | 0.15                                         | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.35                           | 0.40  |
| 0.15                                   | 0.19                                         | 0.15 | 0.11 | 0.08 | 0.05                           | 0.02  |
| 0.20                                   | 0.17                                         | 0.14 | 0.10 | 0.08 | 0.05                           | 0.03  |
| 0.25                                   | 0.15                                         | 0.12 | 0.09 | 0.06 | 0.04                           | 0.02  |
| 0.30                                   | 0.13                                         | 0.10 | 0.07 | 0.05 | 0.03                           | 0.01  |
| 0.35                                   | 0.11                                         | 0.08 | 0.05 | 0.03 | 0.01                           | 0.00  |
| 0.40                                   | 0.08                                         | 0.06 | 0.03 | 0.01 | -0.02                          | -0.04 |

#### Majorations

|                                                              |                        |
|--------------------------------------------------------------|------------------------|
| Elément isolant de pied de mur                               | - 0.04 $W/(m \cdot K)$ |
| Mur façade béton armé (avec isolation au plafond sous-sol)   | + 0.22 $W/(m \cdot K)$ |
| Mur façade béton armé (sans isolation au plafond sous-sol)   | + 0.32 $W/(m \cdot K)$ |
| Façade ventilée                                              | - 0.04 $W/(m \cdot K)$ |
| Isolation jusqu'à 20 cm sous nu inférieur dalle sur sous-sol | - 0.03 $W/(m \cdot K)$ |
| Isolation jusqu'à 50 cm sous nu inférieur dalle sur sous-sol | - 0.04 $W/(m \cdot K)$ |
| Isolation jusqu'à 80 cm sous nu inférieur dalle sur sous-sol | - 0.05 $W/(m \cdot K)$ |

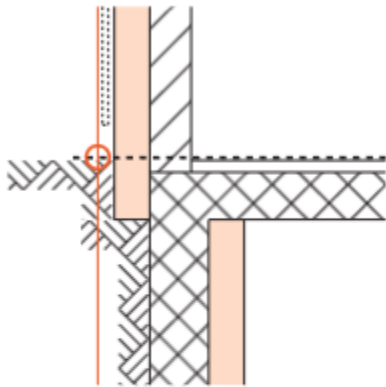
Source / Bron : suisseenergie – Catalogue des ponts thermiques



## Points d'attention

- Focus sur le pied de gel

### Contre terre, sous-sol chauffé



### 3.4-A7

| Valeur $U$ façade en $W/(m^2 \cdot K)$ | Val. $U$ mur sous-sol en $W/(m^2 \cdot K)$ |      |      |      | Val. $\psi$ en $W/(m \cdot K)$ |      |
|----------------------------------------|--------------------------------------------|------|------|------|--------------------------------|------|
|                                        | 0.15                                       | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.35                           | 0.40 |
| 0.15                                   | 0.46                                       | 0.43 | 0.40 | 0.37 | 0.34                           | 0.32 |
| 0.20                                   | 0.48                                       | 0.45 | 0.43 | 0.41 | 0.38                           | 0.35 |
| 0.25                                   | 0.50                                       | 0.47 | 0.44 | 0.42 | 0.40                           | 0.37 |
| 0.30                                   | 0.51                                       | 0.48 | 0.46 | 0.44 | 0.41                           | 0.39 |
| 0.35                                   | 0.52                                       | 0.49 | 0.47 | 0.45 | 0.42                           | 0.40 |
| 0.40                                   | 0.53                                       | 0.50 | 0.48 | 0.45 | 0.43                           | 0.41 |

#### Conditions standard

|                                |                                          |
|--------------------------------|------------------------------------------|
| Isolation sous bord de dalle   | Non                                      |
| Élément isolant de pied de mur | Non                                      |
| Mur façade                     | Brique t.c.                              |
| Isolation                      | jusqu'au nu inférieur dalle sur sous-sol |
| Chauffage par le sol           | Non                                      |

#### Majorations

|                                                              |                        |
|--------------------------------------------------------------|------------------------|
| Élément isolant de pied de mur                               | - 0.02 $W/(m \cdot K)$ |
| Mur façade béton armé                                        | + 0.05 $W/(m \cdot K)$ |
| Isolation sous bord de dalle (2 x 50 cm)                     | - 0.04 $W/(m \cdot K)$ |
| Isolation jusqu'à 20 cm sous nu inférieur dalle sur sous-sol | - 0.12 $W/(m \cdot K)$ |
| Isolation jusqu'à 50 cm sous nu inférieur dalle sur sous-sol | - 0.25 $W/(m \cdot K)$ |
| Isolation jusqu'à 80 cm sous nu inférieur dalle sur sous-sol | - 0.32 $W/(m \cdot K)$ |
| Chauffage par le sol                                         | + 0.04 $W/(m \cdot K)$ |

Source / Bron : suisseenergie – Catalogue des ponts thermiques



## Pour aller plus loin...



- ▶ Supports des Formations Bâtiment Durable
  - Enveloppe : Isolation de la façade à rue



- ▶ Guide bâtiment durable Energie
  - Dont notamment Isolation d'un mur par l'extérieur

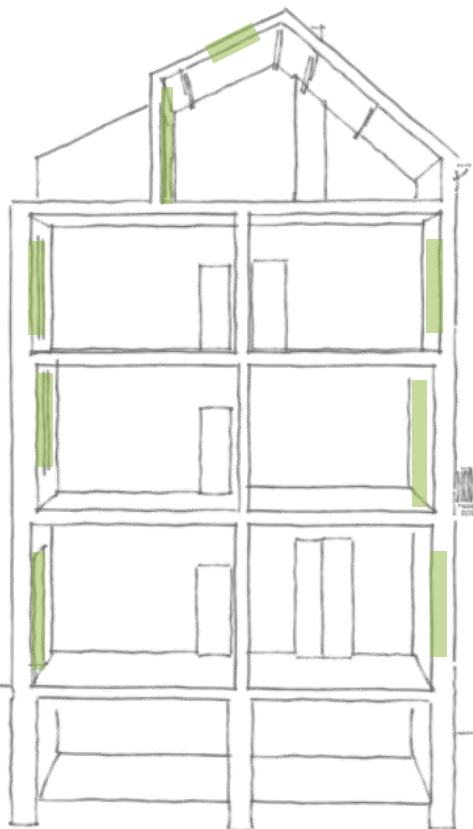


- ▶ Homegrade
  - Isoler les façades par l'extérieur - Principes et techniques
  - Quels sont les points d'attention concernant l'isolation de la façade par l'extérieur ?



- ▶ Energie+ : Technique d'isolation des murs





Balance apports/pertes en toute saison



**Facade avant**  
Fenestration et  
ombrage +/- fixes

Position du châssis  
parfois imposée



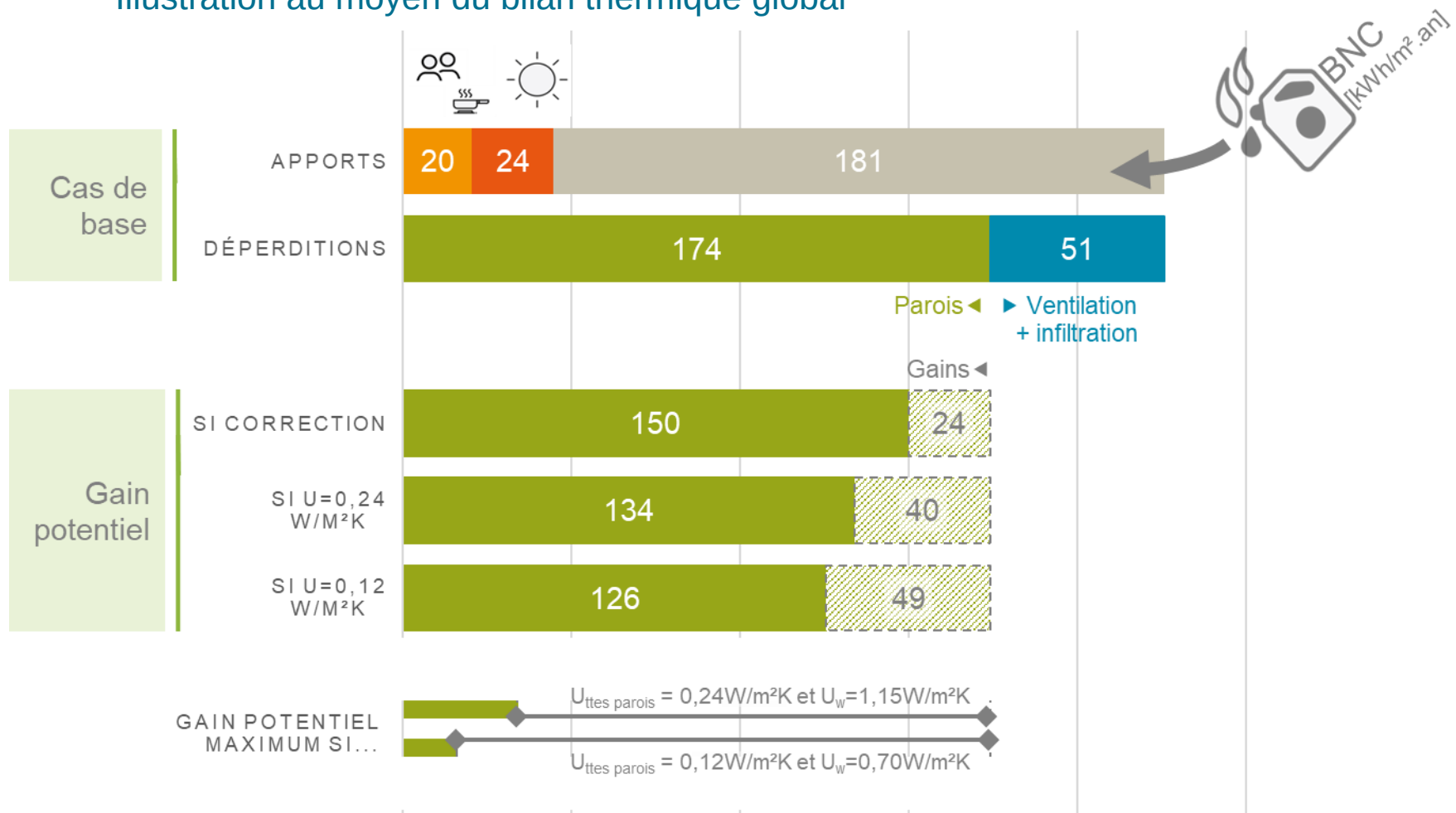
**Facade arrière**  
Liberté de fenestration  
plus grande

Position du châssis libre



## Rappel des chiffres

Illustration au moyen du bilan thermique global



### Points d'attention

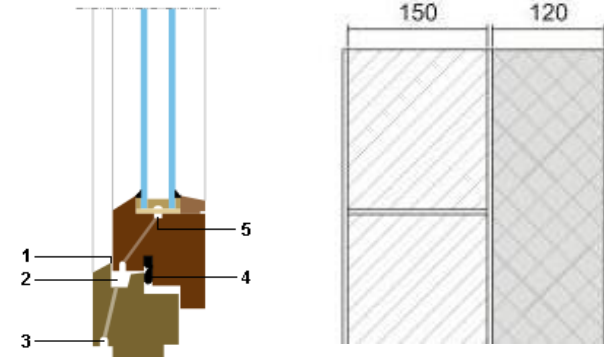
- ▶ Critères de choix d'un « produit »
- ▶ Mise en œuvre :
  - Nœuds constructifs
  - Etanchéité à l'air
- ▶ Conservation d'un châssis existant

Source / Bron : écorce



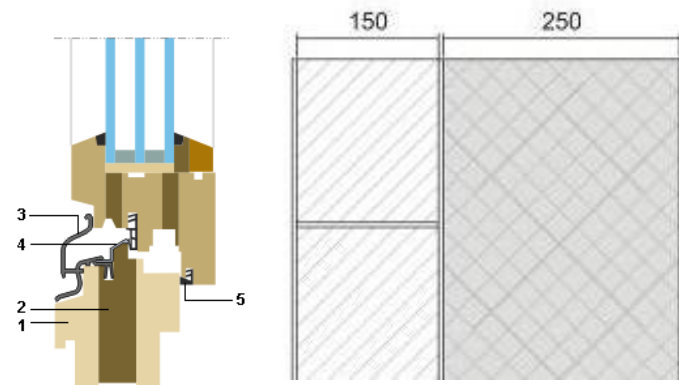
## Points d'attention

- Critères de choix d'un « produit »
  - $U_w$  [W/m<sup>2</sup>K]



PEB conforme

$$1,5 \text{ W/m}^2\text{K} > < 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$$



- Passif

$$0,9 \text{ W/m}^2\text{K} > < 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$$

⇒ **Fenêtre 6x plus déperditive!**



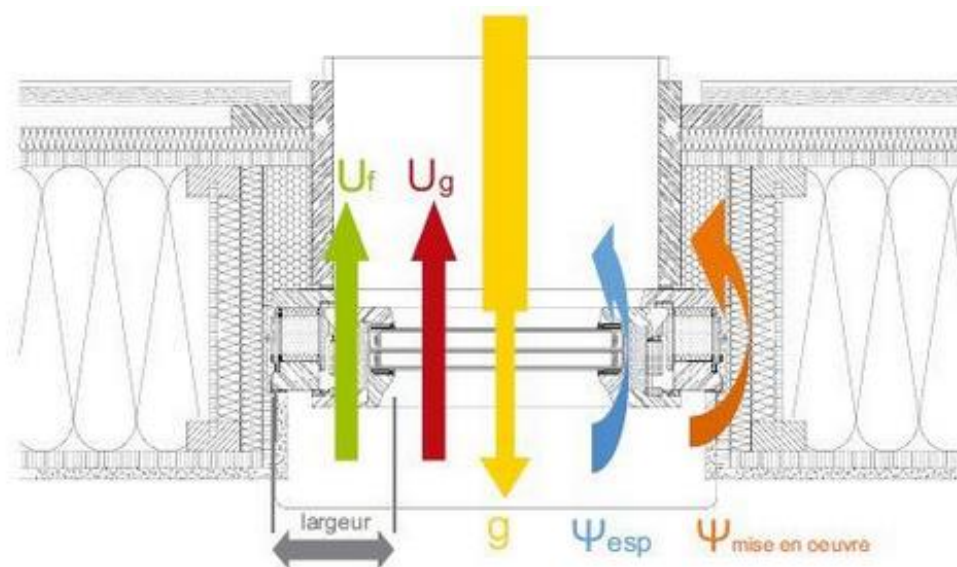
## Points d'attention

### ► Critères de choix d'un « produit »

- $U_w$  [W/m<sup>2</sup>K]
- $U_f$  [W/m<sup>2</sup>K]
- $U_g$  [W/m<sup>2</sup>K]
- $\psi$  [W/mK]
- $g$  [%]

$T_L$  [%]

- Largeur [cm]



Source / Bron : Homegrade



## Points d'attention

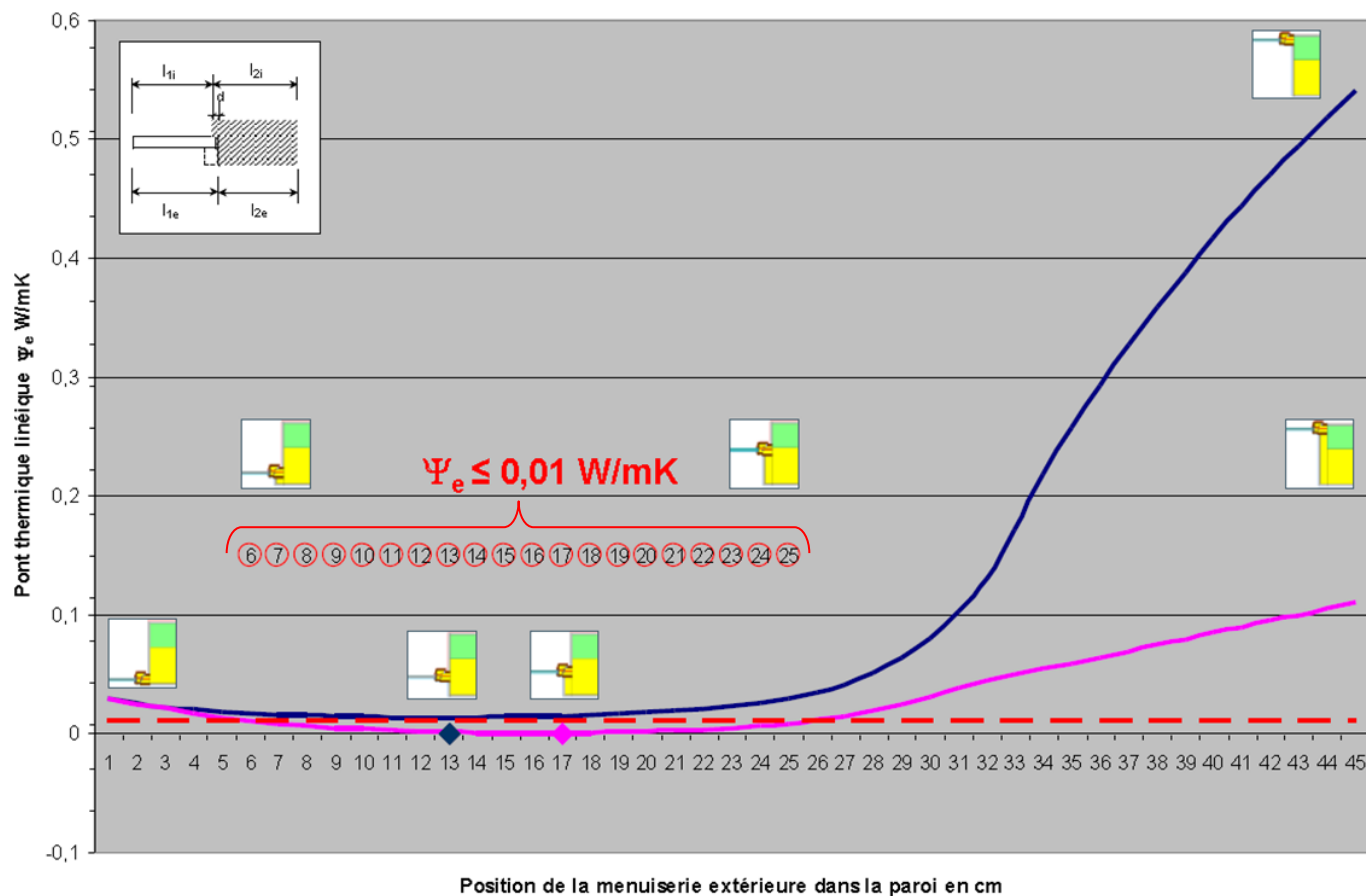
- Mise en œuvre
  - dans le plan de l'isolant ou dans le plan de la maçonnerie ?
    - Si isolation par l'intérieur
    - Si isolation par l'extérieur



Source / Bron : écorce



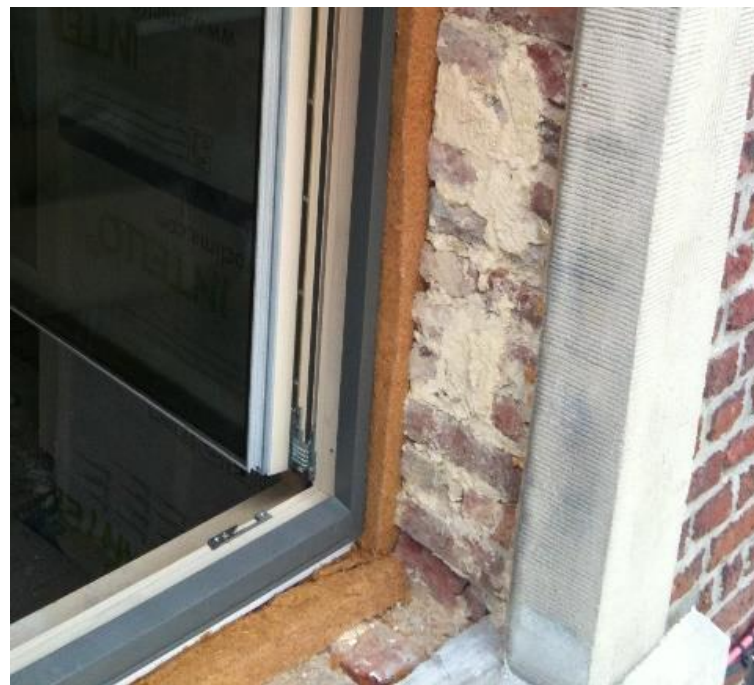
## Impact de la position du châssis dans le mur



Source / Bron : pmp



## Exemple – isolation par l'intérieur



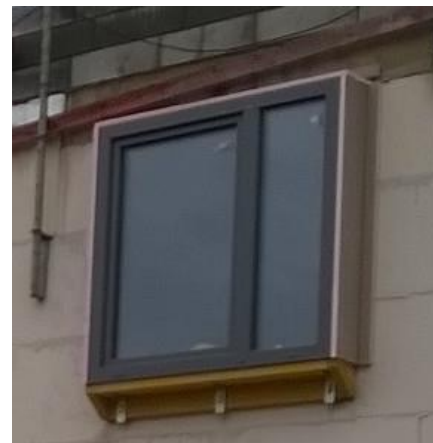
Source / Bron : écorce



## Exemple – isolation par l'extérieur



Source / Bron : écorce (x3)



Source / Bron : iso-chemie



## Points d'attention

- Mise en œuvre
  - Etanchéité à l'air



Sources / Bronnen : isoproc



## Points d'attention

- Mise en œuvre
  - Etanchéité à l'air



Sources / Bronnen : écorce



Toutefois, il n'est pas toujours possible/souhaitable de remplacer les châssis existants. Quelles solutions existent?



