

FORMATION BATIMENT DURABLE

EXIGENCES PEB EN RÉNOVATION

PRINTEMPS 2025

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**

CONCEVOIR INTELLIGEMMENT



Indicateurs

BNC
CEP I
BNR

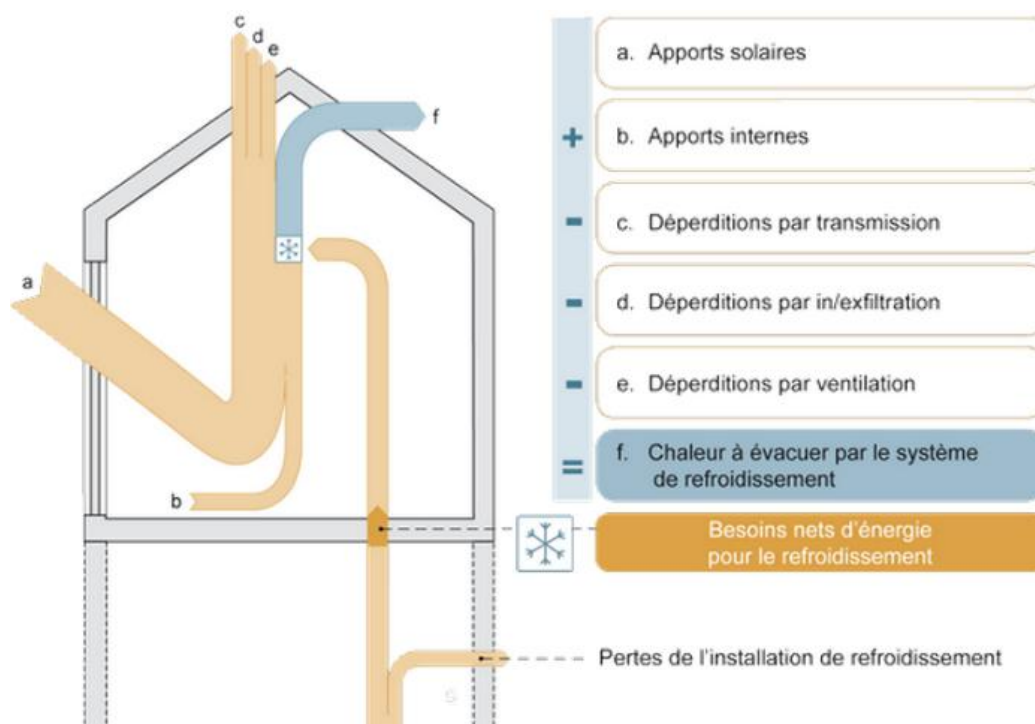


BNC = Besoin net en énergie de chauffage

Source : Guide PEB 2021 Région Wallonne



BNR = Besoin net en énergie de refroidissement

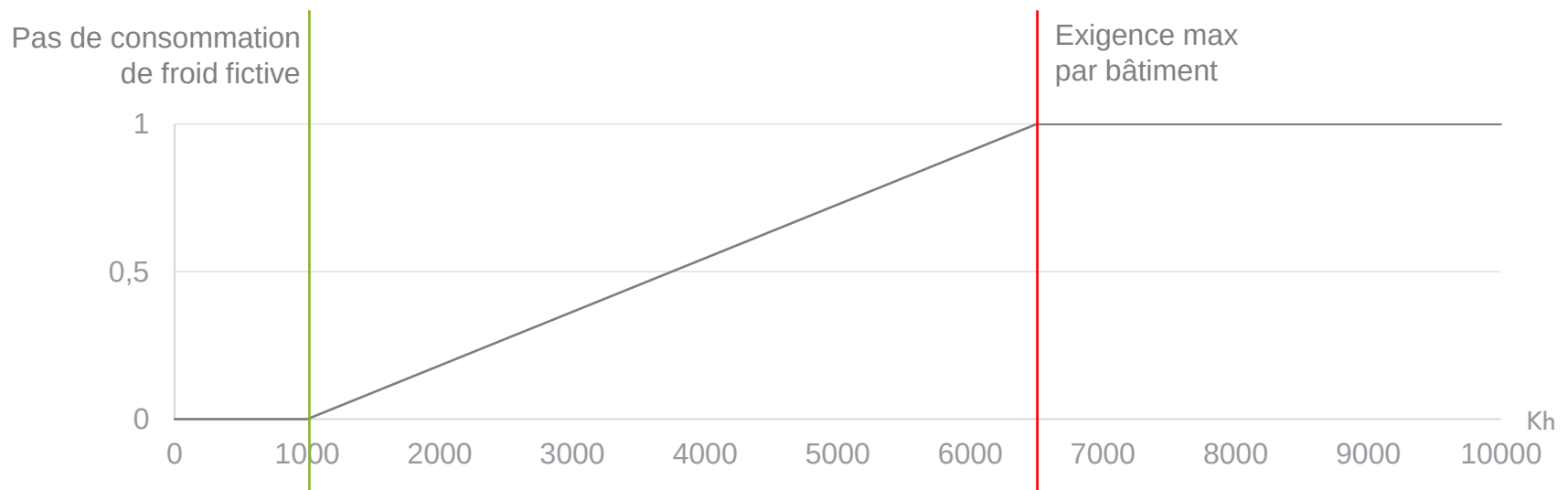


Source : Guide PEB 2021 Région Wallonne



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)



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

+

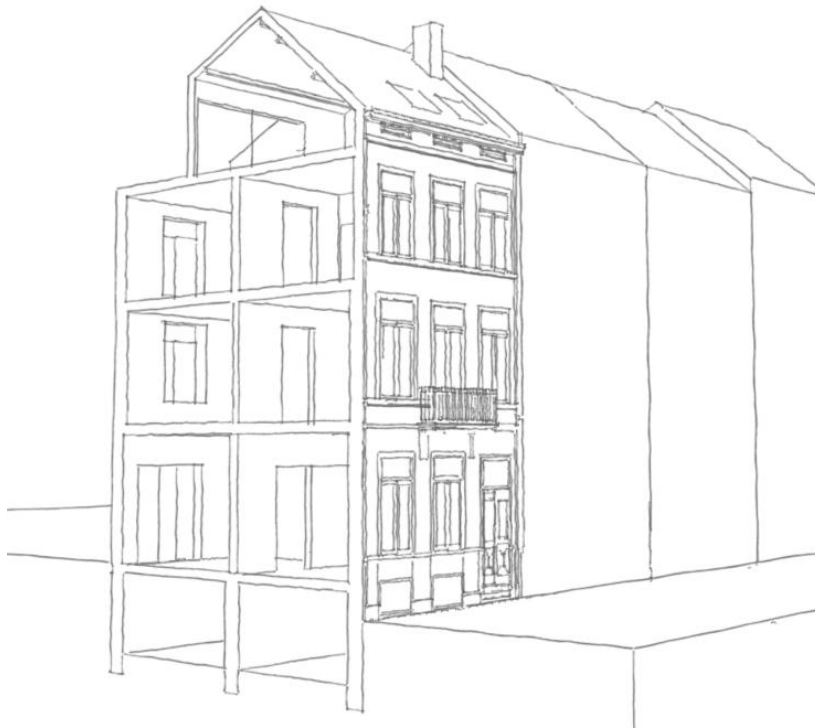


Eclairage

+

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

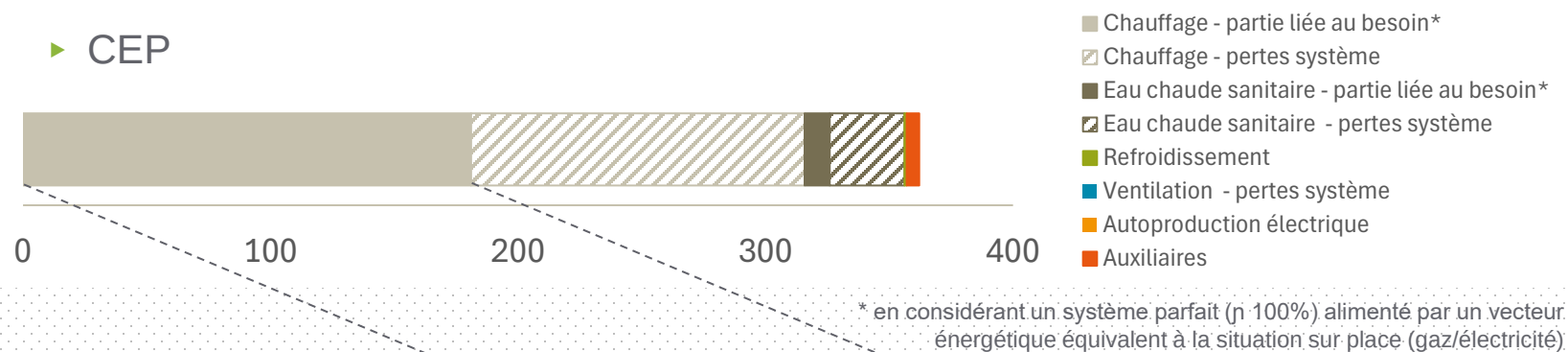


Quels étaient les principales conclusions de l'étude des scénarios?



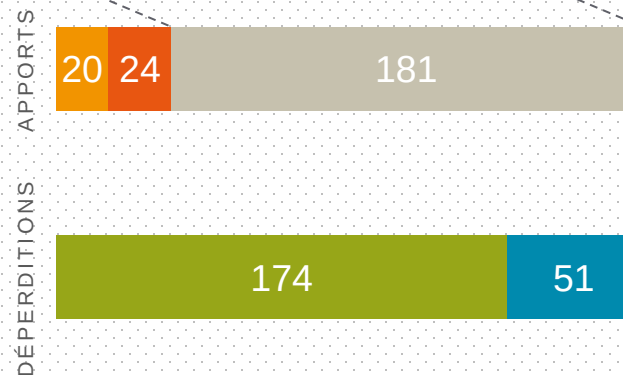
CAS de BASE

► CEP



► 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/m²K



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 - $\eta=80\%$

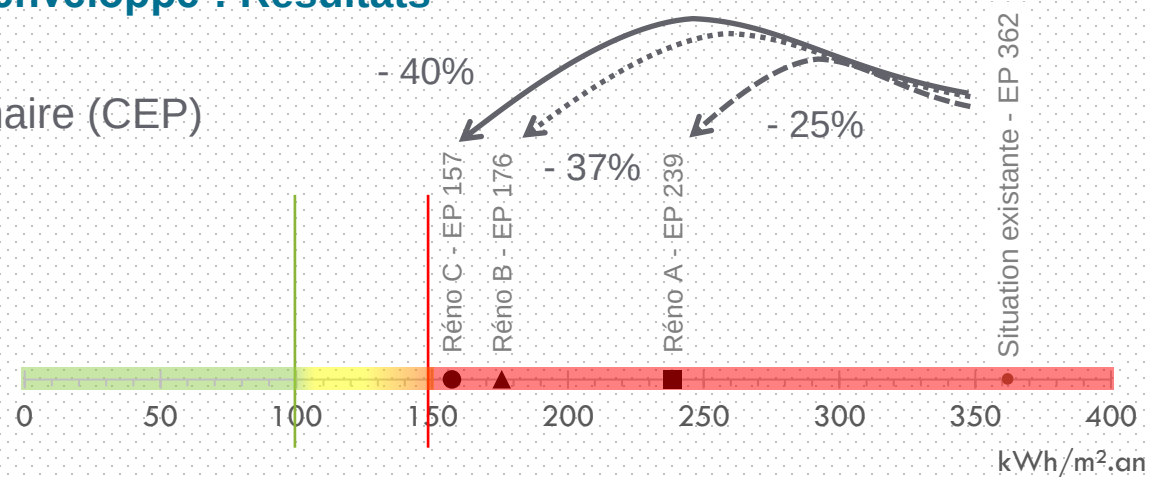
Etanchéité

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

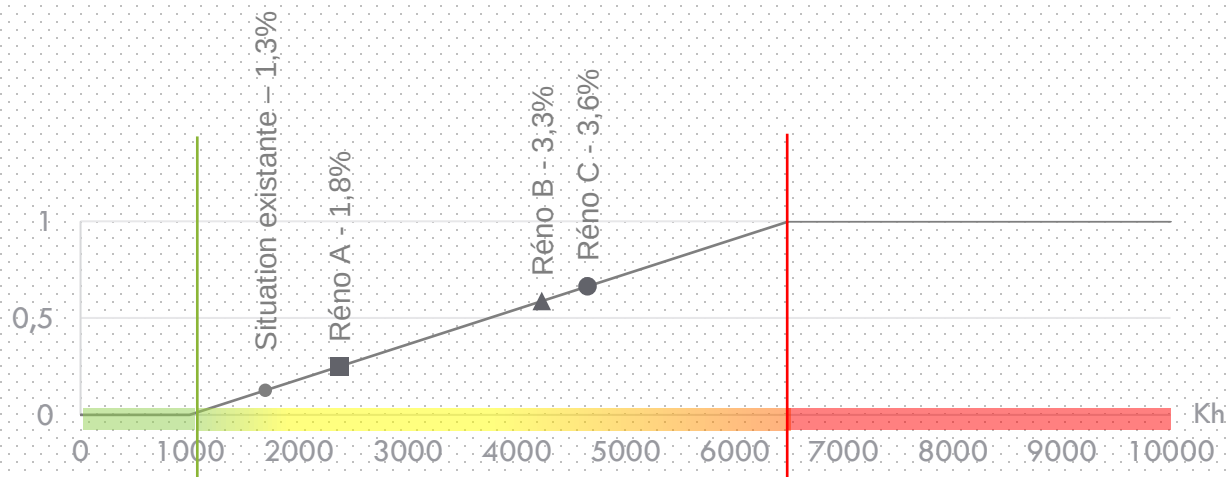


Rénovation de l'enveloppe : Résultats

► 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

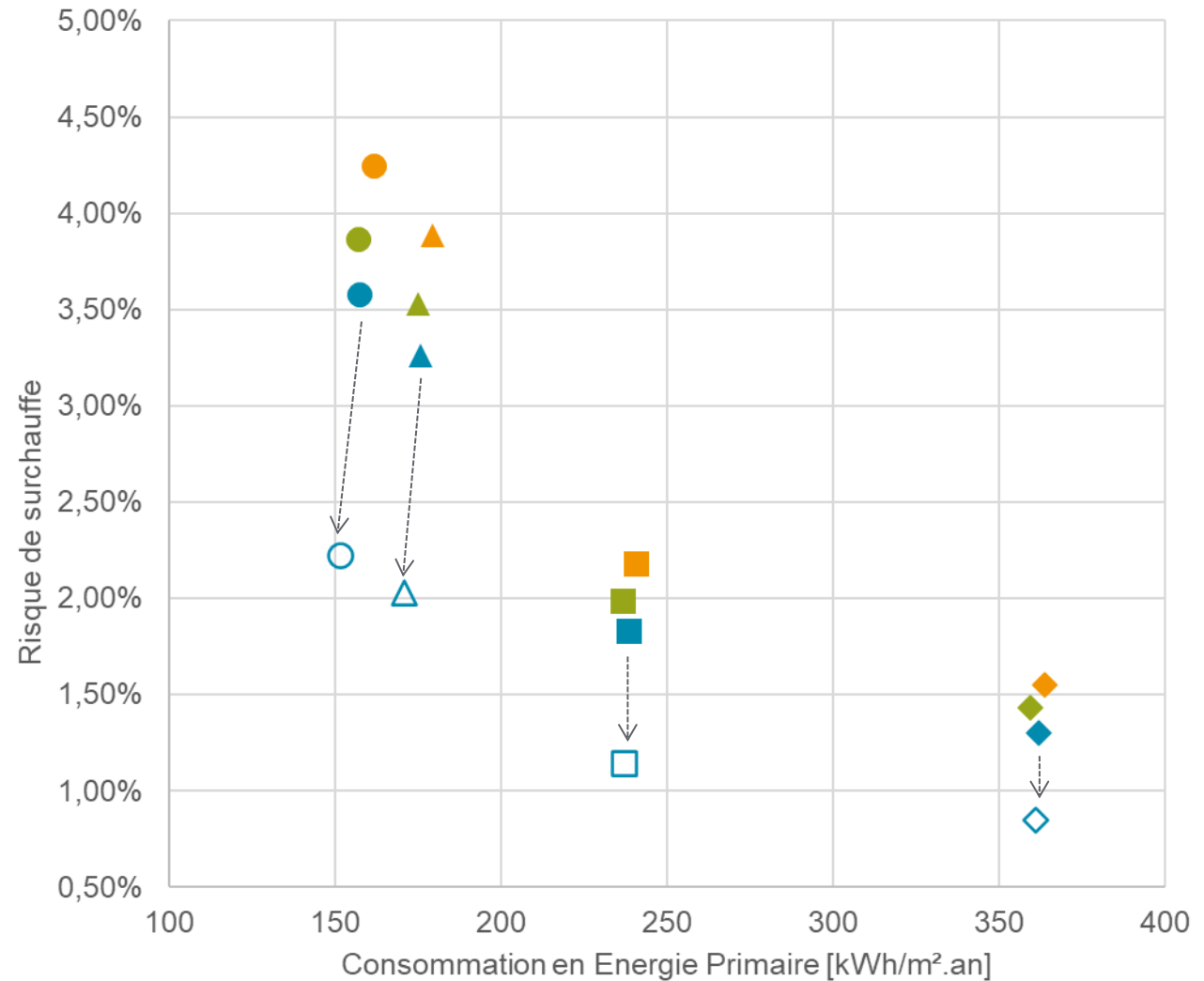
44



LEGENDE



Impact de l'orientation

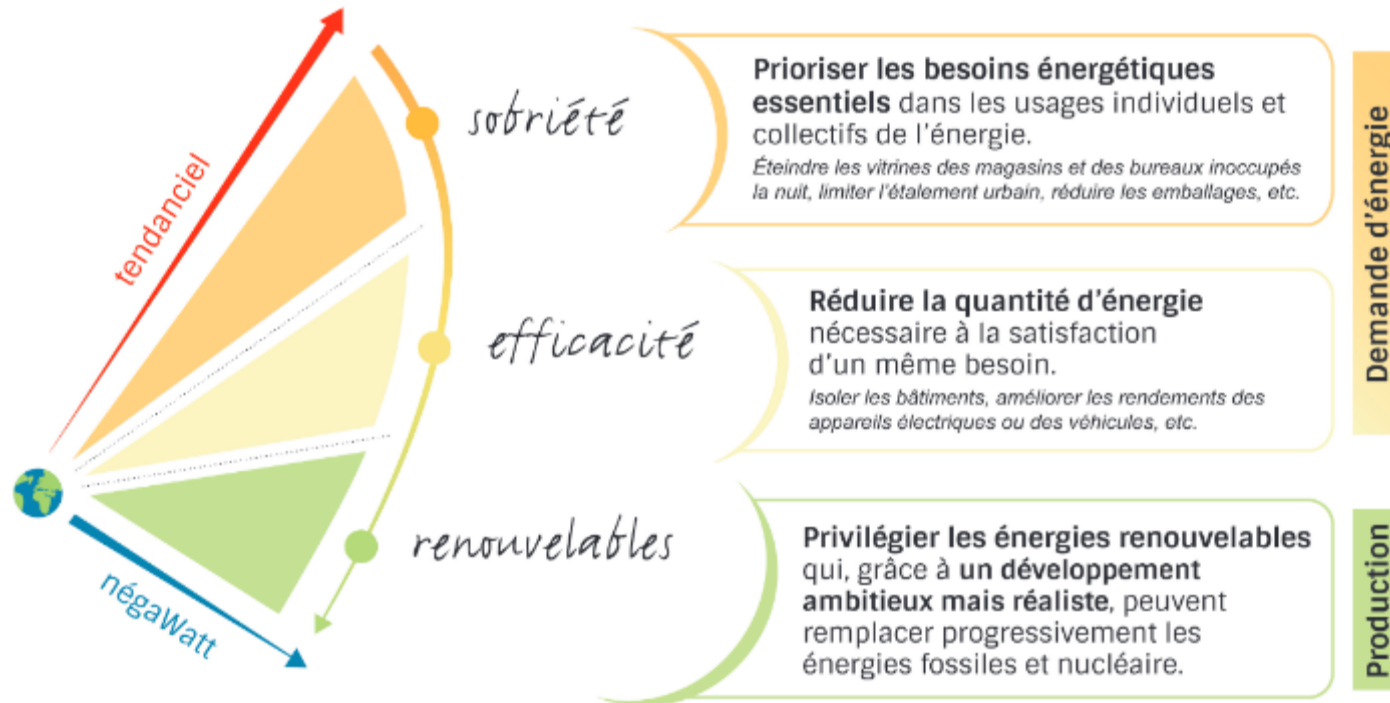


QUELQUES RAPPELS

CONCEVOIR INTELLIGEMMENT...



Préambule



Source / Bron : © Association négaWatt



QUELQUES RAPPELS

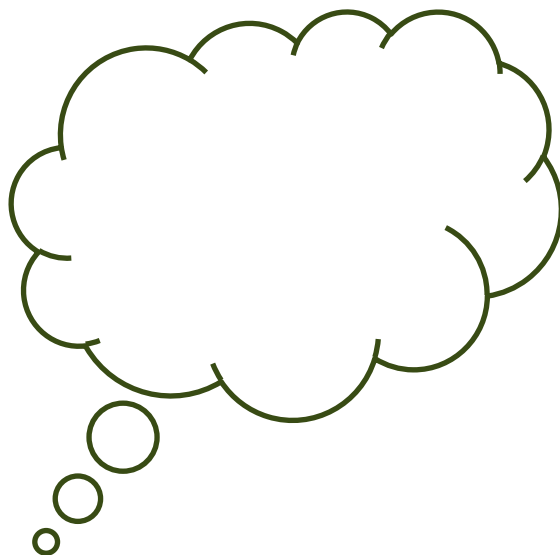
CONCEVOIR INTELLIGEMMENT...

- ▶ **Sobriété**
- ▶ Efficacité
- [▶ Renouvelables] —————▶ Sera présenté en J3



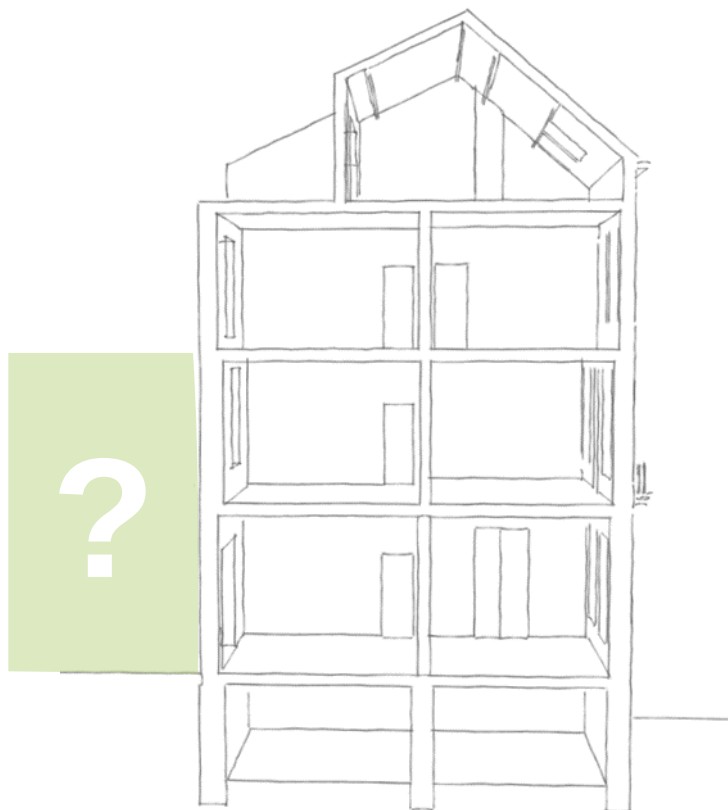
Quels sont les besoins énergétiques essentiels d'un logement ?

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/m².an
- ▶ Pour consommer moins, les m² sont aussi un moyen d'action



Quel est le volume à chauffer ?

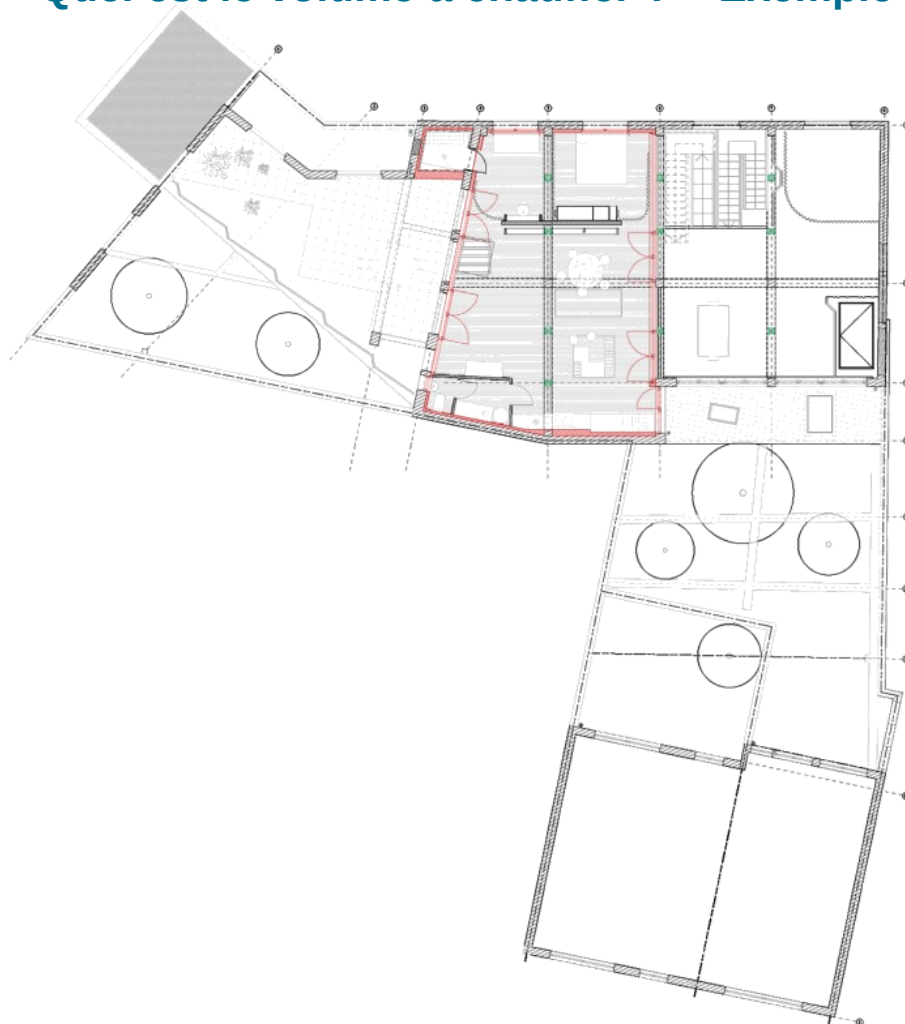
Volume chauffé

Versus

Volume protégé



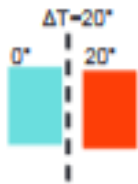
Quel est le volume à chauffer ? – Exemple 1



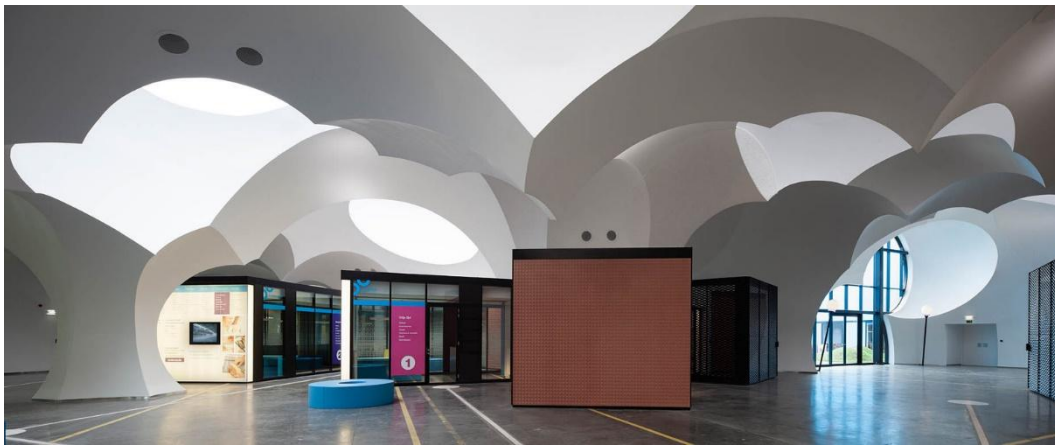
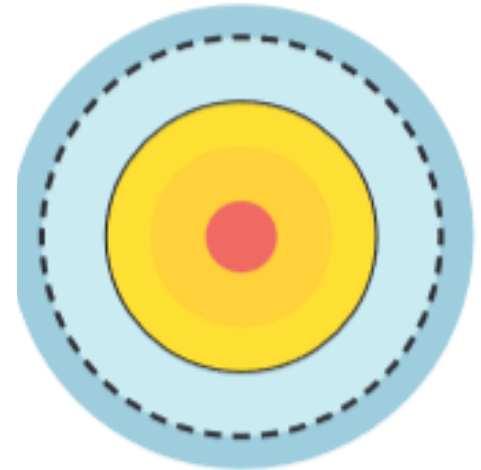
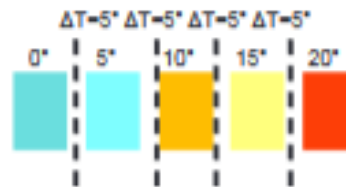
Source : Agwa - 1718_VERBIEST



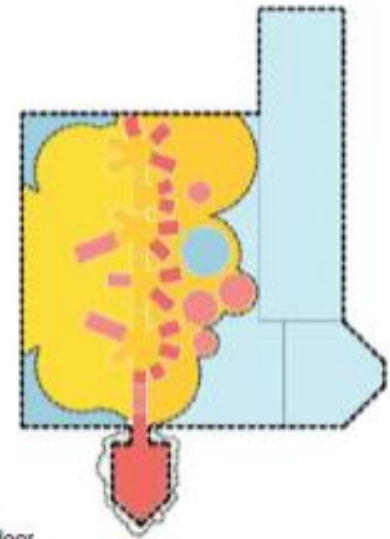
Quel est le volume à chauffer ? – Exemple 2



versus

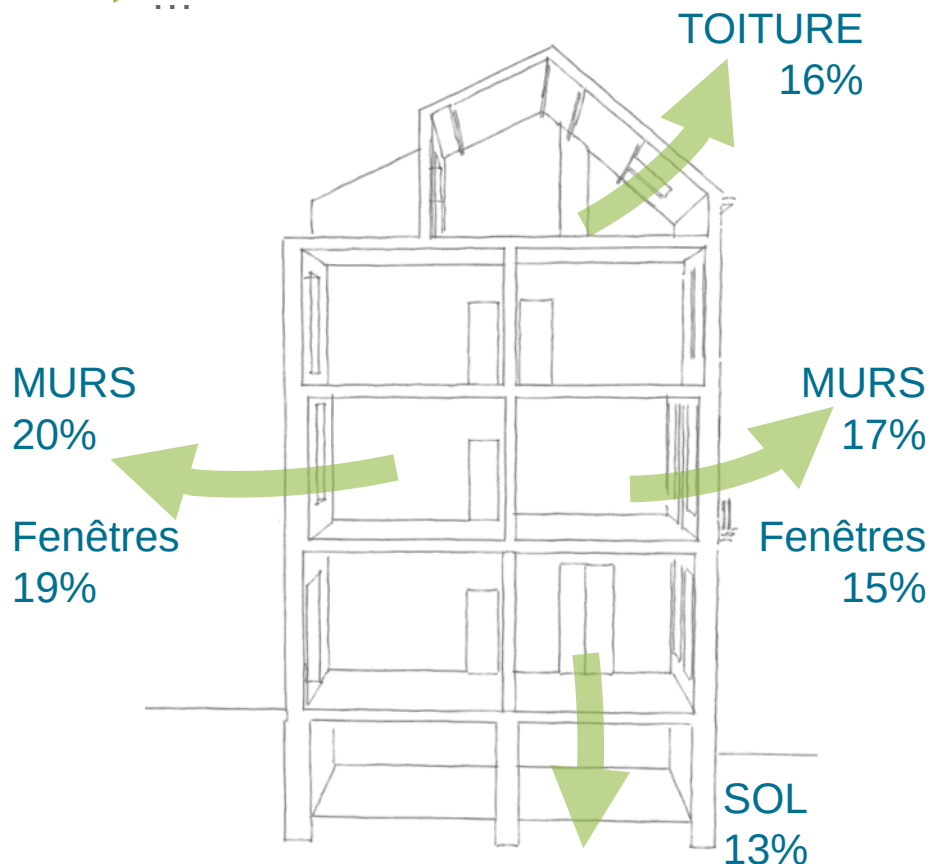


Source : passive architecture – Municipality of Oostcamp – architect : Carlos Arroyo



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

CONCEVOIR INTELLIGEMMENT...

