

FORMATION BATIMENT DURABLE

ENVELOPPE :
RÉNOVATION DE LA TOITURE

AUTOMNE 2024

Se protéger de la chaleur
Gestion des apports solaires en toiture

INTRODUCTION

EN THÉORIE

APPROCHE COMMUNE AUX DIFFÉRENTES FAMILLES

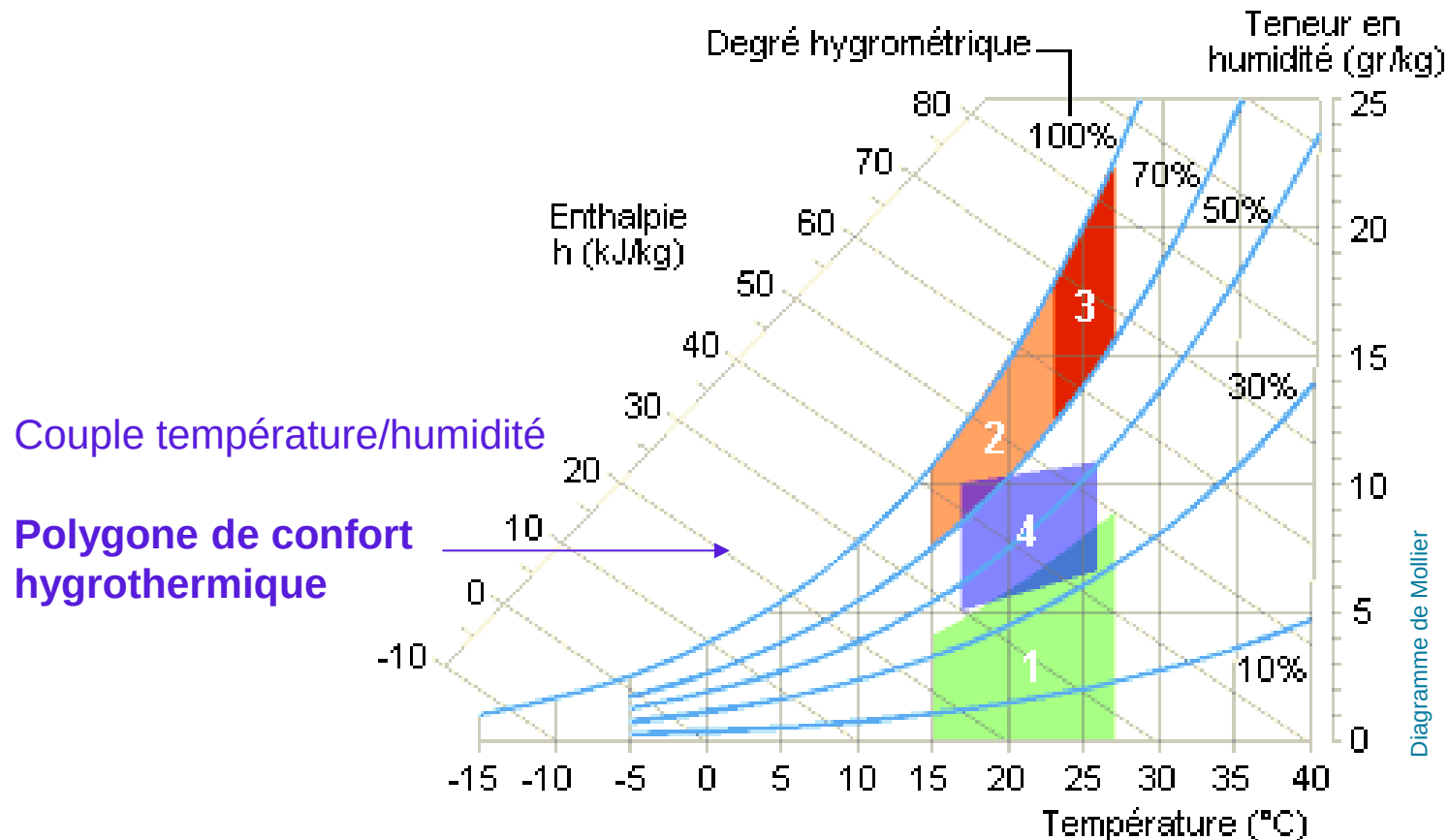


Pourquoi se protéger de la chaleur ?



POURQUOI SE PROTÉGER DE LA CHALEUR ?

L'accumulation de chaleur peut provoquer un inconfort thermique

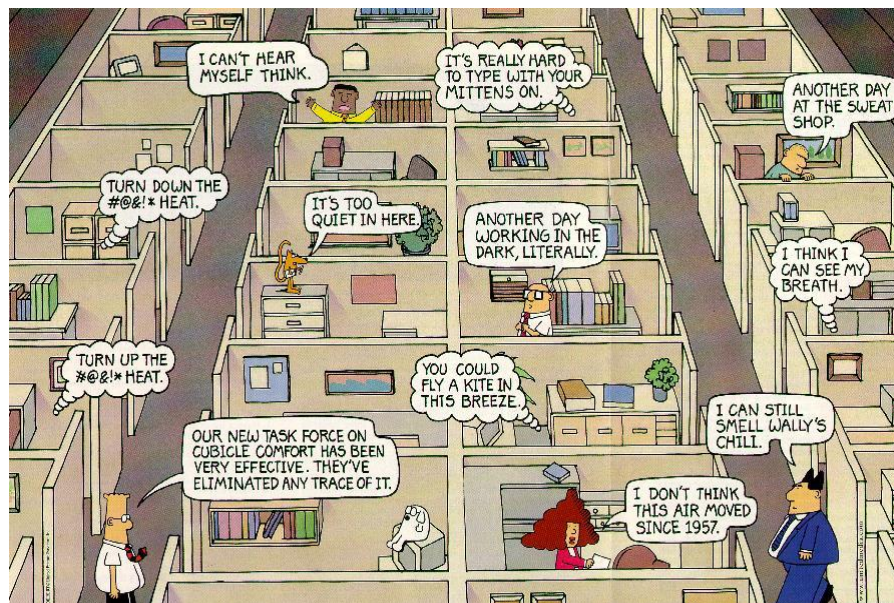


POURQUOI SE PROTÉGER DE LA CHALEUR ?