À gauche, la fenêtre d'origine. À droite un remplacement de châssis inadéquat : traverse placée trop haut, profilés trop larges, perte des petits bois et des verres colorés.

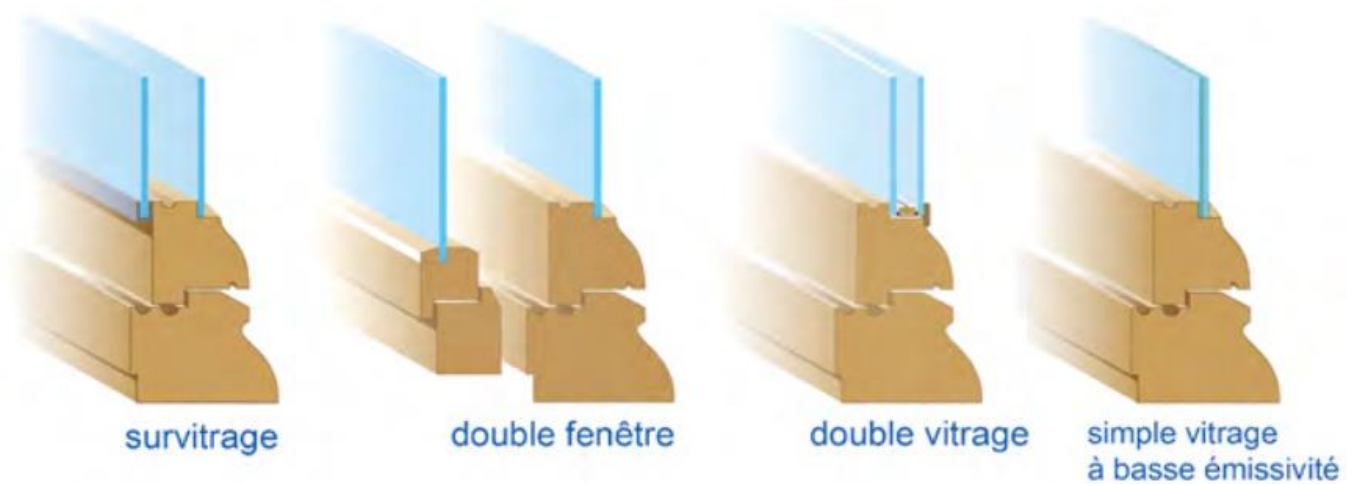
© Jacques Adnet

Source / Bron : homegrade



Toutefois, il n'est pas toujours possible/souhaitable de remplacer les châssis existants. Quelles solutions existent?

### Techniques d'amélioration des performances des fenêtres existantes



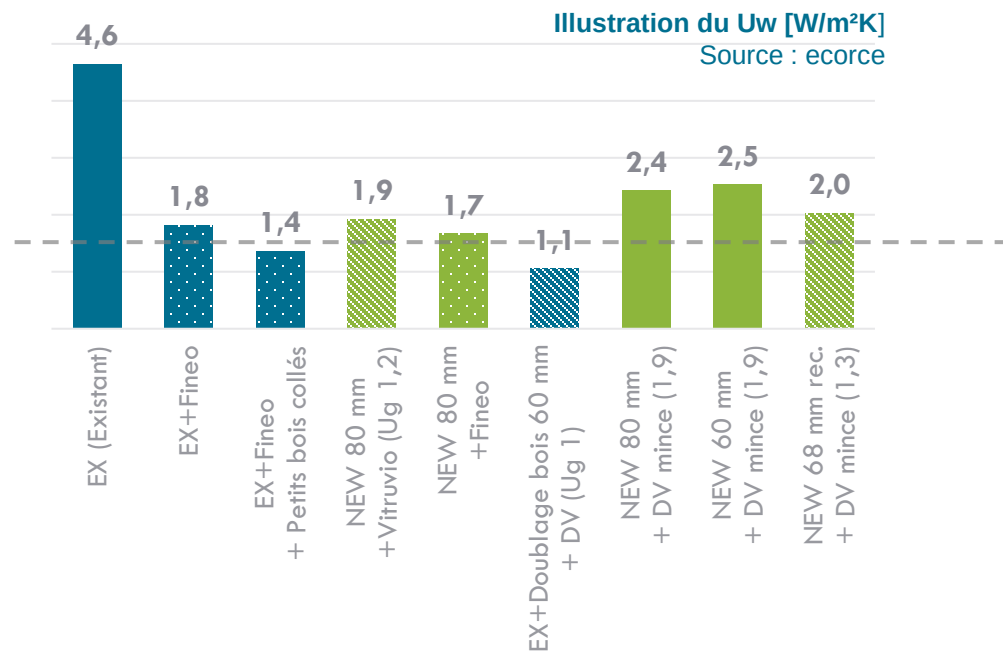
Source / Bron : homegrade



## Exemple : Etude de différentes variantes dans un bâtiment classé



Source / Bron : vIA



## Pour aller plus loin...



- ▶ Supports des Formations Bâtiment Durable
  - Energie : Principes fondamentaux

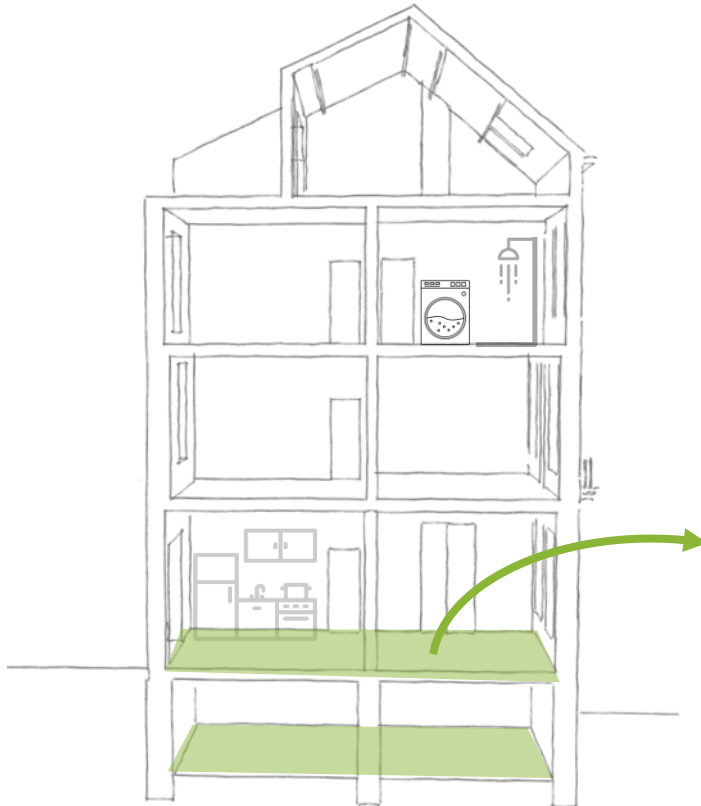


- ▶ Guide bâtiment durable Energie & Enveloppe énergétique
  - Dont notamment :
    - Pose d'une fenêtre neuve
    - Etanchéité à l'air des châssis de fenêtre
    - Double vitrage dans le châssis existant
    - Intégration d'un double châssis intérieur



- ▶ Homegrade
  - Remplacer les châssis de fenêtre - Critères de choix en rénovation
- ▶ Autres publications
  - BERTRAND J., 2008, Le châssis de fenêtre en bois – concilier Patrimoine et confort, Direction des Monuments et des Sites de la RBC, Bruxelles





Isolation du plancher

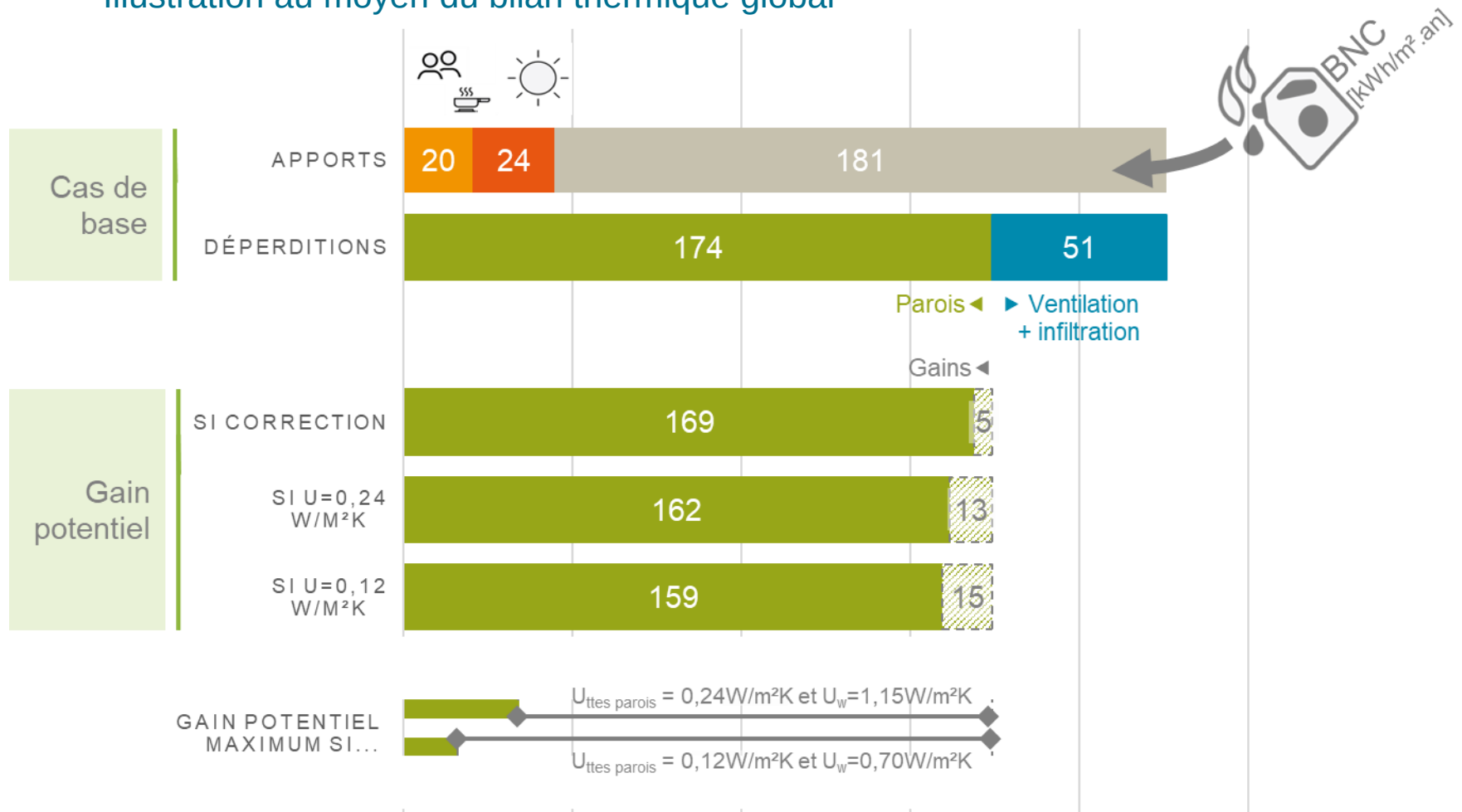
OU

de la dalle de cave

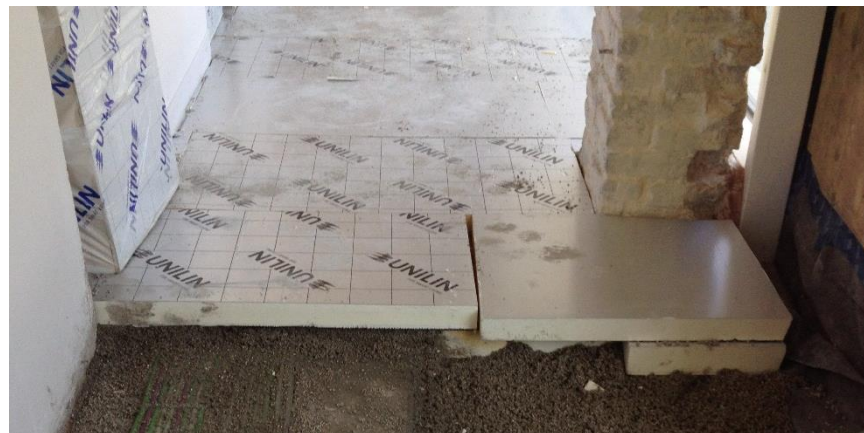


## Rappel des chiffres

Illustration au moyen du bilan thermique global



## Points d'attention



Sources : ecorce



## Pour aller plus loin...



- ▶ Supports des Formations Bâtiment Durable
  - Energie : Principes fondamentaux
  - Conception réversible | Matériaux et mises en œuvre favorisant la réversibilité



- ▶ Guide bâtiment durable Energie & Enveloppe énergétique
  - Dont notamment :
    - Isolation d'un sol
    - Isolation du plancher des combles



- ▶ Homegrade
  - Isoler le plafond des caves - Principe et techniques

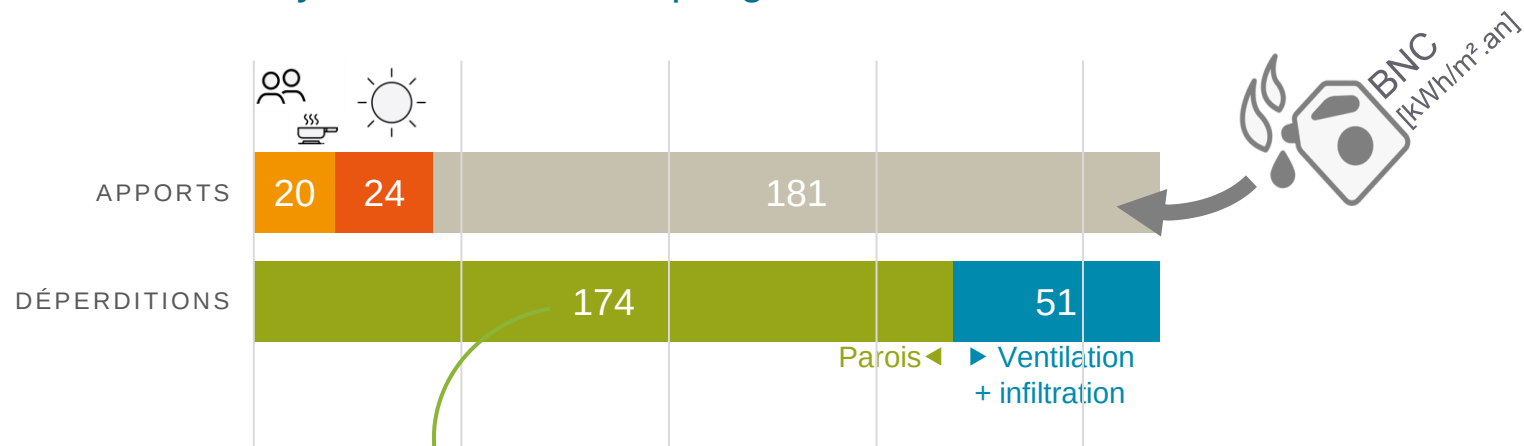




## Rappel des chiffres

Illustration au moyen du bilan thermique global

Cas de  
base



Représente **4 kWh/m².an** en méthode B  
Soit 2,3% des pertes par transmission

### Points d'attention

- Faible pour une rénovation !
- Peu probable que tous les nœuds soient PEB conforme



## 97 ZOOM SUR LES NŒUDS CONSTRUCTIFS

**Points d'attention : Quels impacts des NC?**

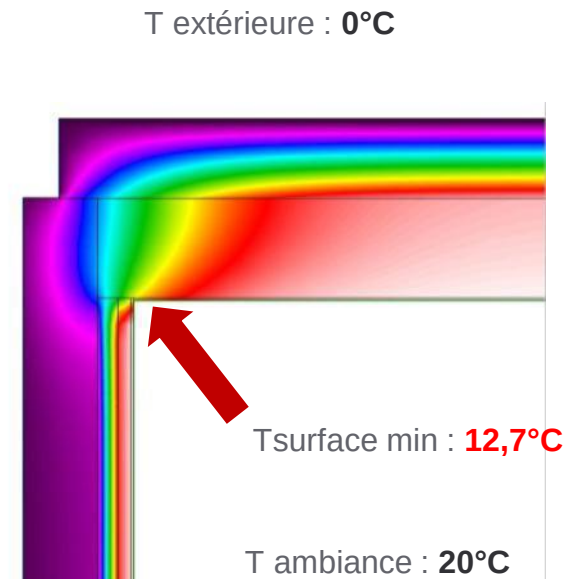
- ▶ Déperditions thermiques [voir les différentes parois analysées]
- ▶ Risque de condensation >>> humidité, détérioration, moisissures, inconfort,...