- ▶ Sobriété
- ▶ **Efficacité**
 - **Définitions**
 - Mettre en place une stratégie
 - Application dans la pratique
- [▶ Renouvelables] —————> Sera présenté en J3



Efficacité

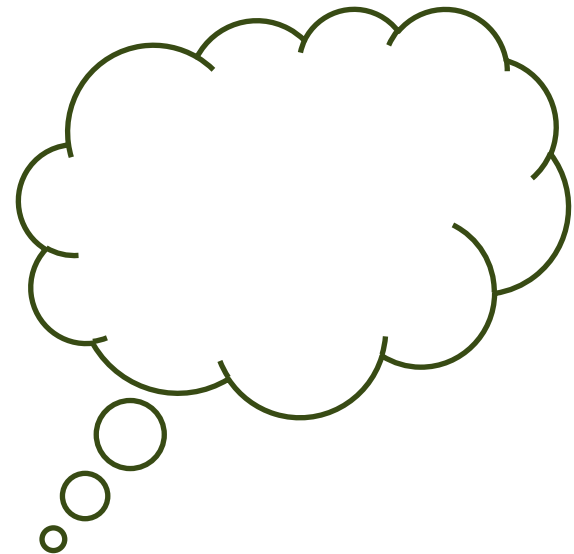
- ▶ Réduire la quantité d'énergie nécessaire à la satisfaction d'un même besoin

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

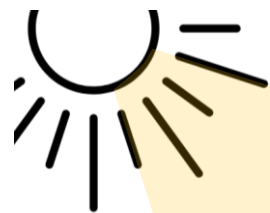
DÉFINIR SES GUIDELINES

CONCEVOIR INTELLIGEMMENT...

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

[▶ Renouvelables] —————> Sera présenté en J3





Capter la chaleur

Maximiser les apports



... en période de chauffage

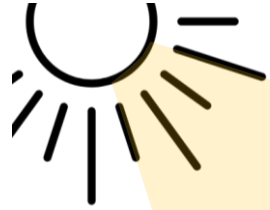
Minimiser les pertes

par ventilation

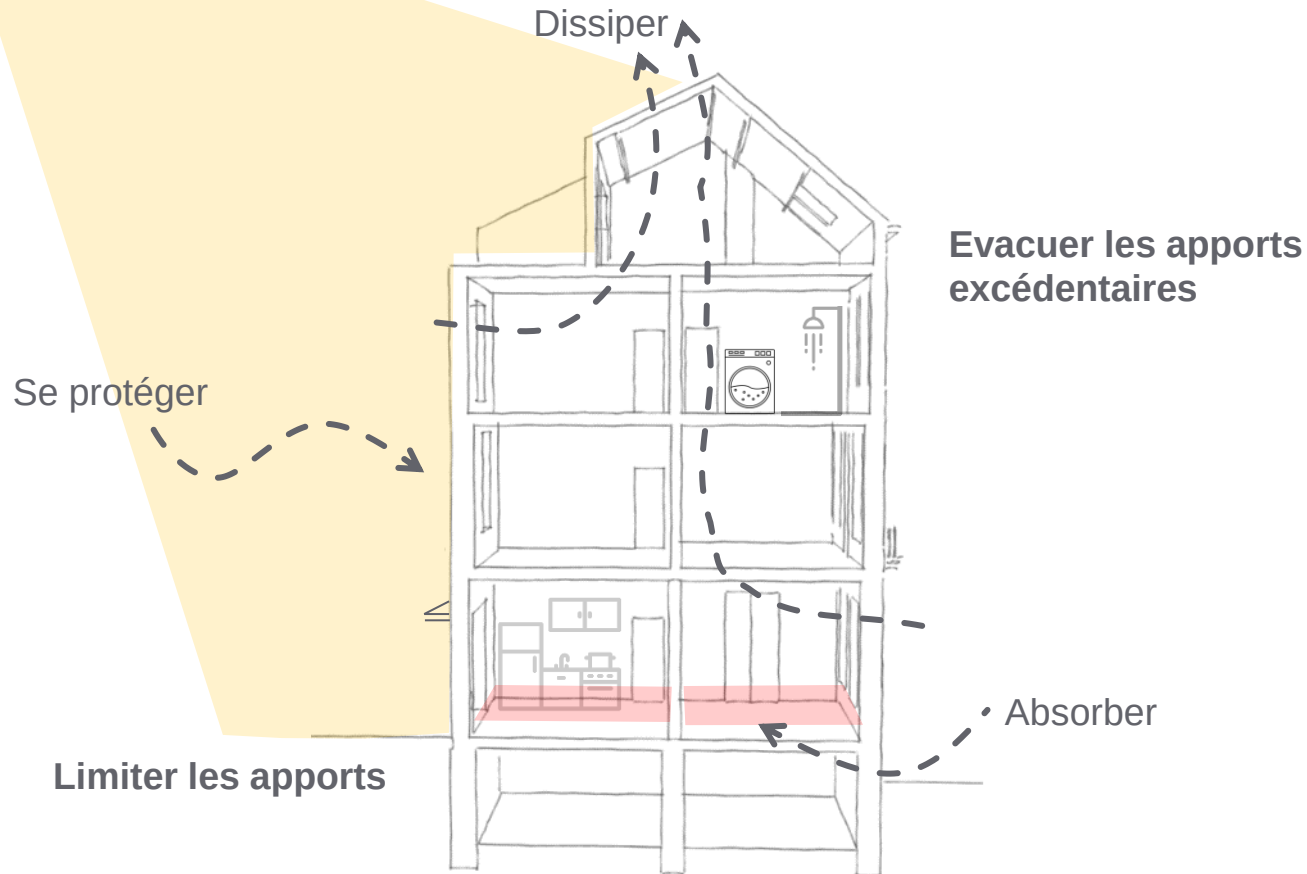
par infiltration

par transmission





& en période estivale !



QUELQUES RAPPELS

DÉFINIR SES GUIDELINES

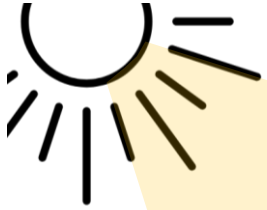
CONCEVOIR INTELLIGEMMENT...

- ▶ Sobriété
- ▶ **Efficacité**
 - Définitions
 - Mettre en place une stratégie
 - **Application pratique**
- [▶ Renouvelables] —————> Sera présenté en J3

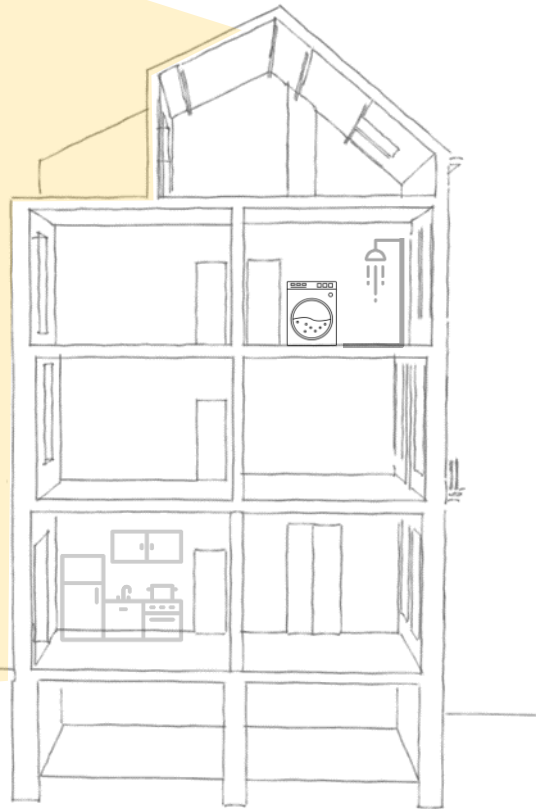


34

METTRE EN PLACE UNE STRATÉGIE...

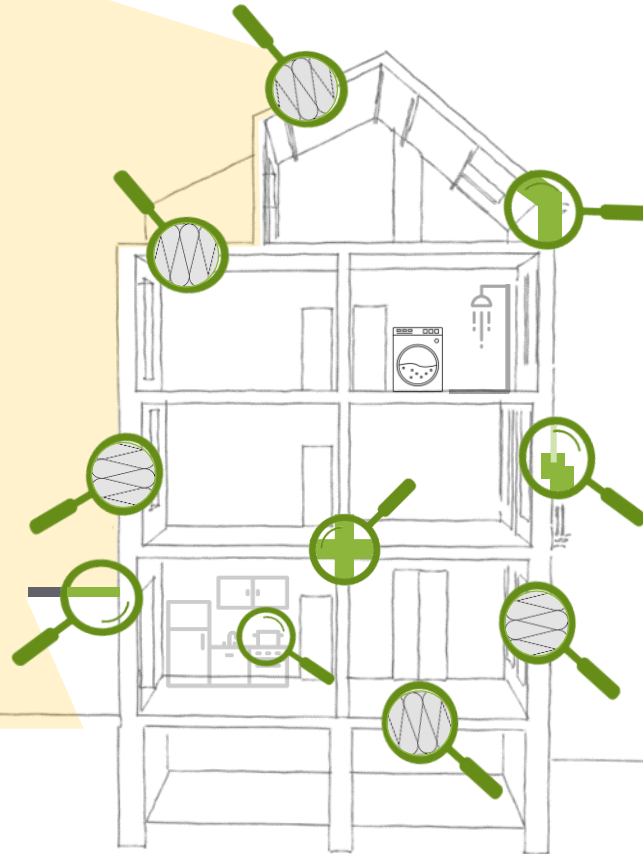
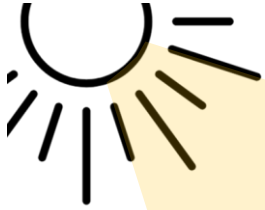


Où et comment peut-on agir sur la maison bruxelloise ?
Quels sont les principaux points d'attention / difficultés ?



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

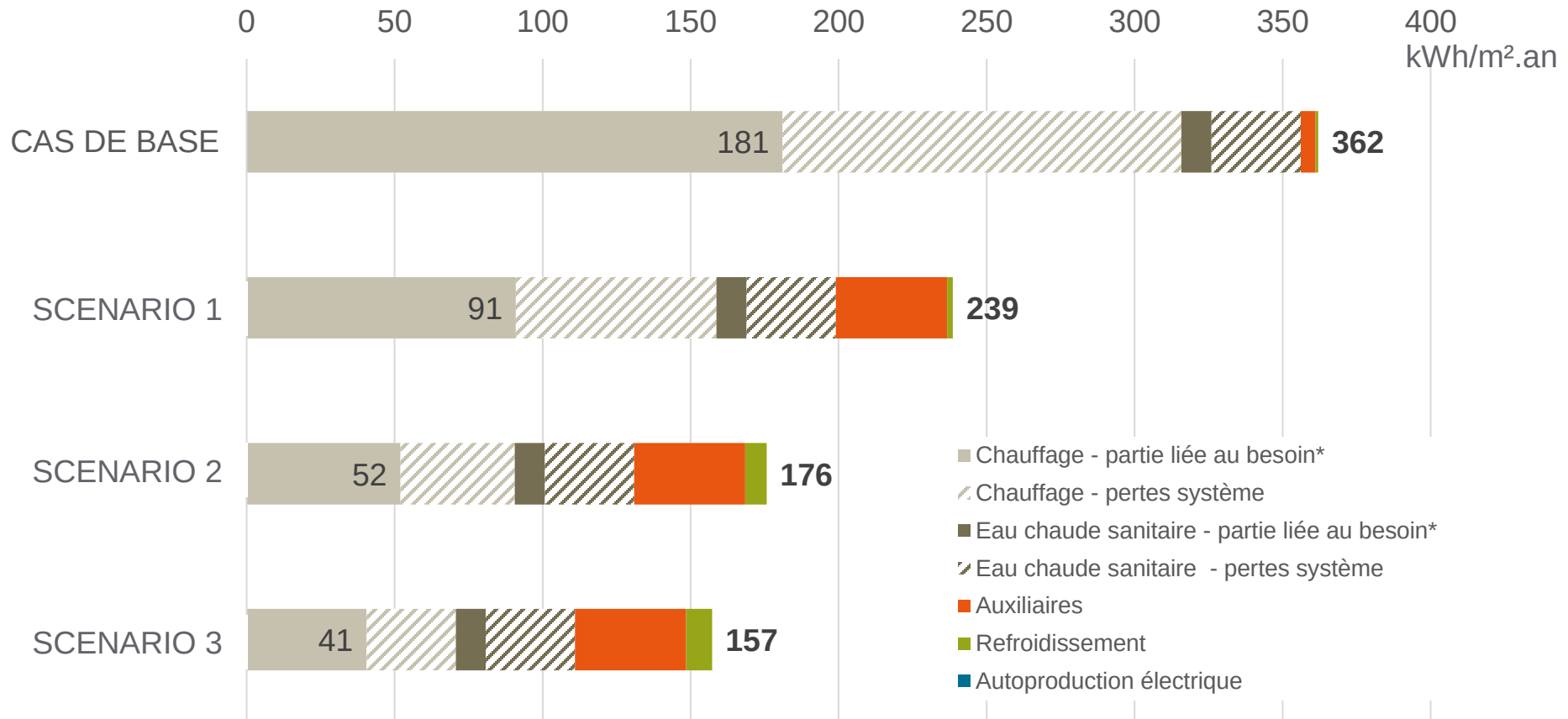
- Ventilation
- Sur-ventilation
- Etanchéité à l'air

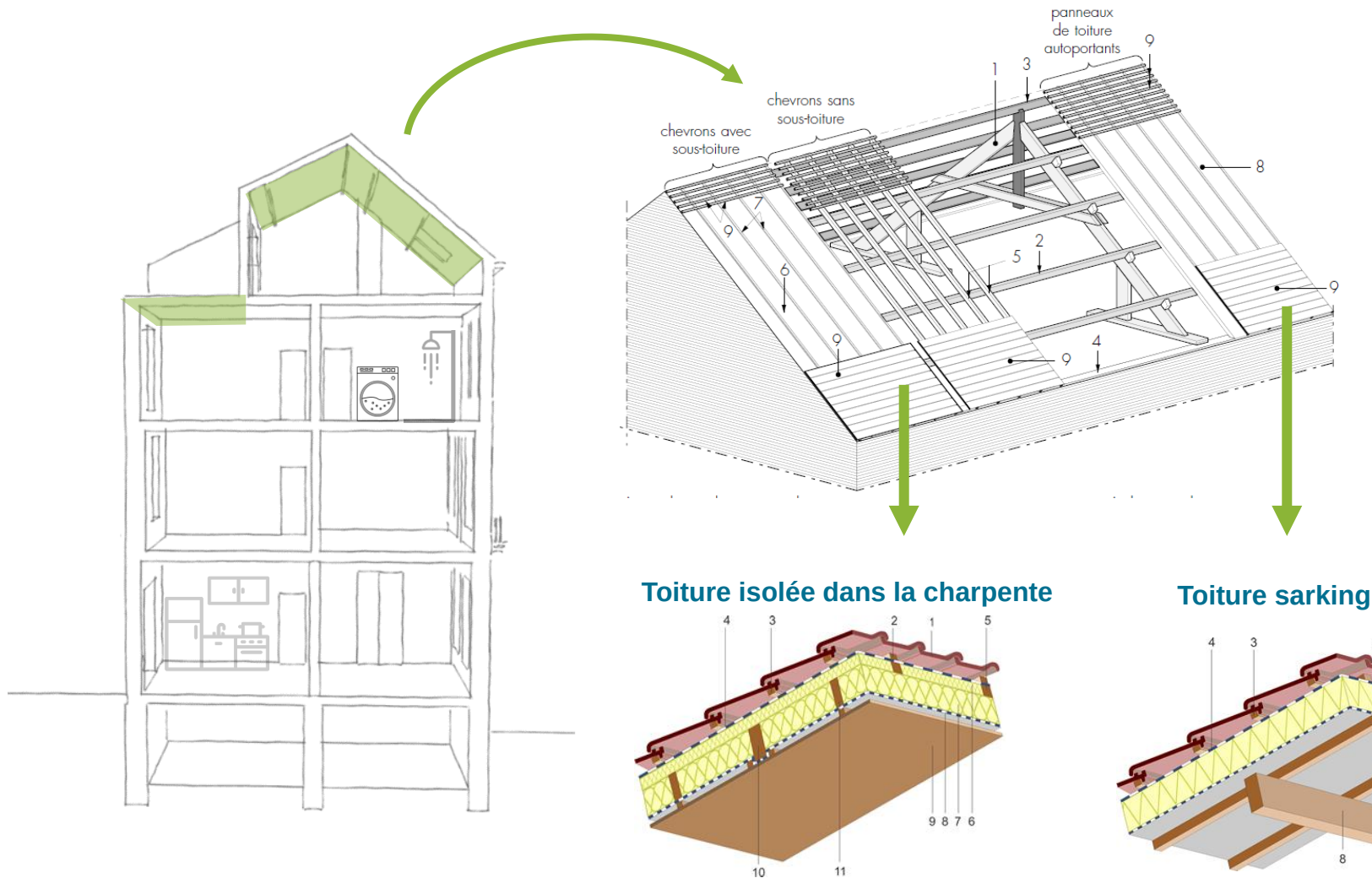
→ Conclusion ?



Rénovation de l'enveloppe : Résultats

- Energie primaire (CEP) et part du BNC





Sources / Bronnen : UCL – Architecture et climat



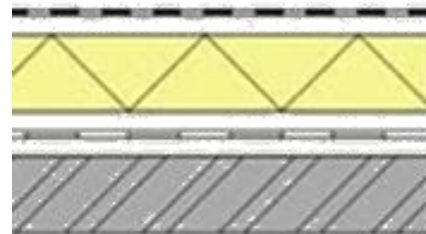


Structure continue

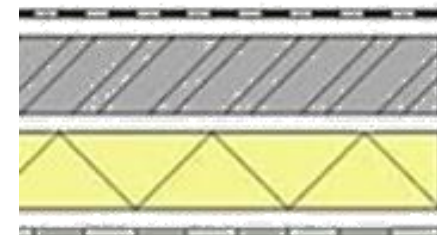
- Béton et dérivé (Dalle, Hourdis, Poutrains entrevous,...)
- Métal : bac acier (isolé ou non)
- Bois : CLT

Position de l'isolant ?

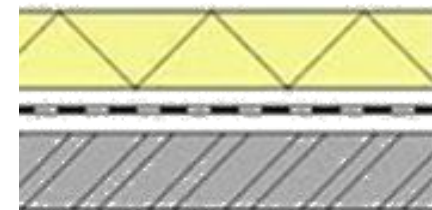
Toiture chaude



Toiture froide



Toiture inversée



Sources / Bronnen :
IKO.com



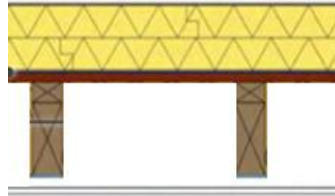


Structure discontinue

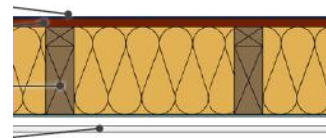
- ▶ Métal ou bois (majoritairement)
 - traditionnel (pannes - chevrons)
 - TJI (systèmes plus complexes : âme en acier,...)
 - caissons auto-portants

Position de l'isolant ?

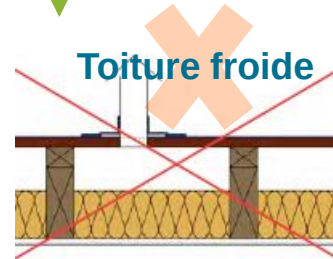
Toiture chaude



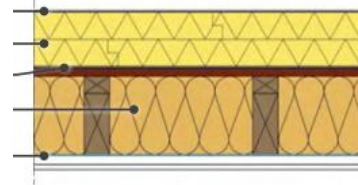
Toiture compacte



Toiture froide



Toiture mixte

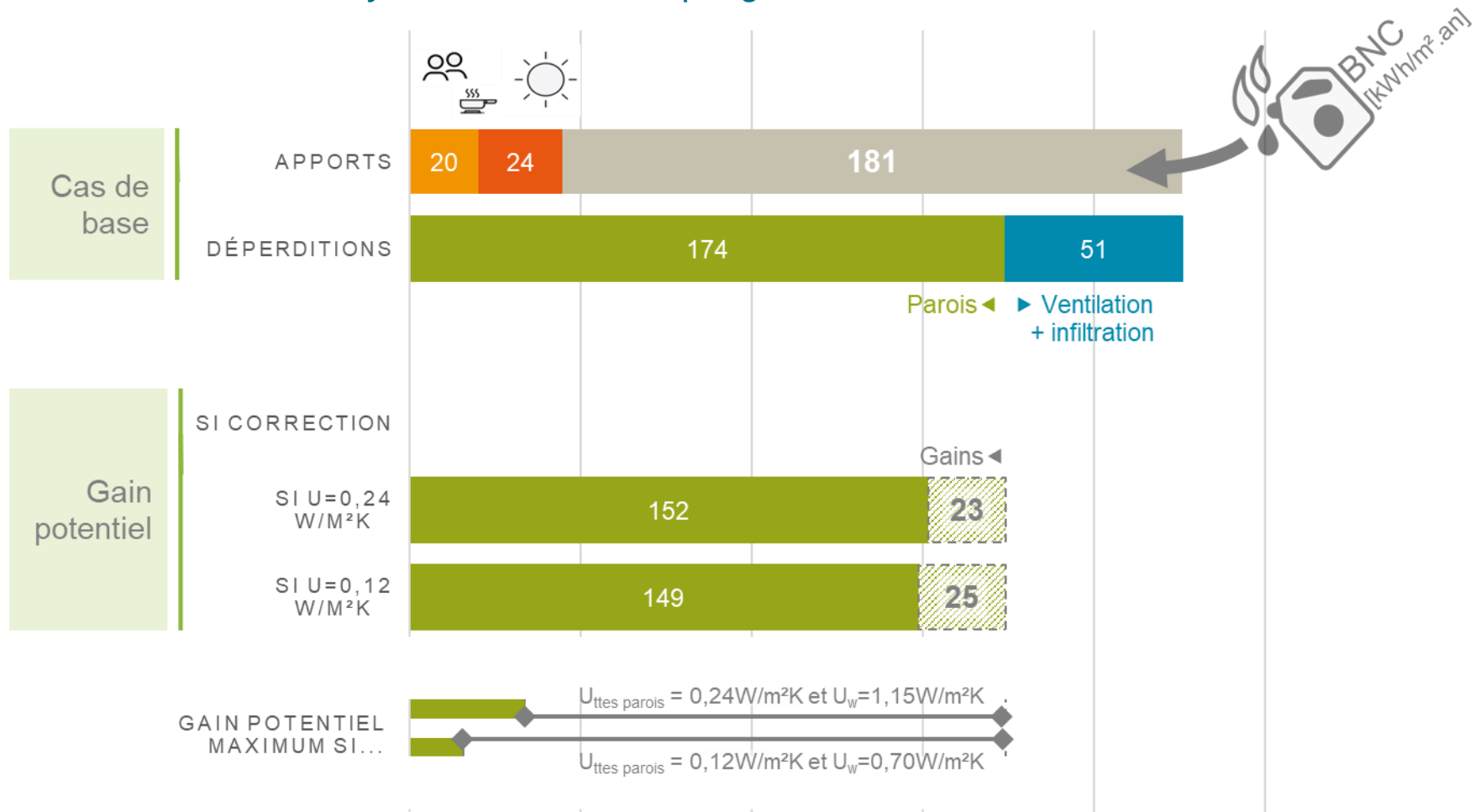


Sources / Bronnen : Homegrade



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 (rigide)	Laine minérale + fraction de bois	Fibre de 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

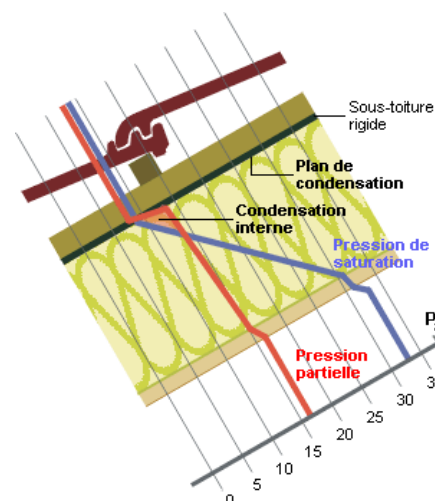
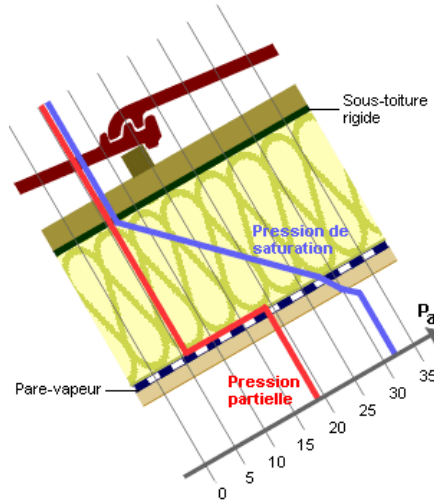
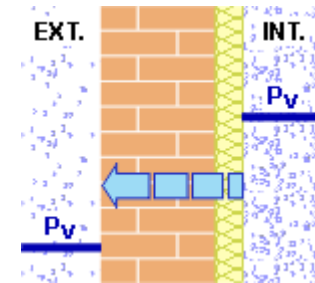
(*) Afin de maximiser l'influence sur l'inertie thermique, l'un des matériaux les plus lourds du marché a été utilisé lors des simulations.

Source: CSTC Contact 2021/2



Points d'attention

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



Points d'attention

- ▶ Anticiper les détails
 - Nœuds constructifs

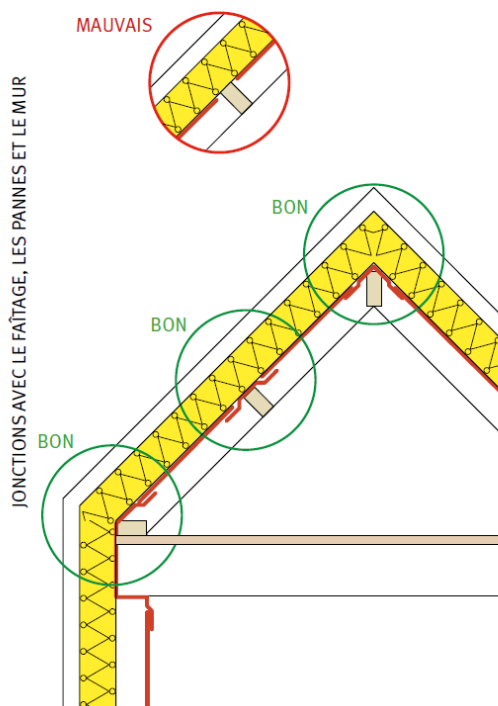


Source / Bron : écorce



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

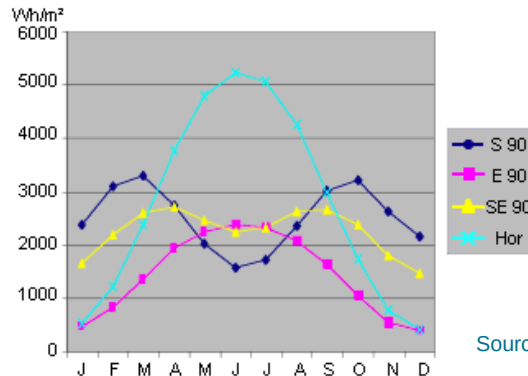
- Avoir une réflexion sur les ouvertures

- Déperditions
 - 1m² de fenêtre est ≈6X plus déperditive que 1m² de toiture

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

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

- 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,...)