L'inconfort thermique est cependant propre à chaque individu, il dépend

- ▶ de la sensibilité
- ▶ de l'habillement
- ▶ du métabolisme...



Source: CBE, 2017

⇒ **Cela induit une certaine subjectivité**



Comment peut-on objectiver cet enjeu ?

- ▶ En introduisant la notion de « surchauffe »



⇒ **Focus sur la surchauffe estivale**

- ▶ On parle de probabilité du risque de surchauffe
 - en pourcentage de temps
 - par rapport à une température à fixer
- ▶ Par exemple, dans le cadre de la certification passive, selon les critères de la Plateforme Maison Passive

La température ne peut être supérieure à 25°C pendant plus de 5% du temps



INTRODUCTION

EN THÉORIE

APPROCHE COMMUNE AUX DIFFÉRENTES FAMILLES



8 POURQUOI ABORDER CE SUJET ?

La rénovation d'une toiture peut-elle avoir un impact sur la surchauffe ?

Si oui, comment ?



QUELS SONT LES PARAMÈTRES D'INFLUENCE ?

Les températures atteintes dans les locaux dépendent

- ▶ Des charges internes
(dépendent de l'affectation)
- ▶ Des gains solaires
- ▶ De l'inertie
- ▶ De la stratégie de contrôle

⇒ La question de la surchauffe nécessite une réflexion globale à l'échelle du bâtiment et de ses composants. Une intervention en toiture peut contribuer à la solution !



Charges internes	
Faible	20
	25
Moyen	30
	35
	40
Elevé	45
	50

20

	Pourcentage de vitrages	Gains solaires	
		N/S	E/O
	20	15	17
	40	30	34
	60	46	51
	20	5	7
	40	10	14
	60	15	21
	40	20	28

+

= 30

Inertie		
Types *	Plafond	Points
Lourd M = 100	Ouvert	-7
	Fermé	-5
Moyen M = 75	Ouvert	0
	Fermé	+6
Léger M = 50		+9

+

= 30

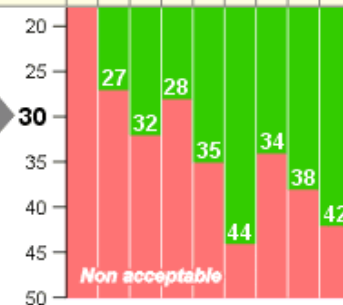
Stratégie de contrôle du froid nocturne		Points
Pas de refroidissement nocturne		+10
Contrôle prédictif		0
Contrôle manuel par opérateur		+5

+

= 30

* : M = la somme de la moitié du poids des murs latéraux, mur de fond, plancher, plafond, et de l'entière du poids de la façade, divisé par la surface intérieure totale des parois du local. Le poids d'un mur sera limité à 400 kg/m².

Système de ventilation									
	1 façade			Trans - versal			Cheminée + extrac- teur		
Ouverture effective en % du plancher	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Taux de ventilation de l'extracteur	-	-	-	-	-	-	2	2	2

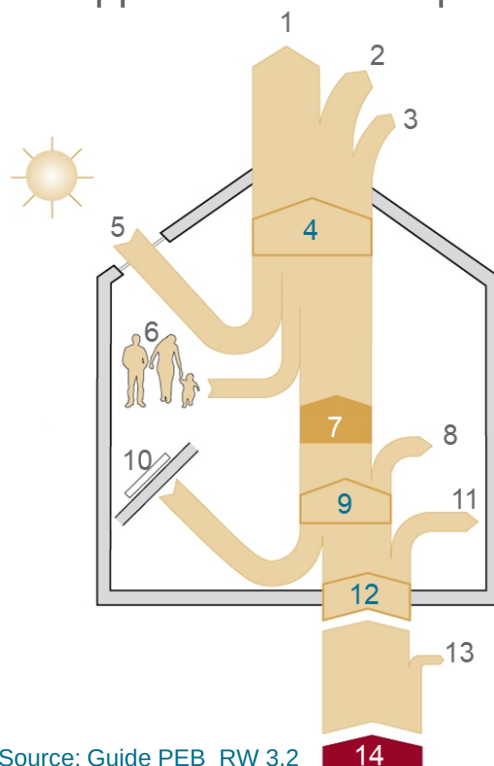


Source: Energie Plus (projet de recherche NatVent)



En limitant les apports de chaleur

- Les apports de chaleur participent positivement au bilan énergétique...