⇒ **Analyse via le facteur de température à l'endroit le plus froid**

$$t = \frac{T_{\text{intérieur surface}} - T_{\text{extérieure}}}{T_{\text{intérieur ambiance}} - T_{\text{extérieure}}}$$

**si  $t < 0,7$  = problématique!**

$$\tau = \frac{12,7^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C}}{20^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C}} = \mathbf{0,64}$$

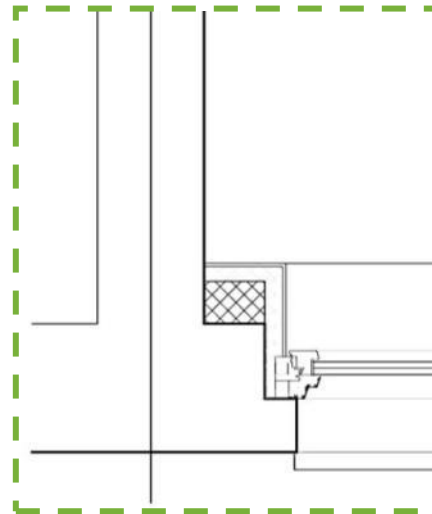


### Exemple : Retour isolé sur le mitoyen

- Diminution du pont thermique : 3 cas (retour 0cm/30cm/60cm)

12mm PLAQUE DE PLATRE  
40mm ISOLANT/STRUCTURE BOIS  
PARE-VAPEUR INTELLO+  
120mm PANNEAU ISOLANT RESOL  
360mm MUR (BRIQUES)  
ENDUIT

$U = 0,138\text{W/m}^2\text{K}$

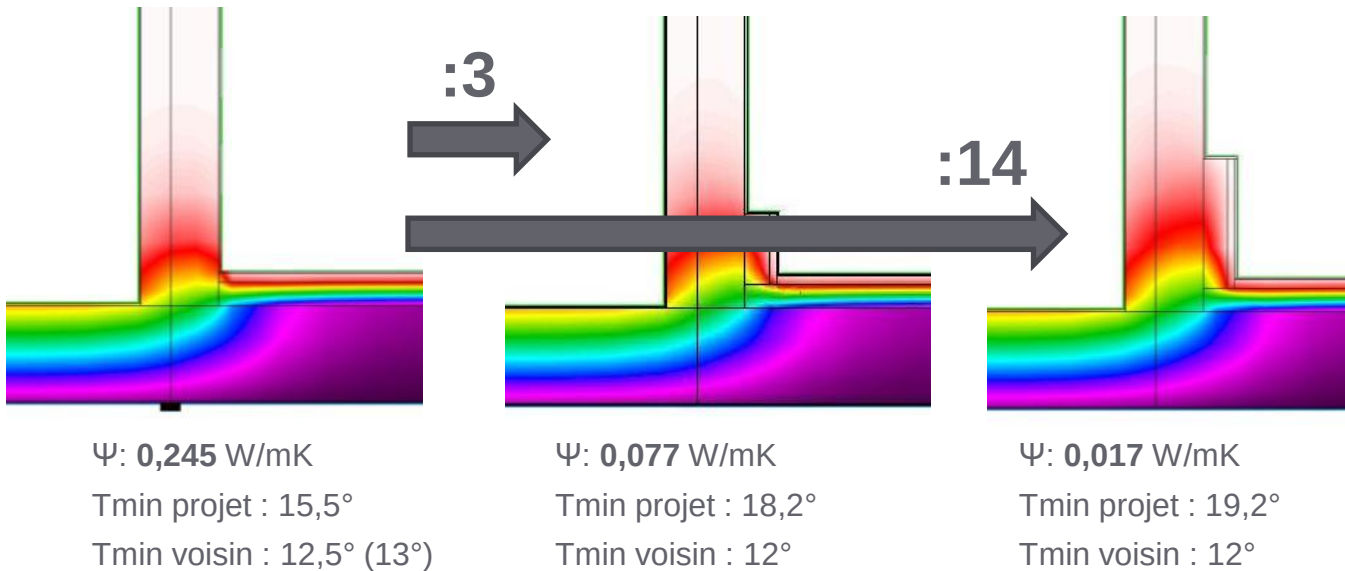


Crédit Photo: J. Kessler



### Exemple : Retour isolé sur le mitoyen

- Diminution du pont thermique : 3 cas (retour 0cm/30cm/60cm)



## Pour aller plus loin...



► Supports des Formations Bâtiment Durable

- Pas de support spécifique



► Guide bâtiment durable Energie & Enveloppe énergétique

- Dont notamment :
  - Diminuer les pertes thermiques par transmission | Gérer les nœuds constructifs
  - Isolation d'un mur par l'extérieur | Gérer les nœuds constructifs



► Site web

- <http://www.ponts-thermiques.be>
- <https://www.buildwise.be/fr/details-constructifs/>

Logiciels : Therm, TRISCO Physibel,...



## Pour aller plus loin...



### ► Publications

- Bruxelles Environnement | Info-fiche | [Nœuds Constructifs : Prise en compte des nœuds constructifs dans le cadre de la nouvelle réglementation PEB \(12p - pdf\)](#)
- Buildwise – CSTC | Contact [Aspects énergétiques des nœuds constructifs](#)
- [Catalogue des ponts thermiques édité par l'Office fédéral de l'énergie OFEN - Suisse](#)

### Normes

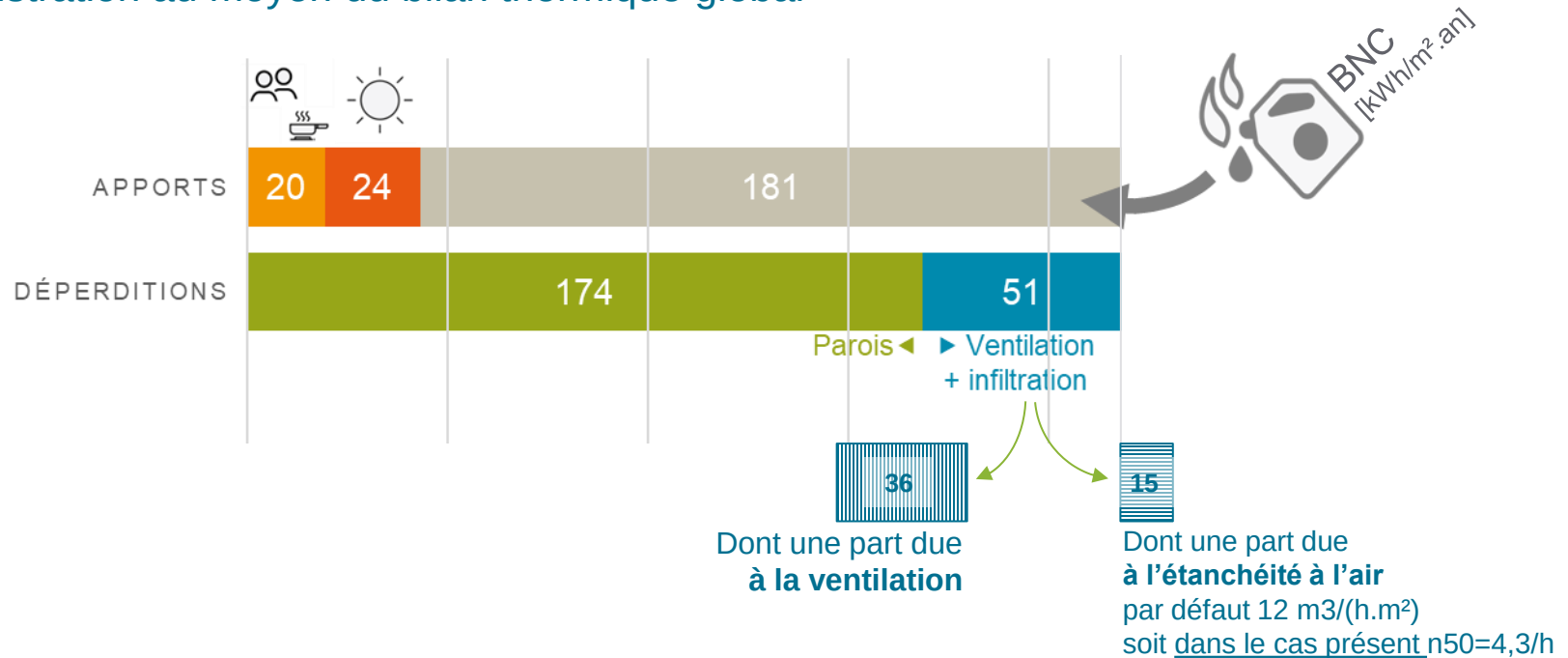
- NBN EN ISO 10211 : 2008 - Ponts thermiques dans les bâtiments - Flux thermiques et températures superficielles - Calculs détaillés (ISO 10211:2007)



## Rappel des chiffres

Illustration au moyen du bilan thermique global

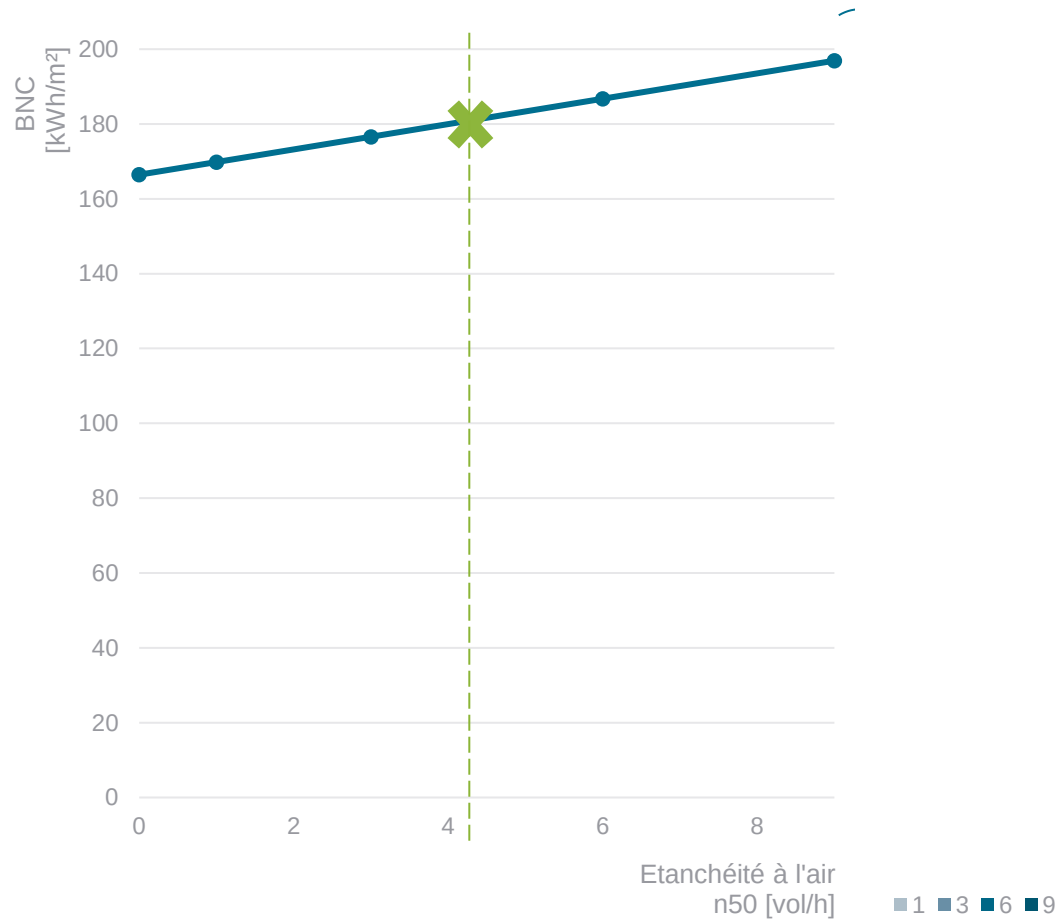
Cas de base



## Rappel des chiffres

Impact de la variation de l'étanchéité à l'air sur le bilan thermique global

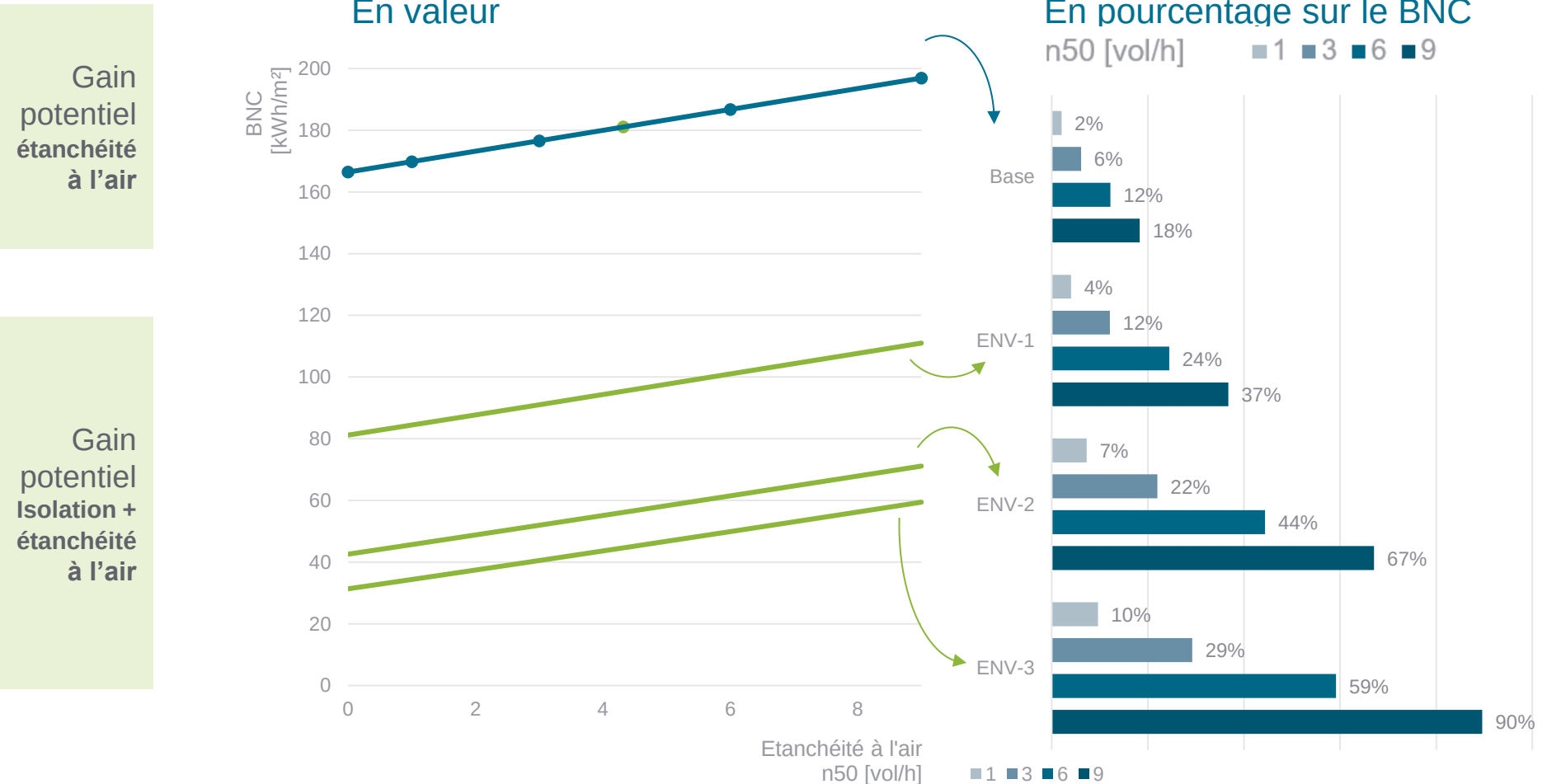
En valeur



# ASSURER L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

## Rappel des chiffres

Impact de la variation de l'étanchéité à l'air sur le bilan thermique global



## ASSURER L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

### Points d'attention

- ▶ Dans la conception
- ▶ Pendant le chantier
- ▶ Mesurer



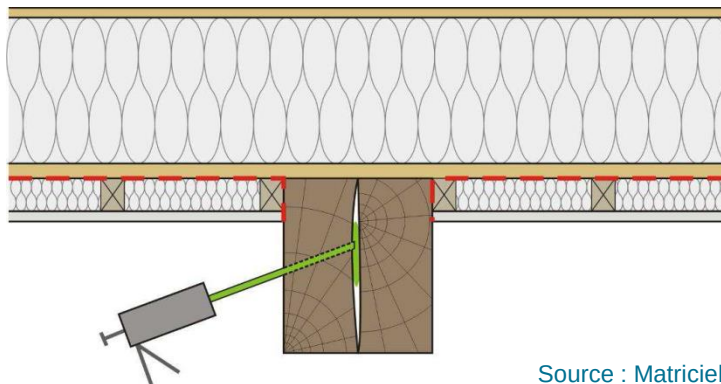
## ASSURER L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

### Points d'attention

- Dans la conception

*Exemple*

- doubles gites
- local gaz ventilé
- ...



Source : Matriciel



Source : IBGE



## ASSURER L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

### Points d'attention

- Pendant le chantier

#### *Exemple*

- *Planification (qui/quand/quoi?)*
- *Espaces cachés/non accessibles*
- 



Source / Bron : écorce



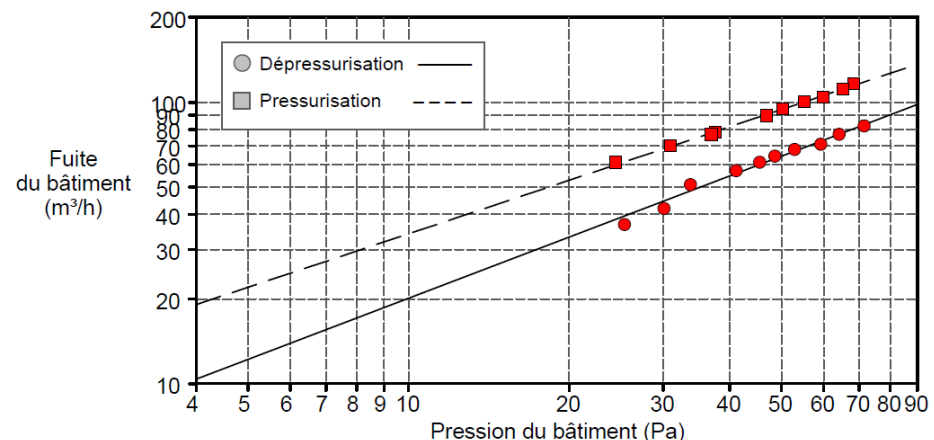
## ASSURER L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

### Points d'attention

- ▶ L'étanchéité à l'air se mesure.
  - Méthode : Test Blower Door.
  - Également appelé test de la porte soufflante, de pressurisation ou encore d'infiltrométrie
  - Consiste à mettre les locaux en dépression et en surpression à l'aide d'un ventilateur et de (facultativement) détecter les endroits où l'air s'infiltré au travers de l'enveloppe.



Source / bron : ecorce



⇒ Deux méthodes (A ou B) selon la NBN 13829



## Pour aller plus loin...



- ▶ Supports des Formations Bâtiment Durable
  - Energie : Principes fondamentaux dont notamment
    - Comment assurer l'étanchéité à l'air d'un bâtiment?



- ▶ Guide bâtiment durable Energie
  - Dont notamment :
    - Améliorer l'étanchéité à l'air
    - Réaliser une paroi étanche à l'air et de bons raccords

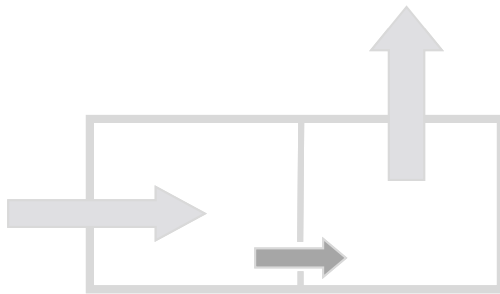


- ▶ Texte de référence : NBN EN 13829
  - Performance thermique des bâtiments – détermination de la perméabilité à l'air des bâtiments – Méthode de pressurisation par ventilateur (ISO 9972:1996, modifiée)

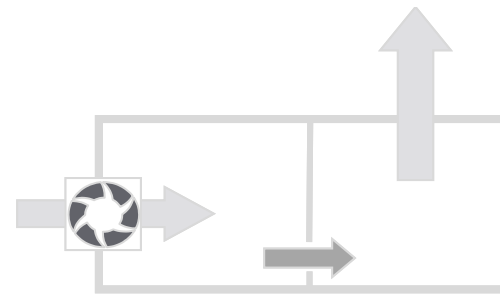


## Les 4 grands systèmes règlementaires

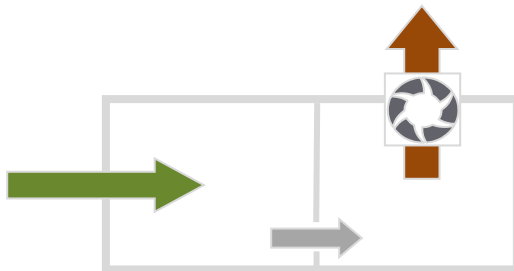
A. alimentation naturelle  
+ évacuation naturelle



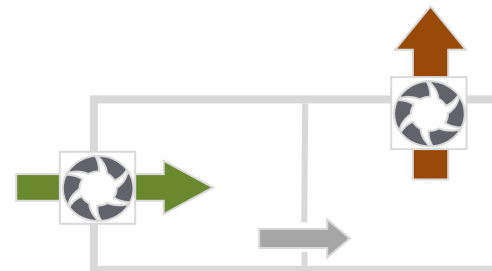
B. alimentation mécanique  
+ évacuation naturelle