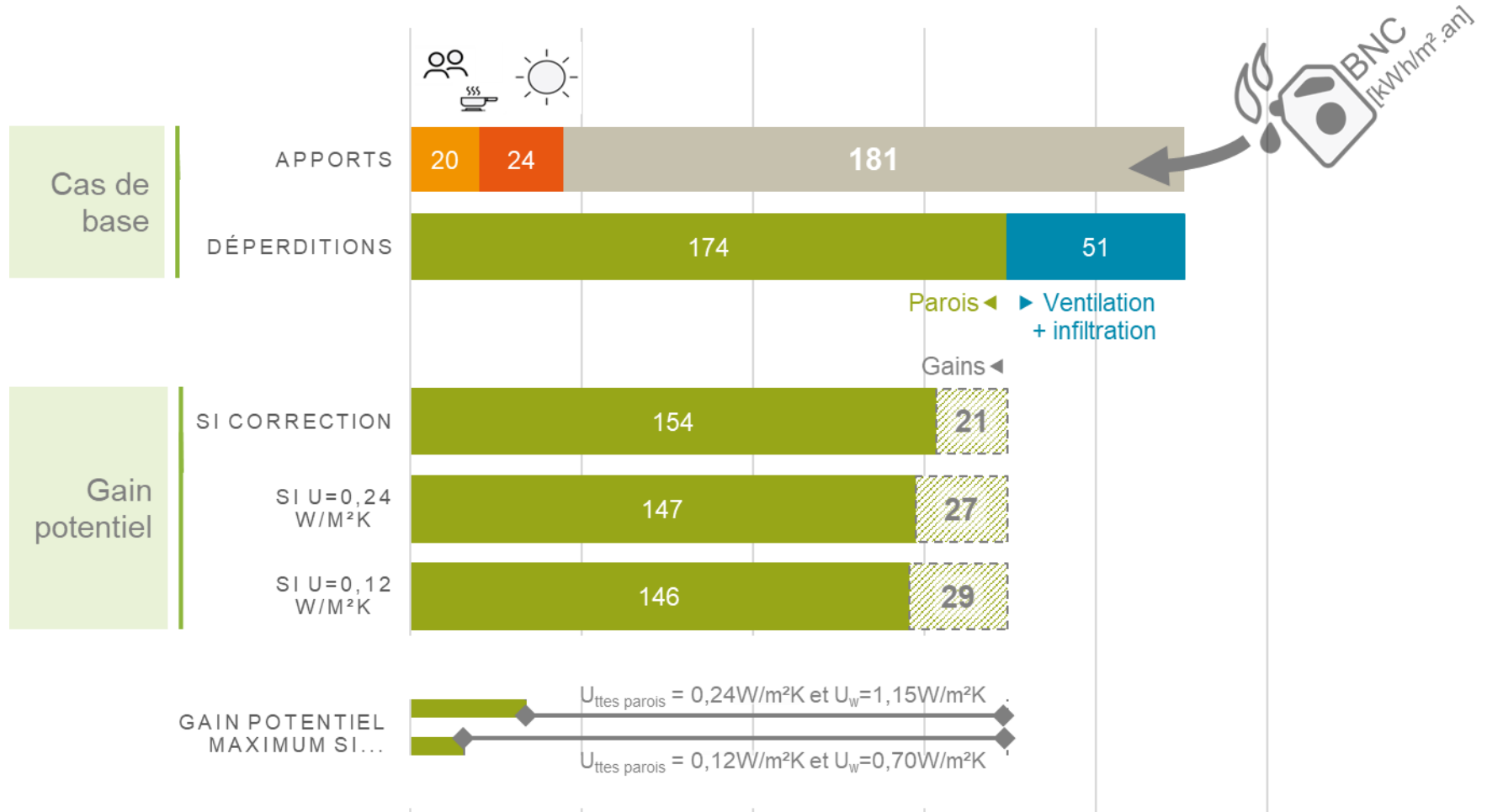
↓

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 ?



Isolation des murs existants par l'intérieur : diagnostic

Avant d'entreprendre l'isolation par l'intérieur d'un mur existant, il y a lieu de s'assurer que ce dernier est sain et que les travaux n'auront pas de conséquences dommageables sur la bâtisse. Il convient alors de effectuer un diagnostic préalable portant sur l'état du mur, ses supports, l'humidité et au gel, les caractéristiques des matériaux constitutifs, ainsi que le climat intérieur attendu dans la bâtisse.

Un mur existant répondant aux recommandations présentées dans cet article constituera globalement à la pose d'une isolation par l'intérieur. Cependant, celui-ci ne peut pas être considéré comme tel sans qu'il ne soit soumis à une inspection et ne soient donc pas connus tous les cas spécifiques pouvant se présenter dans la pratique. Pour plusieurs des critères à l'essai, l'information recherchée risque de ne pas être connue avec précision globalement, la sensibilité au gel des briques existantes n'est pas connue initialement, contrairement à celle des briques neuves pour lesquelles une classe de résistance au gel doit être déterminée (p. 22).

Ces informations sont généralement obtenues d'observations directes sur place et des tests des incertitudes subsistent. Il s'agit donc peu importante qu'un mur pour lequel le diagnostic a montré l'opportunité de cette technique présente néanmoins des défis à la suite de travaux d'isolation. L'objectif de ce diagnostic est d'identifier les cas où ces risques sont élevés ou non, voire complètement absents.

1. Influence de l'isolation par l'intérieur sur le comportement hygrothermique du mur

Outre l'insulation du mur (isolation R), l'isolation par l'intérieur d'un mur existant aura d'importantes conséquences sur son comportement hygrothermique. Le transfert thermique, la pose de l'isolant du côté intérieur modifie principalement un équilibre de la température moyenne du mur, une augmentation de l'ampleur des variations de température du mur (et donc du nombre de cycles de gel/dégel) et une isolation de la possibilité de sécher du mur par l'intérieur.

La température du mur en moyenne plus basse et la réduction du séchage par l'intérieur provoqueront une augmentation du taux d'humidité de la maçonnerie. La combinaison d'un taux d'humidité plus élevé, de températures basses et d'un grand nombre de cycles de gel/dégel pourra entraîner l'apparition de efflorescences au gel ou d'efflorescences de sel.

Pour limiter le risque de efflorescences, ces principes généraux doivent être suivis :

1. la betterie extérieure-déjà-légère doit être la plus perméable possible à la vapeur d'eau
2. l'opacité de la façade sera préservée et à toutes autres sources d'humidité doit être évitée
3. le bâtiment doit présenter un climat intérieur sain et être correctement ventilé et chauffé
4. une bonne étanchéité à l'air en partie

concernant la façade isolée ainsi qu'un niveau des sursauts avec les autres éléments de construction doit être étudié :

- vérifier que les différents supports d'isolant sont dans la façade sont traités (souvent avec des membranes, infiltration, condensation interne, ...)
- s'assurer que les propriétés de la façade et des éléments constitutifs sont adaptés (résistance au gel des éléments de maçonnerie, perméabilité à la vapeur de la betterie extérieure, sensibilité à l'humidité d'éléments présents dans la maçonnerie, ...)

La table 4 présente les différents éléments à observer pour évaluer l'opportunité d'une isolation par l'intérieur. Les observations permettent de déterminer si l'isolation est applicable, nécessaire des études complémentaires ou est déconseillée en l'état. Le diagnostic se base sur l'état actuel du mur. Si des travaux sont envisagés pour résoudre les problèmes rencontrés, le résultat du diagnostic pourra être réévalué. Chaque point fait l'objet d'explications plus détaillées dans les chapitres indiqués dans le tableau 4.

Plan de octobre 2013

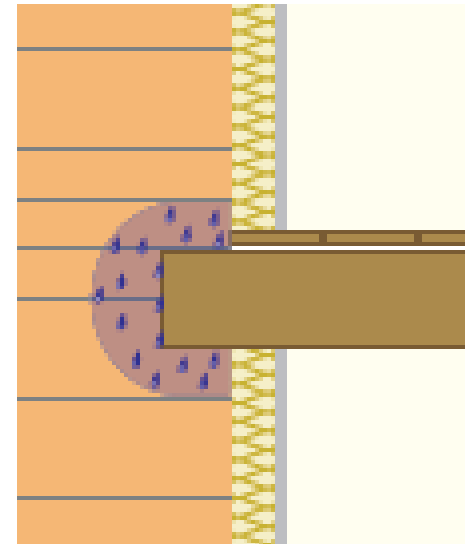
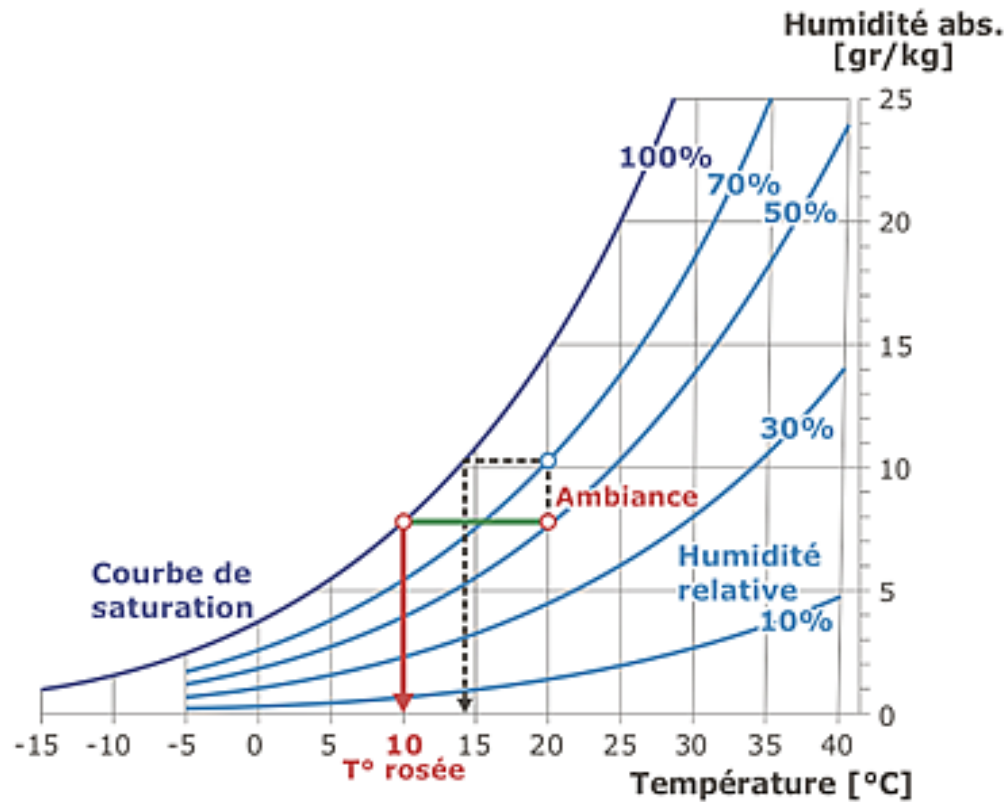
Les documents du C2SC 2014 16

Source : buildwise



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



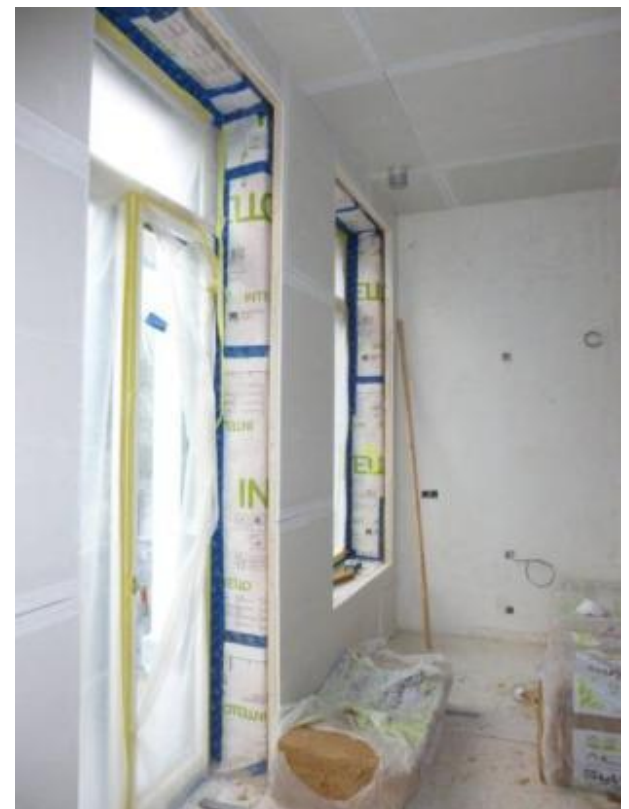
Source : ecorce



ISOLER PAR L'INTÉRIEUR

Points d'attention

- Mise en œuvre
 - exemple en plancher bois



Source : J. Kessler – UP8 Architects

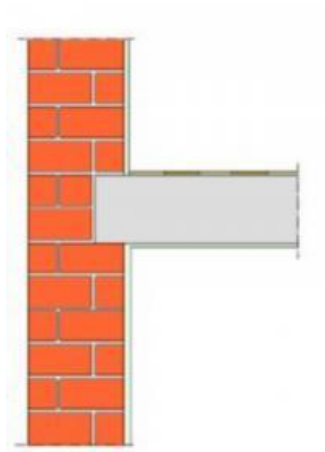


ISOLER PAR L'INTÉRIEUR

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.
 - <https://www.ubakus.de/fr/>



ISOLER PAR L'EXTÉRIEUR

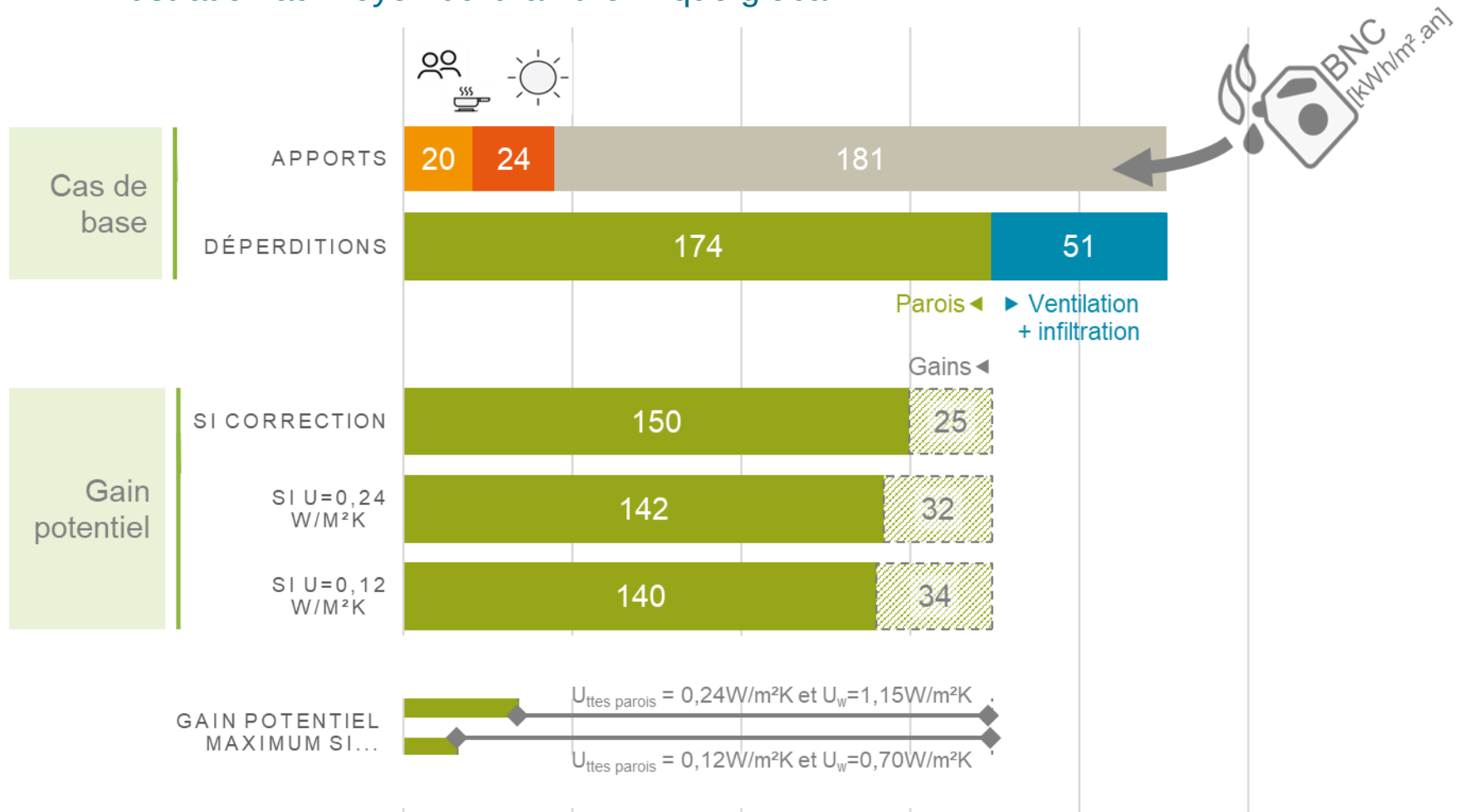


Une action **par l'extérieur** est possible dans une majorité des cas



Rappel des chiffres

Illustration au moyen du bilan thermique global



Points d'attention

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

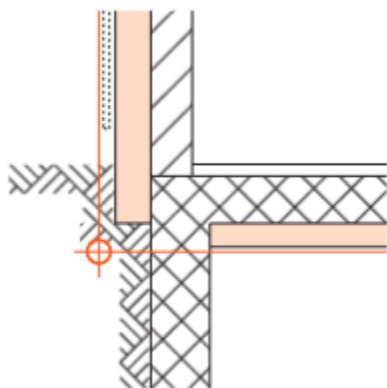


Points d'attention

- Focus sur le pied de gel

Contre terre, sous-sol non chauffé

3.4-A2



Valeur U façade en $W/(m^2 \cdot K)$	Val. U dalle sous-sol en $W/(m^2 \cdot K)$				Val. ψ 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

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

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 $W/(m \cdot K)$

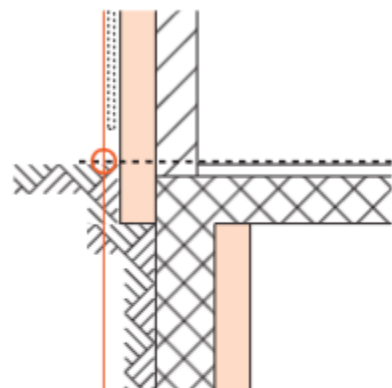
Source / Bron : suisseenergie – Catalogue des ponts thermiques



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. ψ 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

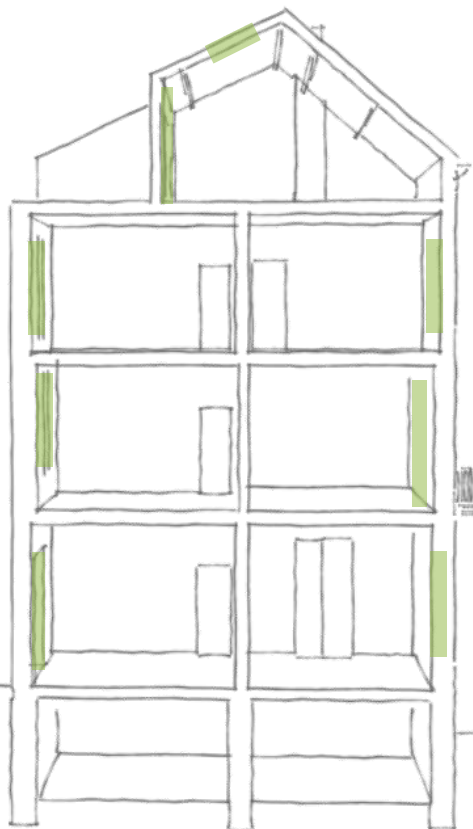


- ▶ Homegrade
 - Isoler les façades par l'extérieur - Principes et techniques
 - Quels sont les points d'attention concernant l'isolation de la façade par l'extérieur ?



- ▶ Energie+ : Technique d'isolation des murs
- ▶ Catalogue des ponts thermiques édité par l'Office fédéral de l'énergie OFEN - Suisse





Balance apports/pertes en toute saison



Facade avant
Fenestration et
ombrage +/- fixes

Position du châssis
parfois imposée



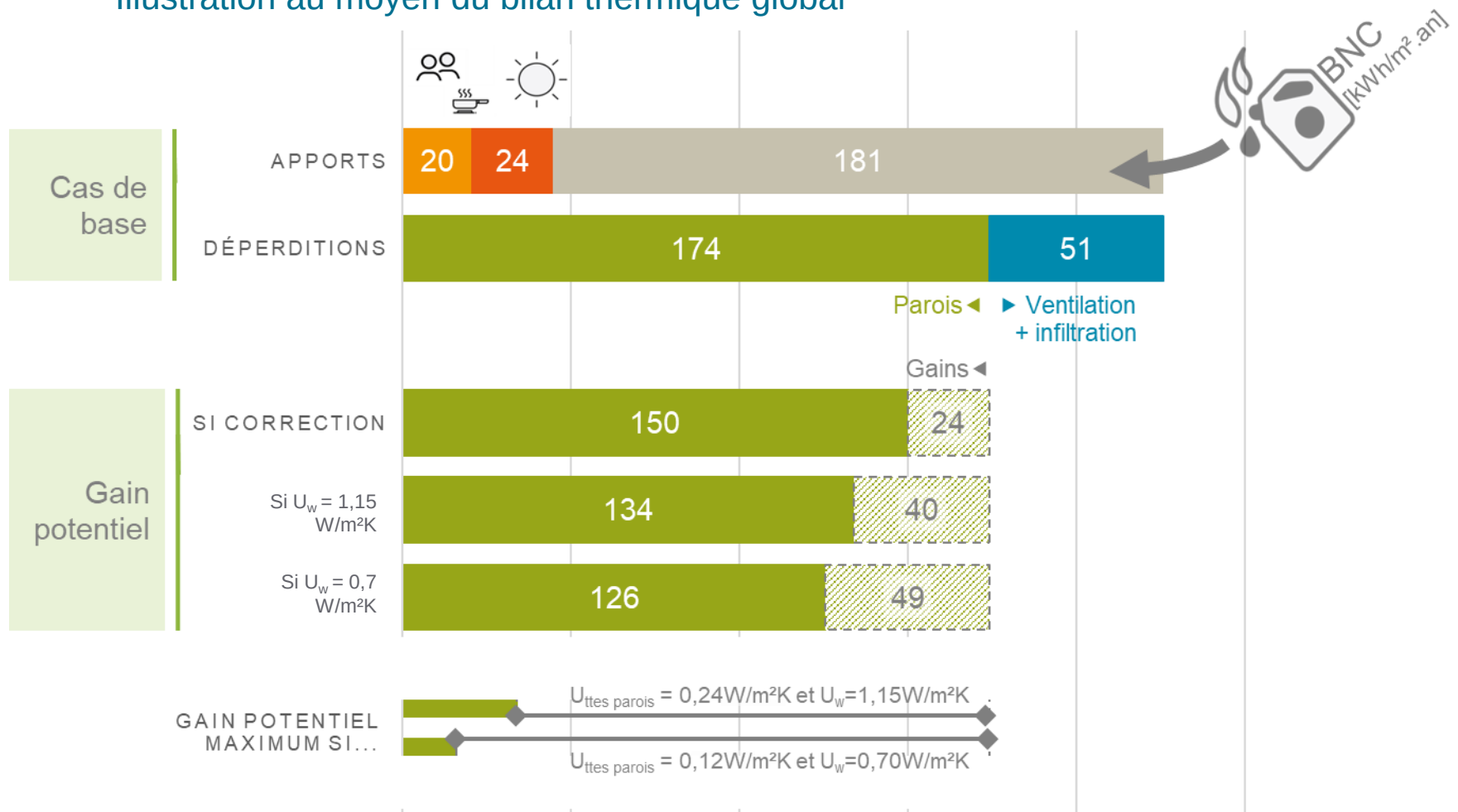
Facade arrière
Liberté de fenestration
plus grande

Position du châssis libre



Rappel des chiffres

Illustration au moyen du bilan thermique global



Points d'attention

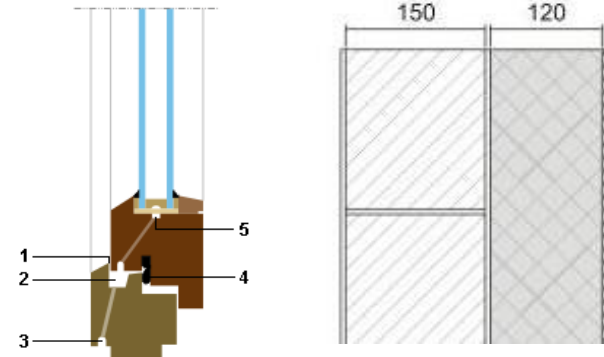
- ▶ Critères de choix d'un « produit »
- ▶ Mise en œuvre :
 - Nœuds constructifs
 - Etanchéité à l'air
- ▶ Conservation d'un châssis existant

Source / Bron : écorce



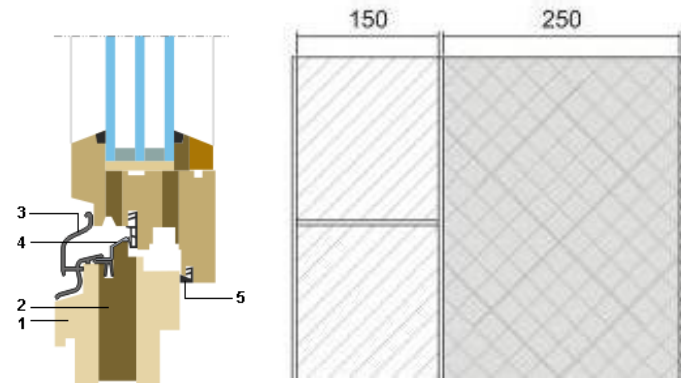
Points d'attention

- Critères de choix d'un « produit »
 - U_w [W/m²K]



PEB conforme

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



- Passif

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

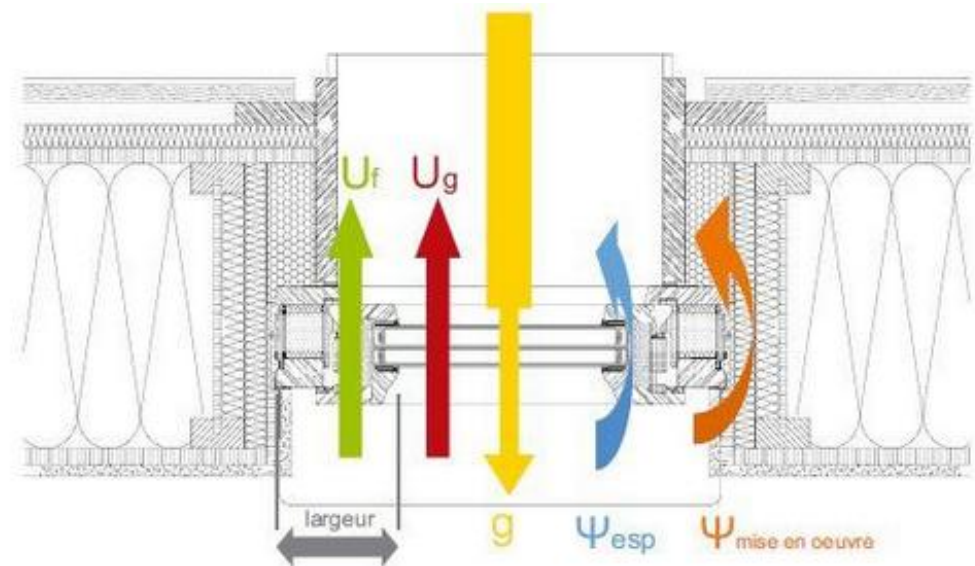
⇒ **Fenêtre 6x plus déperditive!**



Points d'attention

► Critères de choix d'un « produit »

- U_w [W/m²K]
- U_f [W/m²K]
- U_g [W/m²K]
- ψ [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