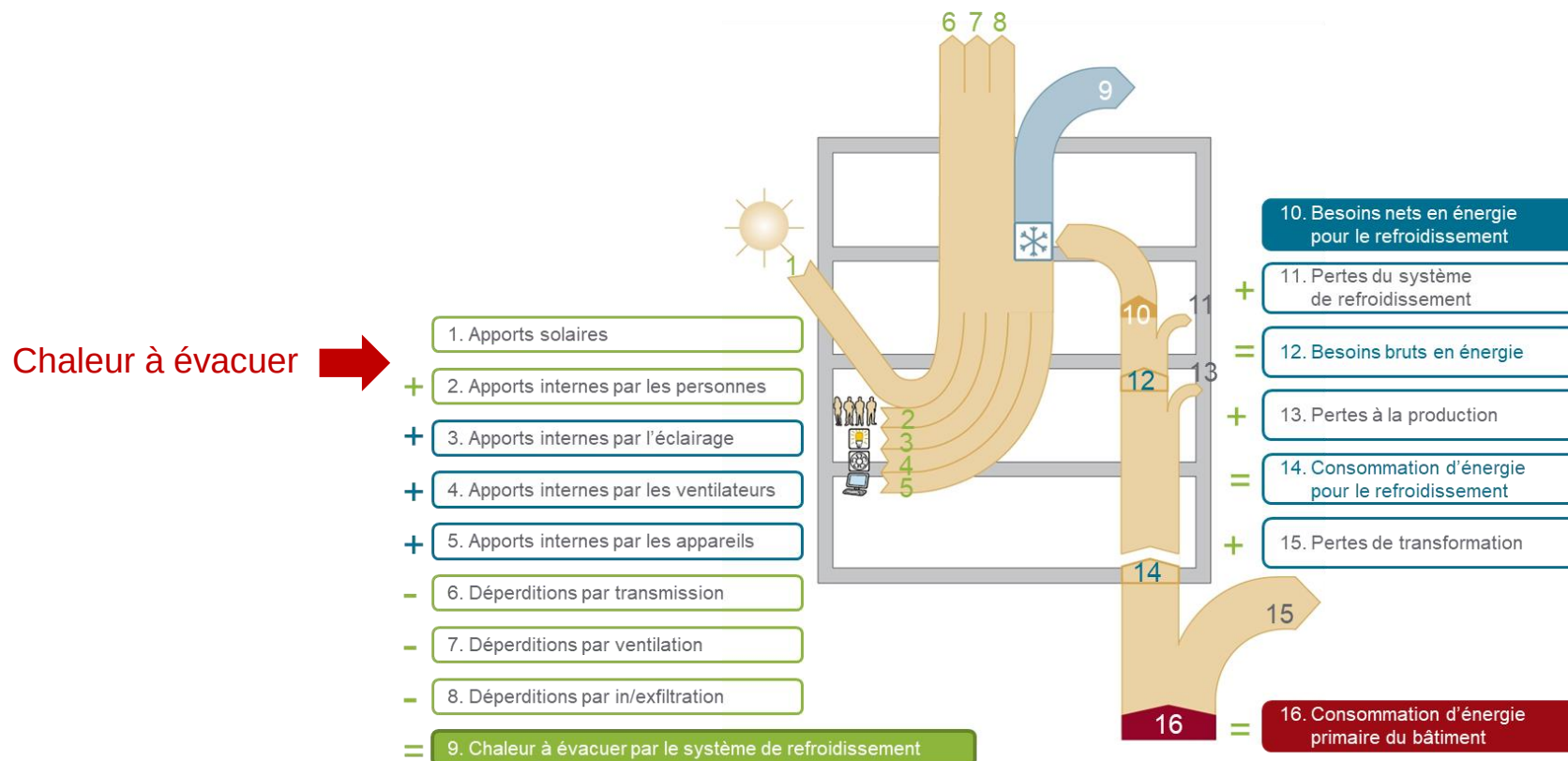
	1. Déperditions par transmission
+	2. Déperditions par ventilation volontaire
+	3. Déperditions par in/exfiltration
=	4. Déperditions totales de l'enveloppe
-	5. Apports solaires
-	6. Apports internes
=	7. Besoins nets en énergie pour le chauffage
+	8. Pertes du système
=	9. Besoins bruts en énergie pour le chauffage
-	10. Solaire thermique éventuel
+	11. Pertes de production
=	12. Consommation finale pour le chauffage
+	13. Pertes de transformation
=	14. Consommation d'énergie primaire pour le chauffage

← Apports gratuits



COMMENT PEUT-ON ÉVITER/LIMITER LA SURCHAUFFE ?