C. alimentation naturelle  
+ évacuation mécanique



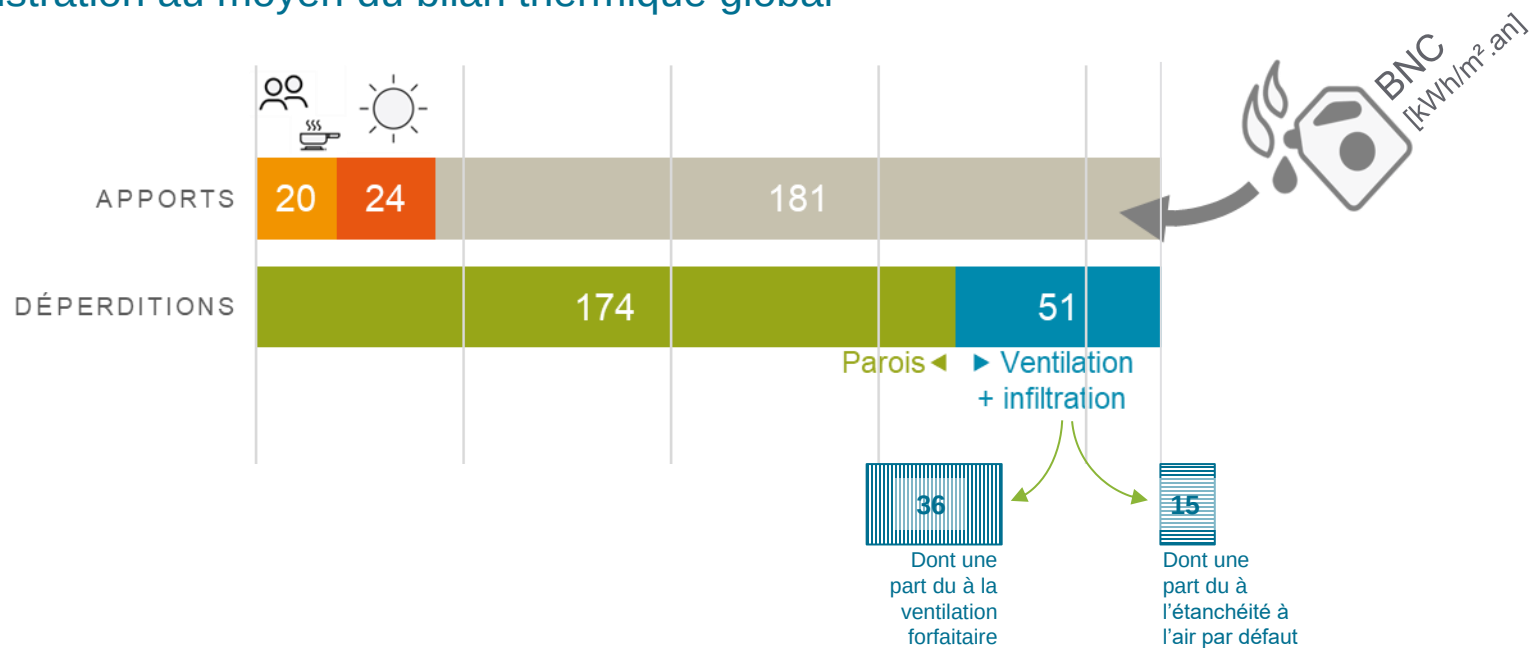
D. alimentation mécanique  
+ évacuation mécanique



## Rappel des chiffres

Illustration au moyen du bilan thermique global

Cas de  
base



## Points d'attention

- ▶ Quantifier les pertes thermiques dues à la ventilation hygiénique
- ▶ Quantifier les consommations électriques
- ▶ Impact sur le bilan rénové
- ▶ Illustrations de l'encombrement
- ▶ Position du groupe et des prise/rejet d'air
- ▶ Contrôler les débits



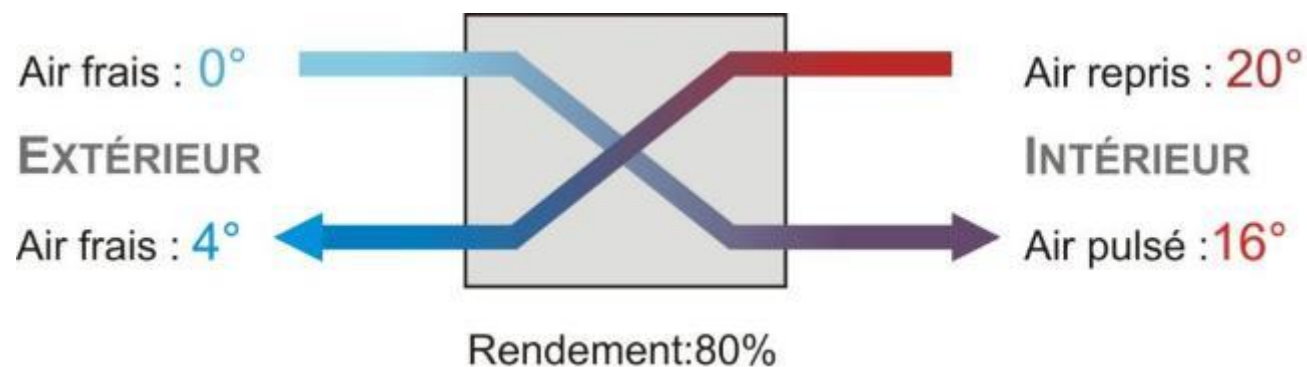
## Points d'attention

- Pertes thermiques dues à la ventilation hygiénique

Exemple : logement avec 500 m<sup>3</sup>/h quand il fait 0°C à l'extérieur

- Sans récupération : pertes de **3400 W**
- Avec récupération : pertes de **680 W**

⇒ **Pertes divisées par 5 !**



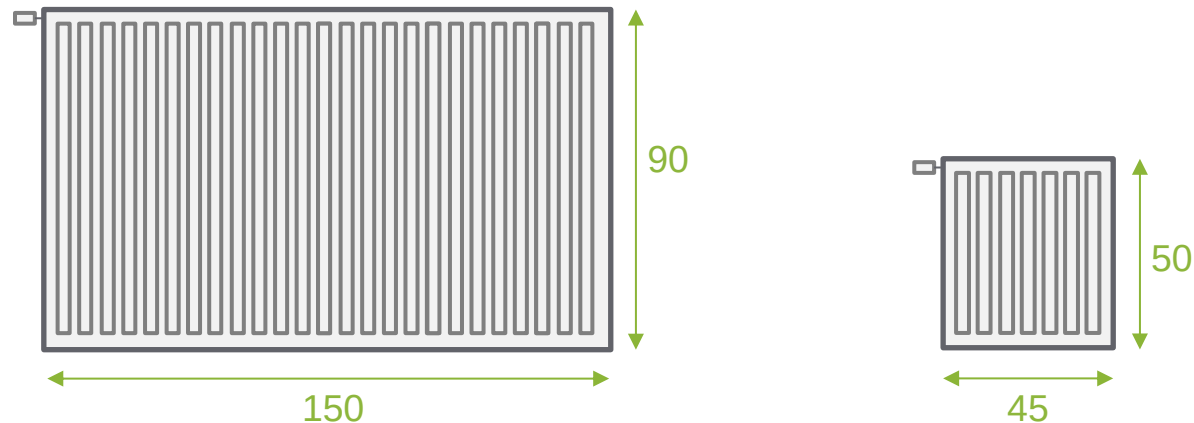
## Points d'attention

- Pertes thermiques dues à la ventilation hygiénique

Exemple : logement avec 500 m<sup>3</sup>/h quand il fait 0°C à l'extérieur

- Sans récupération : pertes de **3400 W**
- Avec récupération : pertes de **680 W**

⇒ **Pertes divisées par 5 !**



Dimension équivalente d'un radiateur type 22 en 75/65/20



## Points d'attention

- Consommation électrique due à la ventilation hygiénique

Exemple :

- logement avec 500 m<sup>3</sup>/h équipé d'un ventilateur de 0,2Wh/m<sup>3</sup>, soit 100W
  - Allumé en continu au débit nominal : 886 kWh/an
  - Régulé (équivalent  $f_{\text{reduc,vent,heat}}$  0,43) : 380 kWh/m<sup>2</sup>.an

⇒ **Pertes divisées par 2,3 !**

- Raisonement identique avec 2 ventilateurs de 0,2Wh/m<sup>3</sup>, soit 200W
  - Allumé en continu au débit nominal : 1.772 kWh/an
  - Régulé sur base horaire : 761 kWh/an  
/!\ non valorisable dans la PEB



## Points d'attention

### ► Consommation électrique

| Type de <u>détection</u><br>dans les espaces secs                                                                                                                                                                                                                   | Type de <u>régulation</u><br>de l' <u>alimentation</u><br>dans les espaces<br>secs | Type de <u>détection</u> dans les espaces humides   |                                           |                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                    | Détection <u>locale</u><br>dans les espaces humides |                                           | Aucune détection<br>ou<br>autre détection |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                    | Régulation locale<br>de l'évacuation                | Régulation<br>centrale<br>de l'évacuation |                                           |
| <b>CO<sub>2</sub> - locale :</b><br>un capteur ou plus dans chaque<br>espace sec                                                                                                                                                                                    | Locale                                                                             | 0,35                                                | 0,38                                      | 0,42                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     | 2 zones (jour/nuit)<br>ou plus                                                     | 0,41                                                | 0,45                                      | 0,49                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     | Centrale                                                                           | 0,51                                                | 0,56                                      | 0,61                                      |
| <b>CO<sub>2</sub> - locale partielle :</b><br>un capteur ou plus dans chaque<br>chambre à coucher                                                                                                                                                                   | Centrale                                                                           | 0,60                                                | 0,65                                      | 0,70                                      |
| <b>CO<sub>2</sub> - locale partielle :</b><br>un capteur ou plus dans le séjour<br>principal et un capteur ou plus<br>dans la chambre à coucher<br>principale<br><br><b>CO<sub>2</sub> - centrale :</b><br>un capteur ou plus dans le(s)<br>conduit(s) d'évacuation | 2 zones (jour/nuit)<br>ou plus                                                     | 0,43                                                | 0,48                                      | 0,53                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     | Centrale                                                                           | 0,75                                                | 0,81                                      | 0,87                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     | Centrale                                                                           | 0,81                                                | 0,87                                      | 0,93                                      |
| <b>Présence - locale :</b><br>un capteur ou plus dans chaque<br>espace sec                                                                                                                                                                                          | Locale                                                                             | 0,54                                                | 0,60                                      | 0,64                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     | 2 zones (jour/nuit)<br>ou plus                                                     | 0,63                                                | 0,67                                      | 0,72                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     | Centrale                                                                           | 0,76                                                | 0,82                                      | 0,88                                      |
| <b>Présence - locale partielle :</b><br>un capteur ou plus dans chaque<br>chambre à coucher                                                                                                                                                                         | Centrale                                                                           | 0,87                                                | 0,93                                      | 1,00                                      |
| <b>Présence - locale partielle :</b><br>un capteur ou plus dans le séjour<br>principal et un capteur ou plus<br>dans la chambre à coucher<br>principale                                                                                                             | 2 zones (jour/nuit)<br>ou plus                                                     | 0,66                                                | 0,72                                      | 0,78                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     | Centrale                                                                           | 0,87                                                | 0,93                                      | 1,00                                      |
| <b>Autre ou aucune détection</b> dans les<br>espaces secs                                                                                                                                                                                                           | Aucune, locale, par<br>zone, ou centrale                                           | 0,90                                                | 0,95                                      | 1,00                                      |

Tableau [1] :  $f_{\text{reduc,vent,heat,zone}}$  pour les systèmes de ventilation A, B, C et D avec régulation de l'alimentation sur base des besoins dans les espaces secs et/ou de l'évacuation sur base des besoins dans les espaces humides



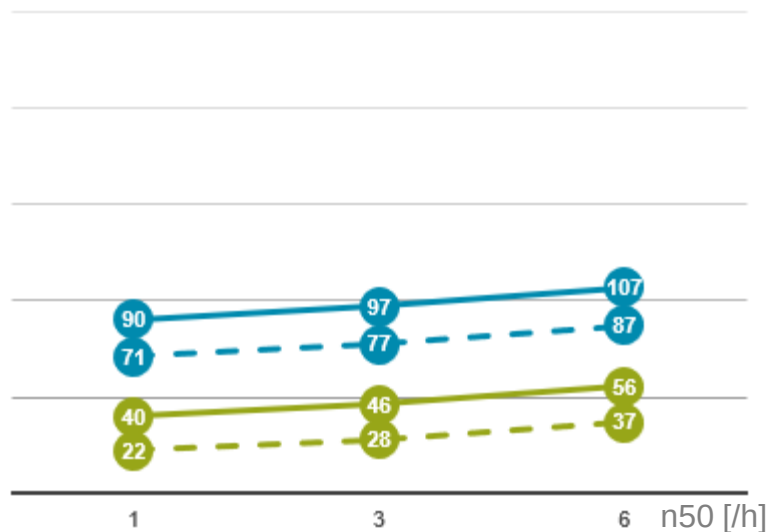
## Points d'attention

- Impact sur le bilan rénové
  - Exemple du système C

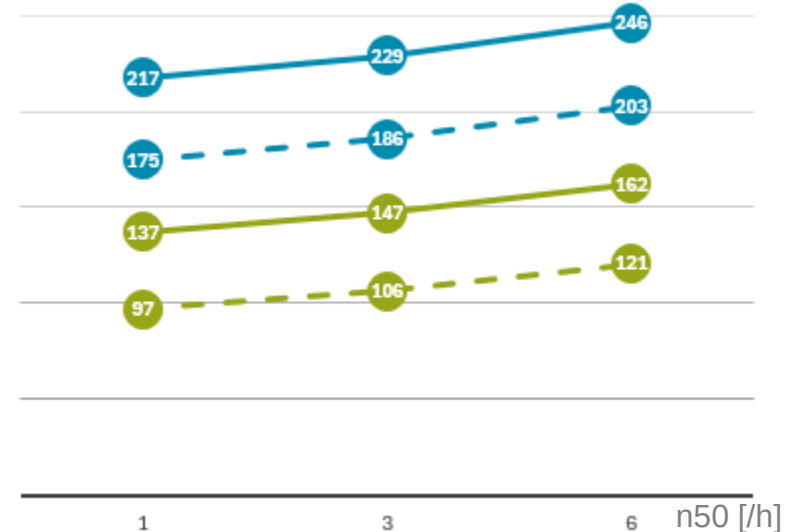
### Légende

- ENV-1 & Ventilation C par défaut
- ENV-3 & Ventilation C par défaut
- - -●- - - ENV-1 & Ventilation C régulé avec encodage détaillé
- - -●- - - ENV-3 & Ventilation C régulé avec encodage détaillé

En BNC  
[kWh/m<sup>2</sup>.an]



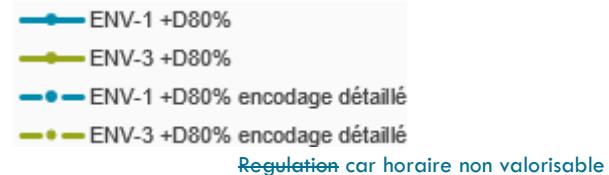
En CEP  
[kWh/m<sup>2</sup>.an]



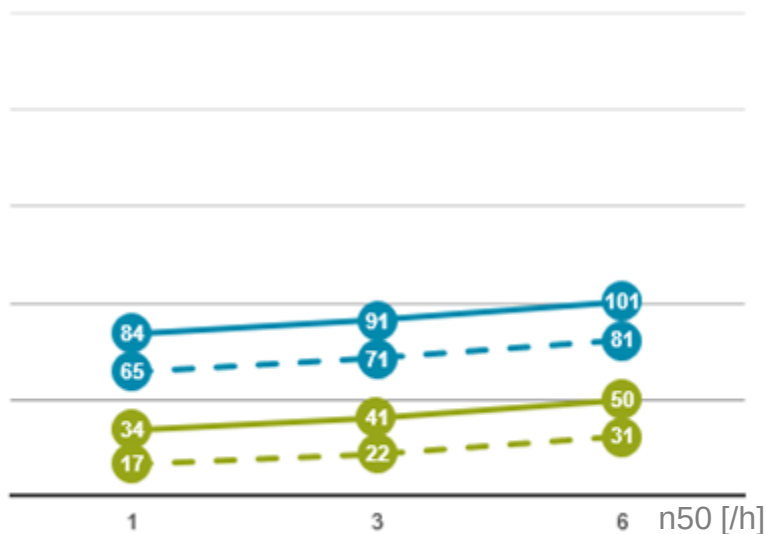
## Points d'attention

- Impact sur le bilan rénové
  - Exemple du système D

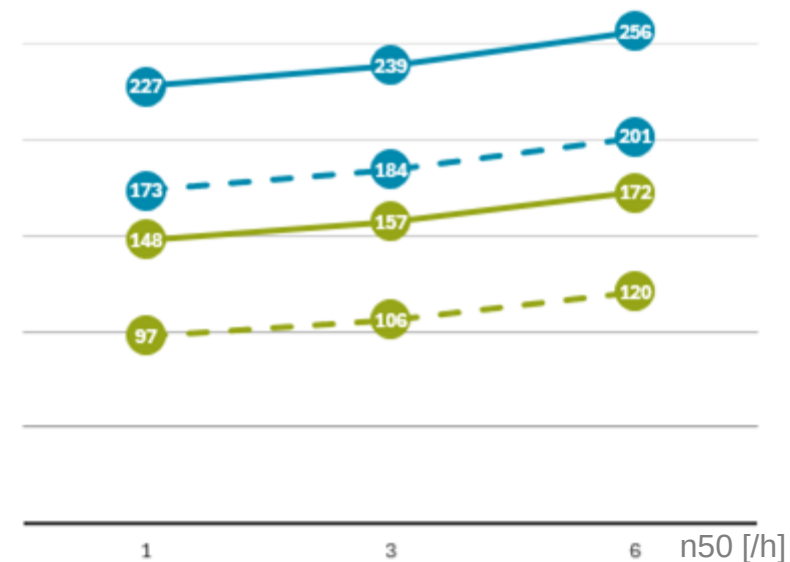
### Légende



En BNC  
[kWh/m².an]



En CEP  
[kWh/m².an]