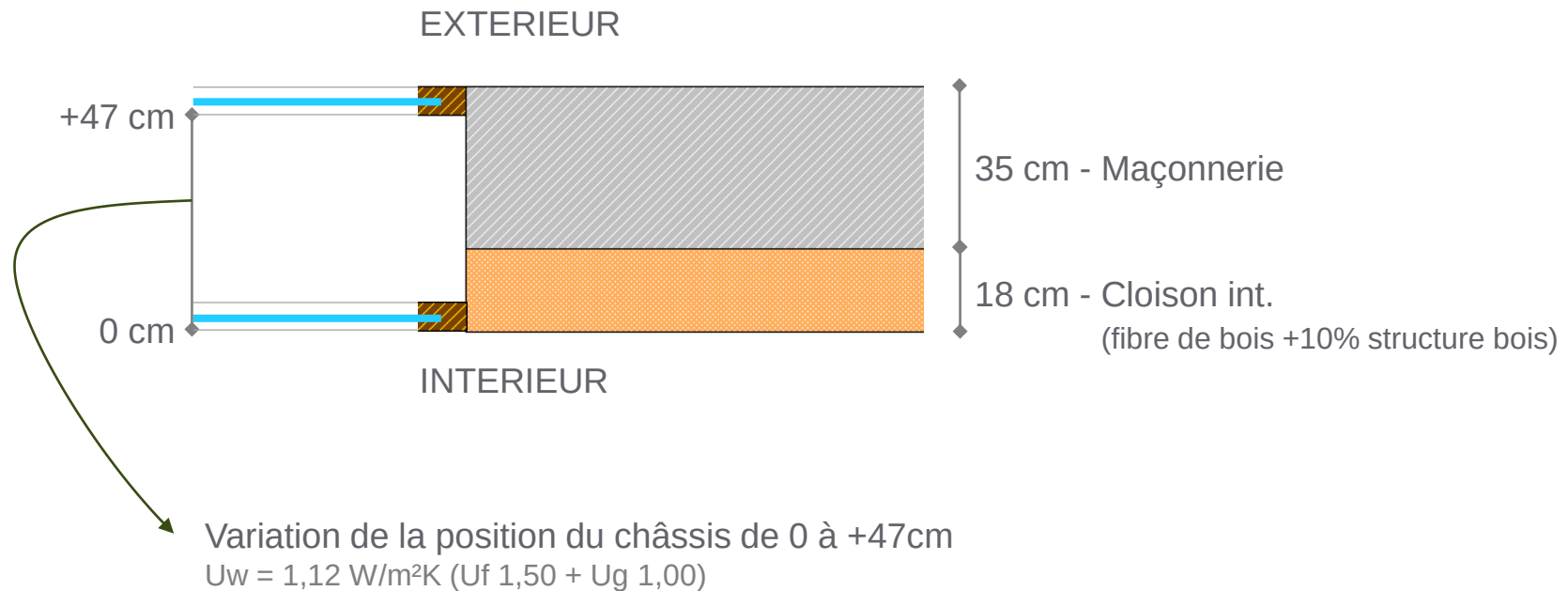


Source / Bron : écorce

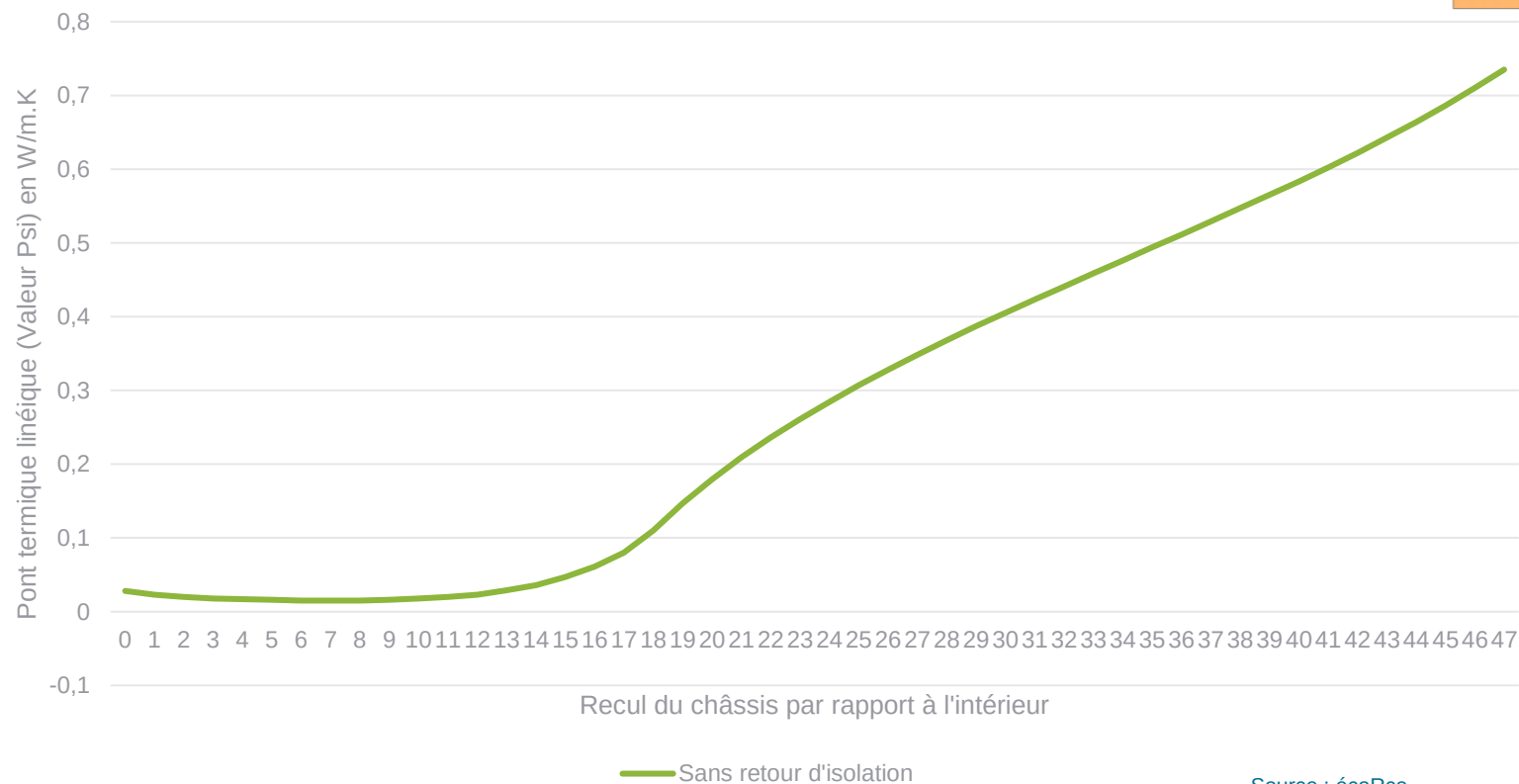


Impact de la position du châssis dans le mur

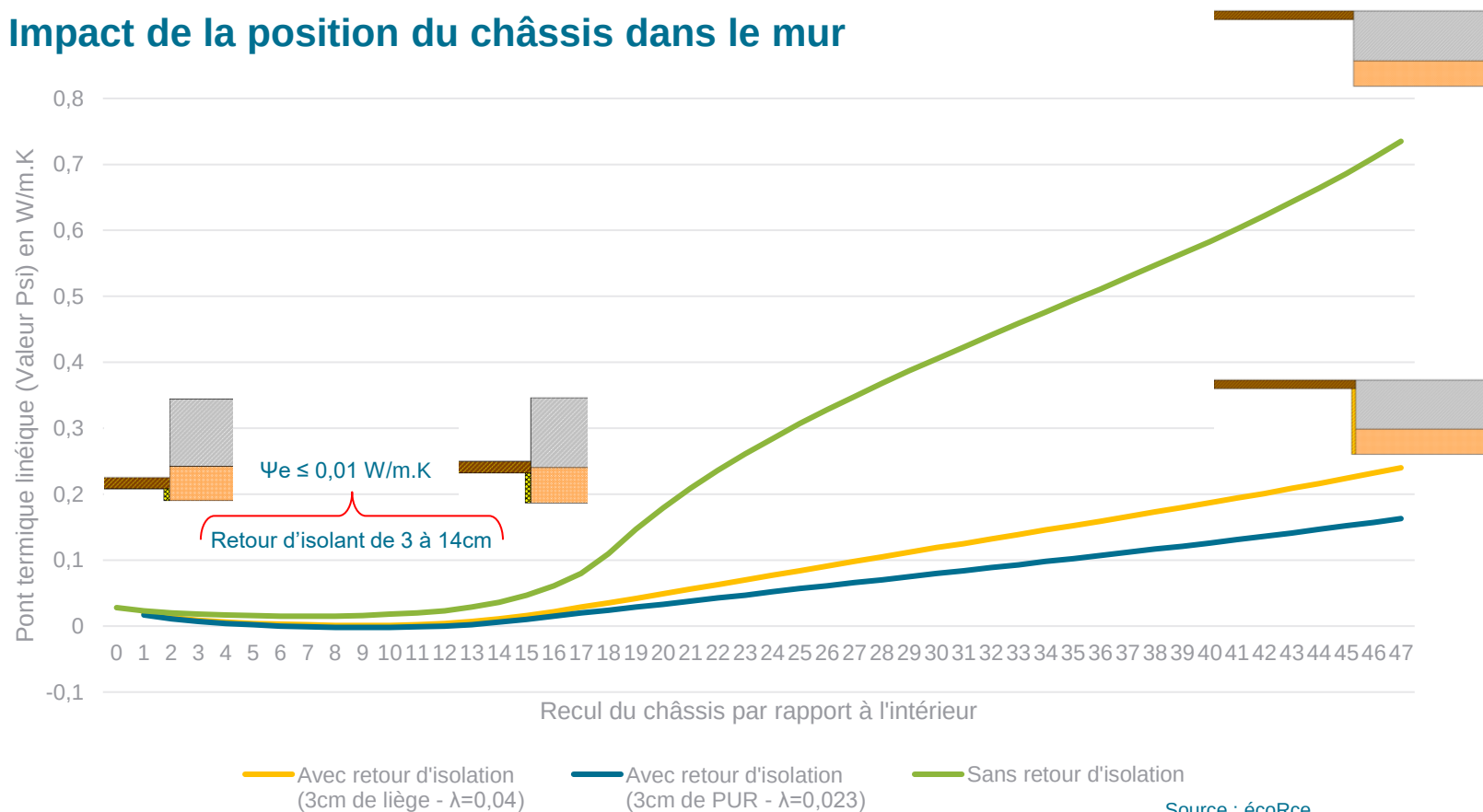
- Comment varie la perte en $W/m.K$ en fonction de la position du châssis dans la baie?



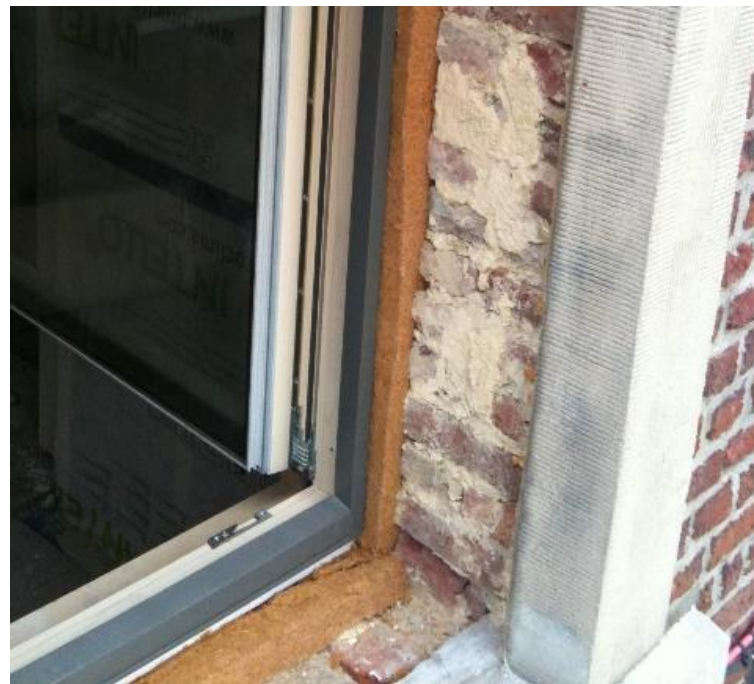
Impact de la position du châssis dans le mur



Impact de la position du châssis dans le mur



Exemple – isolation par l'intérieur



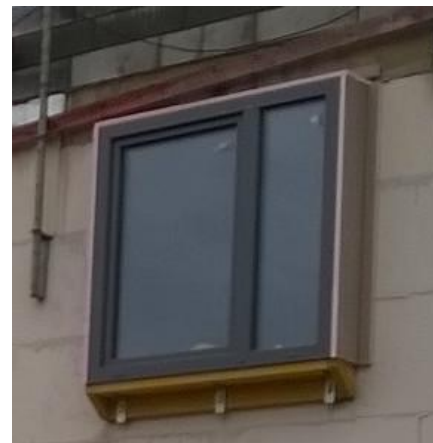
Source / Bron : écorce



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 : isoproco



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?

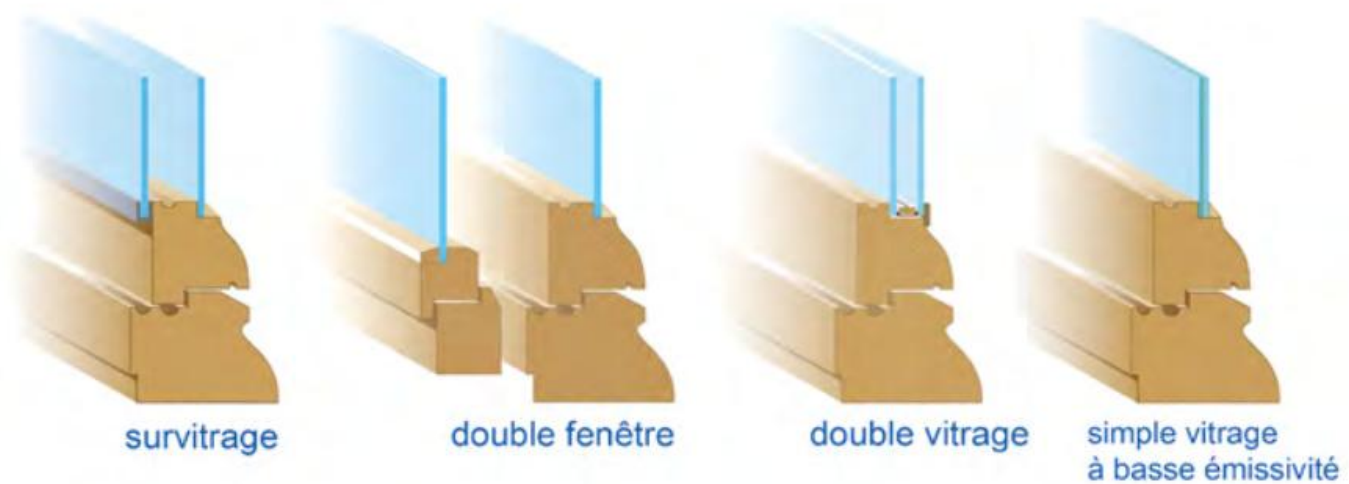


Source / Bron : homegrade



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

Techniques d'amélioration des performances des fenêtres existantes



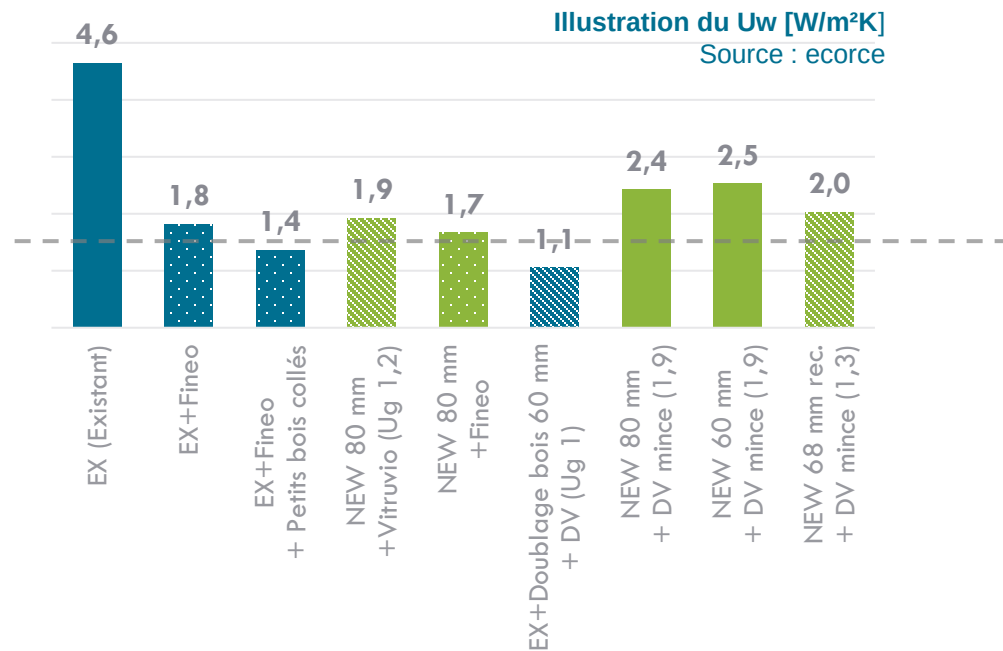
Source / Bron : homegrade



Exemple : Etude de différentes variantes dans un bâtiment classé



Source / Bron : vIA



Pour aller plus loin...



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

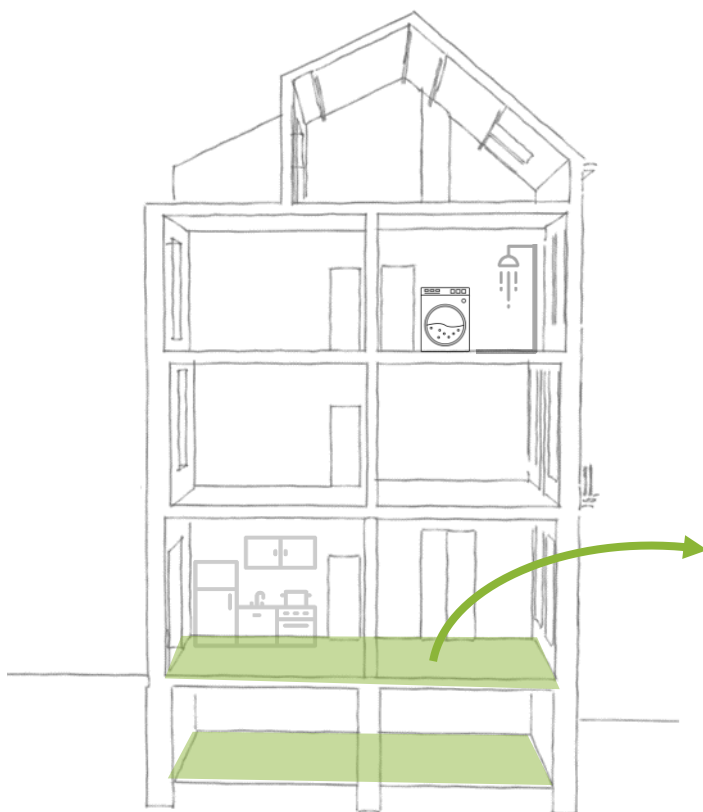


- ▶ Guide bâtiment durable Energie & Enveloppe énergétique
 - Dont notamment :
 - Pose d'une fenêtre neuve
 - Etanchéité à l'air des châssis de fenêtre
 - Double vitrage dans le châssis existant
 - Intégration d'un double châssis intérieur



- ▶ 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

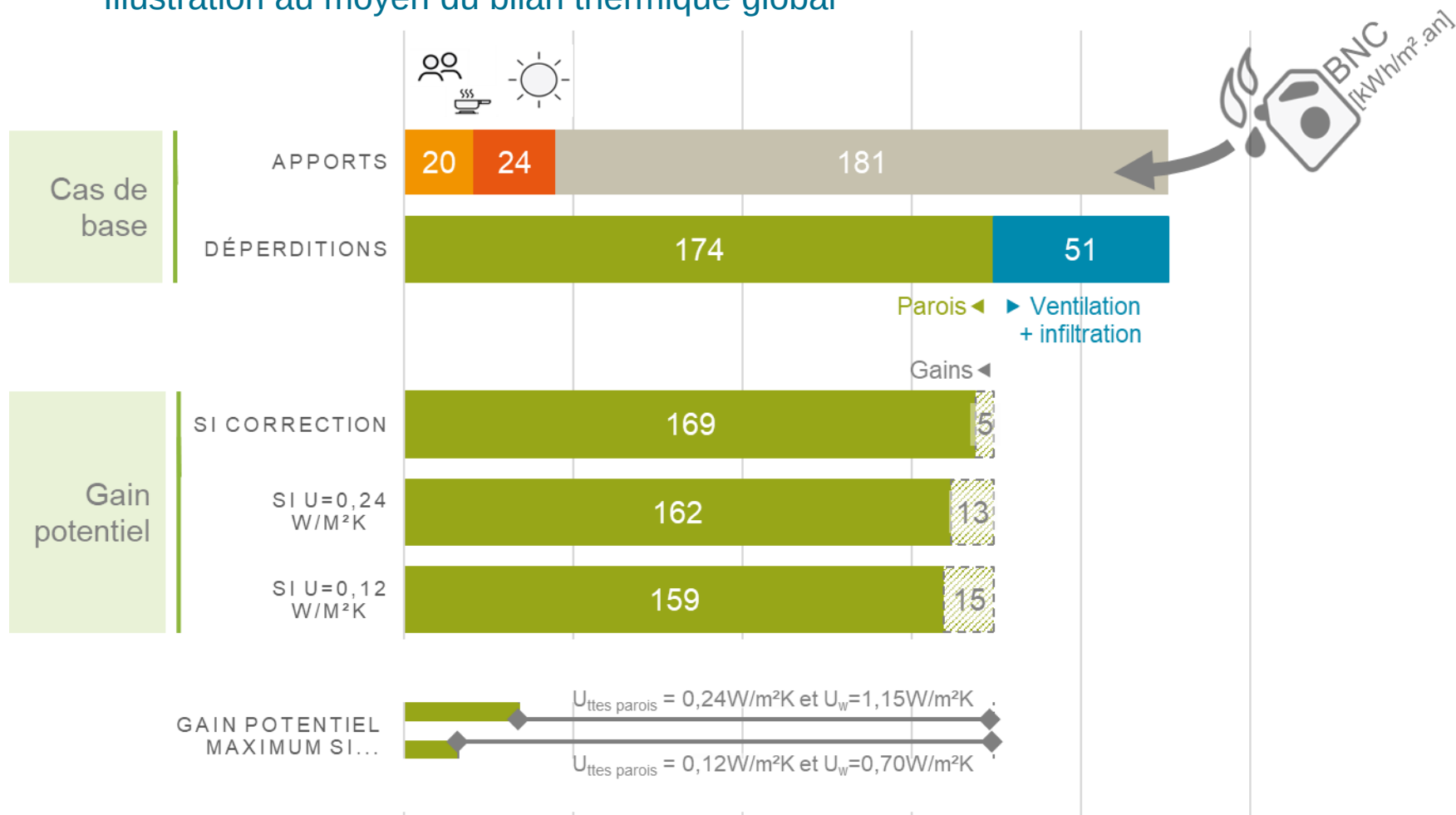
OU

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

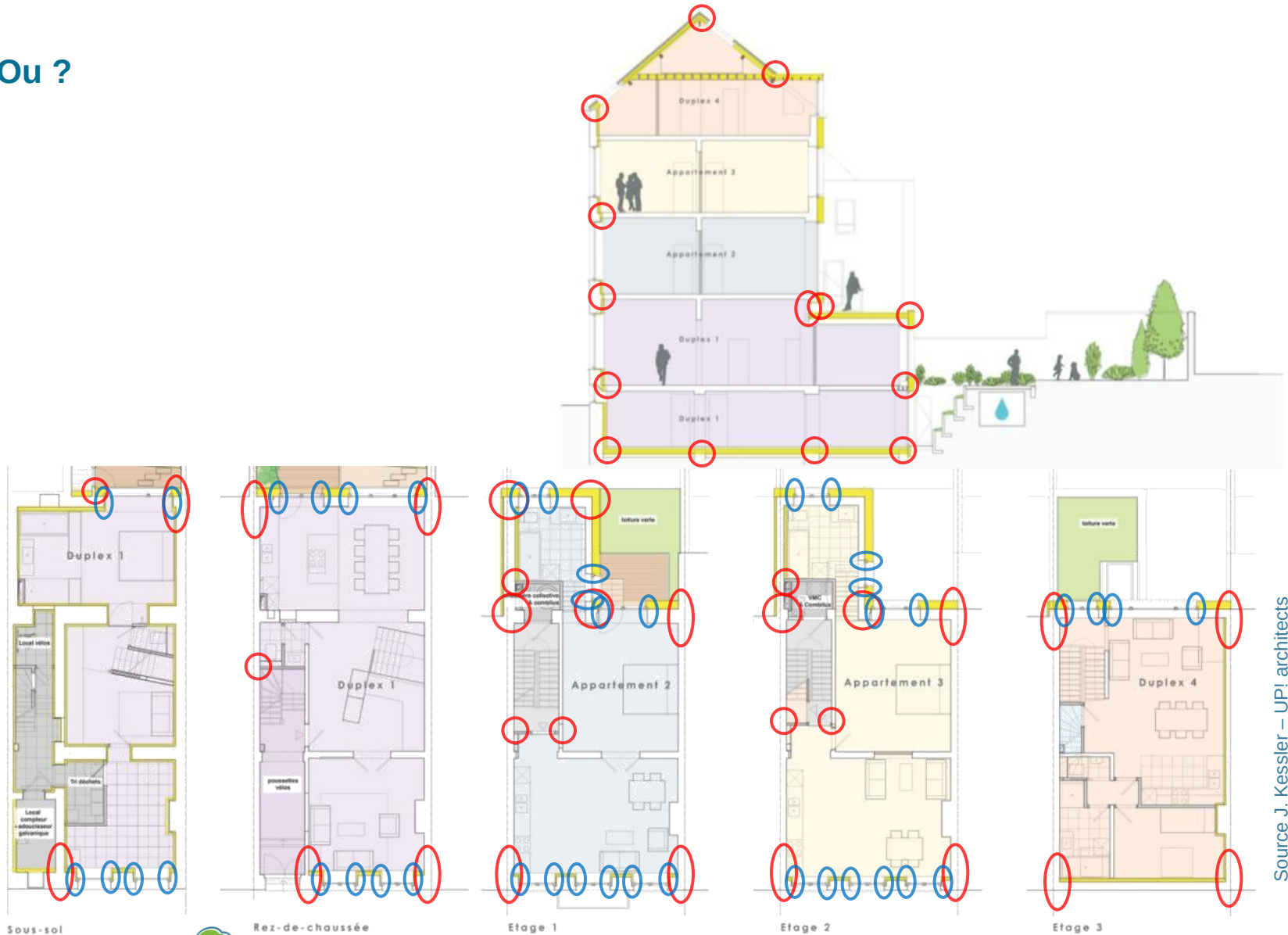


- ▶ Homegrade
 - Isoler le plafond des caves - Principe et techniques



ZOOM SUR LES NŒUDS CONSTRUCTIFS

Ou ?



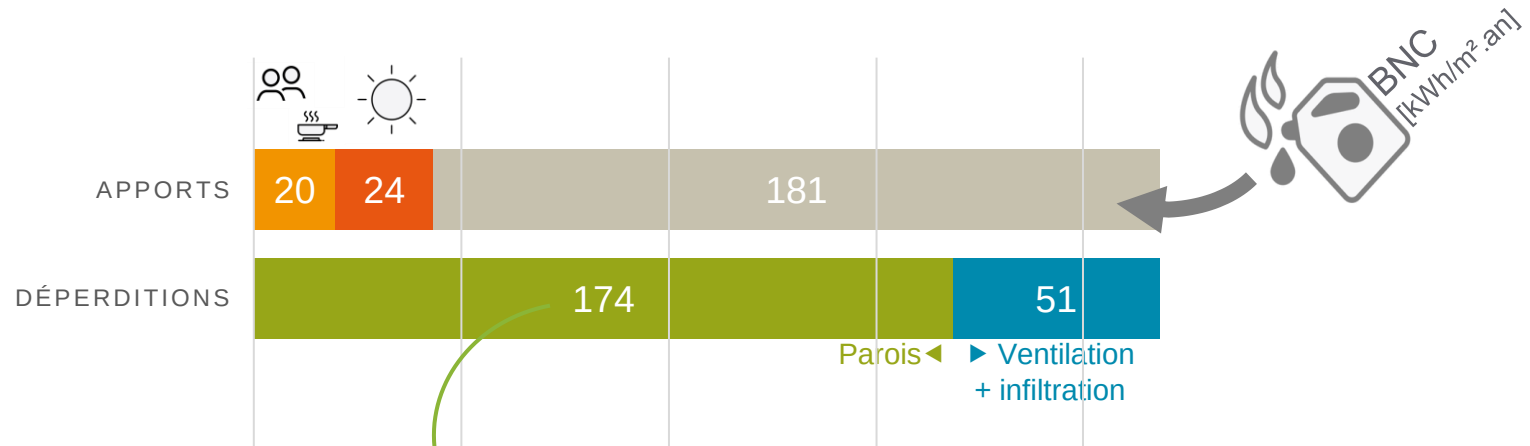
Source J. Kessler – UP! architects



89 ZOOM SUR LES NŒUDS CONSTRUCTIFS

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



90 ZOOM SUR LES NŒUDS CONSTRUCTIFS

Points d'attention : Quels impacts des NC?

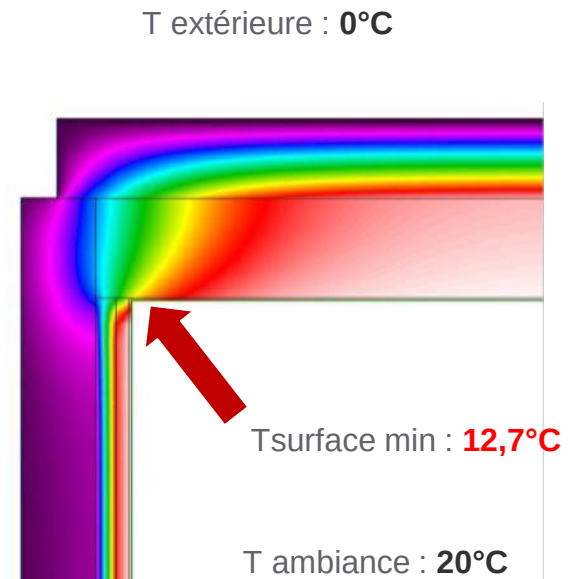
- ▶ Déperditions thermiques [voir les différentes parois analysées]
- ▶ Risque de condensation >>> humidité, détérioration, moisissures, inconfort,...

⇒ **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!