... tant qu'ils ne sont pas excédentaires par rapport aux besoins

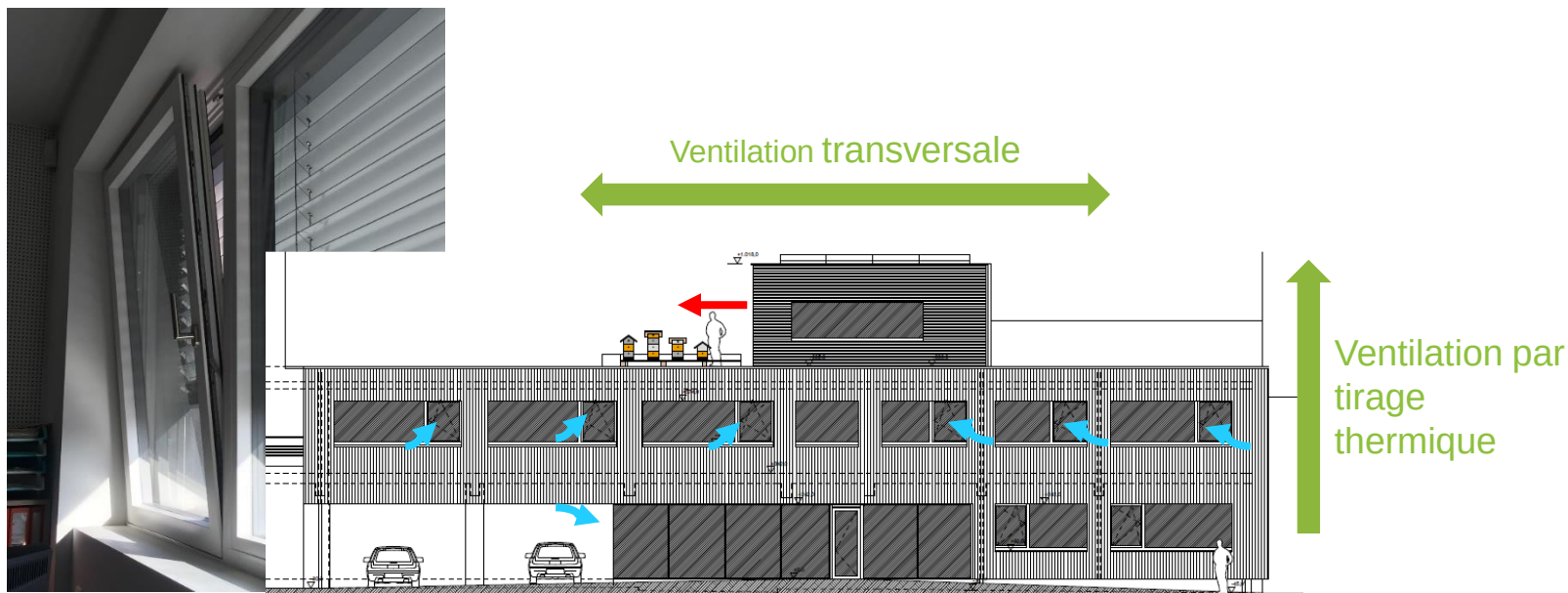


Source: Guide PEB RW 3.2



En rafraichissant les locaux (= ventilation intensive)

- Le remplacement de l'air intérieur par de l'air extérieur, à un taux de renouvellement élevé ($> 4 \text{ l/h}$) permet
 - de remplacer l'**air chaud** par de l'**air plus frais**
 - de décharger la **masse thermique** du bâtiment



