

# FORMATION BÂTIMENT DURABLE

## ENERGIE : PRINCIPES FONDAMENTAUX

PRINTEMPS 2024

**Comment assurer le confort estival?**

Julie RENAUX



**écorce**  
INGÉNIERIE & CONSULTANCE



- ▶ Définir la notion de surchauffe et la confronter à la notion de confort thermique
- ▶ Présenter la stratégie de conception en période estivale
- ▶ Passer en revue les divers moyens de lutte contre la surchauffe



## INTRODUCTION

- ▶ **Notions**

- ▶ Enjeux

## LIMITER LES APPORTS

- ▶ Apports solaires
- ▶ Apports internes

## MAITRISER LES RÉACTIONS

- ▶ Du bâtiment
- ▶ Des occupants

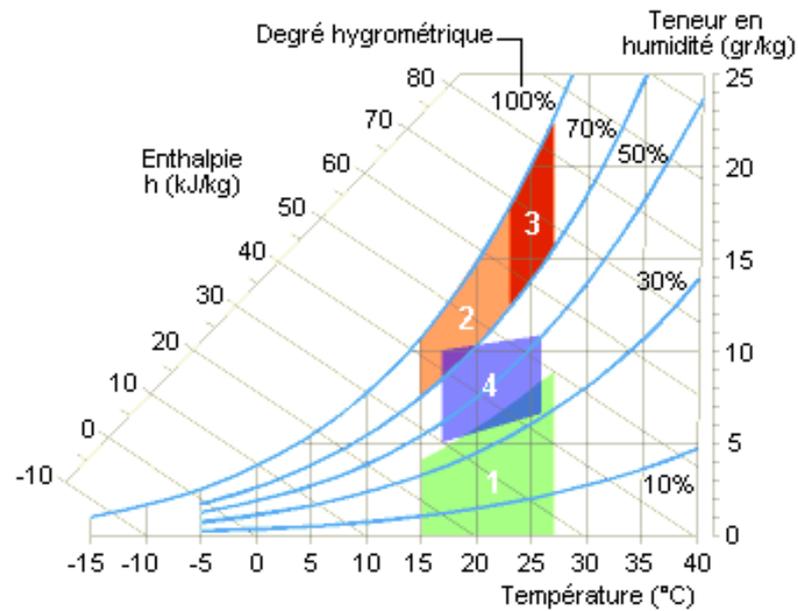
## EVACUER/REFROIDIR

- ▶ Refroidissement / rafraîchissement passif
- ▶ Refroidissement actif



## Rappel - confort estival

- ▶ Plusieurs facteurs d'influence - Facteurs objectifs
  - Vitesse et température de l'air
  - Température des parois
  - Le rayonnement solaire direct sur l'occupant
  - Couple température/humidité relative de l'air

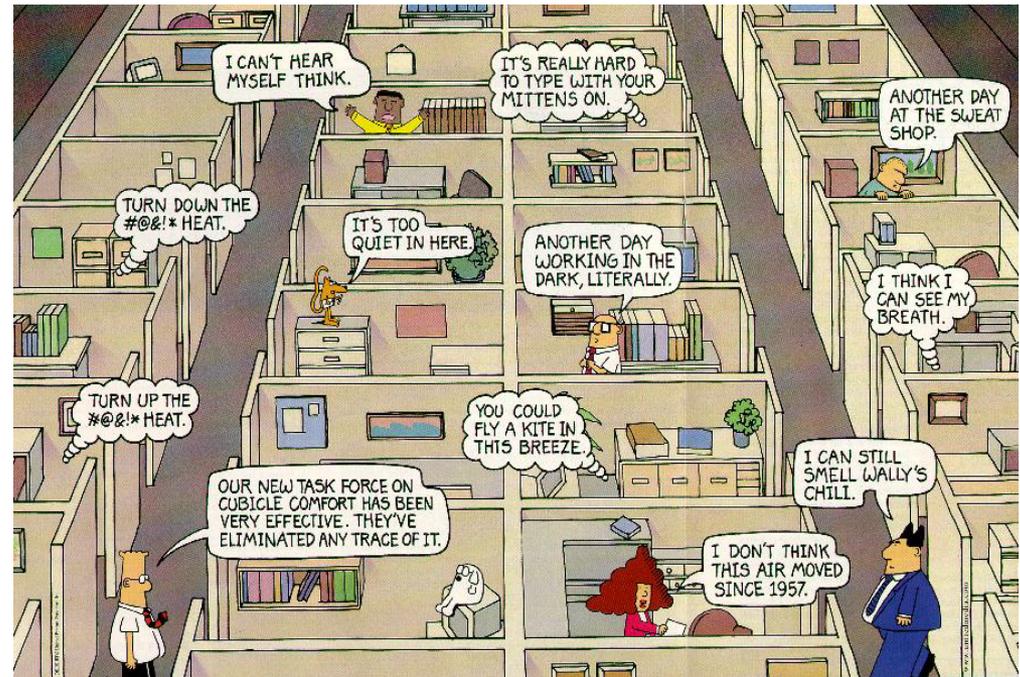


**Polygone de confort hygrothermique (4)**



## Rappel - confort estival

- ▶ Plusieurs facteurs d'influence - Facteurs propres à chaque individu, il dépend:
  - De la sensibilité
  - De l'habillement
  - Du métabolisme
  - Du niveau d'activité
  - De l'âge, état de santé,...