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



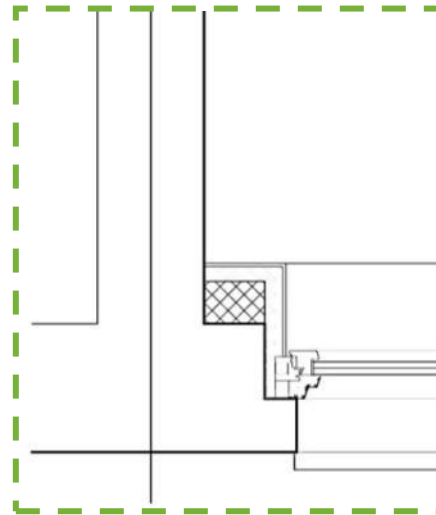
91 ZOOM SUR LES NŒUDS CONSTRUCTIFS

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

$U = 0,138W/m^2K$

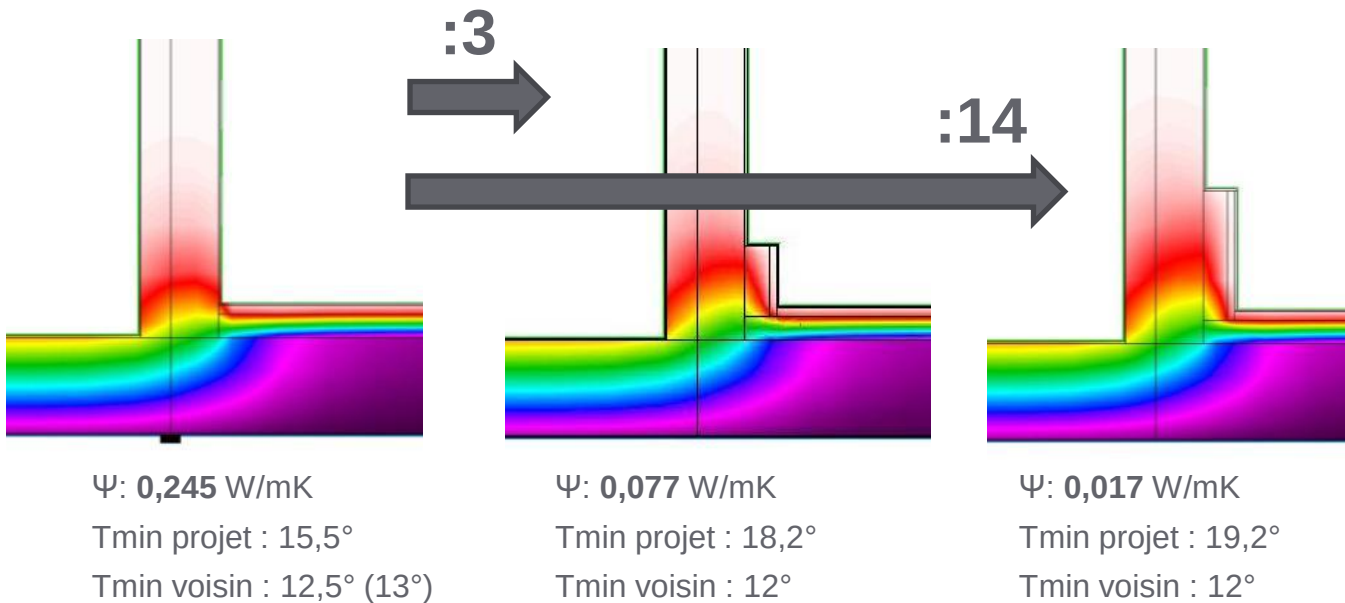


Crédit Photo: J. Kessler



Exemple : Retour isolé sur le mitoyen

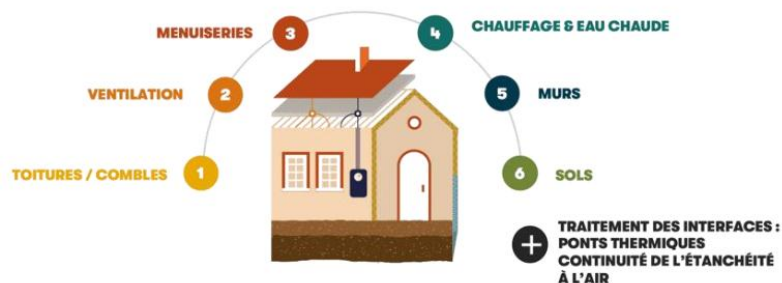
- Diminution du pont thermique : 3 cas (retour 0cm/30cm/60cm)



93 ZOOM SUR LES NŒUDS CONSTRUCTIFS

Impact des nœuds constructifs et des interfaces sur la performance globale

- ▶ Etude de l'ADEME : [La rénovation performante par étapes](#)
 - Réalisée sur 10 typologies du parc immobilier français datant d'avant 1982
 - Estimation de la consommation de chauffage et d'ECS suite à différents



Source : Dorémi

Rénovation partielle

5 étapes, 5 postes, performance des seuils d'aide financière, travaux réalisés à l'opportunité

Rénovation partielle, postes renforcés

6 étapes, 6 postes, travaux réalisés à l'opportunité

Rénovation semi globale

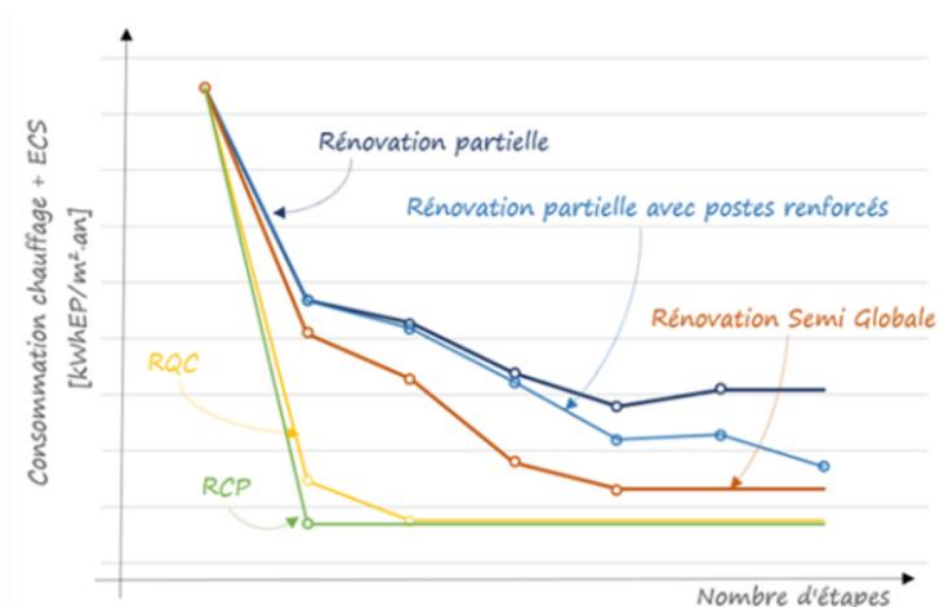
3-4 étapes, 6 postes, planification

Rénovation quasi-complète

2 étapes, 6 postes, planification, nœuds constructifs

Rénovation complète et performante

1 étapes, 6 postes, nœuds constructifs



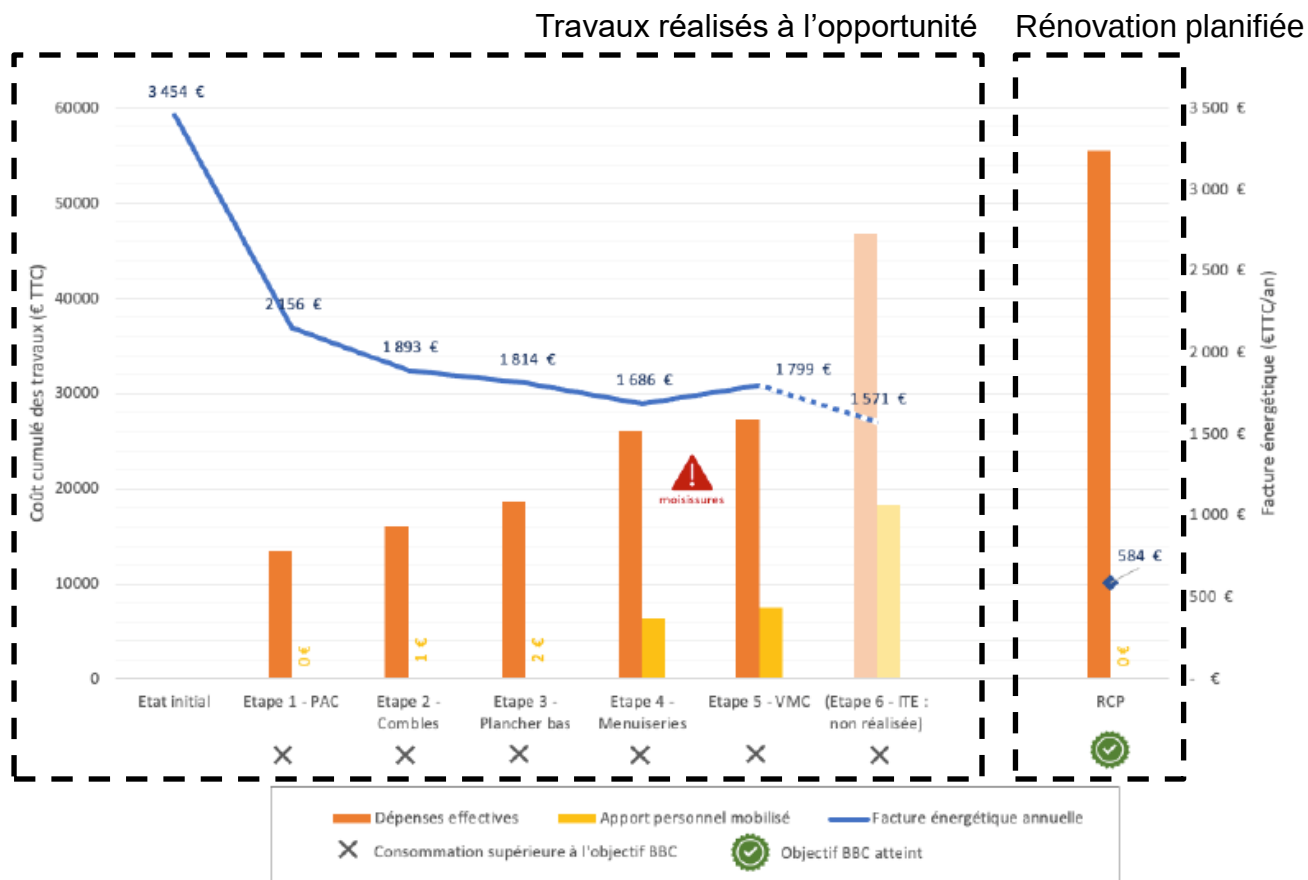
Source : Ademe – La rénovation performante par étapes



94 ZOOM SUR LES NŒUDS CONSTRUCTIFS

Impact des nœuds constructifs et des interfaces sur la performance globale

- Etude de cas (TABULA Episcopo, 2015) : comparaison de deux stratégies de rénovation ...



95 ZOOM SUR LES NŒUDS CONSTRUCTIFS

Limiter l'impact des nœuds constructifs en anticipant...

► Fiches de vigilance

Les 4 niveaux de difficulté des fiches

DIFFICULTÉ 1

Niveau 1
Aucune action à envisager

DIFFICULTÉ 2

Niveau 2
Adaptation des travaux possible à l'étape 2

DIFFICULTÉ 3

Niveau 3
Anticipation des travaux nécessaire à l'étape 1, ou fortes reprises à prévoir en étape 2

DIFFICULTÉ 4

Niveau 4
Difficulté majeure nécessitant le regroupement des 2 postes de travaux

Étape 1
En étape 1, la rénovation est incomplète.

Étape 2
En étape 2, la dissociation des postes dans 2 étapes ne permet pas d'atteindre les 4 objectifs d'une rénovation performante.

Conseil
Le conseil illustre toujours une solution assurant confort, santé, pérennité du bâti et permettant d'atteindre des consommations BBC-rénovation. Cependant, et malgré le sourire de ce smiley jaune, d'autres points de vigilance peuvent s'ajouter au projet (comme le surcoût, la complexification du chantier, etc.).

Figure 1 Les pictos représentant les 18 impacts



#03 Murs - toiture

Isolation des murs par l'intérieur avant isolation des combles perdus Faux plafond

État initial
La maison est une passoire thermique.

Étape 1
Isolation des murs par l'intérieur (IT).

Étape 2
Isolation des combles perdus.

IMPACTS
Si l'isolant est posé avant la mise en place du faux plafond, les fuites d'air parasites sont évitées. Cependant, la complexification du chantier est accrue. Les impacts négatifs sont : la perte de surface habitable, la complexification du chantier, la surconsommation, la fatigue morale des occupants, le défaut d'esthétique, le défaut d'hygiène, le défaut de sécurité incendie, le défaut de performance de l'enveloppe, le défaut de performance équipement et usage, le défaut de surface habitable/exploitable, l'allongement du délai d'habitation, la complexification en phase chantier, la fatigue morale des occupants, le degré pour la qualité d'usage (confort et usabilité de maintenance), la mauvaise qualité d'usage (inconfort, difficulté d'entretien), le défaut d'esthétique, l'inconfort thermique, l'inconfort visuel, la surconsommation, et la sécurité incendie.

#03 Murs - toiture

Isolation des murs par l'intérieur avant isolation des combles perdus Faux plafond

CONSEIL
Anticiper en étape 1
On pense que l'isolation des murs est la seule solution efficace à la première étape. Au moment de l'isolation des murs, il faut aussi penser à l'isolation des combles perdus. L'isolation des combles perdus est la seule solution efficace à la deuxième étape.

POINTS DE VIGILANCE
Les impacts négatifs sont : la perte de surface habitable, la complexification du chantier, la surconsommation, la fatigue morale des occupants, le défaut d'esthétique, le défaut d'hygiène, le défaut de sécurité incendie, le défaut de performance de l'enveloppe, le défaut de performance équipement et usage, le défaut de surface habitable/exploitable, l'allongement du délai d'habitation, la complexification en phase chantier, la fatigue morale des occupants, le degré pour la qualité d'usage (confort et usabilité de maintenance), la mauvaise qualité d'usage (inconfort, difficulté d'entretien), le défaut d'esthétique, l'inconfort thermique, l'inconfort visuel, la surconsommation, et la sécurité incendie.

La solution ?
La rénovation performante en une seule étape

RECHERCHER DANS LE BON SENS
Effectuer une rénovation performante en une seule étape est la seule solution efficace à la première étape. On pense que l'isolation des murs est la seule solution efficace à la première étape. On pense que l'isolation des murs est la seule solution efficace à la première étape.

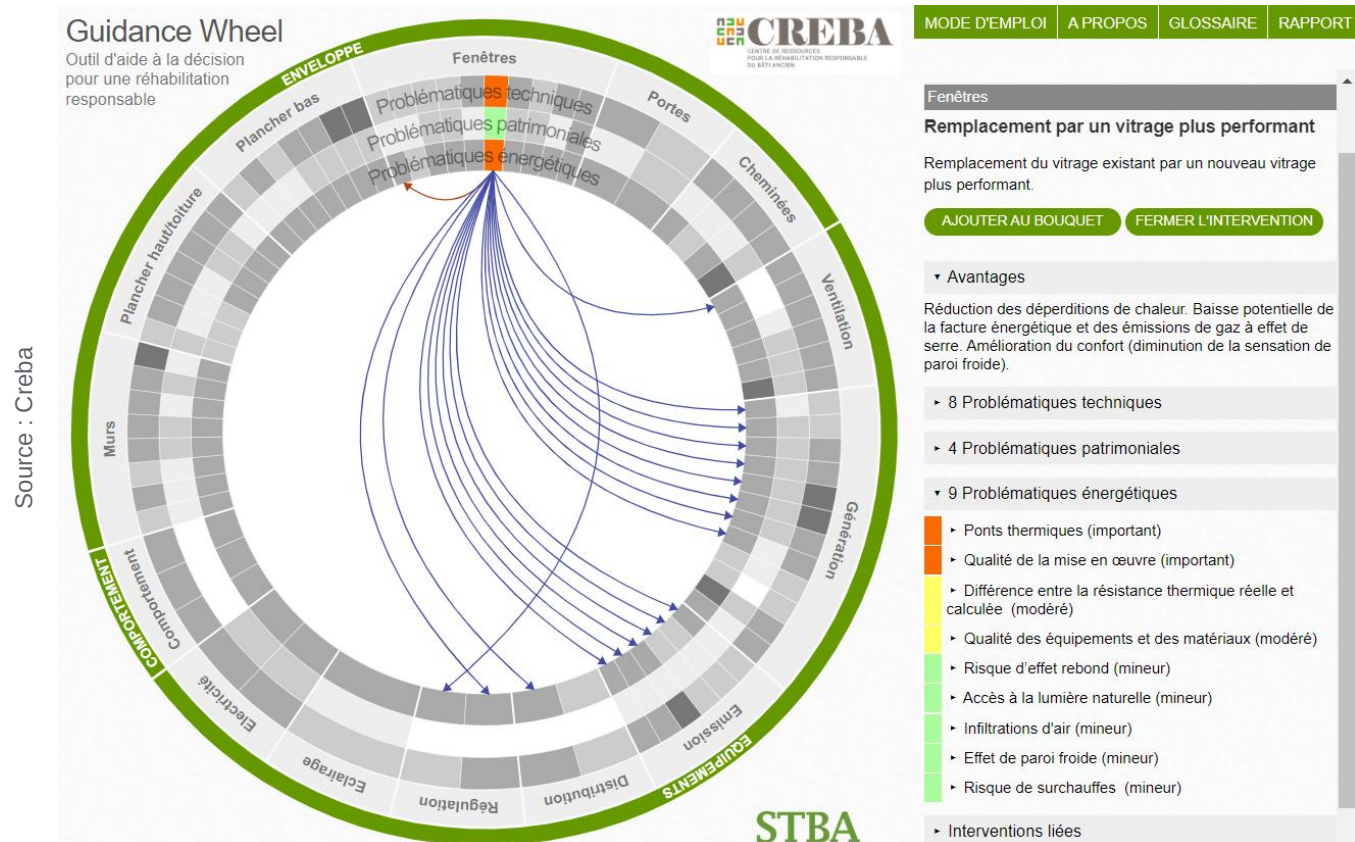
LES MAÎTRES MOTS
Isolation des murs par l'intérieur (IT), Isolation des combles perdus, Faux plafond, Surcoût, Complexification du chantier, Fatigue morale des occupants, Défaut d'esthétique, Défaut d'hygiène, Défaut de sécurité incendie, Défaut de performance de l'enveloppe, Défaut de performance équipement et usage, Défaut de surface habitable/exploitable, Allongement du délai d'habitation, Complexification en phase chantier, Fatigue morale des occupants, Degré pour la qualité d'usage (confort et usabilité de maintenance), Mauvaise qualité d'usage (inconfort, difficulté d'entretien), Défaut d'esthétique, Inconfort thermique, Inconfort visuel, Surconsommation, Sécurité incendie.

Source : Dorémi



Limiter l'impact des nœuds constructifs en anticipant...

- Guidance Wheel



97 ZOOM SUR LES NŒUDS CONSTRUCTIFS**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,...



98 ZOOM SUR LES NŒUDS CONSTRUCTIFS

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

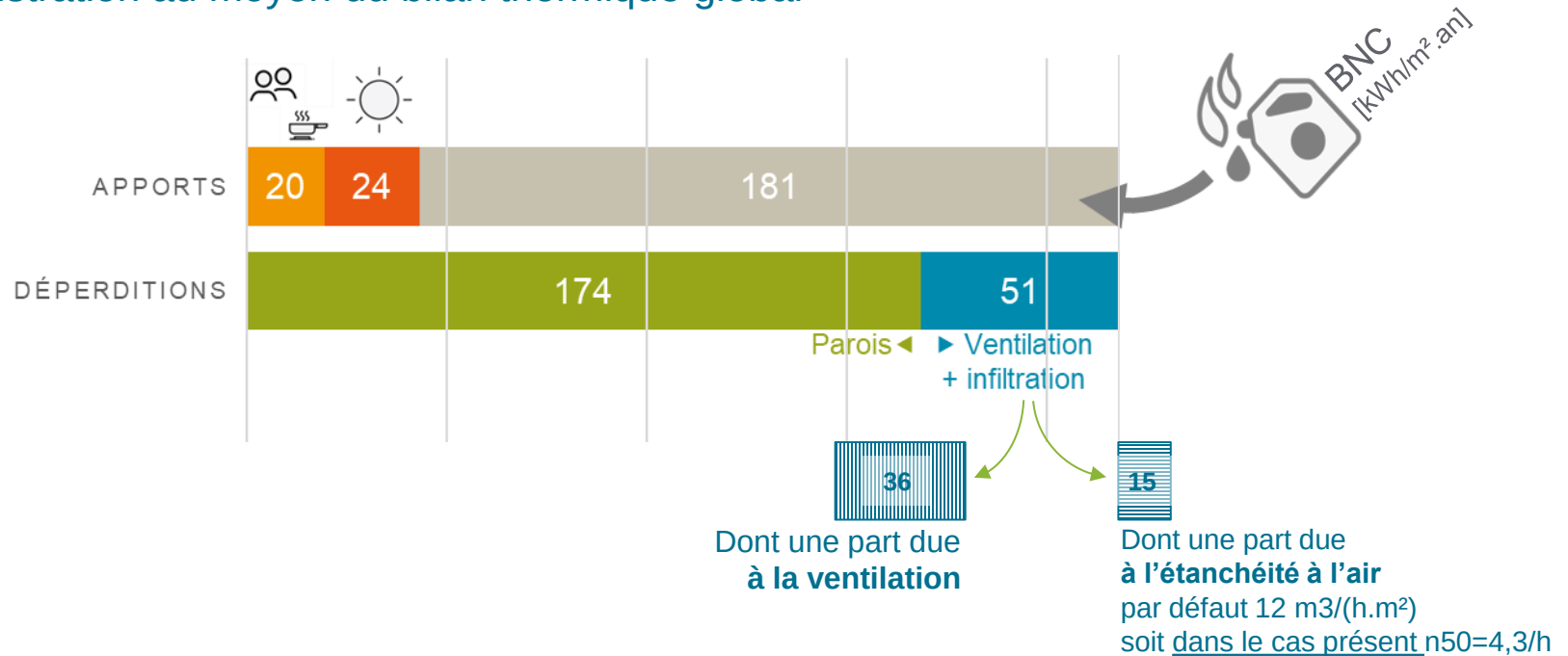
- NBN EN ISO 10211 : 2008 - Ponts thermiques dans les bâtiments - Flux thermiques et températures superficielles - Calculs détaillés (ISO 10211:2007)



ASSURER L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

Rappel des chiffres

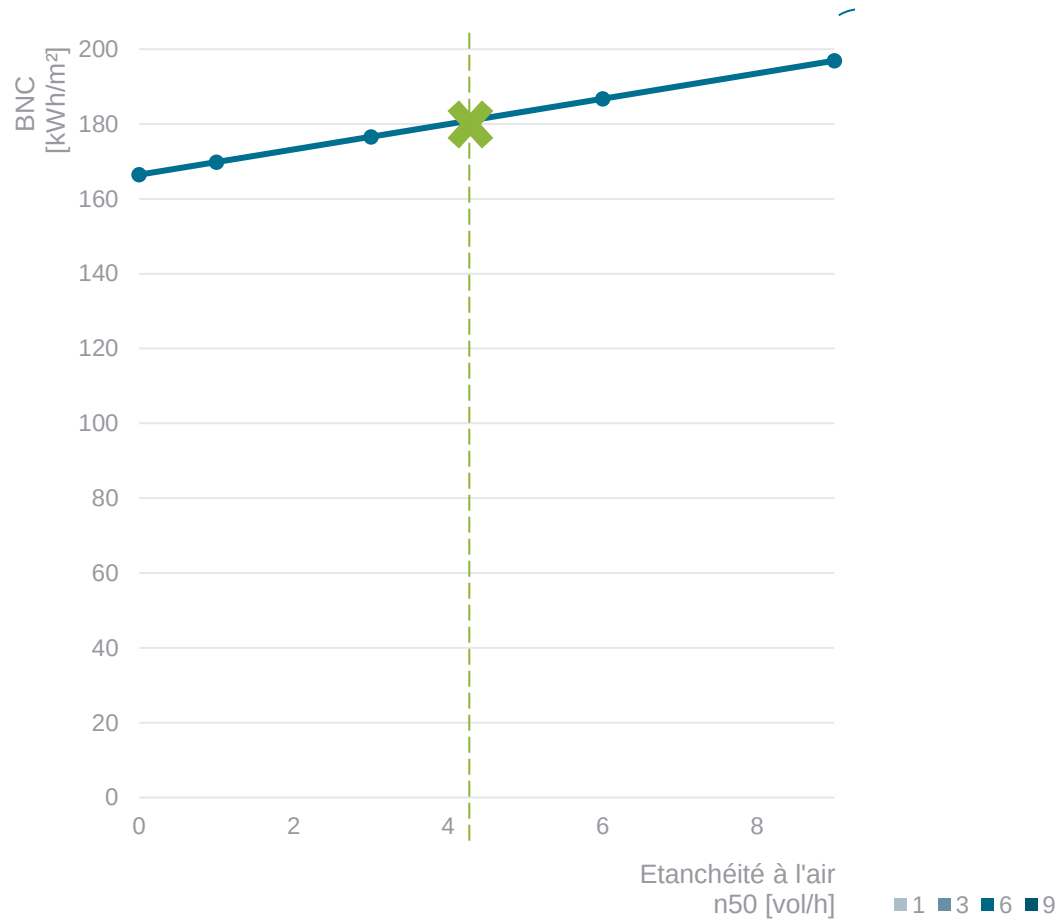
Illustration au moyen du bilan thermique global

Cas de
base

Rappel des chiffres

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

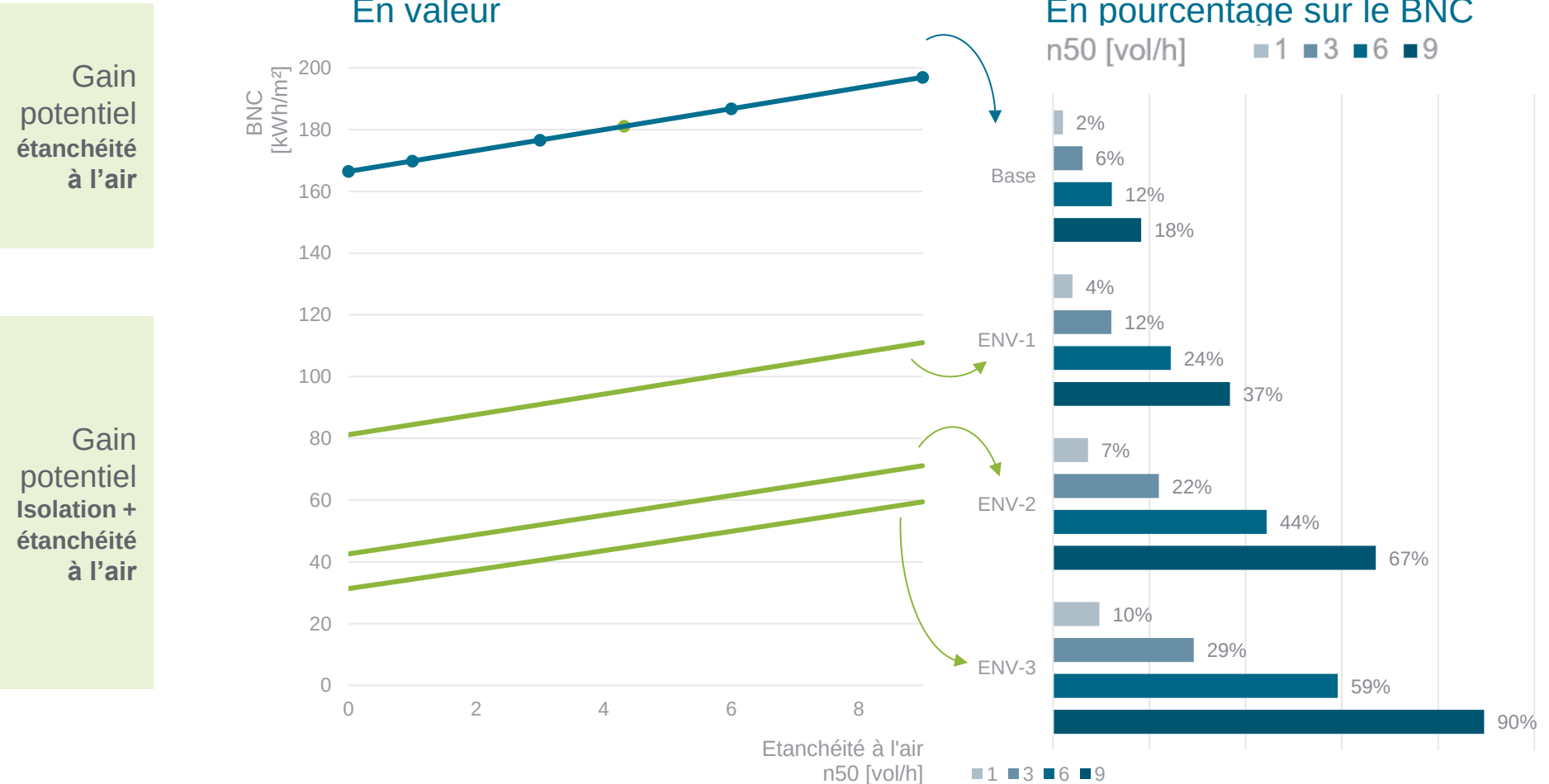
En valeur



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



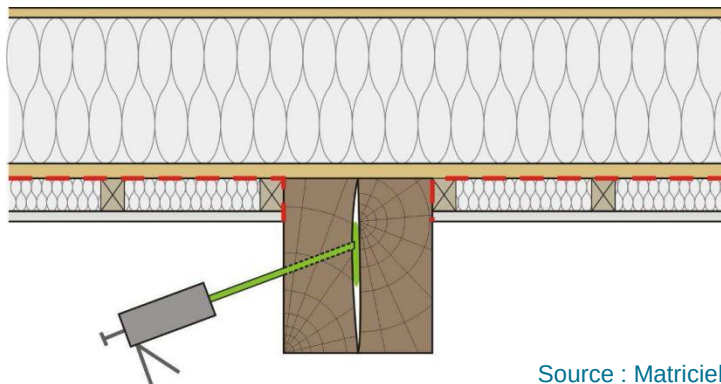
ASSURER L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

Points d'attention

- Dans la conception

Exemple

- doubles gites
- local gaz ventilé
- ...