## Points d'attention

- Illustrations de l'encombrement

**Aérateur**

Source : Renson

**Aérateur à coulisse**

Source : Renson

**Ventilateur de gaine**

Source : Soler &amp; Palau

**Groupe d'extraction type C+**

Source: Renson



Gaines en acier galvanisé



Gaines souple aluminium



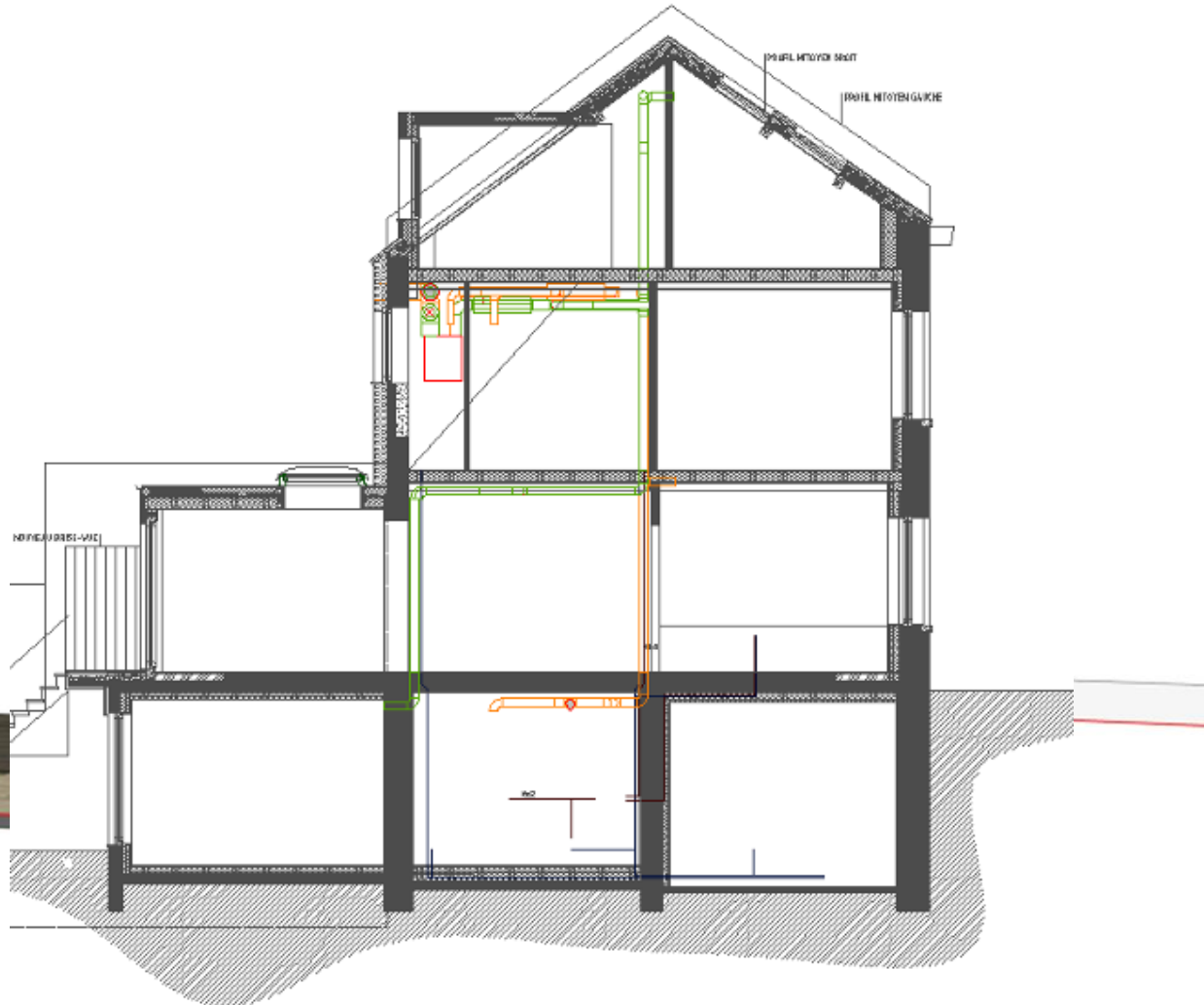
Silencieux circulaire

Source : Trox



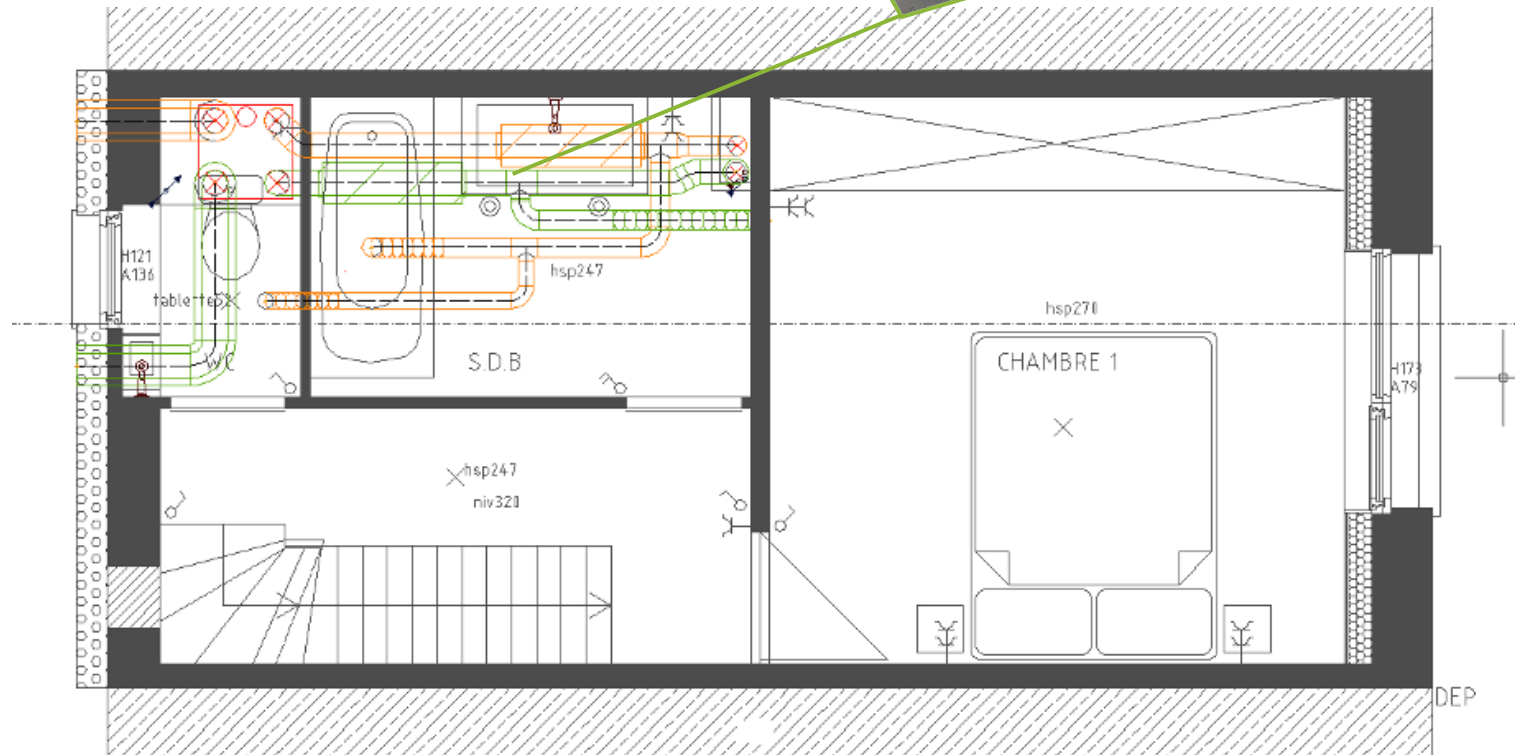
## Points d'attention

- Illustrations de l'encombrement



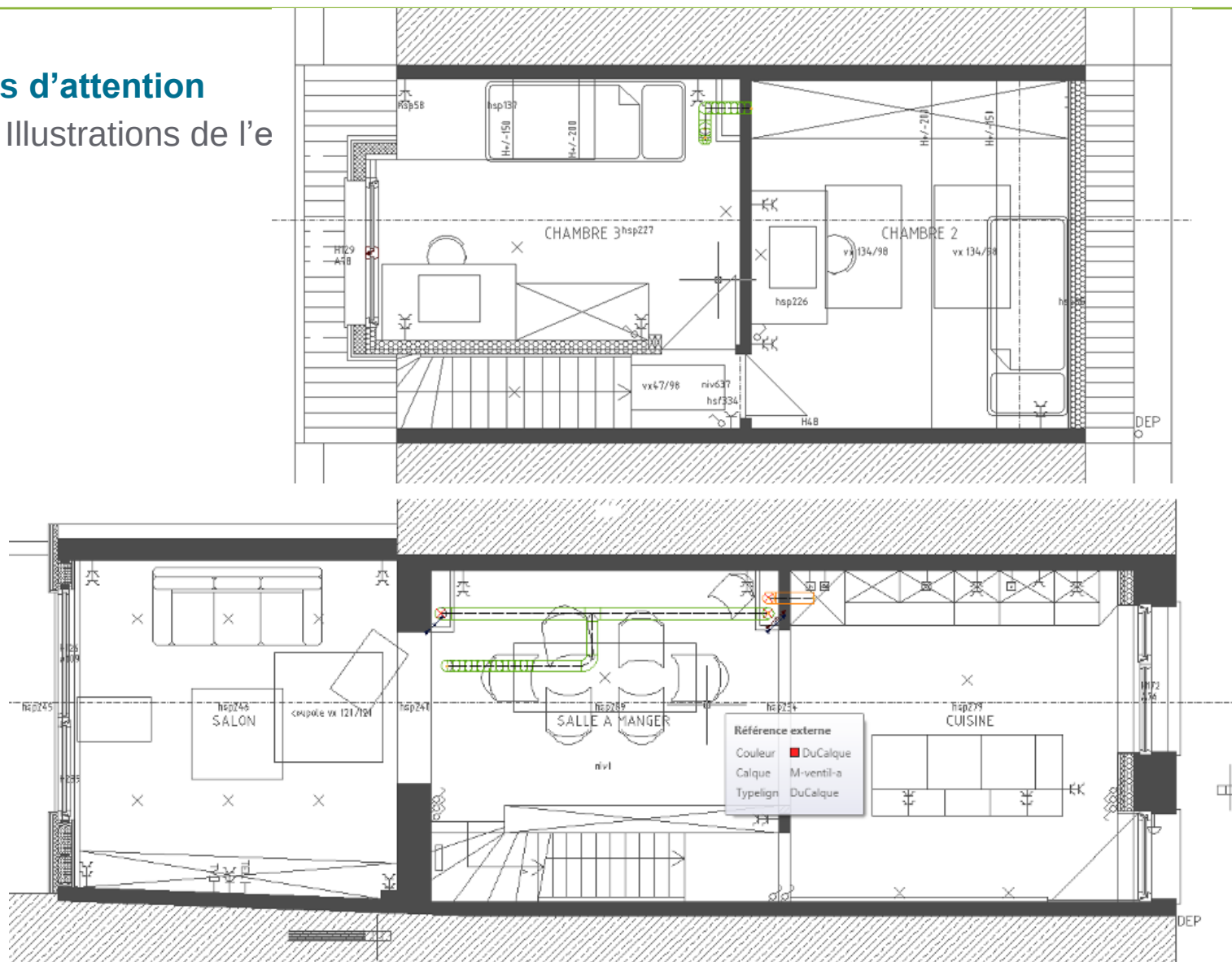
## Points d'attention

- Illustrations de l'encombrement



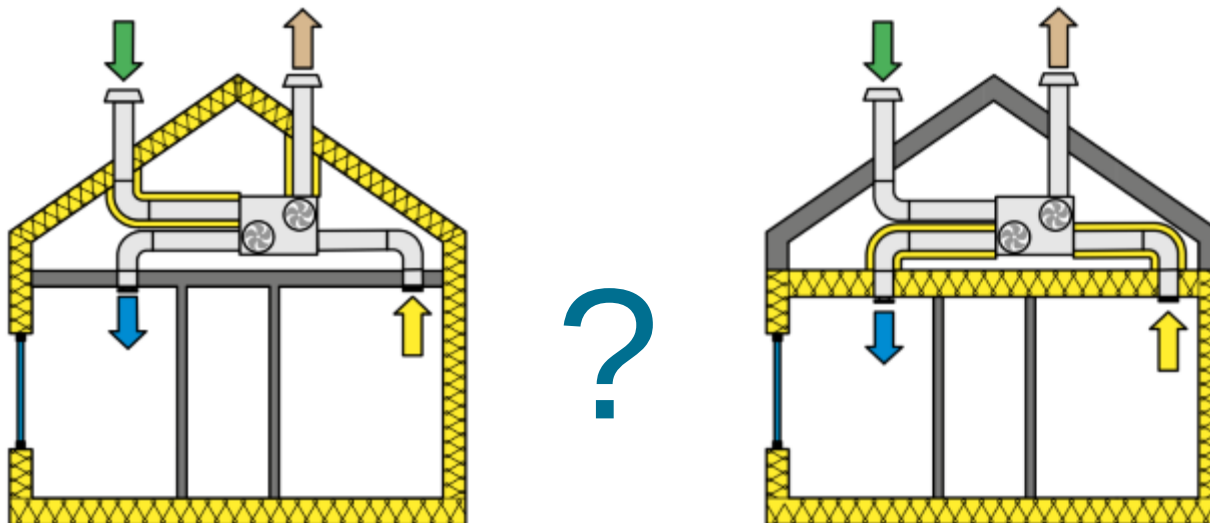
## Points d'attention

- Illustrations de l'e



## Points d'attention

- Position du groupe et des prise/rejet d'air



## Points d'attention

- Position du groupe et des prise/rejet d'air

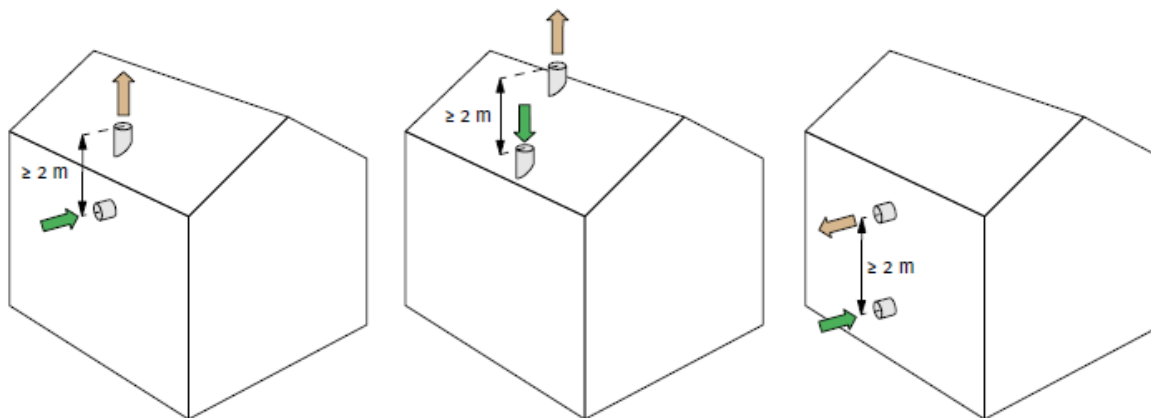


Fig. 20 Différence de hauteur minimale de 2 m entre une prise d'air et un rejet pour différentes situations (la prise d'air étant plus bas que le rejet).

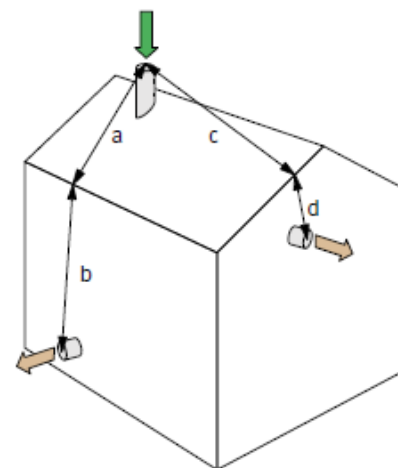


Fig. 21 Distance minimale de 10 m ( $a + b + c + d$ ) entre un rejet et une prise d'air pour différentes situations (lorsqu'il n'est pas possible de placer la prise d'air 2 m plus bas que le rejet).

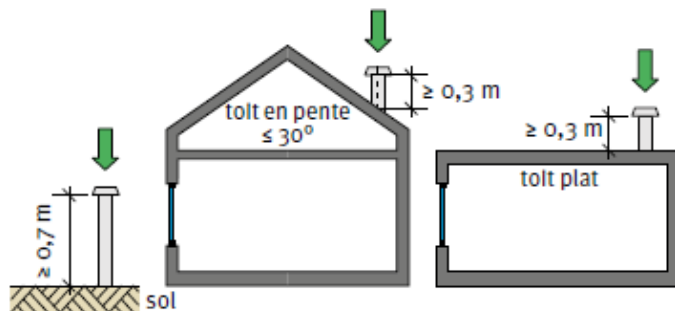


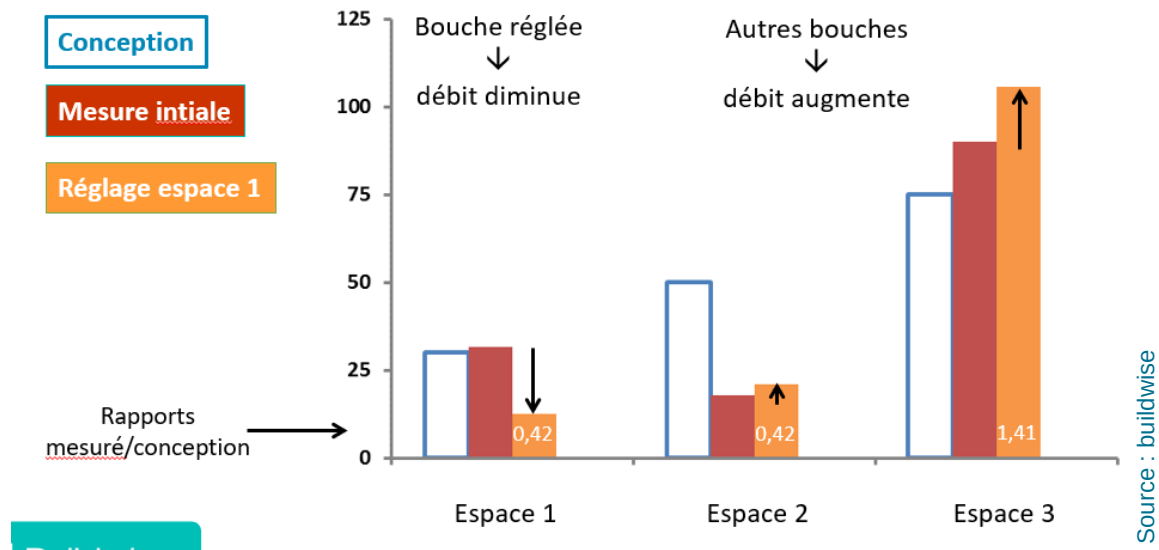
Fig. 23 Hauteur minimale des prises d'air placées au sol (à gauche) et sur une toiture dont la pente n'est pas supérieure à 30° (à droite).

→ Attention distance entre prise air neuf et rejet gaz brûlés/cheminée du voisin, ventilation primaire égouts



## Points d'attention

- Contrôler les débits
  - Nécessité de mesurer toutes les bouches
  - Réglage d'une bouche → modifie le débit aux autres bouches → le réglage peut vite devenir long



- Voir méthode Buildwise : <https://optivent-app.buildwise.be>



## Quizz

- ▶ Puis je éteindre ma ventilation?
- ▶ Puis-je ouvrir les fenêtres si j'ai une ventilation conforme?
- ▶ Que se passe-t-il si le logement ne dispose pas d'un système de ventilation conforme, sur le plan de la qualité de l'air?
- ▶ Quand suis-je obligé de placer un système de ventilation conforme?
- ▶ La ventilation hygiénique est-elle un moyen de lutte contre les surchauffes?



## Pour aller plus loin...



- ▶ Supports des Formations Bâtiment Durable
  - Energie : principes fondamentaux dont notamment
    - Comment ventiler? Présentation des différents systèmes, de leurs avantages et de leurs inconvénients
  - Ventilation : conception et régulation

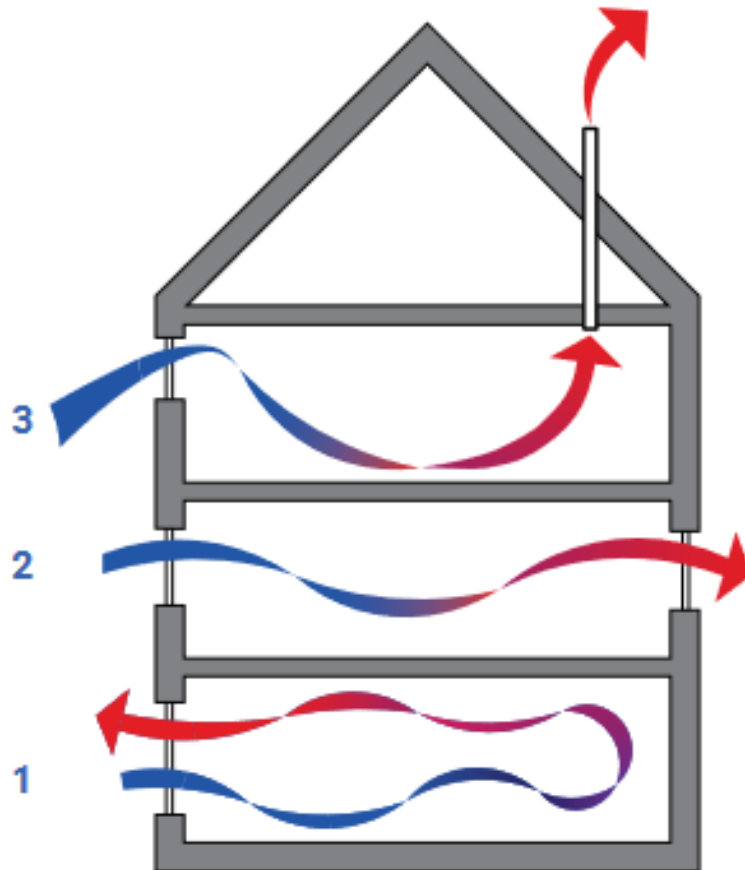


- ▶ Guide bâtiment durable Energie
  - Dont notamment :
    - Concevoir un système de ventilation énergétiquement efficace
    - Etanchéité à l'air des techniques



- ▶ Homegrade
  - Ventilation d'une habitation en rénovation





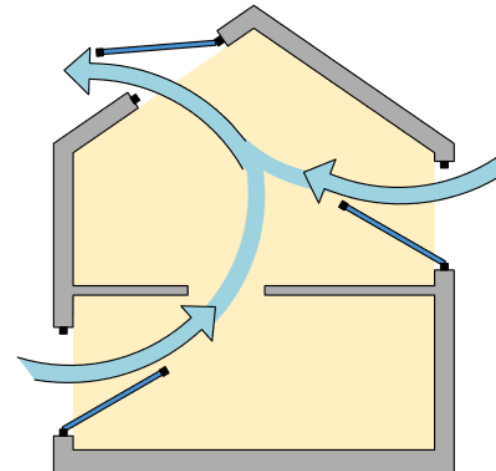
© Dialogo vzw

1. **Unilatéral** : lorsqu'il est obtenu par une (ou des) ouverture(s) sur une seule façade.
2. **Transversal** : lorsqu'il est obtenu par des ouvertures sur des façades différentes.
3. **Vertical** : lorsqu'il est obtenu par une (ou des) ouverture(s) en façade et une évacuation verticale (cages d'escaliers, atriums, conduits...). On parle alors d' « effet cheminée » .