Source: écorce



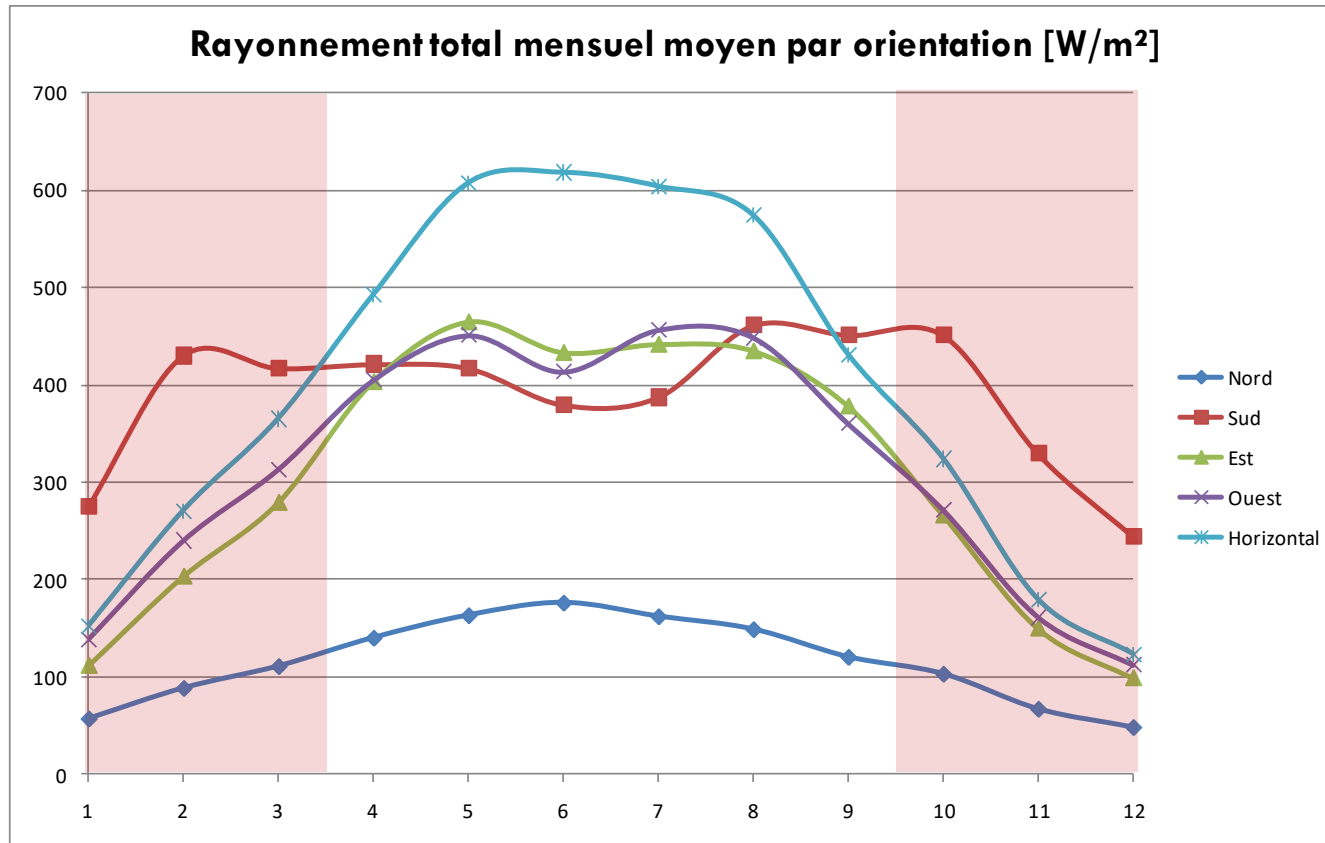
INTRODUCTION

EN THÉORIE

APPROCHE COMMUNE AUX DIFFÉRENTES FAMILLES



Le rayonnement solaire sur une paroi horizontale peut être très élevé



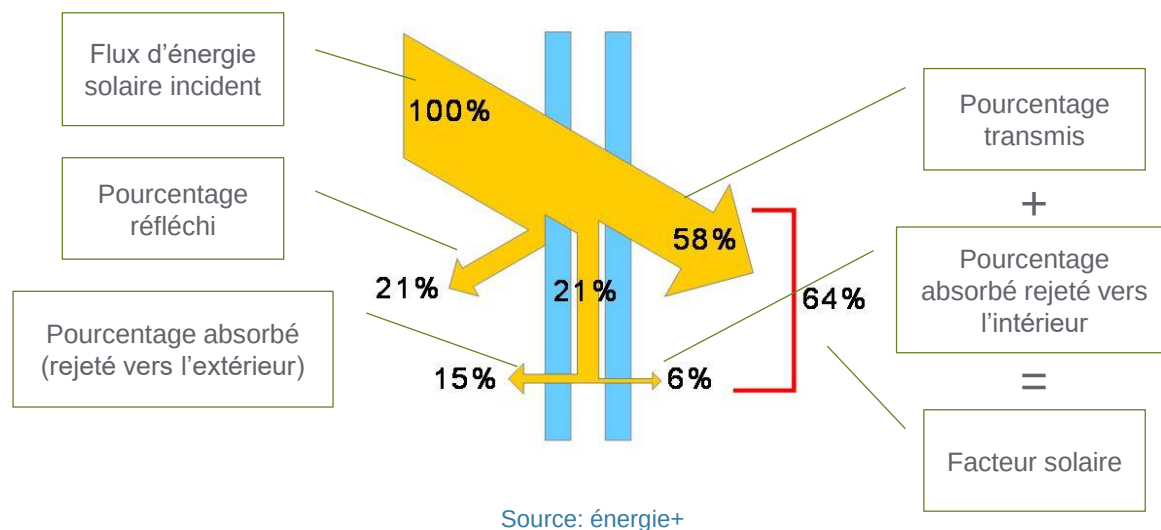
Source: Météonorm



Les apports solaires se transforment en charges thermiques au passage des parois vitrées et opaques

- Les charges par parois vitrées sont les plus importantes

Facteur solaire (g, FS, SC) : fraction de l'énergie solaire incidente qui passe au travers du vitrage



- Les charges par parois opaques ne sont pas négligeables si la toiture n'est pas isolée



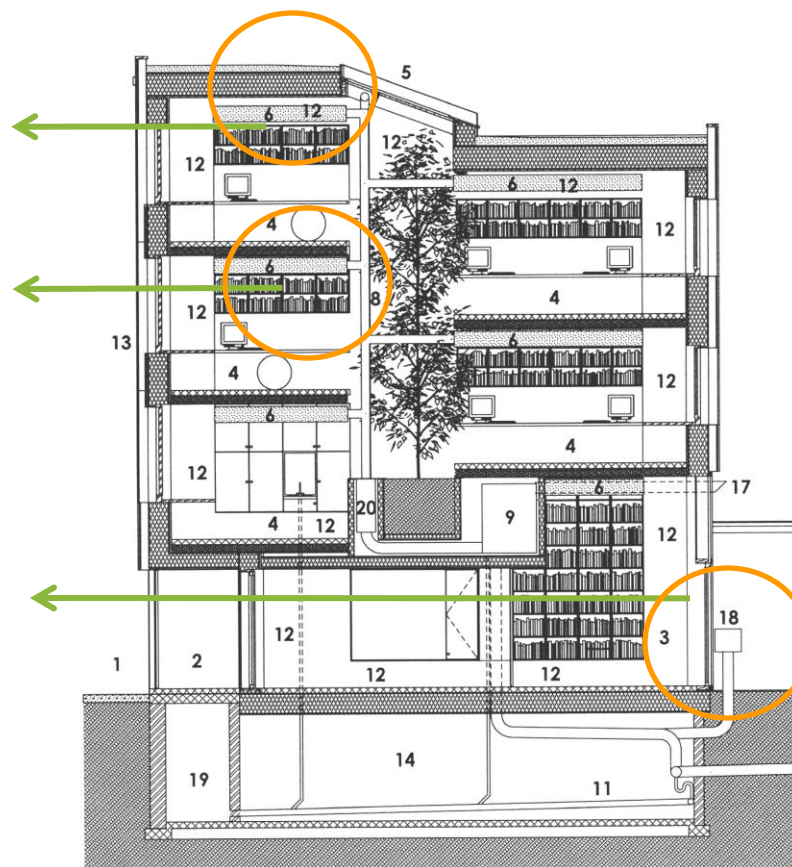
L'air chaud monte, parce qu'il est plus léger que l'air froid

- Les espaces des niveaux supérieurs sont souvent plus exposés aux surchauffes que les autres

5^{ème} plateau :
17,40% du temps
au-delà de 25°C

3^{ème} plateau :
19,51% du temps
au-delà de 25°C

Rez-de-chaussée :
0,95% du temps
Au-delà de 25°C



Extérieur :
2,15 % du temps
au-delà de 25°C

Source: FHW, architectes



Comment favoriser les apports tout en évitant la surchauffe ?

Comment évacuer la chaleur excédentaire ?