Source : Matriciel



Source : IBGE



Points d'attention

- Pendant le chantier

Exemple

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



Source / Bron : écorce



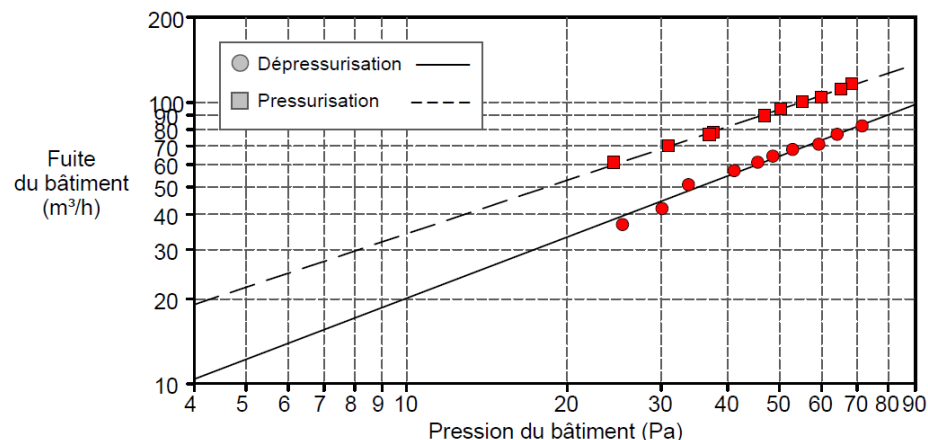
ASSURER L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

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

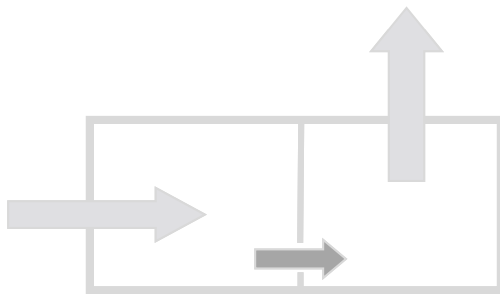


- ▶ Texte de référence : NBN EN 13829
 - Performance thermique des bâtiments – détermination de la perméabilité à l'air des bâtiments – Méthode de pressurisation par ventilateur (ISO 9972:1996, modifiée)

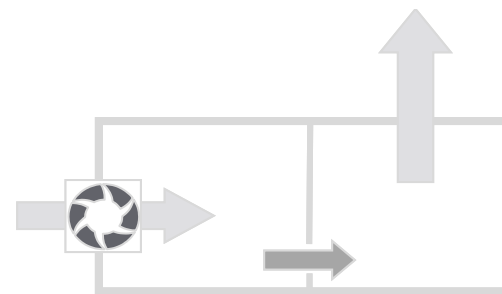


Les 4 grands systèmes règlementaires

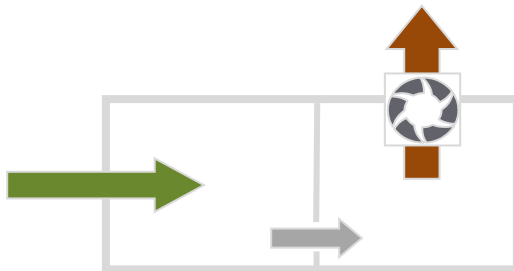
A. alimentation naturelle
+ évacuation naturelle



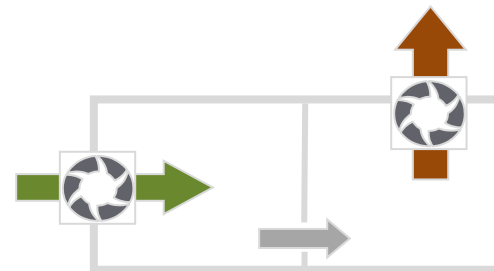
B. alimentation mécanique
+ évacuation naturelle



C. alimentation naturelle
+ évacuation mécanique



D. alimentation mécanique
+ évacuation mécanique



Systèmes de ventilation innovants pour les logements en rénovation

Rédigé par Buildwise, ce rapport met en avant la possibilité de mettre en œuvre des systèmes de ventilation innovants dans le contexte spécifique de la rénovation des logements existants (/!\ hors procédure PEB).

		D cascade	C hall centralisé	C hall 1 zone chambres	C hall décentralisé	C zonal OAR motorisées	C cascade	C cascade avec transferts mécaniques
Fiche		3.1	3.2	3.3	3.4	3.6	3.7	3.8
Principe de fonctionnement	Type d'alimentation	mécanique	naturelle	naturelle	naturelle	naturelle	naturelle	naturelle
	Espaces concernés	chambres	hall	hall	hall	chambres et séjour	chambres	chambres
	Type d'évacuation mécanique	centralisée	centralisée	centralisée chambres	décentralisée	centralisée	centralisée	centralisée
	Espaces concernés	services (et séjour)	tous	tous	tous	services	services (et séjour)	services (et séjour)
Avantages		très performant (QAI, confort, énergie)	performant (QAI, confort, énergie)	solution économique	travaux intérieurs limités		solution économique	variante du C cascade pour tous n_{50}
		différents logements (nombreuses chambres, p. ex.)	différents logements (nombreux espaces de service, p. ex.)	phasage possible des travaux	phasage possible des travaux	appartement avec séjour fermé séparé	appartement avec séjour fermé séparé	
Convient pour séjour fermé séparé ?		variantes possibles	variantes possibles	variantes possibles	variantes possibles	oui	oui	oui
Sensible à l'étanchéité à l'air de l'enveloppe ?		non	non	non	non	non, si $n_{50} \leq 3$	non, si $n_{50} \leq 1$	non

Source : Buildwise



Exemple de l'une des fiches : D cascade

Chaque fiche contient un descriptif du principe, les avantages et contraintes, les solutions techniques, la régulation, les variantes possibles.

Source : Buildwise

Alimentation mécanique :

- dans les chambres à coucher.

Ouvertures de transfert :

- vers les halls et, le cas échéant, vers la cage d'escalier
- vers le séjour
- vers les espaces de service.

Extractions mécaniques :

- dans les espaces de service.

Remarque

Ce système n'est pas prévu dans la norme NBN D 50-001 [B4].

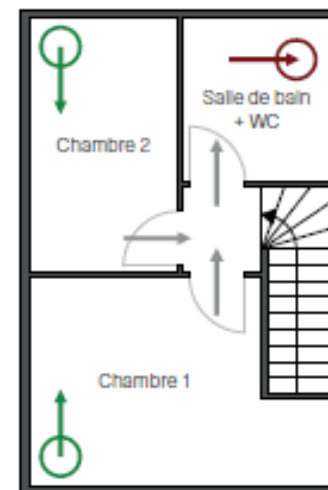
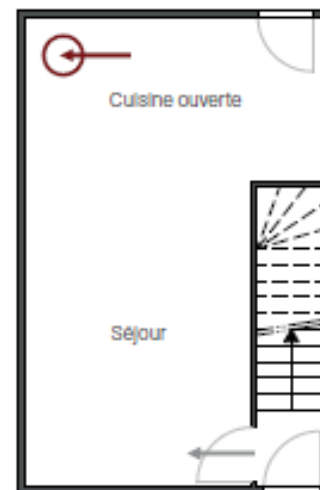


Tableau 3 Avantages et inconvénients des régulations du système D cascade.

Régulation	Avantages	Inconvénients
Régulation centrale – manuelle	✓ Aucun capteur et aucune horloge ✓ Débit garanti dans les chambres à coucher (débit minimum permanent)	✗ Le débit et la qualité de l'air intérieur dans le séjour dépendent de la bonne utilisation de la commande manuelle
Régulation centrale – CO ₂ séjour	✓ Débit garanti dans les chambres à coucher (débit minimum permanent) ✓ Réduction de débit efficace ✓ Un seul capteur	✗ Capteur de CO₂ nécessaire
Régulation centrale – CO ₂ séjour et horloge chambres	✓ Réduction de débit importante ✓ Un seul capteur	✗ Le débit et la qualité de l'air intérieur dans les chambres à coucher dépendent du bon réglage de l'horloge ✗ Capteur de CO₂ nécessaire ✗ Programmation horloge nécessaire
Régulation centrale – CO ₂ séjour et CO ₂ chambres	✓ Réduction de débit la plus importante	✗ Plusieurs capteurs de CO₂ nécessaires



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



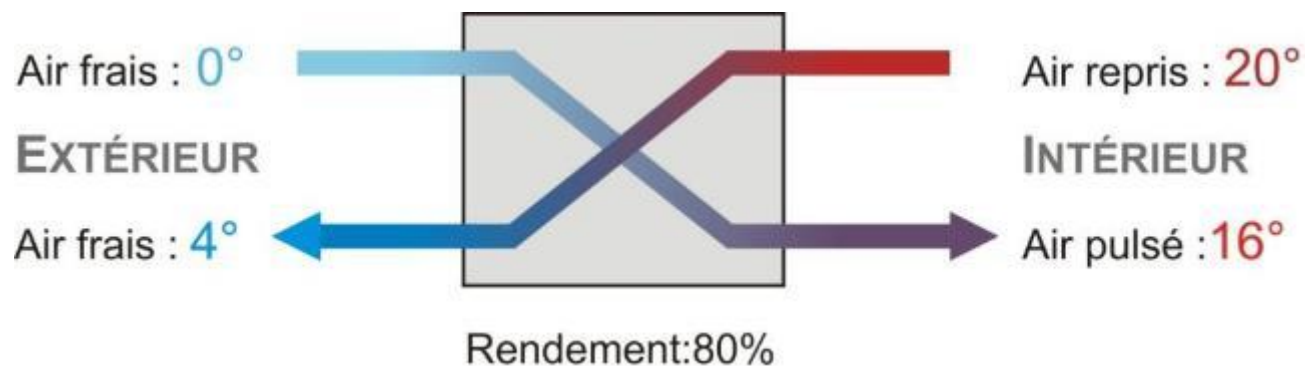
Points d'attention

- Pertes thermiques dues à la ventilation hygiénique

Exemple : logement avec 500 m³/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 !**



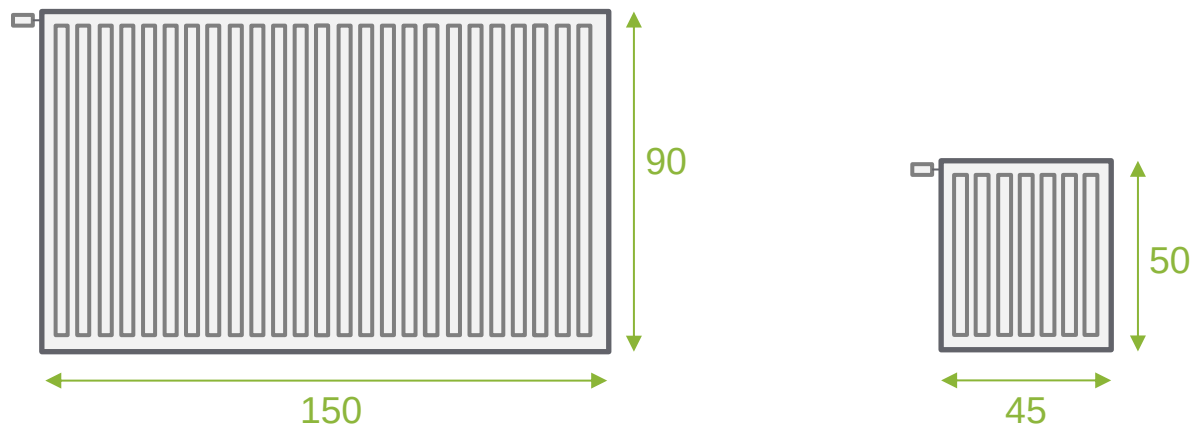
Points d'attention

- Pertes thermiques dues à la ventilation hygiénique

Exemple : logement avec 500 m³/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 m³/h équipé d'un ventilateur de 0,2Wh/m³, soit 100W
 - Allumé en continu au débit nominal : 886 kWh/an
 - Régulé (équivalent $f_{\text{reduc,vent,heat}}$ 0,43) : 380 kWh/an

⇒ **Pertes divisées par 2,3 !**

- Raisonnement identique avec 2 ventilateurs de 0,2Wh/m³, 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> dans les espaces secs	Type de <u>régulation</u> de l' <u>alimentation</u> dans les espaces secs	Type de <u>détection</u> dans les espaces humides		
		Détection <u>locale</u> dans les espaces humides		Aucune détection ou autre détection
		Régulation locale de l'évacuation	Régulation centrale de l'évacuation	
CO₂ - locale : un capteur ou plus dans chaque espace sec	Locale	0,35	0,38	0,42
	2 zones (jour/nuit) ou plus	0,41	0,45	0,49
	Centrale	0,51	0,56	0,61
CO₂ - locale partielle : un capteur ou plus dans chaque chambre à coucher	Centrale	0,60	0,65	0,70
CO₂ - locale partielle : un capteur ou plus dans le séjour principal et un capteur ou plus dans la chambre à coucher principale CO₂ - centrale : un capteur ou plus dans le(s) conduit(s) d'évacuation	2 zones (jour/nuit) ou plus	0,43	0,48	0,53
	Centrale	0,75	0,81	0,87
	Centrale	0,81	0,87	0,93
Présence - locale : un capteur ou plus dans chaque espace sec	Locale	0,54	0,60	0,64
	2 zones (jour/nuit) ou plus	0,63	0,67	0,72
	Centrale	0,76	0,82	0,88
Présence - locale partielle : un capteur ou plus dans chaque chambre à coucher	Centrale	0,87	0,93	1,00
Présence - locale partielle : un capteur ou plus dans le séjour principal et un capteur ou plus dans la chambre à coucher principale	2 zones (jour/nuit) ou plus	0,66	0,72	0,78
	Centrale	0,87	0,93	1,00
Autre ou aucune détection dans les espaces secs	Aucune, locale, par zone, ou centrale	0,90	0,95	1,00

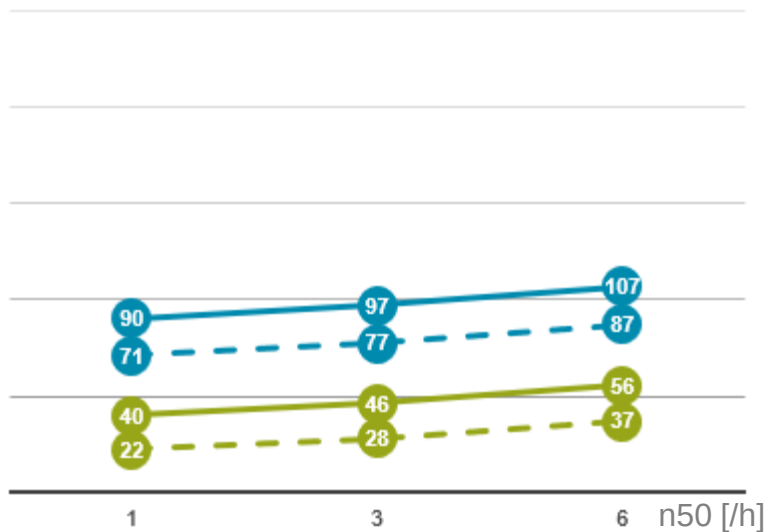
Tableau [1] : $f_{\text{reduc,vent,heat,zone}}$ pour les systèmes de ventilation A, B, C et D avec régulation de l'alimentation sur base des besoins dans les espaces secs et/ou de l'évacuation sur base des besoins dans les espaces humides



Points d'attention

- Impact sur le bilan rénové
 - Exemple du système C

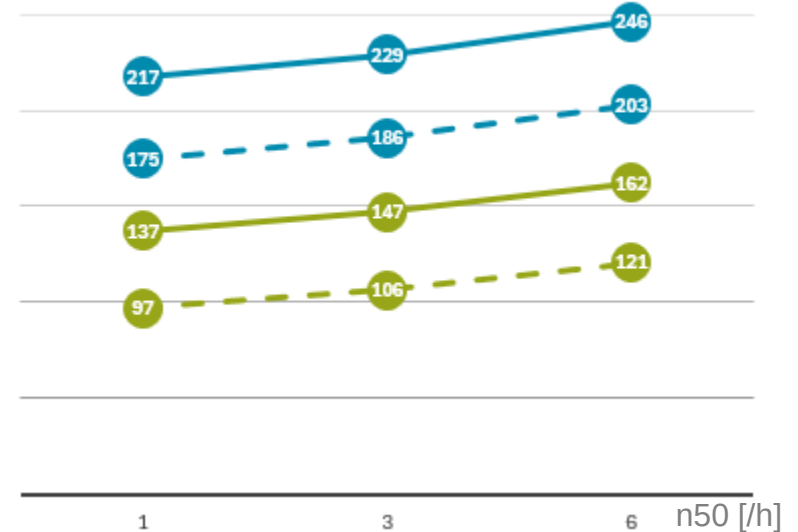
En BNC
[kWh/m².an]



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

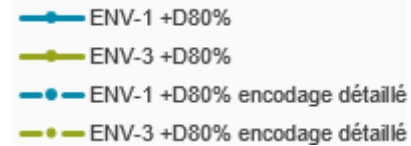
En CEP
[kWh/m².an]



Points d'attention

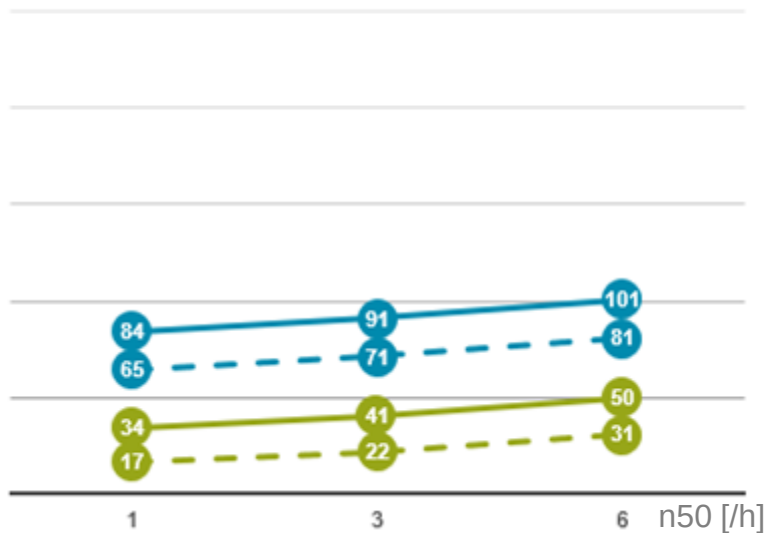
- Impact sur le bilan rénové
 - Exemple du système D

Légende

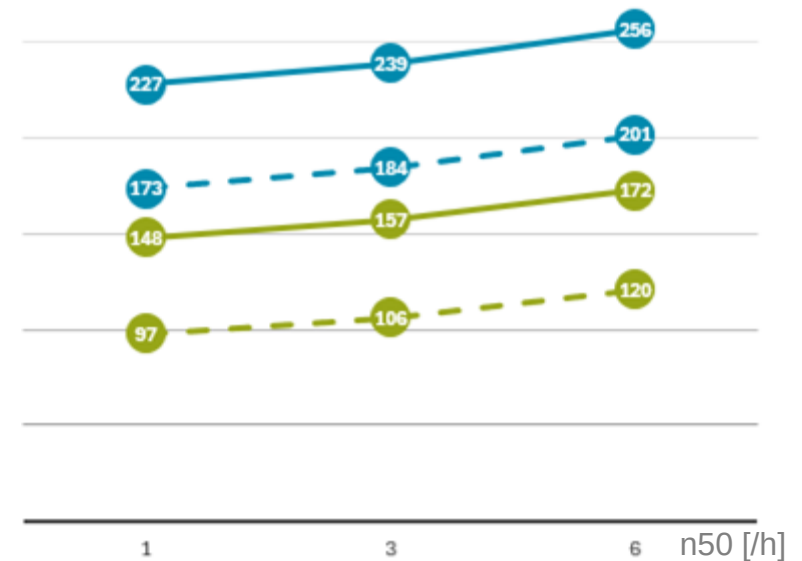


Regulation car horaire non valorisable

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 & Palau

**Groupe d'extraction type C+**

Source: Renson



Gaines en acier galvanisé



Gaines souple aluminium



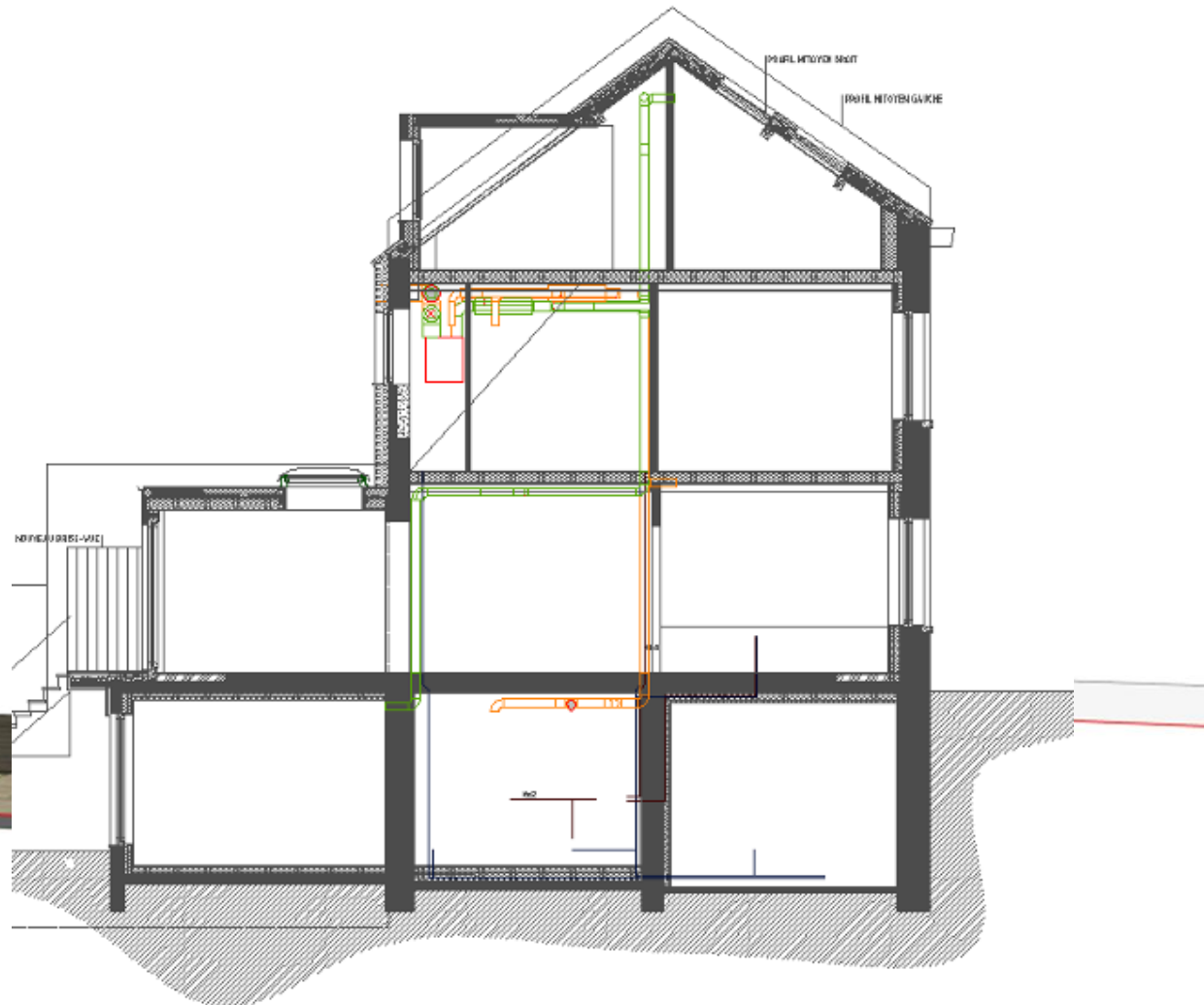
Silencieux circulaire

Source : Trox



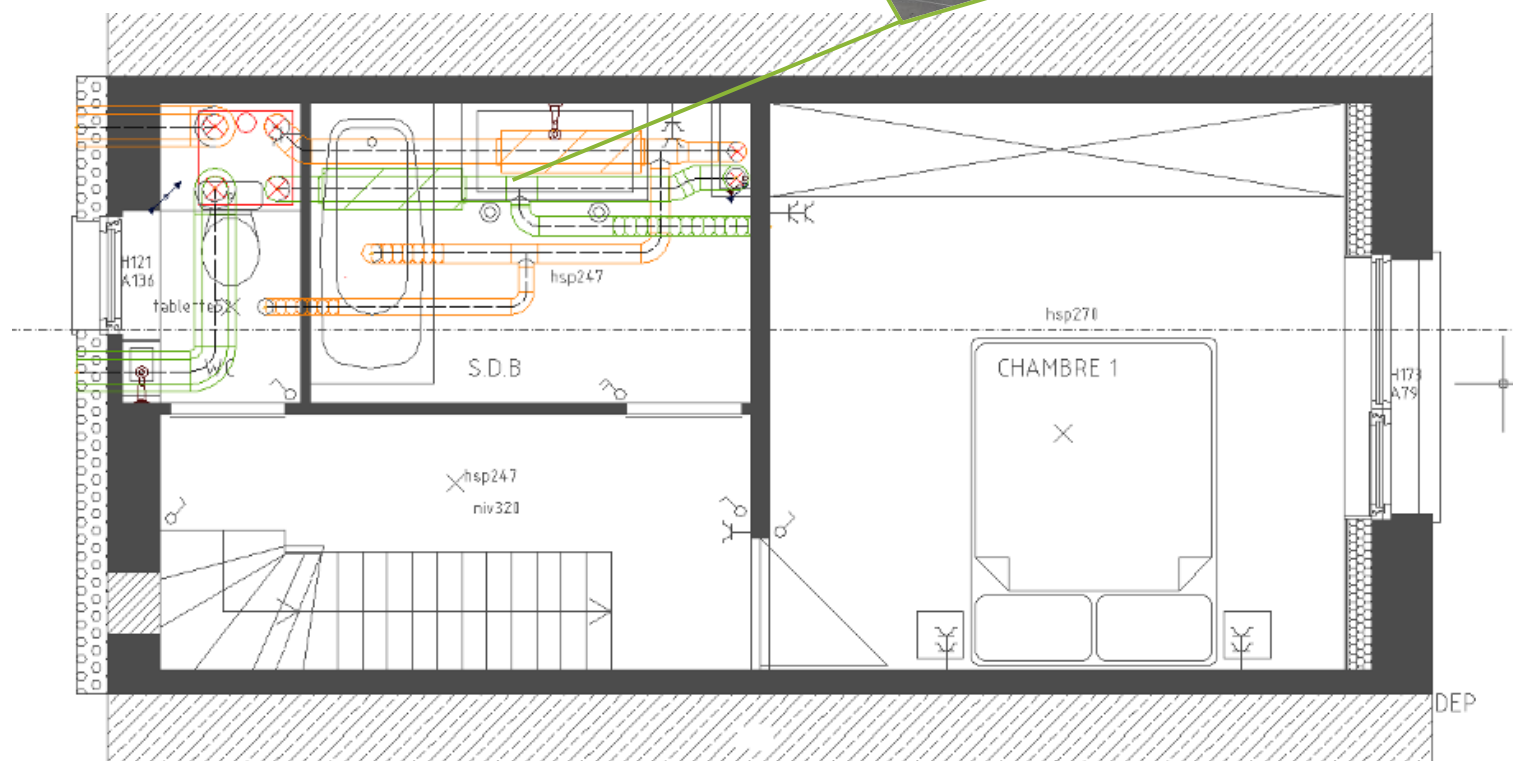
Points d'attention

- Illustrations de l'encombrement



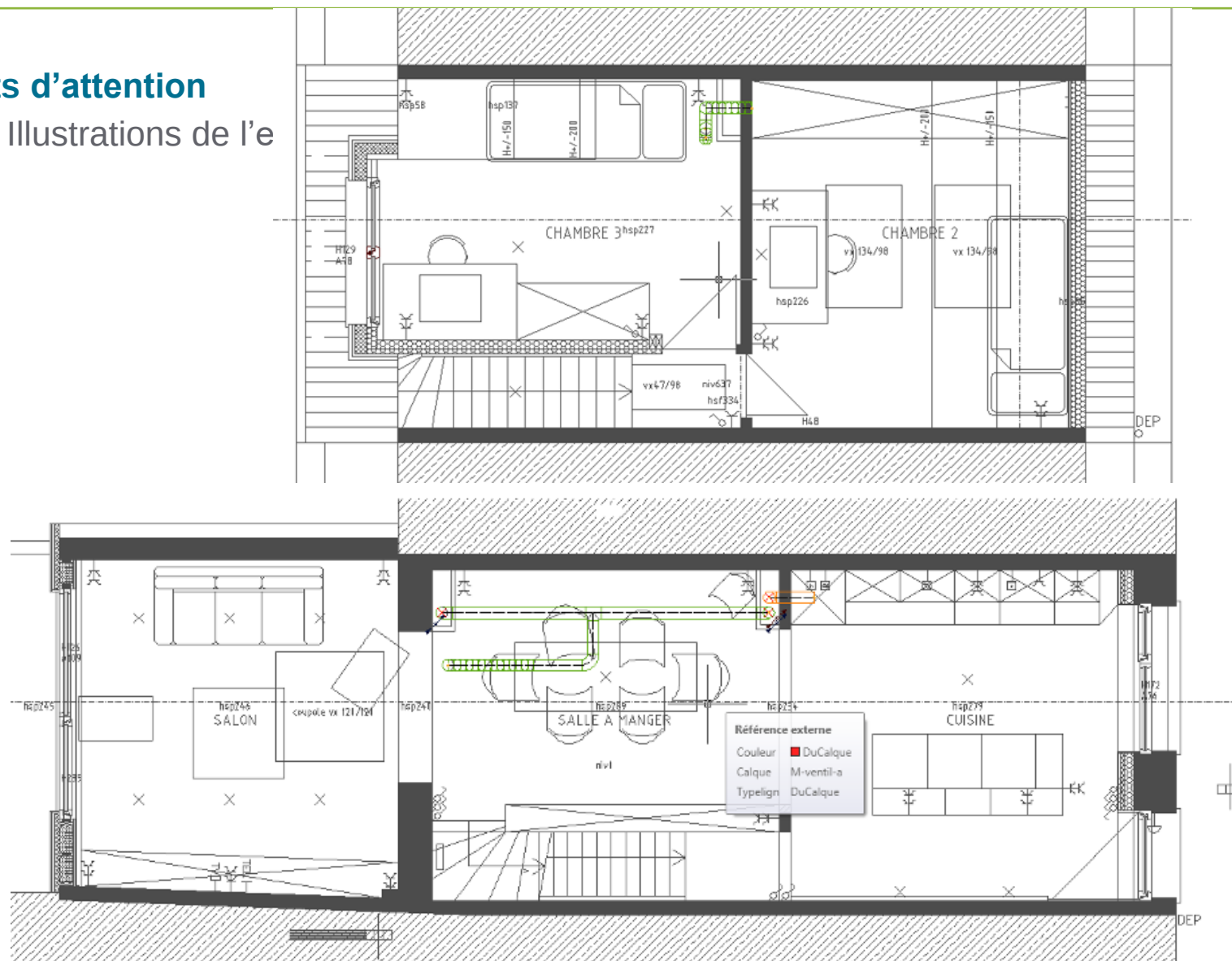
Points d'attention

- Illustrations de l'encombrement



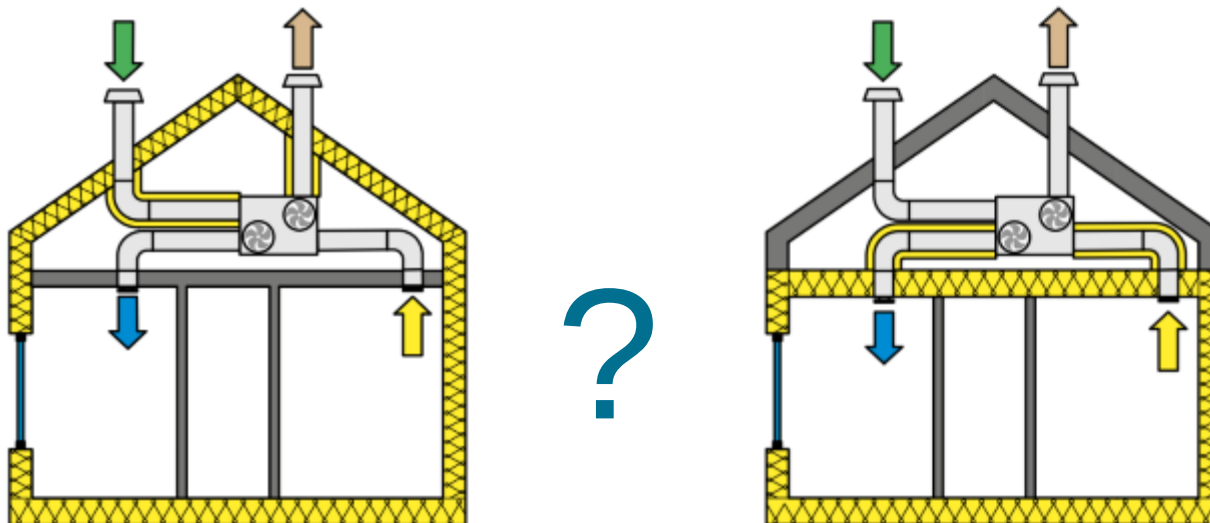
Points d'attention

- 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

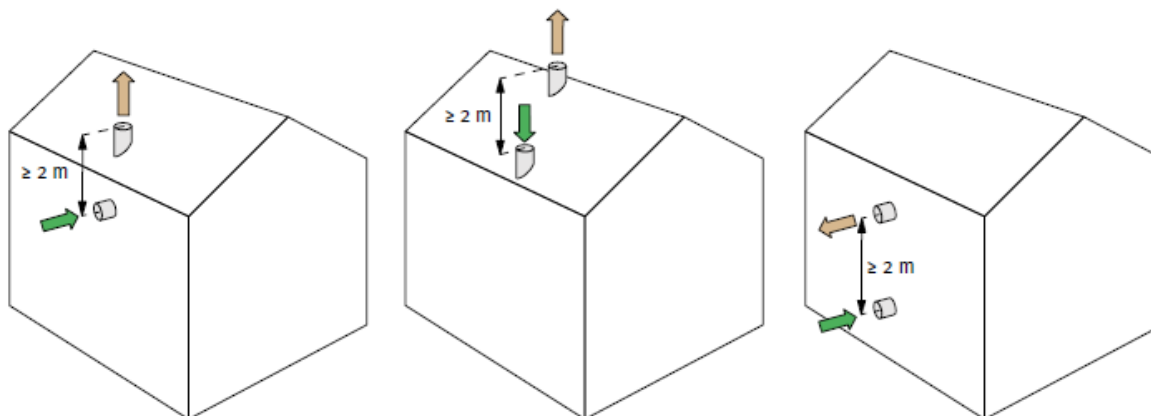


Fig. 20 Différence de hauteur minimale de 2 m entre une prise d'air et un rejet pour différentes situations (la prise d'air étant plus bas que le rejet).