## Rappel des chiffres

- ▶ Débit ventilation intensive = débits importants
  - Taux de renouvellement de l'air du local de l'ordre de 6 à 10 vol/heure (ou plus!)
  - > 10x débits de ventilation hygiénique de base
- ▶ Efficacité éprouvée de la ventilation intensive à trois ouvertures
  - Soit via l'ouverture de fenêtres
  - Soit via l'utilisation de dispositifs dédiés
  - automatisés ou non.



4

Principe de la ventilation intensive à trois ouvertures.

Source : Buildwise



## Rappel des chiffres

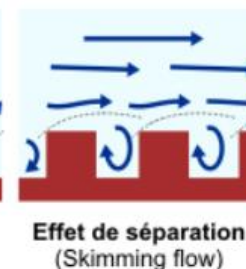
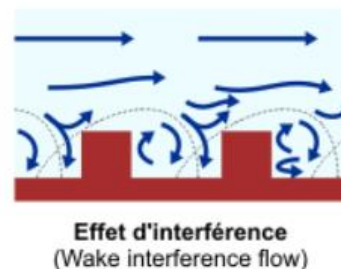
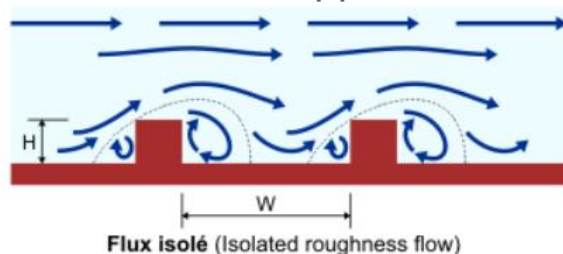
### ► Ouverture minimum

| Ouvertures minimum nécessaires à la ventilation naturelle intensive en % de la surface au sol des locaux |                                                                                      |                                                    |                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------|
|                                                                                                          | Selon la NBN D50-001 pour les locaux d'hébergement (notion de ventilation intensive) | selon les résultats du projet de recherche NatVent |                     |
| Ventilation par des ouvertures sur une seule façade                                                      | 6,4 %                                                                                | 1,02 m <sup>2</sup>                                | 0,64 m <sup>2</sup> |
| Ventilation par des ouvertures sur des façades opposées                                                  | 3,2 %                                                                                | 0,51 m <sup>2</sup>                                | 0,32 m <sup>2</sup> |

Exemple pour un local de 16m<sup>2</sup>

Source : Energie plus

- Pour autant qu'il y ait suffisamment de vent et que celui-ci gagne les maisons... → rapport  $H/W < 0,65$



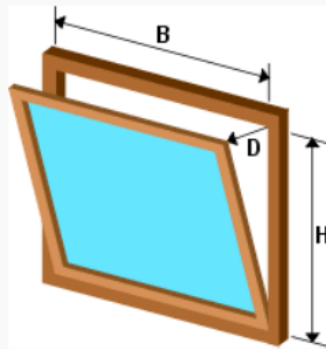
Source : Energie plus



## Points d'attention

- Combiner surface ouvrante et risque d'intrusion!

Calcul de la surface d'ouverture "A" d'un châssis oscillant



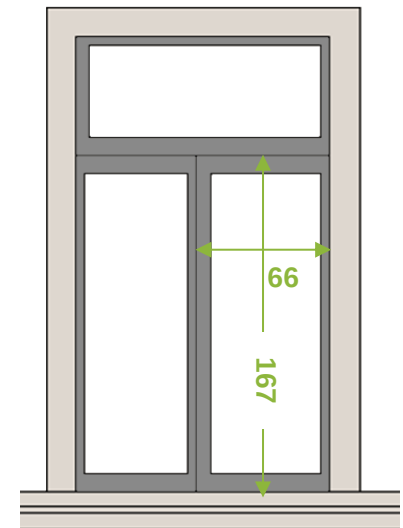
$$A = A_1 A_2 / A_1 + A_2$$

$$A_1 = B \times H$$

$$A_2 = D \times (H + B)$$

Source : Energie plus

- Exemple pour un ouvrant de 167x66cm
  - En ouvrant :  $A = 1,1\text{m}^2$
  - En oscillo :  $A = 0,26\text{m}^2$



## Pour aller plus loin...



- ▶ Supports des Formations Bâtiment Durable
  - Gestion des surchauffes estivales
  - Energie : principes fondamentaux dont notamment
    - Comment assurer le confort estival?



- ▶ Guide bâtiment durable Energie
  - Dont notamment :
    - La surchauffe
    - Assurer le confort thermique
    - Choisir les meilleurs modes de production de refroidissement renouvelable
    - Appliquer une stratégie de refroidissement passif
- ▶ Energie +
  - Ventilation intensive naturelle d'été
  - Ventilation intensive mécanique d'été



## OPTIMISER LES APPORTS SOLAIRES



Soleil été



Soleil d'hiver



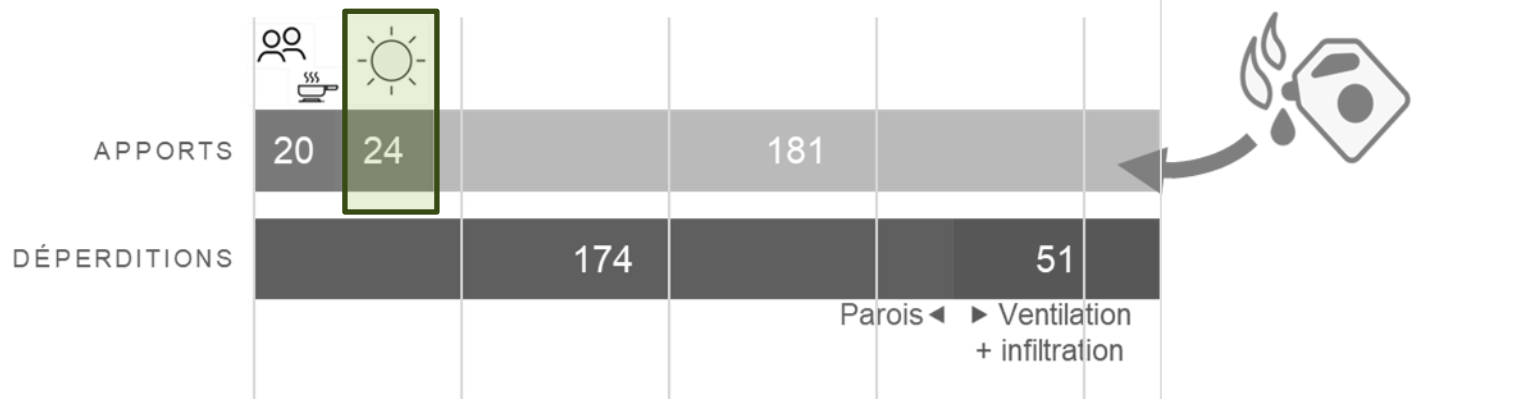
Quels sont les paramètres d'influence ?



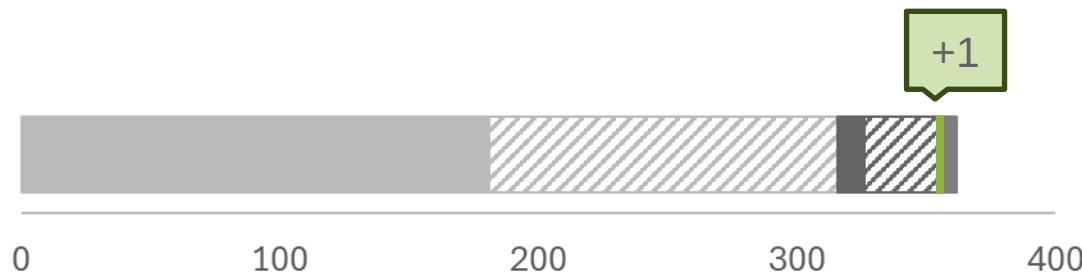
## Rappel des chiffres

Illustration au moyen du bilan thermique global

- Une part d'apports solaires



- Mais aussi une consommation fictive de froid et un % de surchauffe...

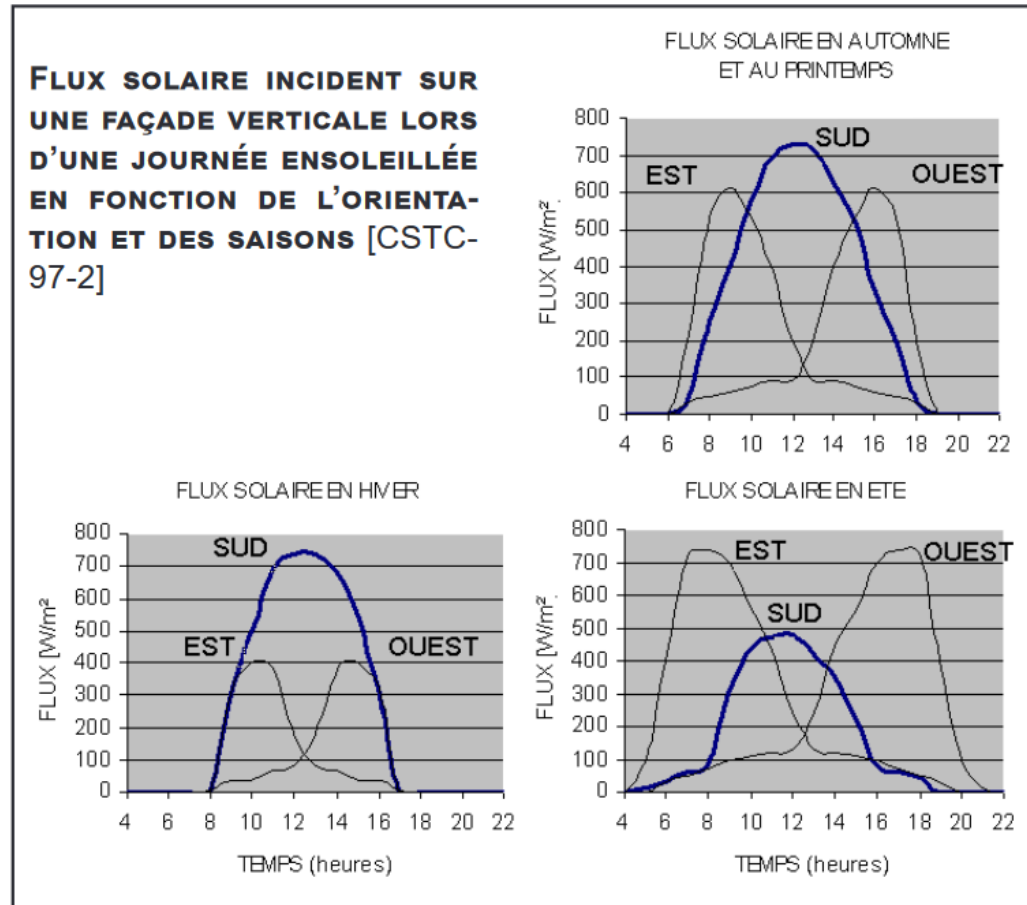


... qui tendent à augmenter à mesure qu'on isole!



## Points d'attention

- Capter
  - Surtout au sud
  - à l'est
  - à l'ouest
- Se protéger
  - de l'est jusqu'à l'ouest

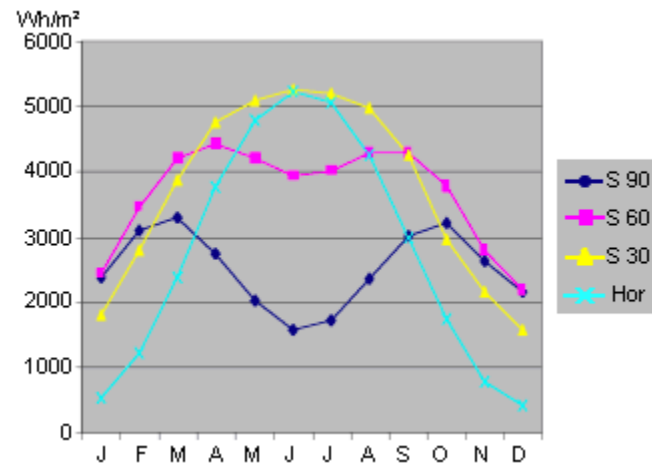


Source : Guide pratique pour les architectes. La fenêtre et la gestion de l'énergie [2018]



## Points d'attention

- Ne pas oublier les surfaces inclinées



Source : Energie +



## Comment choisir les protections solaires adéquates ?



- Etablissons ensemble une synthèse en se focalisant sur le contrôle des apports solaires !

|                                                                     | E | SE | S | SO | O |
|---------------------------------------------------------------------|---|----|---|----|---|
| Dispositif <b>parallèle</b> à la façade                             |   |    |   |    |   |
| Dispositif <b>perpendiculaire</b> à la façade horizontal ou oblique |   |    |   |    |   |
| Dispositif <b>perpendiculaire</b> à la façade vertical              |   |    |   |    |   |





- ▶ Supports des Formations Bâtiment Durable
  - Gestion des surchauffes estivales
  - Energie : principes fondamentaux dont notamment
    - Comment assurer le confort estival?

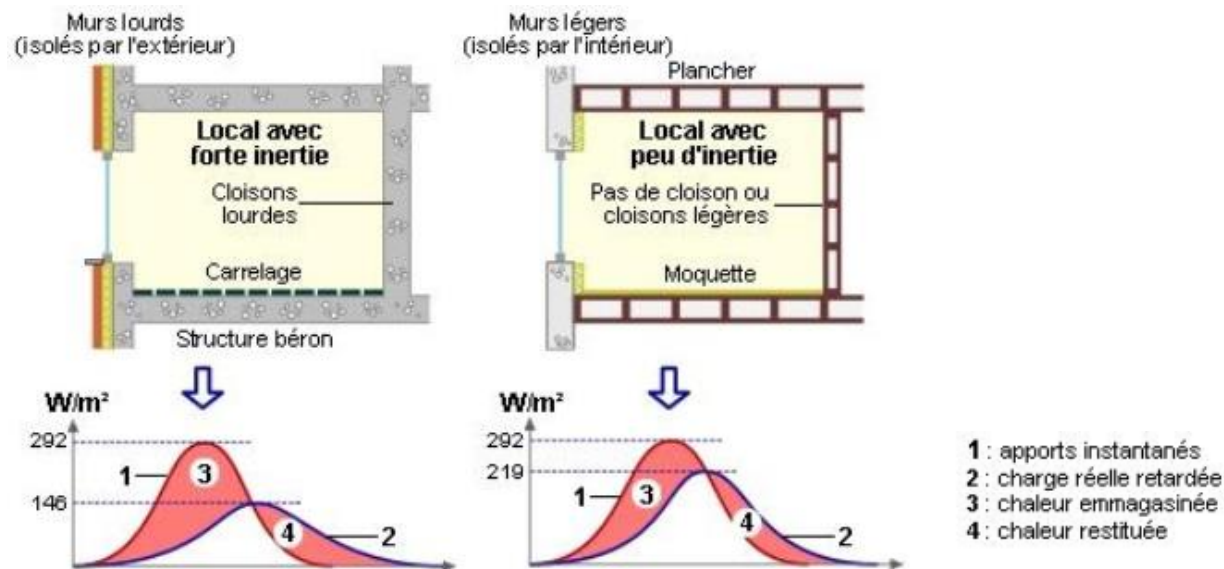


- ▶ Guide bâtiment durable Energie
  - Dont notamment :
    - La surchauffe
    - Assurer le confort thermique
    - Limiter les charges thermiques - Eléments de choix durable
    - Appliquer une stratégie de refroidissement passif
- ▶ Autres
  - Buildwise Vidéo Comprendre les caractéristiques des protections solaires
  - Buildwise Outil Dispositifs de protection solaire combinés à des vitrages
  - Dimensionnement de protections solaires fixes : Susdesign
  - Visualisation de l'ombrage en fonction du temps : Sketchup



## Inertie thermique d'un bâtiment

- C'est la propriété du bâtiment à **s'opposer aux variations de température**
  - Il s'agit du bâtiment **avec tous ses composants**, notamment les parois de l'enveloppe extérieure, mais aussi les parois internes

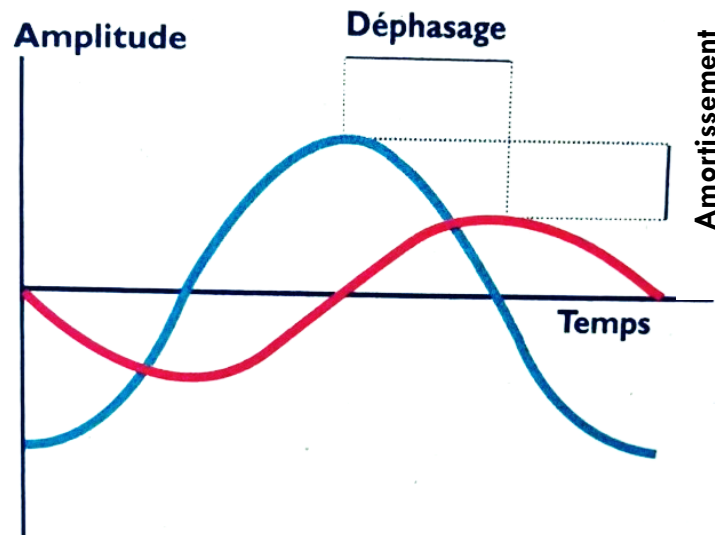


Source : Architecture et Climat, UCL



## Inertie thermique d'un bâtiment

- ▶ Elle a pour effet
  - D'amortir l'amplitude l'onde thermique
  - De déphaser sa restitution dans le temps

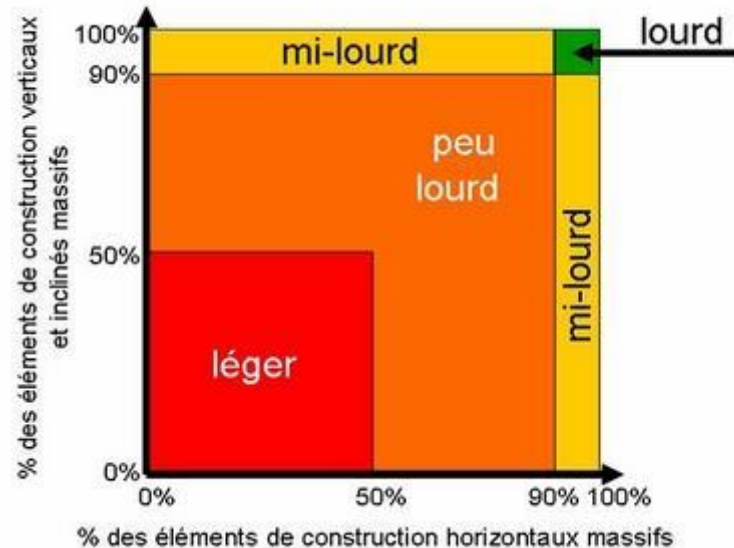


Source : La conception bioclimatique,  
Samuel Courgey et Jean Pierre Oliva



## Rappel des chiffres

- PEB = approche simplifiée



élément de construction massif : masse d'au moins  $100 \text{ kg/m}^2$ , déterminée en partant de l'intérieur jusqu'à une lame d'air ou une couche à conductivité thermique inférieure à  $0,20 \text{ W/(m.K)}$





- ▶ Supports des Formations Bâtiment Durable
  - Gestion des surchauffes estivales



- ▶ Comparaison de types de parois : déphasage, performance... : Ubakus



## Apports internes

- ▶ Les apports internes proviennent...
  - Des occupants,
  - Des équipements
  - De l'éclairage,
  
- ▶ Dans la PEB, ils sont forfaitisés. Pourquoi?
  