► **Objectifs sous-tendus**

⇒ **Garantir le confort thermique**

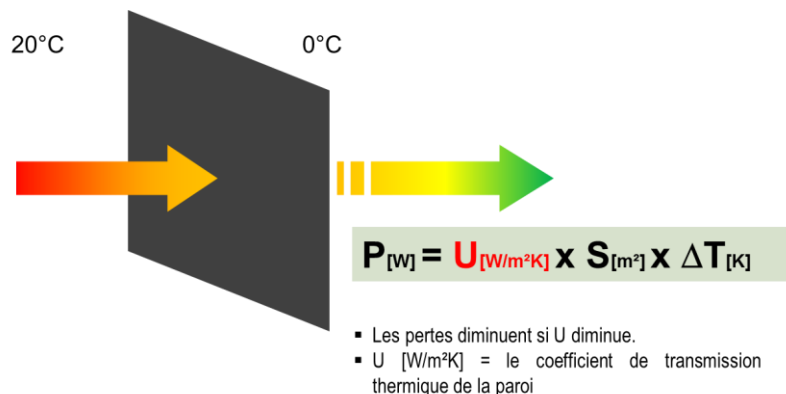
⇒ **Eviter le recours à un système actif de production de froid**





L'isolation de la toiture protège les espaces abrités des surchauffes

- Le transfert de chaleur peut se faire dans les deux sens
 - (de l'intérieur vers l'extérieur en hiver)
 - de l'extérieur vers l'intérieur en été



⇒ **Plus la toiture est isolée (U faible), moins important est le transfert**





La végétalisation d'une toiture peut-elle y contribuer ?

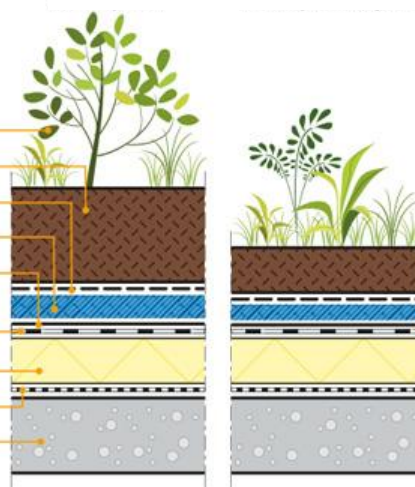
- De manière très limitée
 - La terre emmagasine l'énergie solaire incidente
 - La terre a un pouvoir isolant beaucoup plus faible qu'un isolant



⇒ **La végétalisation d'une toiture ne peut pas se substituer à son isolation !**

Légende :

- 1 Végétation
 - 2 Substrat
 - 3 Couche filtrante
 - 4 Drainage
 - 5 Couche de protection mécanique et/ou membrane anti-racine
- Étanchéité
- Isolation thermique
- Pare-vapeur
- Support



Source: MatGeco





L'inertie thermique en toiture peut contribuer à limiter les surchauffes

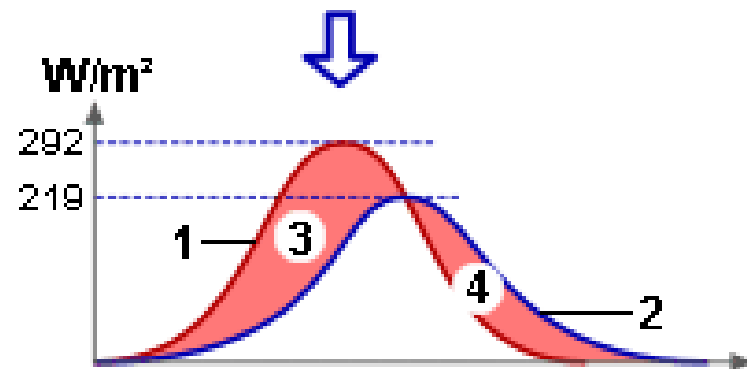


- La toiture n'est en général pas exposée aux rayons solaires incidents
 - ⇒ **Le rôle de la toiture n'est pas prépondérant, mais cela peut contribuer à l'inertie générale et à l'efficacité de la ventilation nocturne, principalement pour les espaces sous toiture**



Qu'est ce que l'inertie thermique ?

- ▶ Capacité d'un matériau à stocker de la chaleur et à la restituer petit à petit
- ▶ Elle permet
 - d'écrêter les pics de température
 - un déphasage dans la restitution de la chaleur ou du froid stocké dans les parois
- ▶ Elle dépend
 - de la capacité thermique spécifique des matériaux mis en œuvre [J/(kg.K)]
 - de la masse des matériaux [kg]
 - de l'accessibilité à cette masse



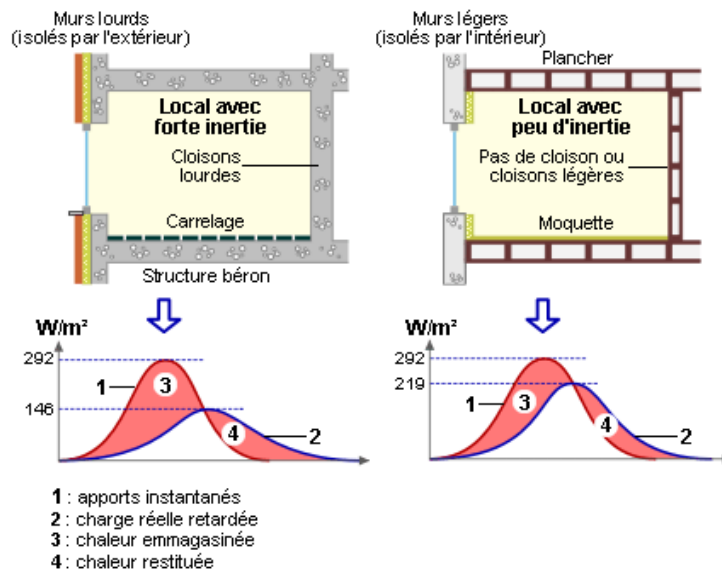
Source: énergie+



Comment apporter de l'inertie ?