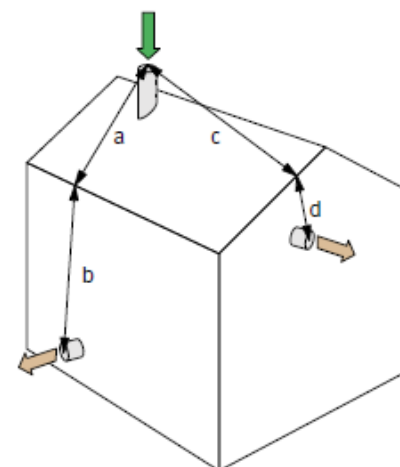


Fig. 21 Distance minimale de 10 m ($a + b + c + d$) entre un rejet et une prise d'air pour différentes situations (lorsqu'il n'est pas possible de placer la prise d'air 2 m plus bas que le rejet).

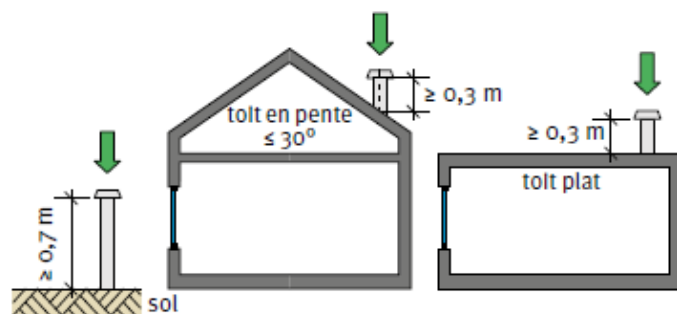


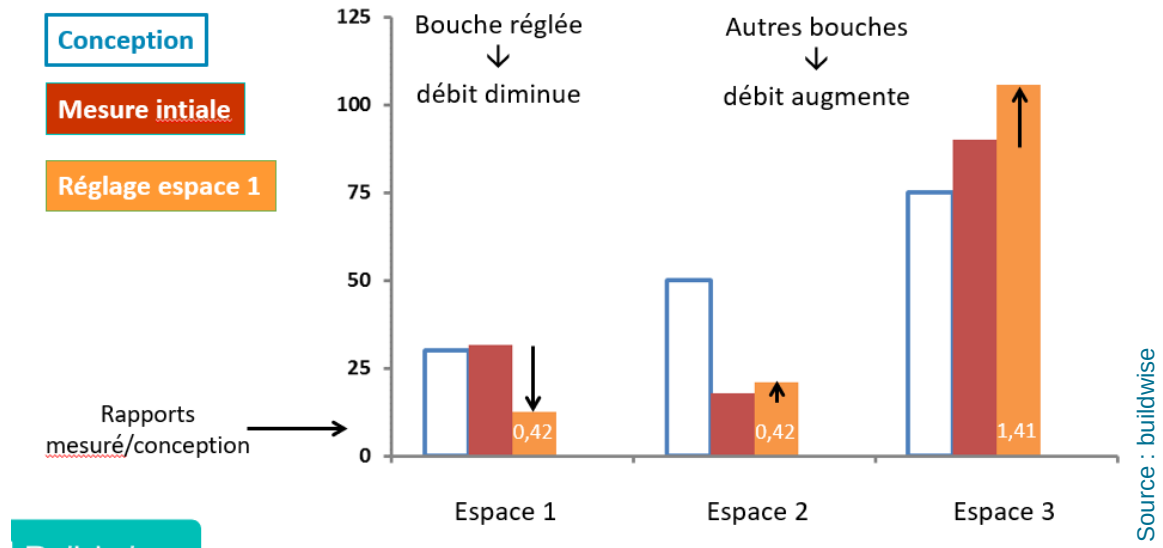
Fig. 23 Hauteur minimale des prises d'air placées au sol (à gauche) et sur une toiture dont la pente n'est pas supérieure à 30° (à droite).

→ 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>



Quiz

- ▶ 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

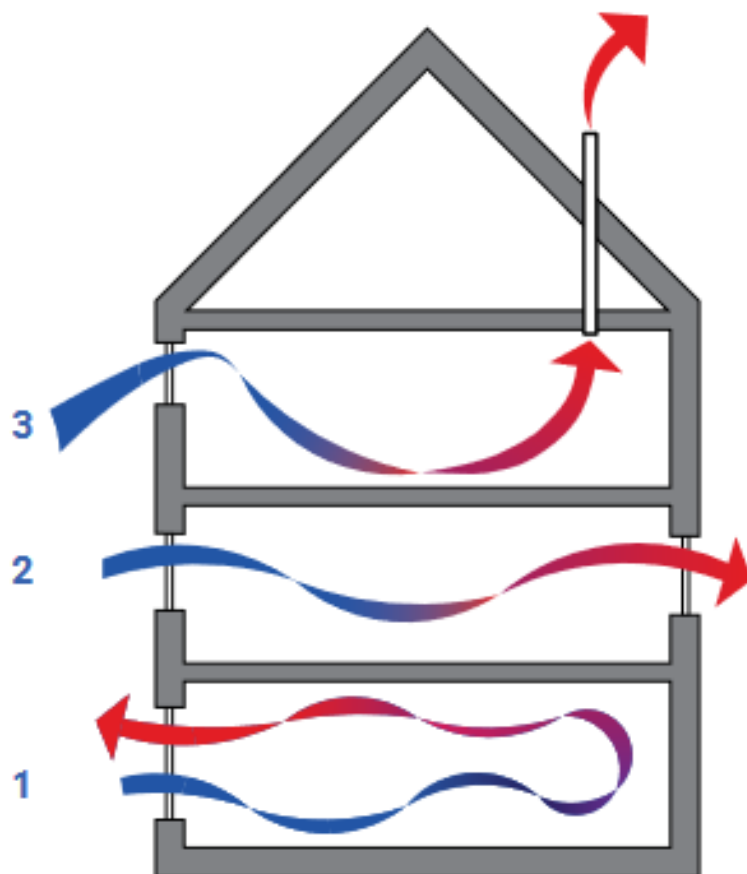


- ▶ Guide bâtiment durable Energie
 - Dont notamment :
 - Concevoir un système de ventilation énergétiquement efficace
 - Etanchéité à l'air des techniques



- ▶ Homegrade
 - Ventilation d'une habitation en rénovation
- ▶ Buildwise
 - Systèmes de ventilation innovants pour les logements 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 » .



Monitoring réalisé dans 23 maisons similaires

Exemple de l'efficacité de la ventilation intensive de nuit dans deux maisons adjacentes

Caractéristique	Maison n° 3	Maison n° 5
Ventilation naturelle intensive de nuit	Oui	Non
Volume protégé	449 m ³	567 m ³
Niveau d'isolation global K	13	
Inertie	Structure peu massive	
Orientation principale des vitrages	Sud	
Taux de renouvellement d'air à n ₅₀	0,64 h ⁻¹	0,57 h ⁻¹
Température moyenne mesurée	21,4 °C	26,7 °C

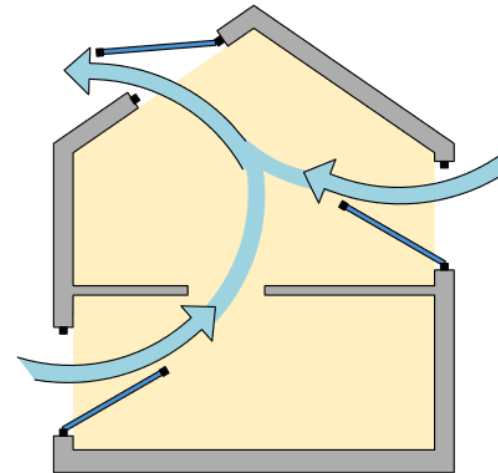
Source : Buildwise

⇒ Les pratiques des occupants ont **un impact fondamental** sur la température intérieure !



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

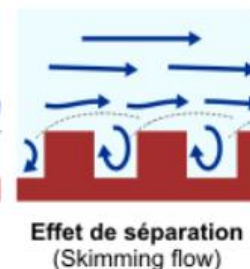
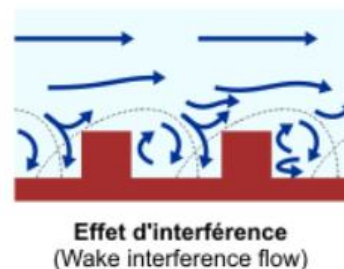
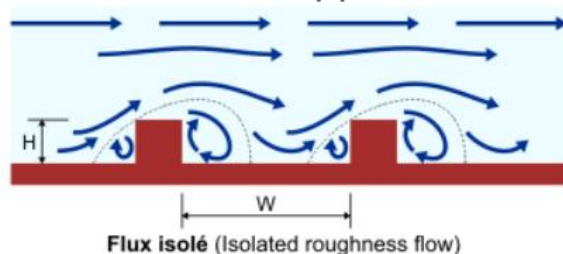
- Ouverture minimum

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 ²	0,64 m ²
Ventilation par des ouvertures sur des façades opposées	3,2 %	0,51 m ²	0,32 m ²

Exemple pour un local de 16m²

Source : Energie plus

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



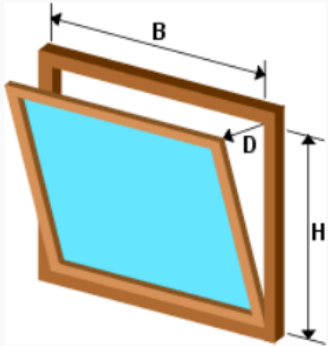
Source : Energie plus



Points d'attention

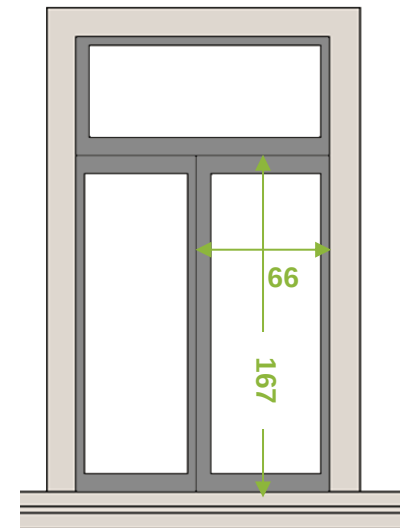
- Combiner surface ouvrante et risque d'intrusion!

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?

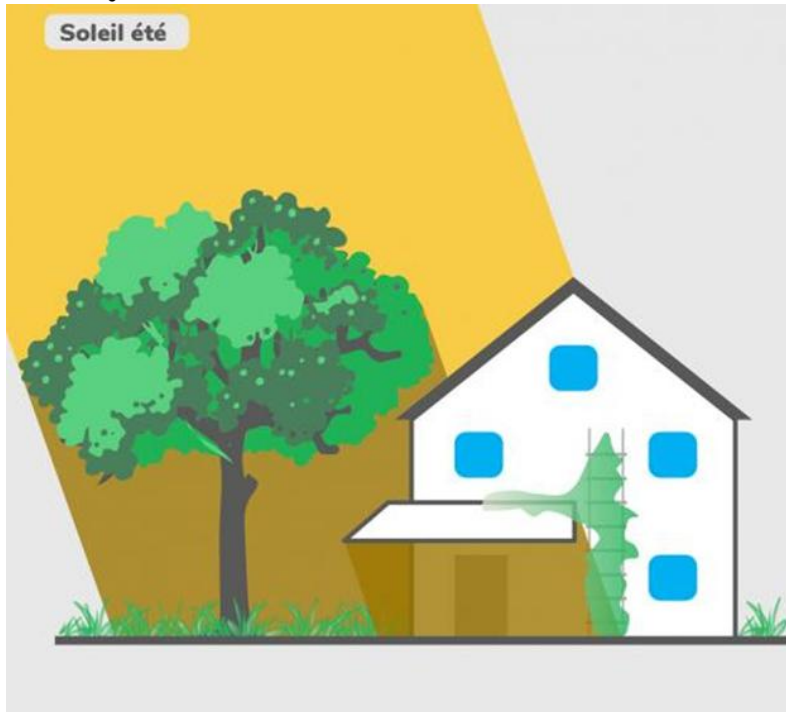


- ▶ Guide bâtiment durable Energie
 - Dont notamment :
 - La surchauffe
 - Assurer le confort thermique
 - Choisir les meilleurs modes de production de refroidissement renouvelable
 - Appliquer une stratégie de refroidissement passif
- ▶ Energie +
 - Ventilation intensive naturelle d'été
 - Ventilation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





Soleil été



Soleil d'hiver



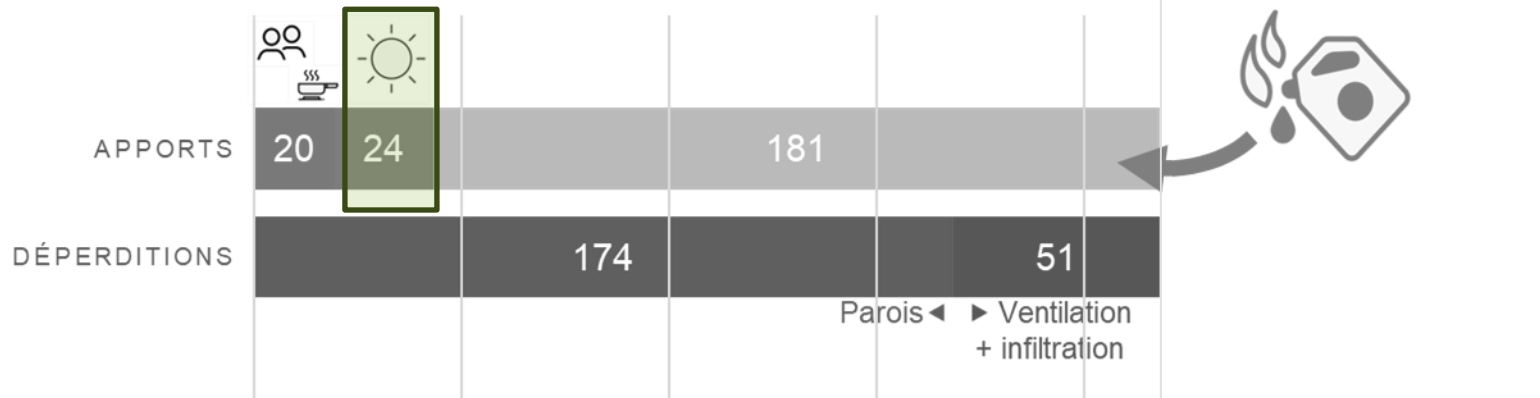
Quels sont les paramètres d'influence ?



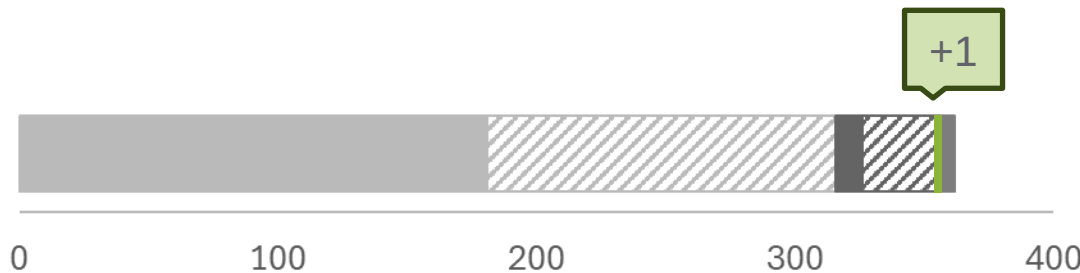
Rappel des chiffres

Illustration au moyen du bilan thermique global

- Une part d'apports solaires



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

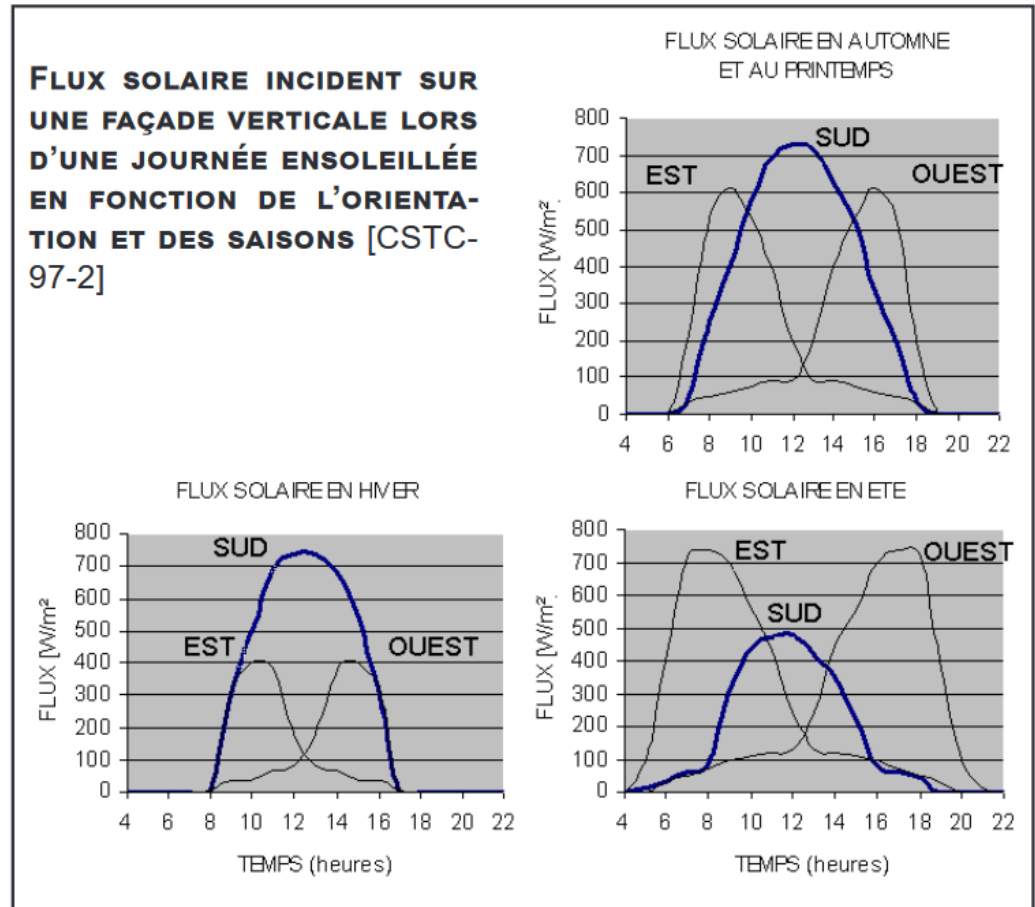


... qui tendent à augmenter à mesure qu'on isole!



Points d'attention

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

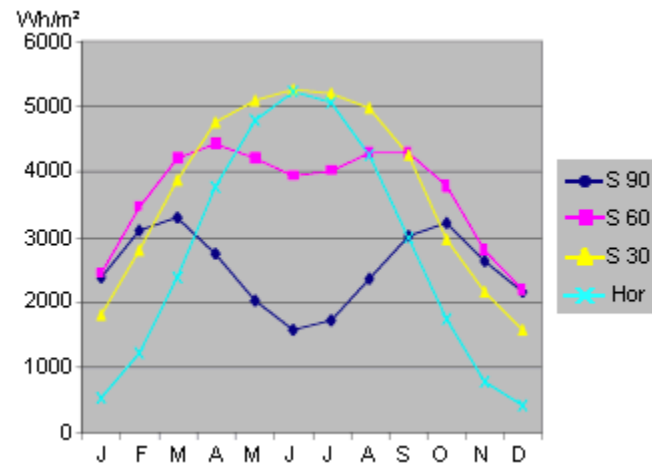


Source : Guide pratique pour les architectes. La fenêtre et la gestion de l'énergie [2018]



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 parallèle à la façade					
Dispositif perpendiculaire à la façade horizontal ou oblique					
Dispositif perpendiculaire à la façade vertical					





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

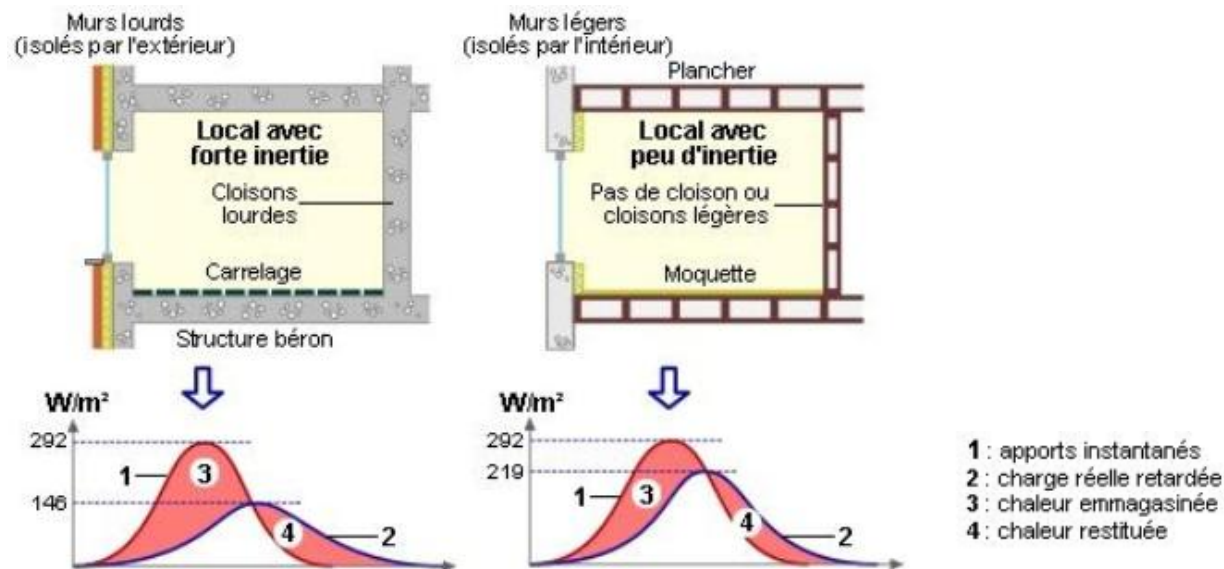


- Guide bâtiment durable Energie
 - Dont notamment :
 - La surchauffe
 - Assurer le confort thermique
 - Limiter les charges thermiques - Eléments de choix durable
 - Appliquer une stratégie de refroidissement passif
- Autres
 - Buildwise Vidéo Comprendre les caractéristiques des protections solaires
 - 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

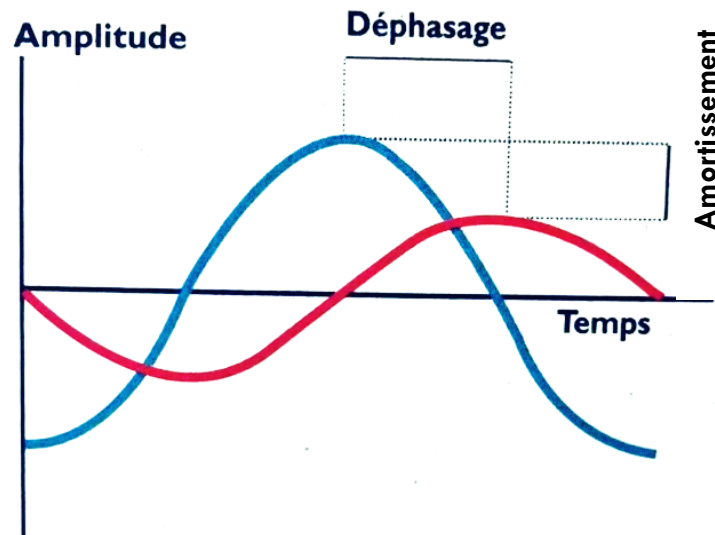


Source : Architecture et Climat, UCL



Inertie thermique d'un bâtiment

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

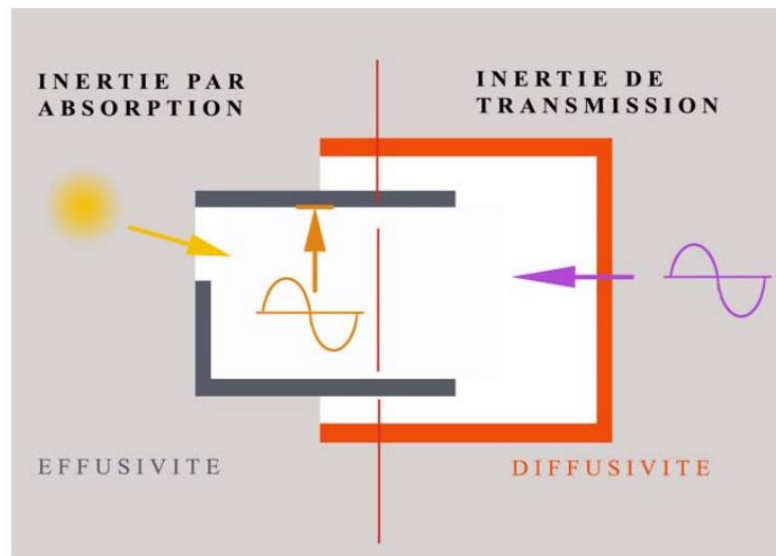


Source : La conception bioclimatique,
Samuel Courgey et Jean Pierre Oliva



Inertie thermique d'un bâtiment

- On peut distinguer deux cas de figures où intervient l'inertie thermique



Source : Julie LELONG

> Atténue les variations de températures intérieures dues à **l'intermittence des sources de chaleur** interne et à la pénétration solaire par les baies

> Concerne les **parois internes**

> Atténue les variations de températures extérieures dues **aux amplitudes thermiques du climat** et aux effets du rayonnement solaire sur les parois d'enveloppe externe

> Concerne les **parois de l'enveloppe**



Comparaison de différents types de parois

Pour une même conductivité thermique, comparons les paramètres suivants ...

- ▶ Déphasage [h]
 - indique le temps écoulé entre les pics de chaleurs intérieurs et extérieurs

Une valeur de 12 heures signifie ici que la température interne maximale est atteinte 12 heures après la température de surface externe maximale.