- ▶ Dans la pratique, plusieurs paramètres sont importants
  - La puissance
  - Le temps de fonctionnement
  - La période d'utilisation (chauffe/estivale)

*2000W qui fonctionne 1h = 20W qui fonctionne 100h*



### Avoir une réflexion sur

- ▶ l'emplacement des équipements
  - Lesquelles sont présentes?
  - Dans ou hors du volume protégé ?
  - A proximité de quoi ?
  
- ▶ la sélection de matériel performant / peu consommateur en énergie





- ▶ Supports des Formations Bâtiment Durable
  - Gestion des surchauffes estivales
  
- ▶ Guide bâtiment durable Energie
  - Dont notamment : Limiter les gains internes



## Synthèse chiffrée des impacts sur le BNC

- ▶ Limiter les déperditions via les parois opaques

cas de base

$$U_{\text{moyen}} = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$$

|                   | U = 0,64 | U = 0,24 | U = 0,12 |
|-------------------|----------|----------|----------|
| Toiture           |          | -23      | -25      |
| Façade avant      | -21      | -27      | -29      |
| Façade arrière    | -25      | -32      | -34      |
| Plancher sur cave | -5       | -13      | -15      |

- ▶ Limiter les déperditions via les parois vitrées

$$U_{\text{moyen}} = 3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$$

|         | Uw = 2 | Uw = 1,15 | Uw = 0,7 |
|---------|--------|-----------|----------|
| Châssis | -24    | -40       | -49      |

- ▶ Limiter les déperditions via la ventilation

$$n_{50} = 4,32 / \text{h}$$

|                                                                               | n50 3     | n50 1 |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|
| Etanchéité à l'air                                                            | -4*       | -11*  |
| *Par rapport à la valeur PEB par défaut et non par rapport aux pertes réelles |           |       |
| Ventilation                                                                   | Optimisée | -19   |

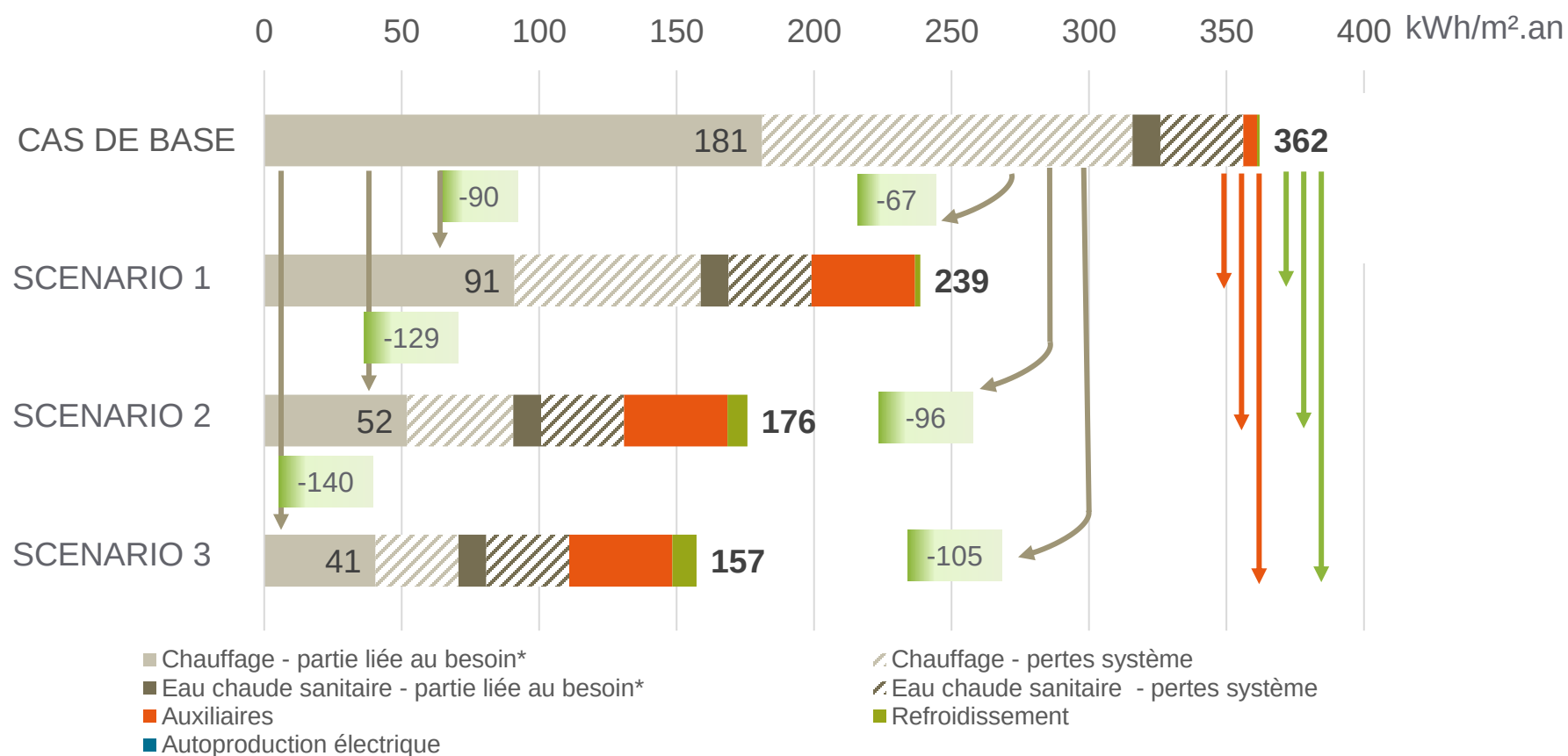
## Autres impacts non chiffrés

- ▶ Nœuds constructifs
- ▶ Inertie
- ▶ Apports solaires / Refroidissement



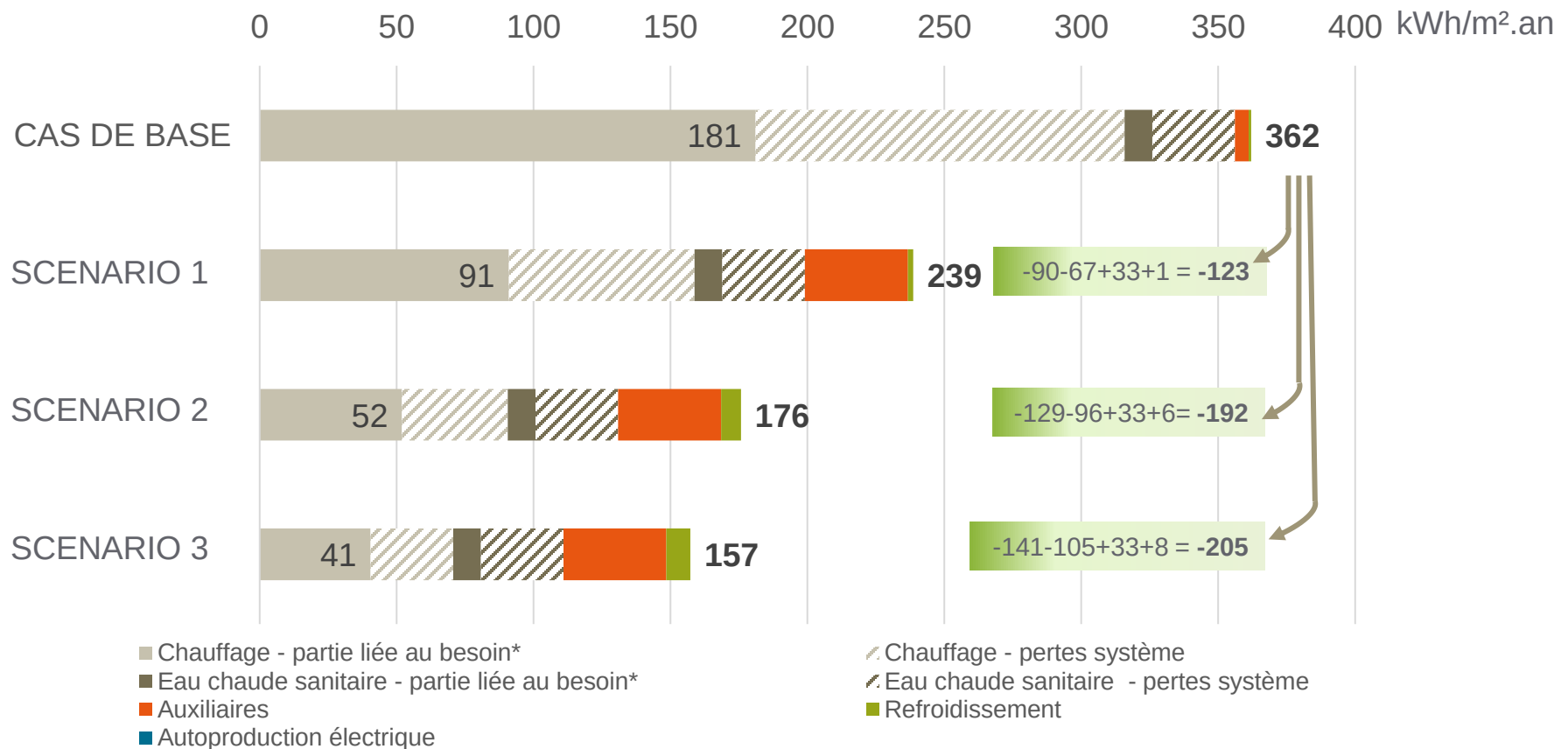
## Rénovation de l'enveloppe

- Effet en Energie primaire (CEP) et part du BNC



## Rénovation de l'enveloppe

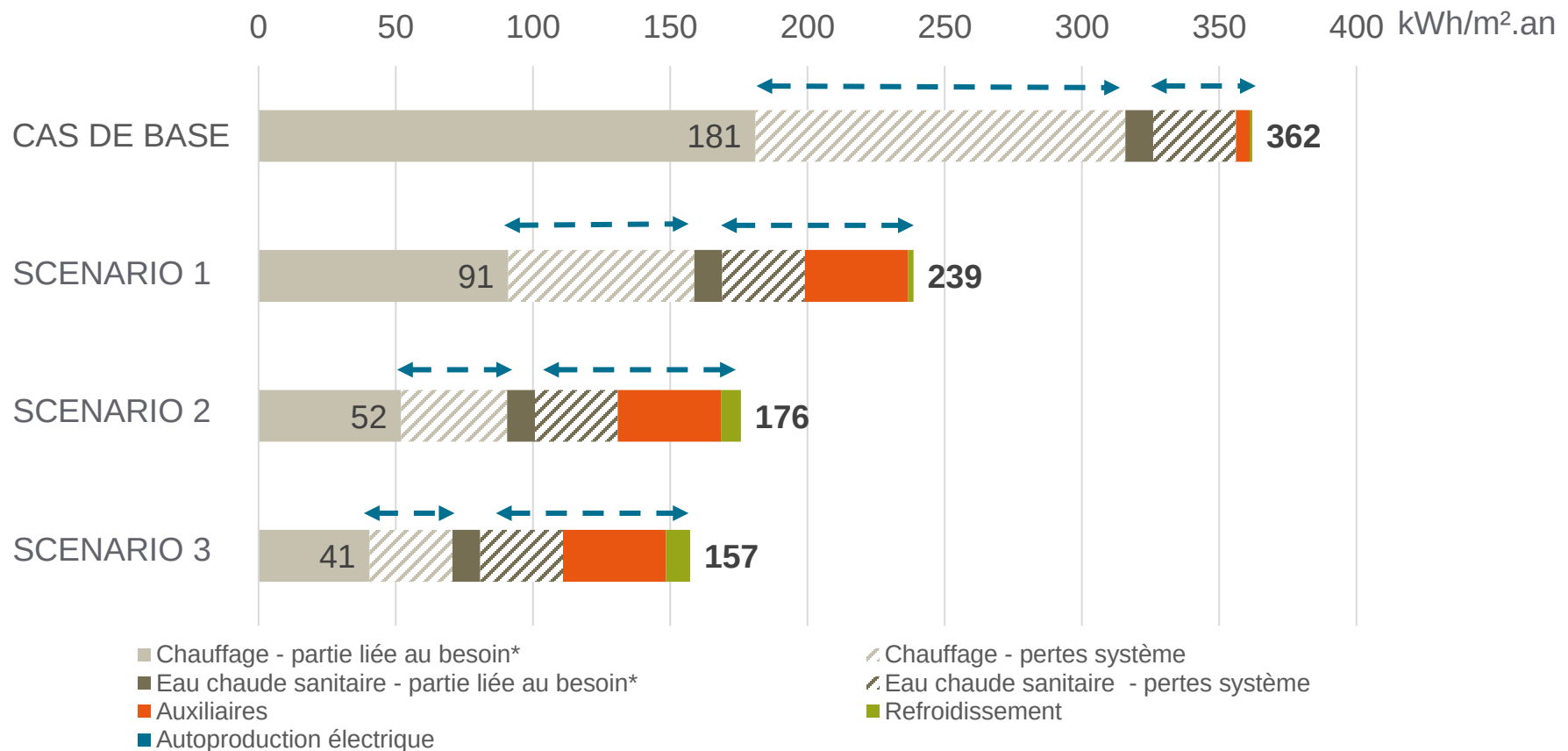
- Effet en Energie primaire (CEP) et part du BNC



## METTRE EN PLACE UNE STRATÉGIE...

### Rénovation de l'enveloppe + optimisation système [hors renouvelable]

#### ► Potentiel d'action...



## Rénovation de l'enveloppe + **optimisation système** [hors renouvelable]

► Potentiel d'action qui comprend :

- Chauffage – pertes systèmes
- ~~• Eau chaude sanitaire – partie liée au besoin~~
- Eau chaude sanitaire – partie systèmes
- Auxiliaires
- Refroidissement



**Une fois que le besoin de chauffage est minimisé, comment jouer sur les autres paramètres?**

- ▶ Eau chaude sanitaire – partie liée au besoin
- ▶ Chauffage – pertes systèmes
- ▶ Eau chaude sanitaire – pertes systèmes
- ▶ Auxiliaires
- ▶ Refroidissement



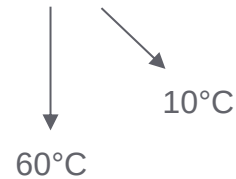
## Ordre de grandeur

- Consommation d'ECS ≈ 25 à 60L/personne/jour à 60°C

## Comment transformer une quantité d'eau en kWh?

$$\Rightarrow E \text{ [kWh]} = c * V \text{ [m}^3\text{]} * (T_c - T_f)$$

avec  $c = 1,16 \text{ kWh}/(\text{m}^3\text{K})$



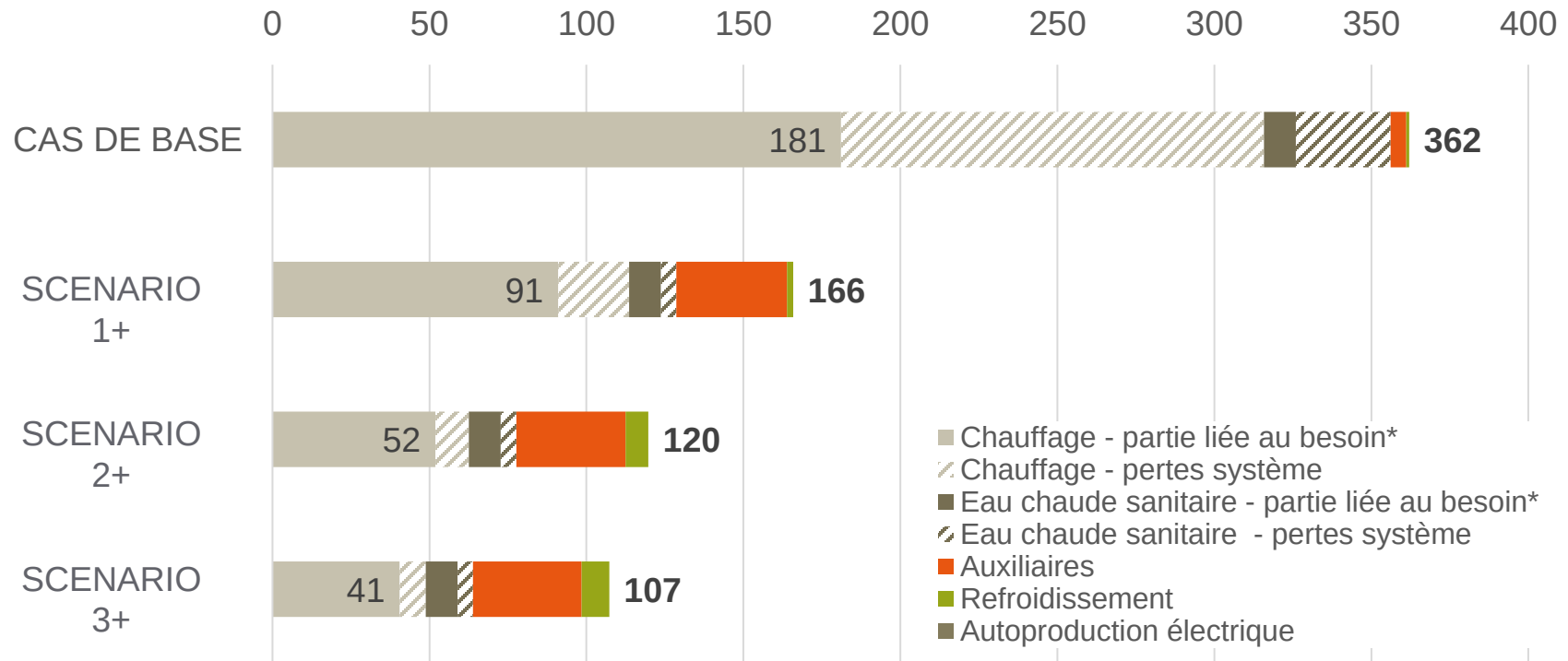
|                          | Besoin en volume<br>[m <sup>3</sup> ] | Besoin en energie<br>[kWh/an] | Si Surface de<br>plancher = 245m <sup>2</sup> |
|--------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------|
| 4 personnes à 25L/jour   | 36                                    | 2117                          | 9                                             |
| 4 personnes à 60L/jour   | 88                                    | 5080                          | 21                                            |
| Selon PEB maison exemple |                                       | 2480                          | 10                                            |