- Opter pour une structure lourde (béton coulé, hourdis...)

et maintenir l'accessibilité à la masse



Source: énergie+

⇒ La toiture chaude en béton est la meilleure option de ce point de vue !



Comment apporter de l'inertie ? Si la structure est légère...



- Choisir un isolant disposant d'une bonne capacité thermique (constante du matériau qui exprime sa capacité à stocker la chaleur et à la restituer peu à peu)
- Prioritairement pour la couche en contact avec l'air ambiant

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.

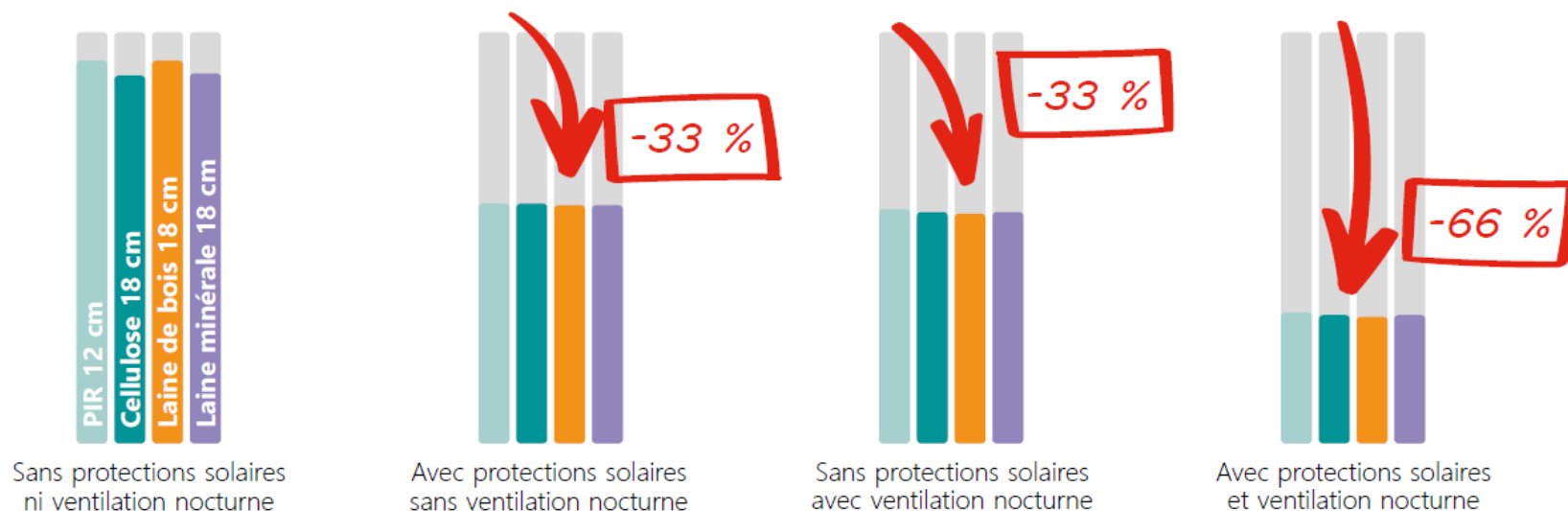
Source: CSTC Contact 2021/2





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

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



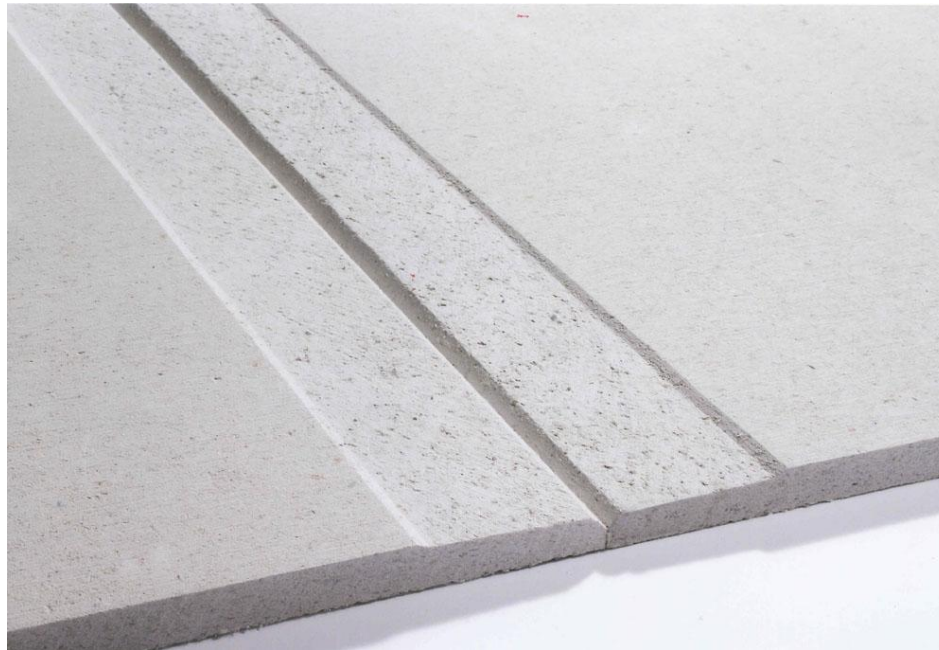
2 | Comparaison de l'impact de l'installation de protections solaires ou de la ventilation nocturne sur les indicateurs de surchauffe au-delà de 25 °C.