- ▶ Amortissement (= Atténuation du flux de chaleur)
 - indique la proportion de l'onde de chaleur extérieure transmise à l'intérieur

Une valeur de 10 signifie que la surface extérieure présente des variations de température 10 fois plus importantes que la surface intérieure

Exemple : Pour un amortissement de 10, et

T_{ext} qui varie de 15 à 35°C (variation de 20°C)

T_{int} aura une variation de 2°

- ▶ Capacité de stockage [kJ/m³K]

⇒ Ces indicateurs **servent uniquement à comparer différents composants** et ne font aucune déclaration sur la température intérieure réellement attendue

Simulations réalisées à l'aide de l'outil ubaktus



Comparaison de différents types de parois

- Toitures – Conductivité thermique $U = \sim 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$

Toiture en pente

Isolation en
sarking

- Toit 01 : Structure bois + PUR
- Toit 02 : Structure bois + Fibre de bois

Isolation entre
chevrons

- Toit 03 : Structure bois + Fibre de bois
- Toit 04 : Structure bois + Herbes séchées
- Toit 05 : Structure bois + Cellulose

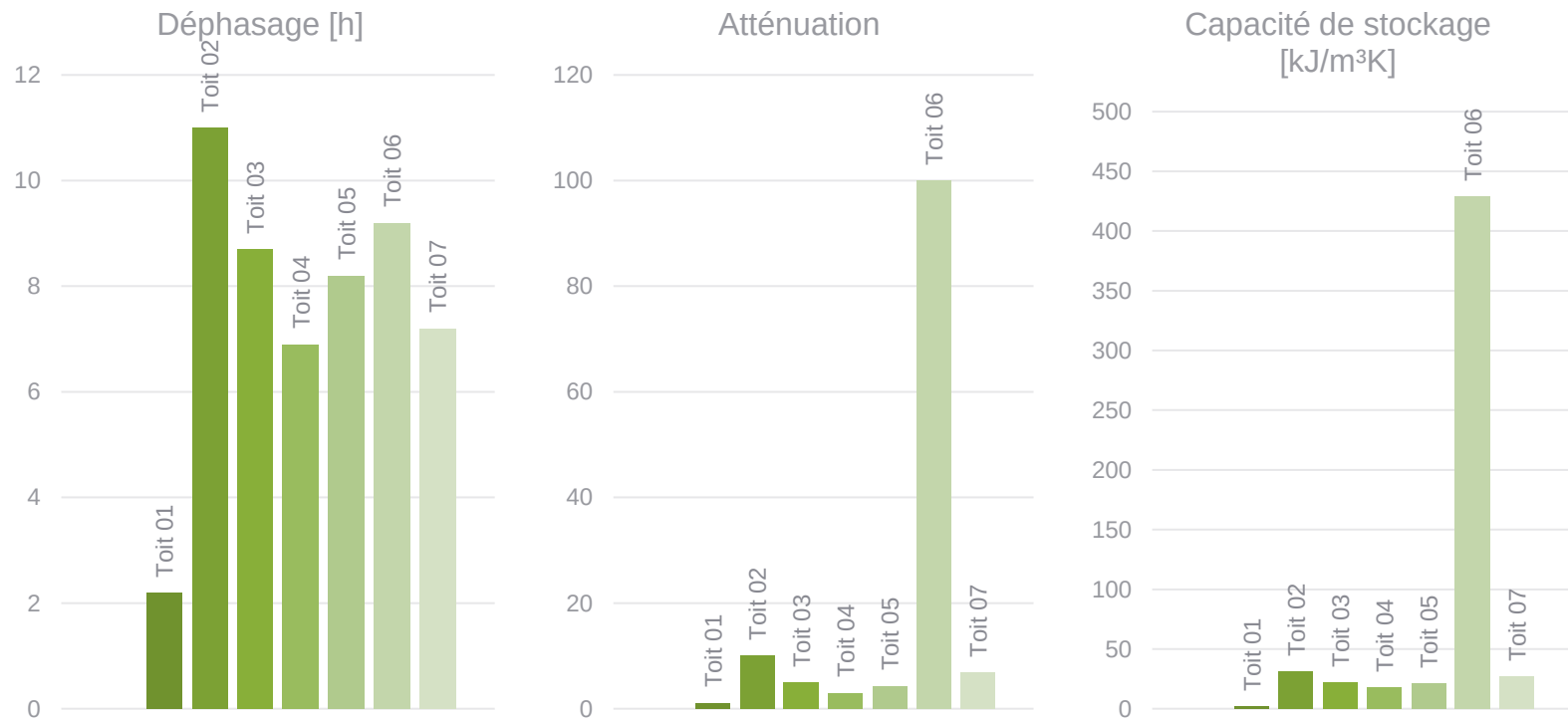
Toiture plate

- Toit 06 : EPDM + PUR + Structure béton
- Toit 07 : EPDM + Fibre de bois + Structure bois + Fibre de bois



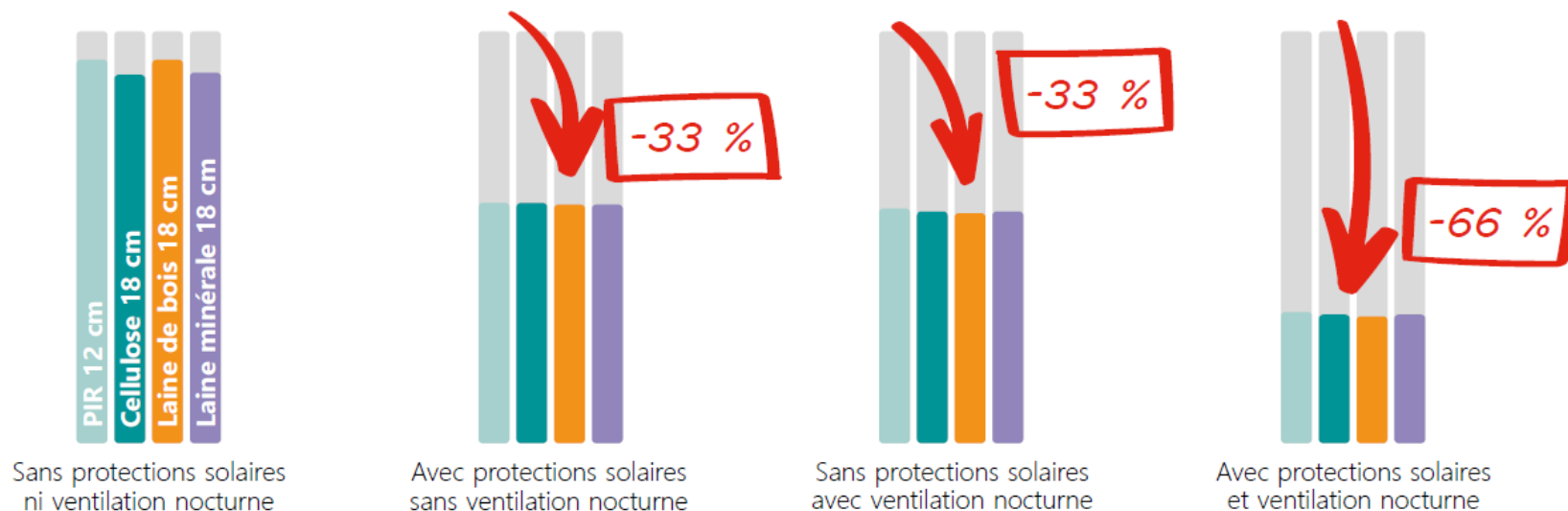
Comparaison de différents types de parois

- Toitures – Conductivité thermique $U = \sim 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$



Comparaison de différents types de parois

- ▶ Extrait des résultats d'une étude de Buildwise sur l'impact de la nature de l'isolant des toitures à versants



2 | Comparaison de l'impact de l'installation de protections solaires ou de la ventilation nocturne sur les indicateurs de surchauffe au-delà de 25 °C.

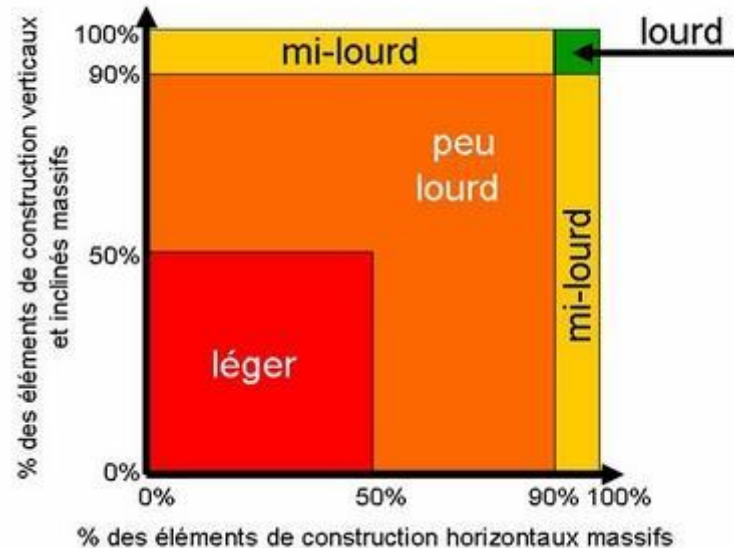
Source : CSTC Contact 2021/2

⇒ La nature de l'isolant a un impact mineur sur la surchauffe estivale



Rappel des chiffres

- PEB = approche simplifiée



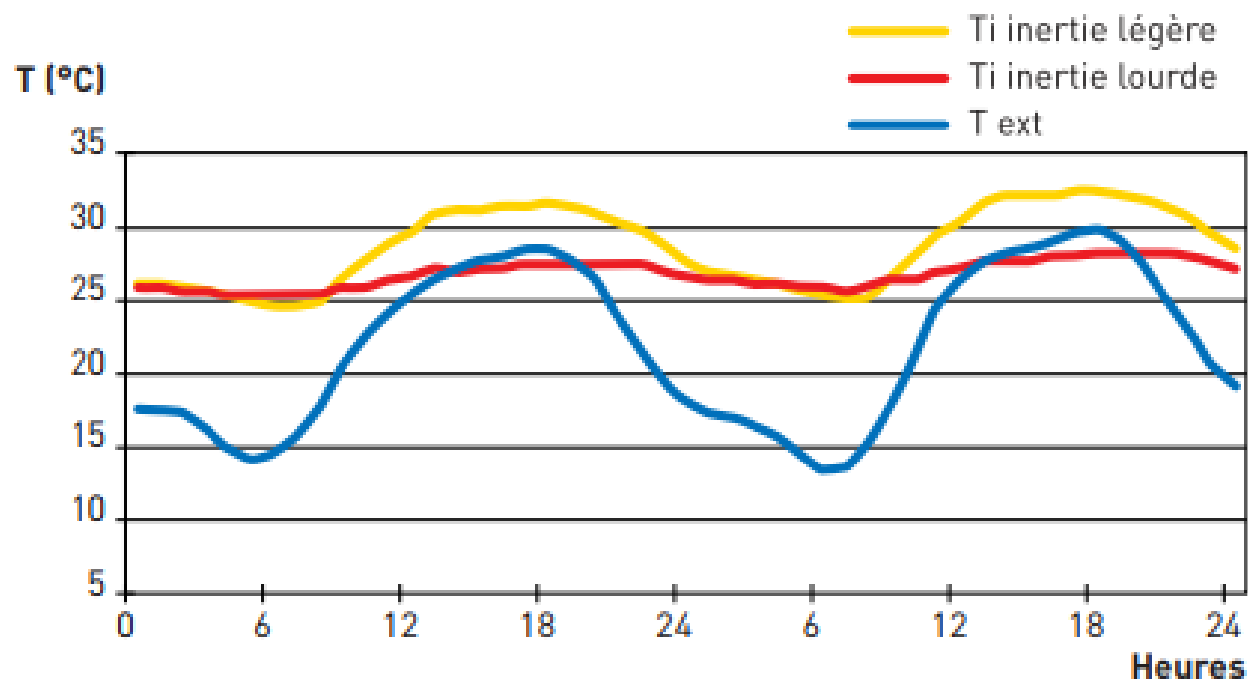
élément de construction massif : masse d'au moins 100 kg/m^2 , déterminée en partant de l'intérieur jusqu'à une lame d'air ou une couche à conductivité thermique inférieure à $0,20 \text{ W/(m.K)}$



Impact de l'inertie sur le confort d'été dans une maison d'habitation

► Etude de Tribu

Maison individuelle (été)
Températures Intérieures - Influence de l'Inertie.





- ▶ 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

	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

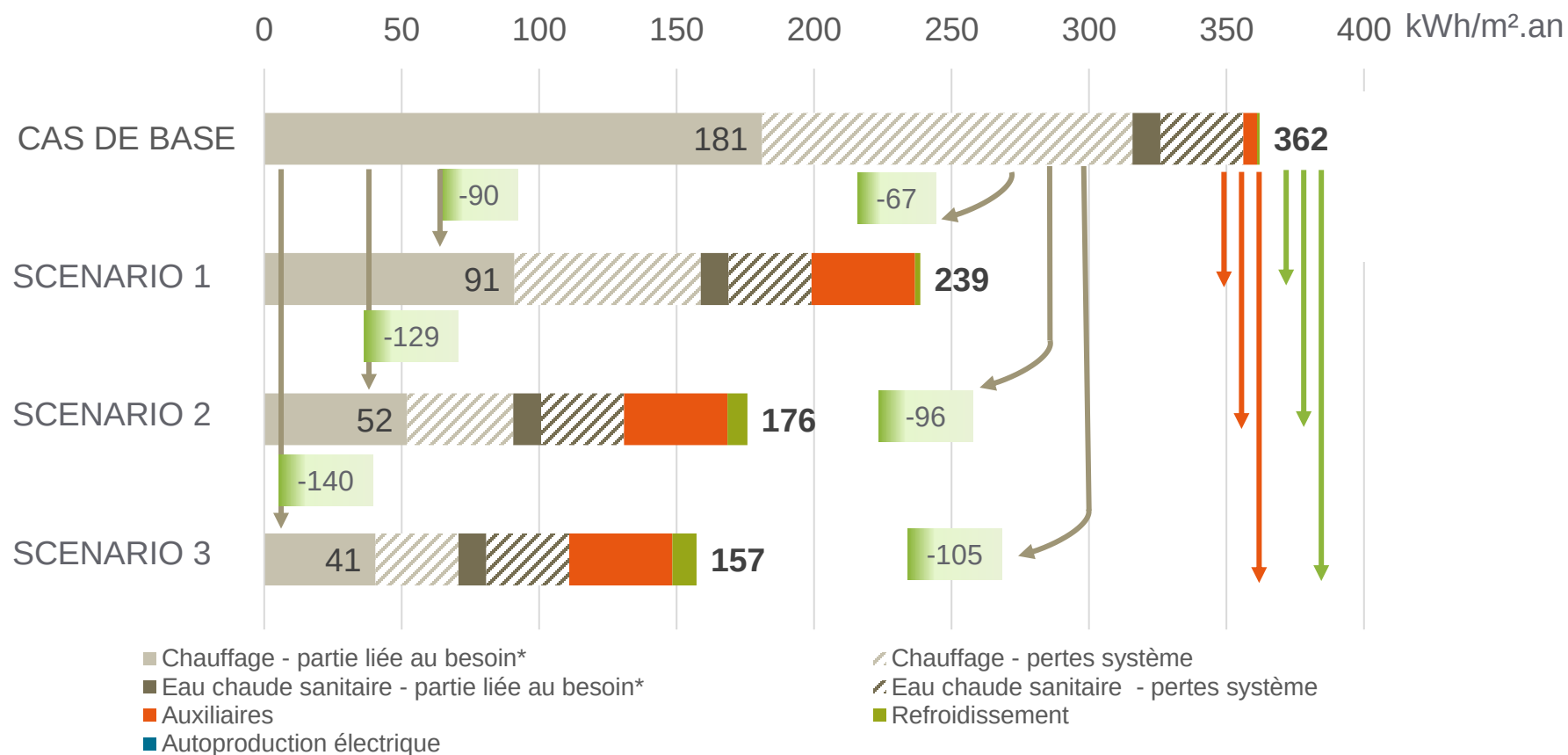
Autres impacts non chiffrés

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



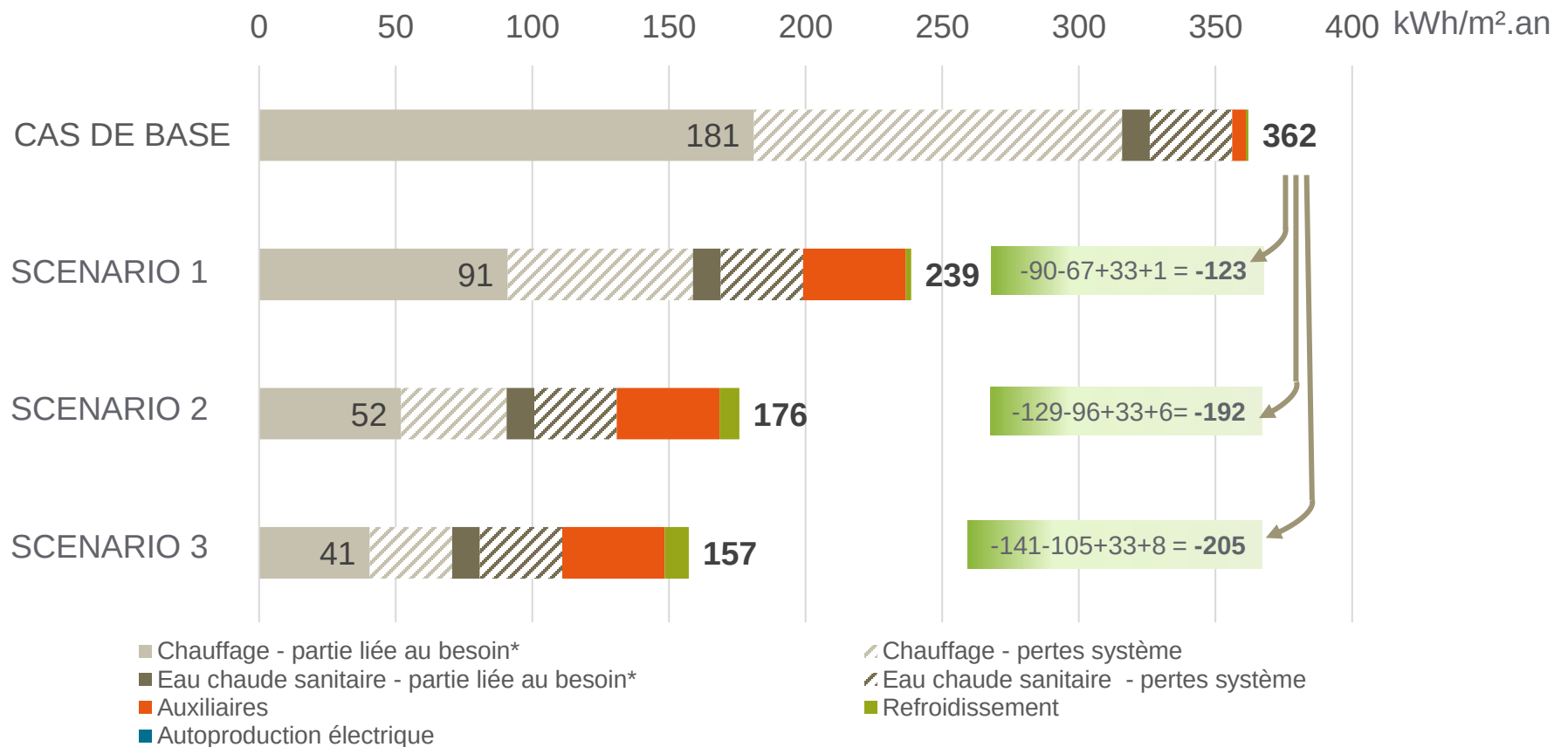
Rénovation de l'enveloppe

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



Rénovation de l'enveloppe

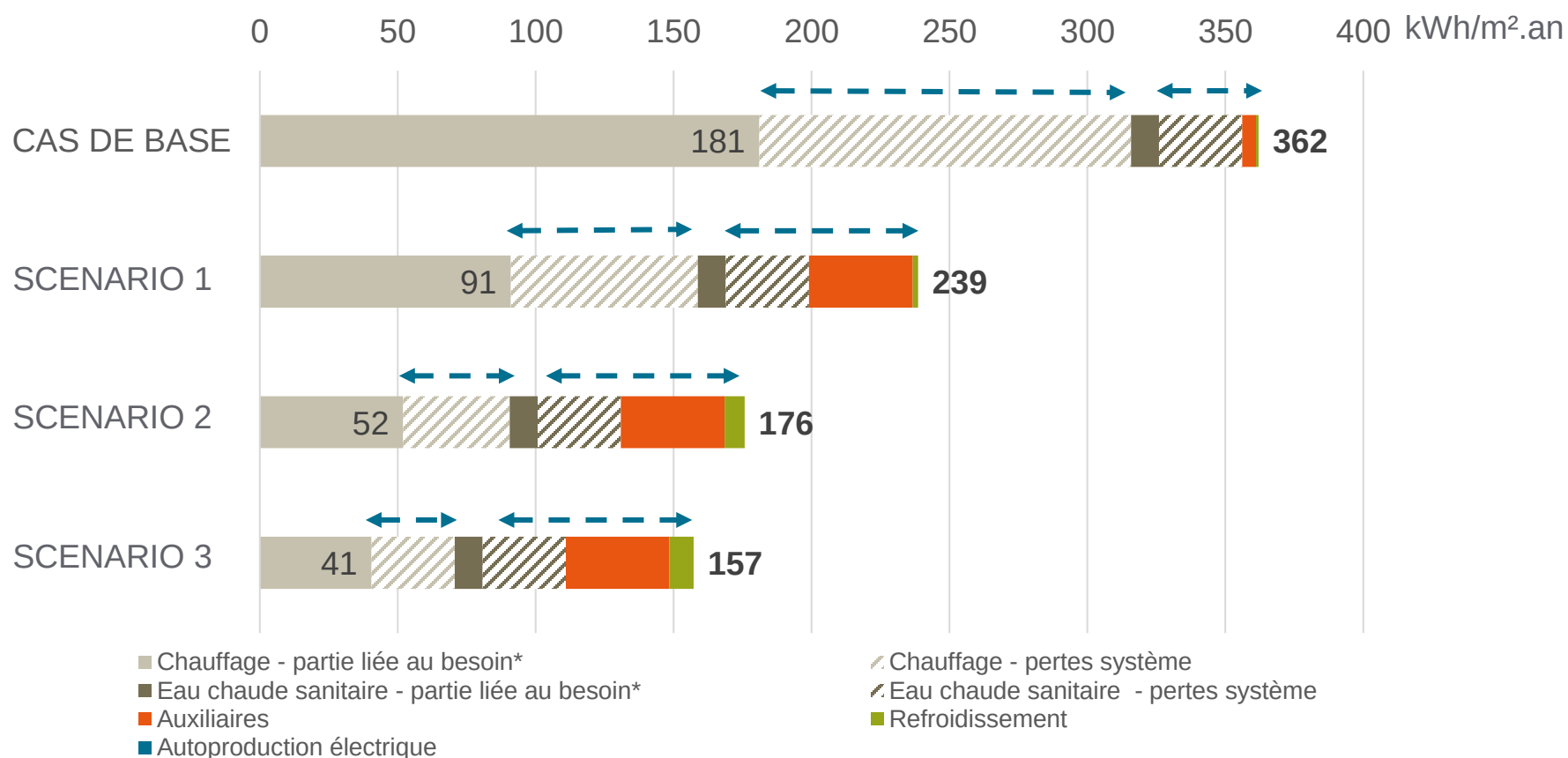
- Effet en Energie primaire (CEP) et part du BNC



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



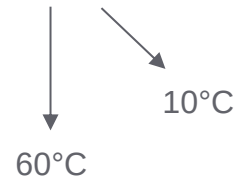
Ordre de grandeur

- Consommation d'ECS $\approx$ 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 $c = 1,16 \text{ kWh}/(\text{m}^3\text{K})$



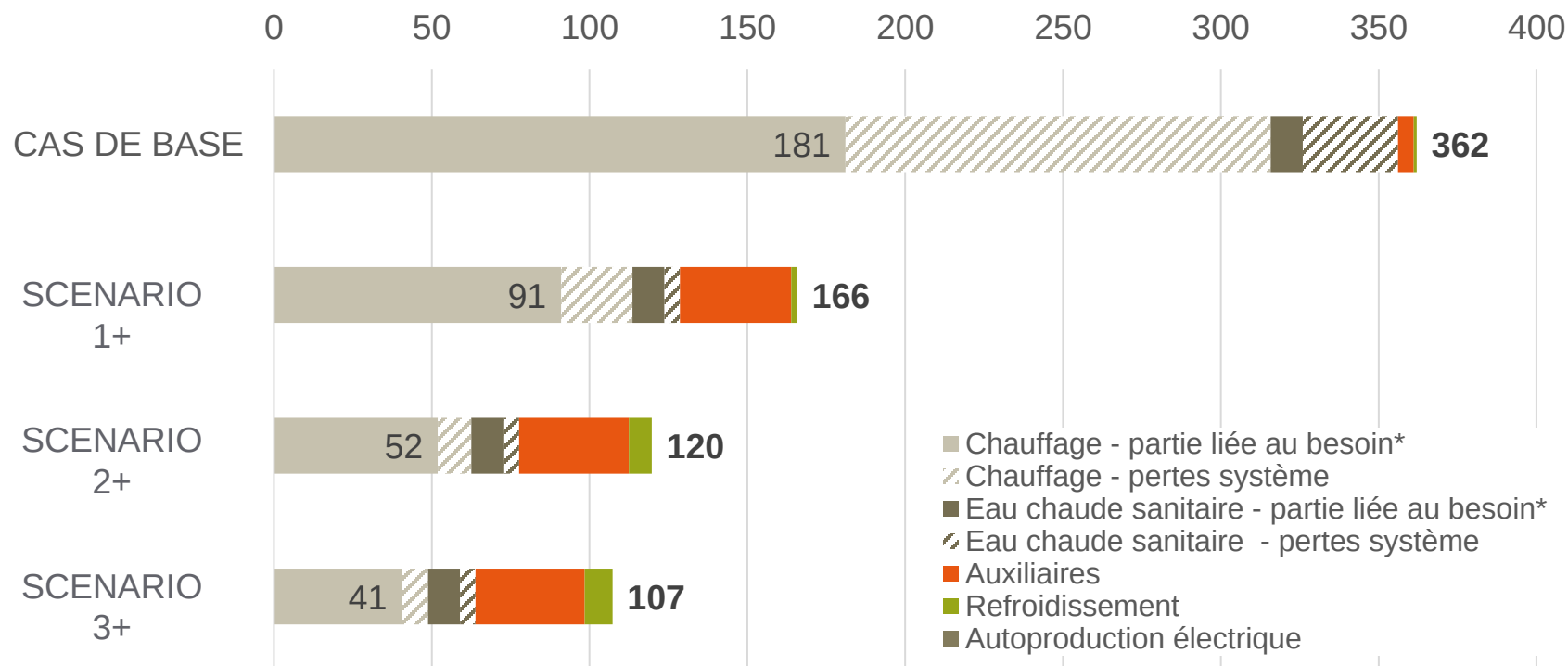
	Besoin en volume [m ³]	Besoin en energie [kWh/an]	Si Surface de plancher = 245m ²
4 personnes à 25L/jour	36	2117	9
4 personnes à 60L/jour	88	5080	21
Selon PEB maison exemple		2480	10



ZOOM SUR LES PERTES SYSTEMES (ECS/CHAUFFAGE)

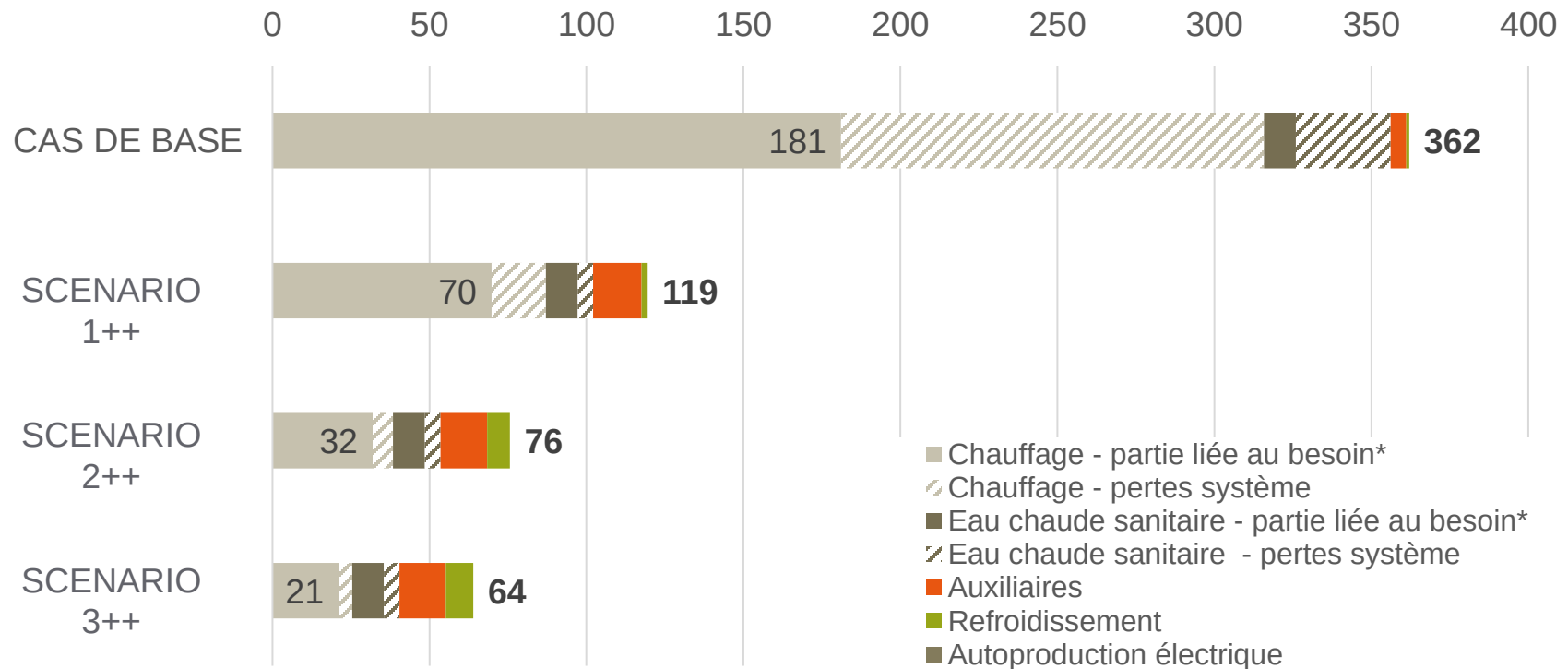
Ordre de grandeur

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



Ordre de grandeur

- Ventilation + Auxiliaires détaillés





- ▶ 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



Florence Grégoire et Sophie Haine

Ingénieur projet

écorce sa

 + 32 4 226 91 60

 info@ecorce.be



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