## ZOOM SUR LES PERTES SYSTEMES (ECS/CHAUFFAGE)

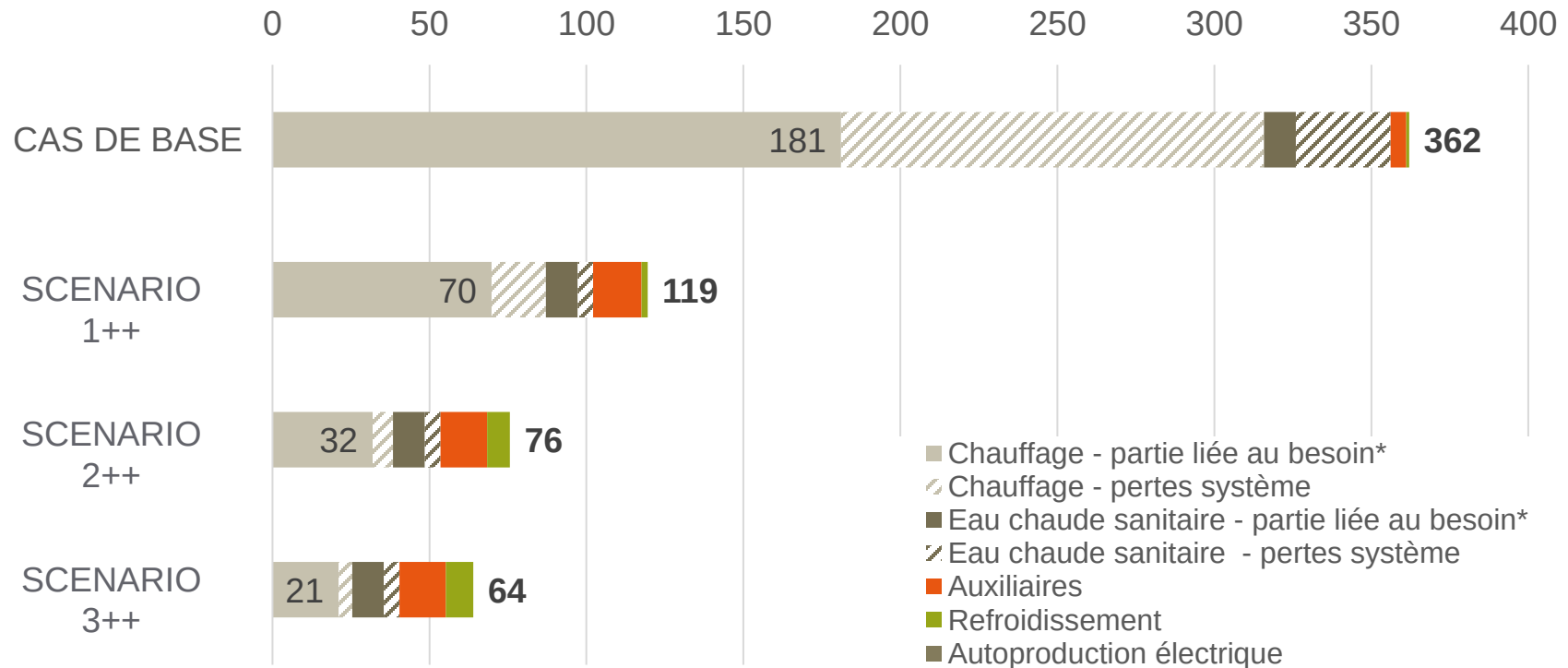
### Ordre de grandeur

- Remplacement de la chaudière non-condensation par une chaudière condensation



## Ordre de grandeur

- Ventilation + Auxiliaires détaillés



QUELQUES RAPPEL

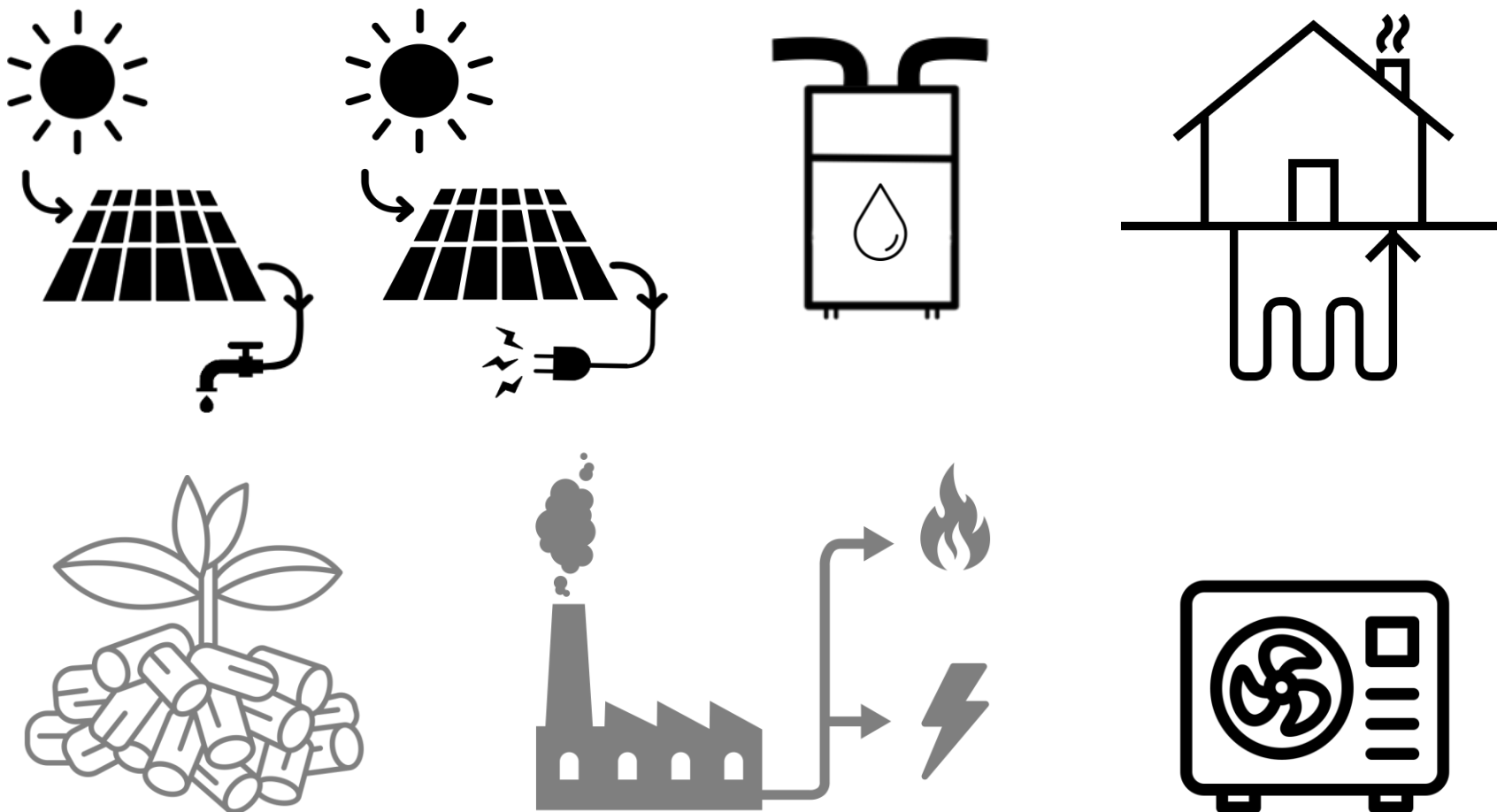
DÉFINIR SES GUIDELINES

## CONCEVOIR INTELLIGEMMENT...

- Sobriété
- Efficacité
- **Renouvelables**

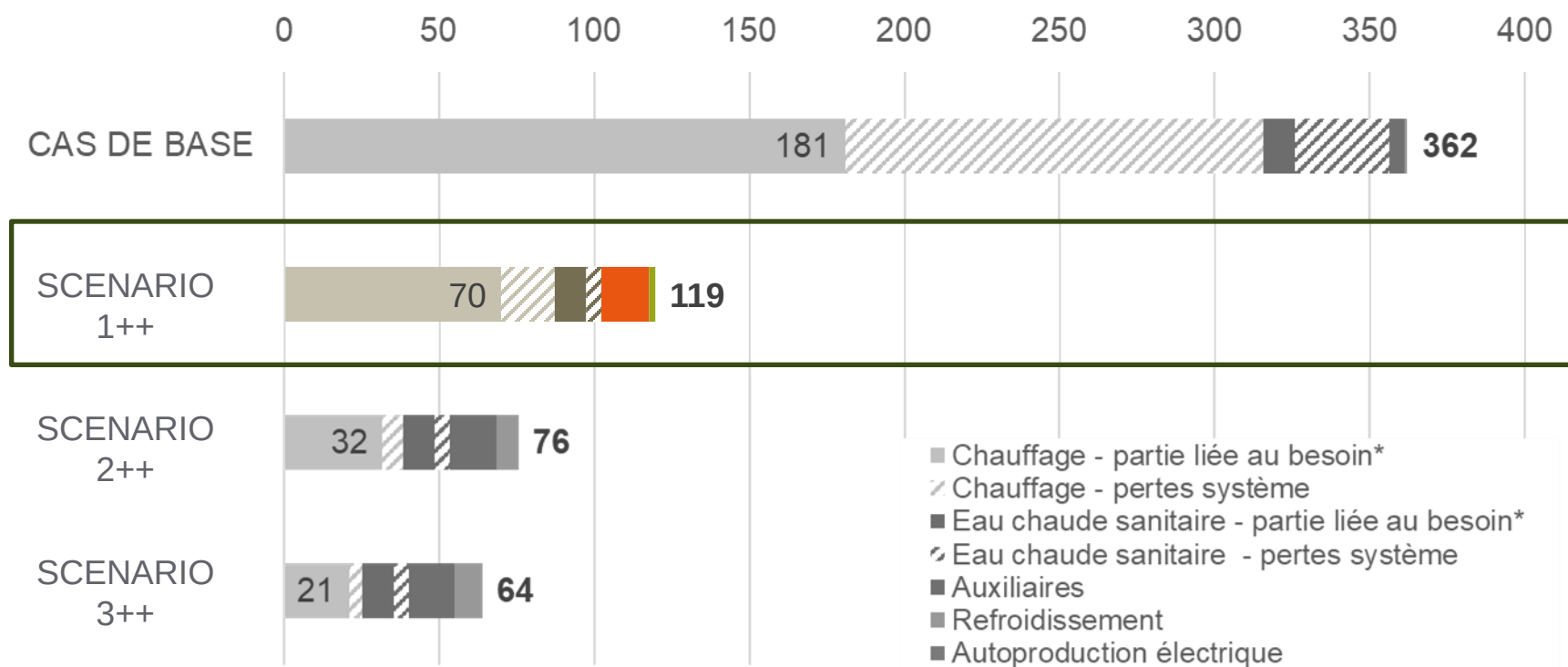


## Aperçu des différentes sources d'énergie renouvelable



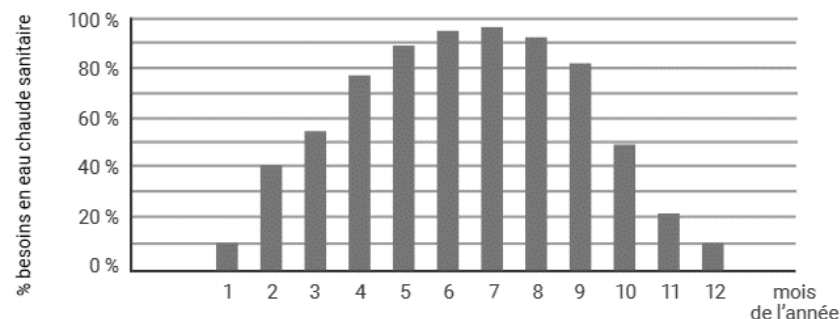
### Note pour la suite

- ▶ Les exemples seront illustrés au départ de ce cas de figure
- ▶ Une vision globale sera reprise en fin de présentation



## Installation solaire thermique

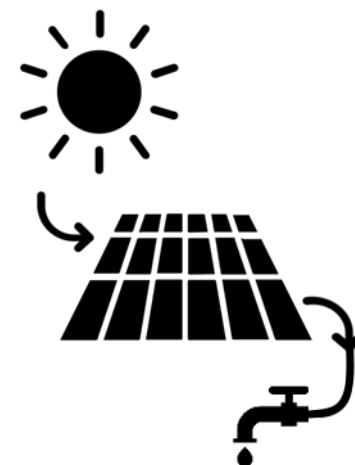
- Ordres de grandeurs
  - Fraction solaire à viser  $\approx 60\%$  avec une installation bien dimensionnée
  - 4 à 5 m<sup>2</sup> de panneaux plans (3 m<sup>2</sup> de tubes sous vide) couplés à un ballon de 300 litres pour un ménage de 4 personnes.



Source : Homegrade

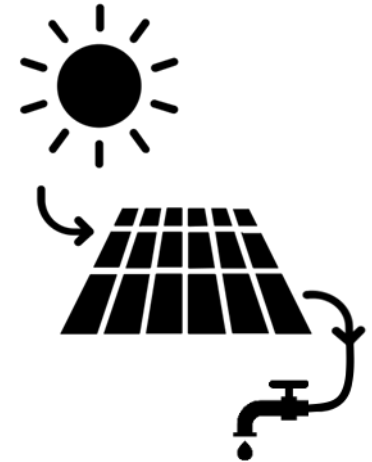
|                    | Besoin en énergie<br>[kWh/m <sup>2</sup> .an] | Énergie produite<br>[kWh/m <sup>2</sup> .an] | CEP<br>[kWh/m <sup>2</sup> .an] |
|--------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|
| PEB sans solaire   | 10                                            |                                              | 119                             |
| PEB avec solaire * |                                               | -5,9                                         | 114                             |

\* Pour 5m<sup>2</sup> de surface de capteurs et 300l de volume de stockage



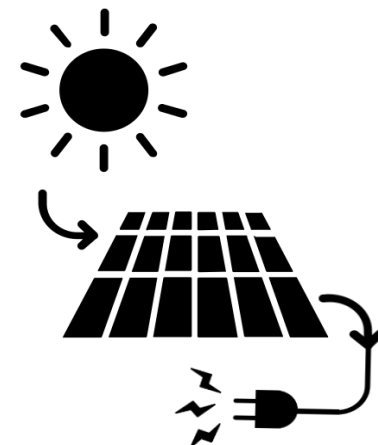
## Installation solaire thermique

- ▶ Avantages / Inconvénients
  - (+) autonomie en période estivale
  - (-) appoint toujours nécessaire
  - (+) taux de recyclage très élevé (proche de 90%)
  - (-) Encombrement ballon de stockage et surcharge
  - (-) Consommation des auxiliaires (+ entretien)
  - (-) Rentabilité?
  
- ▶ Précautions
  - Dimensionnement
  - Orientation / ombrage



## Installation solaire photovoltaïque

- ▶ Ordres de grandeurs
  - 1 panneau  $\approx 400\text{Wc} \approx 1,1 \times 1,6\text{m}$
  - $1\text{kWc} \rightarrow 1000 \text{ kWh/an}$  pour une orientation optimale
- ▶ Avantages / Inconvénients
  - (+) Intégration en rénovation
  - (-) Ombrage et orientation du bâtiment imposés en rénovation
- ▶ Points d'attention
  - Couverture à maximiser
  - Dimensionnement onduleur
  - Installation électrique existante



|                                   | Energie produite | Energie économisée<br>[kWh <sub>EP</sub> /m².an] | CEP<br>[kWh/m².an] |
|-----------------------------------|------------------|--------------------------------------------------|--------------------|
| PEB sans solaire photovoltaïque   |                  |                                                  | 119                |
| PEB avec solaire photovoltaïque * | 3.429 kWh        | -35                                              | 84                 |

\*Pour 4kWc (10panneaux) à 40° plein sud



## Boiler thermodynamique

= pompe à chaleur air/eau conçue spécifiquement pour la préparation d'ECS

- ▶ Ordres de grandeurs
  - sur air extérieur : SCOP de l'ordre de 2,70
  - sur air intérieur : SCOP de l'ordre de 3,4
- ▶ Avantages / Inconvénients
  - (+) Intégration en rénovation
  - (-) bruit
  - (-) intégration de la prise/rejet d'air



|                                  | Energie économisée<br>[kWh <sub>EP</sub> /m².an] | CEP<br>[kWh/m².an] |
|----------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------|
| PEB sans boiler thermodynamique  |                                                  | 119                |
| PEB avec boiler thermodynamique* | -5                                               | 114                |

\*100% des besoins en ECS



## Pompe à chaleur aérothermique

### ► Ordres de grandeurs

- SCOP  $\approx 3,5$  (W35)

= rapport - sur la saison de chauffe - entre la puissance calorifique délivrée par la PAC et la puissance électrique absorbée dans des conditions de  $t^\circ$  définies.

- puissance acoustique  $\approx 50$  à  $65$  décibels

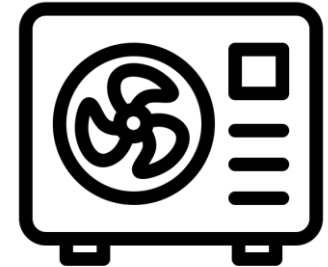
= l'énergie sonore émise par l'unité extérieure de la PAC exprimé en décibels.

### ► Avantages / Inconvénients

- (+) Solution hydrique possible
- (+/-) Possibilité de faire du froid

### ► Points d'attention

- Fonctionnement à basse température à assurer le plus longtemps possible (améliore l'efficacité et réduit la consommation électrique)
- Emetteur de chaleur compatible avec ce fonctionnement basse température
- ECS possible mais COP dégradé
- Acoustique pour le voisinage
- Démarche administrative (PU)



## Pompe à chaleur aérothermique

- Points d'attention
  - Acoustique pour le voisinage



PAC placée au sol ou sur une terrasse  
(champ libre)



PAC placée contre un mur : + 3 dB(A)

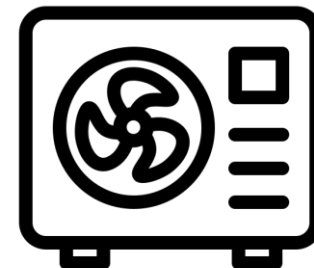


PAC placée dans un coin : + 6 dB(A)



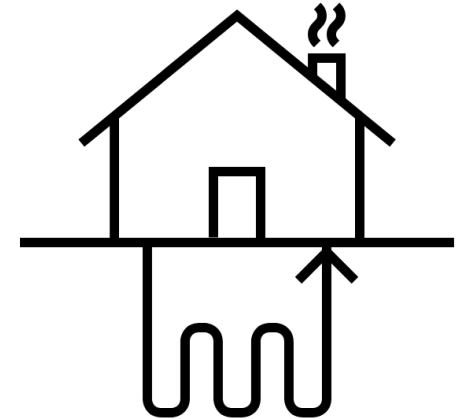
PAC placée dans une cour  
intérieure : + 9 dB(A)

Source : Bruxelles Environnement



## Pompe à chaleur géothermique

- ▶ Ordres de grandeurs
  - SCOP  $\approx 4,5$  (W35)
  - $\approx 50\text{W/m}$
  - $\approx 100\text{ m}$  de forage vertical pour une puissance de 5kW
  - émission optimale en régime  $< 35/45$
- ▶ Avantages / Inconvénients
  - (+) Bilan énergie primaire / environnemental :  
« chauffage électrique direct  $<$  chaudière gaz  $<$  PAC  $<$  PAC géothermie »
  - (+) Potentiel de refroidissement naturel (geocooling)
  - (-) Coût
  - (-) Espace nécessaire (rénovation!)
- ▶ Points d'attention
  - ECS possible mais COP dégradé
  - Dimensionnement, TRT, hydrogéologie (nappe phréatique)...
  - Démarche administrative (PE,...)





## Sur quoi agit-on ?



+



+



+



+



Chauffage

ECS

Auxiliaires

Refroid.

Autoprod.  
d'électricité

Solaire thermique

Solaire photovoltaïque

Boiler thermodynamique

PAC aérothermique

PAC géothermique



171

## EN PRATIQUE ...



## Quelle compatibilité ?

|                        | Solaire thermique | Solaire photovoltaïque | Boiler thermodynamique | PAC aérothermique | PAC géothermique |
|------------------------|-------------------|------------------------|------------------------|-------------------|------------------|
| Solaire thermique      |                   |                        |                        |                   |                  |
| Solaire photovoltaïque |                   |                        |                        |                   |                  |
| Boiler thermodynamique |                   |                        |                        |                   |                  |
| PAC aérothermique      |                   |                        |                        |                   |                  |
| PAC géothermique       |                   |                        |                        |                   |                  |





## Quels résultats en CEP ?

= consommation spécifique annuelle  
d'énergie primaire [kWh/m²K]



Ch. gaz à condensation +  
optimisation ventilation

119

76

64

Solaire thermique  
5m² de capteurs et 300l de stockage

114

70

58

Solaire photovoltaïque  
4kWc à 35° plein sud

84

41

29

Boiler thermodynamique  
100% des besoins en ECS

114

70

PAC aérothermique  
100% des besoins en chauffage

71

PAC géothermique  
100% des besoins en chauffage

79





## Outils

- ▶ Potentiel solaire (thermique et/ou photovoltaïque)
  - [Carte solaire de la Région de Bruxelles-Capitale](#)
  - [PVgis](#)
- ▶ Estimer son auto-consommation
  - [Simulateur d'auto-consommation domestique](#)



## Formations

- ▶ Supports des [Formations Bâtiment Durable](#)
  - [Energies renouvelables](#)
  - [Installations techniques en rénovation unifamiliale](#)
  - [Pompe à chaleur : choix et conception](#)





- ▶ Les réglementations sont des balises
  - Pour comparer entre eux des projets qui y sont soumis
  - Pour donner une direction aux projets non soumis (tendre vers...)
- ▶ En parallèle, une réflexion propre au projet est nécessaire (sobriété, temporalité,...)
- ▶ Une conception intelligente demande
  - D'agir sur les besoins avant les systèmes
  - De mettre en place une stratégie compatible en période de chauffe et en période estivale
  - De suivre finement chaque mise en œuvre
- ▶ En dehors des cas « standards », des études sont nécessaires
- ▶ L'intégration des énergies renouvelables est indispensable pour décarboner les habitations individuelles.



**Florence Grégoire et Sophie Haine**

Ingénieur projet

écorce sa

 + 32 4 226 91 60 [info@ecorce.be](mailto:info@ecorce.be)

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