Source: CSTC Contact 2021/2



Comment apporter de l'inertie ? Si la structure est légère...

- Privilégier les finitions lourdes (double-plaque, fibro-plâtre...)



Source: Ecobati





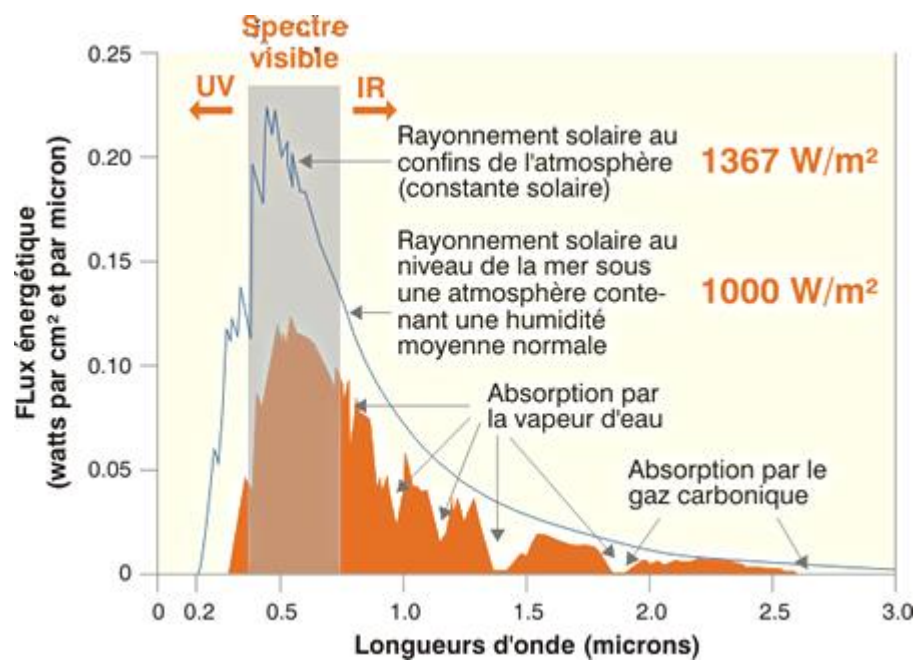
**Une ouverture en toiture apporte de la lumière et des apports solaires.
Les apports solaires doivent être contrôlés pour éviter les surchauffes en
période estivale**



Comment contrôler les apports ?



- Opter pour un vitrage sélectif (facteur solaire g)



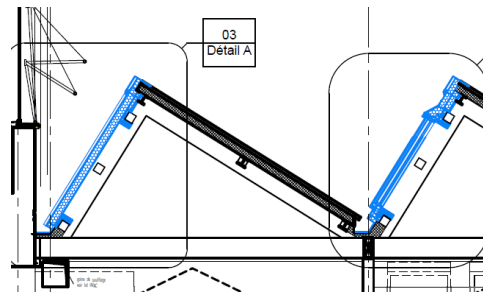
Source: énergie+



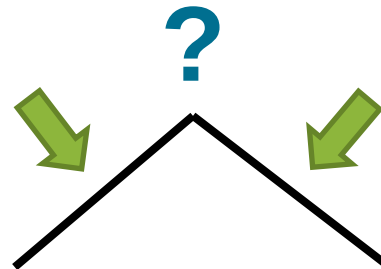
Comment contrôler les apports ?



- Favoriser une certaine orientation (selon l'affectation des locaux/du bâtiment)



Source: &sens



Comment contrôler les apports ?



- Prévoir des protections solaires mobiles extérieures



Source: www.leroymerlin.fr



Comment contrôler les apports ?



- Eviter les ouvertures qui ne peuvent pas être protégées



Source: habitat-bulles.com





La création (ou le maintien) d'une ouverture en toiture peut participer à la mise en place d'une ventilation intensive par tirage thermique



A quoi faut-il être attentif ?

- ▶ Y a-t-il un transfert possible depuis les autres pièces du bâtiment ?
- ▶ La fenêtre est-elle accessible ?

⇒ **Motorisation**

- ▶ Comment est/sera gérée l'ouverture/la fermeture ?

⇒ **Régulation**





- ▶ La surchauffe dans un bâtiment peut être limitée, voire évitée en
 - Limitant les apports de chaleur
 - Rafraichissant les locaux (par la mise en place d'une ventilation intensive)
- ▶ Pratiquement, en ce qui concerne la toiture, cela se traduit par
 - L'isolation des parois délimitant le volume chauffé
 - Le contrôle des apports solaires via les ouvertures en toiture
 - La mise en place de dispositifs permettant une ventilation intensive par tirage thermique





Guide bâtiment durable

www.guidebatimentdurable.brussels

- ▶ Dossier I Assurer une grande inertie thermique
- ▶ Dossier I Limiter les charges thermiques
- ▶ Dossier I Appliquer une stratégie de refroidissement passif



Ouvrages

- ▶ Jean-Pierre Oliva & Samuel Courgey, L'isolation thermique écologique – Conception, matériaux, mise en œuvre, neuf et réhabilitation, terre vivante (2010)



Formations et séminaires

- ▶ Séminaires
 - 21/06/2019 : Surchauffes : comment assurer le confort estival ?

Inscrivez-vous aux formations organisées par Bruxelles Environnement

<https://environnement.brussels/formationsbatidurable>

Et notamment, en lien avec cet exposé

- Gestion des surchauffes estivales

Consultez tous les supports gratuitement !



Julie RENAUX

Ingénieur projet
écorce sa

☎ + 32 4 226 91 60

✉ info@ecorce.be



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