Source : CBE, 2017

⇒ **Le confort est subjectif**



## La surchauffe

- ▶ 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 d'occupation.



## La surchauffe

- ▶ Comment s'évalue-t-elle ?

Il y a lieu de distinguer performance énergétique et confort

- Le logiciel PEB a pour objectif de vérifier le respect d'une réglementation axée sur la performance énergétique

FINALITE ? Réduire l'impact environnemental des bâtiments

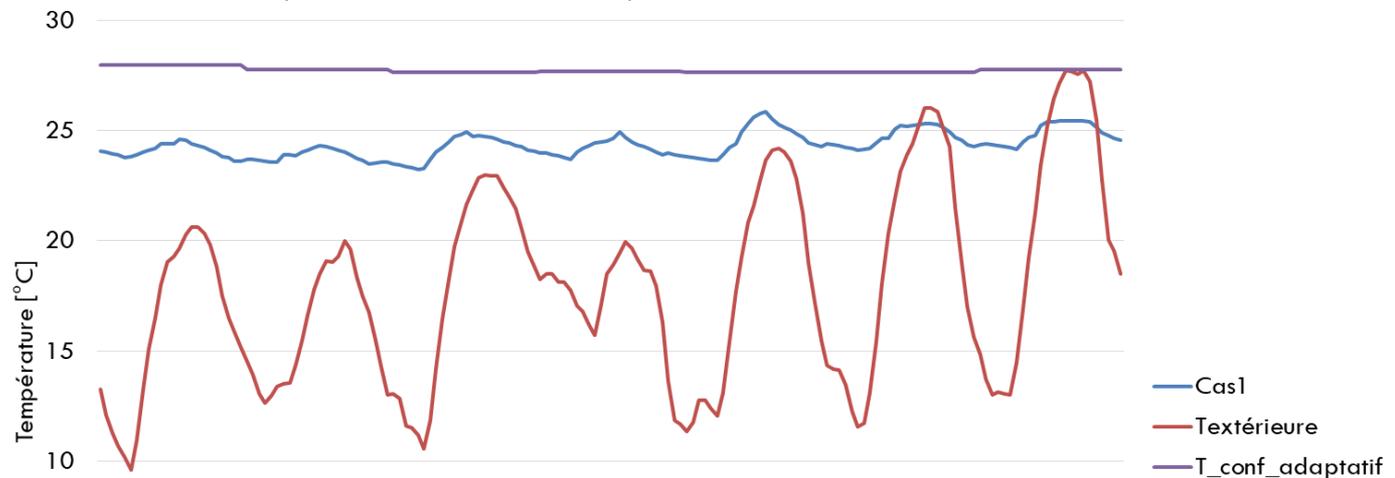


Source : écorce



## La surchauffe

- ▶ Comment s'évalue-t-elle ?  
Il y a lieu de distinguer performance énergétique et confort
  - Le confort thermique s'évalue par le biais d'une simulation dynamique:



## INTRODUCTION

- ▶ Notions
- ▶ **Enjeux**

## LIMITER LES APPORTS

- ▶ Apports solaires
- ▶ Apports internes

## MAITRISER LES RÉACTIONS

- ▶ Du bâtiment
- ▶ Des occupants

## EVACUER/REFROIDIR

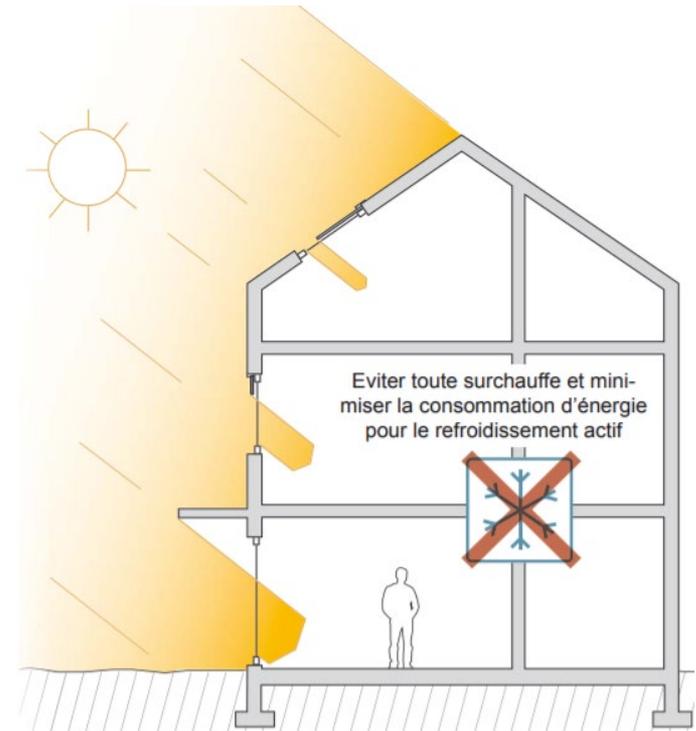
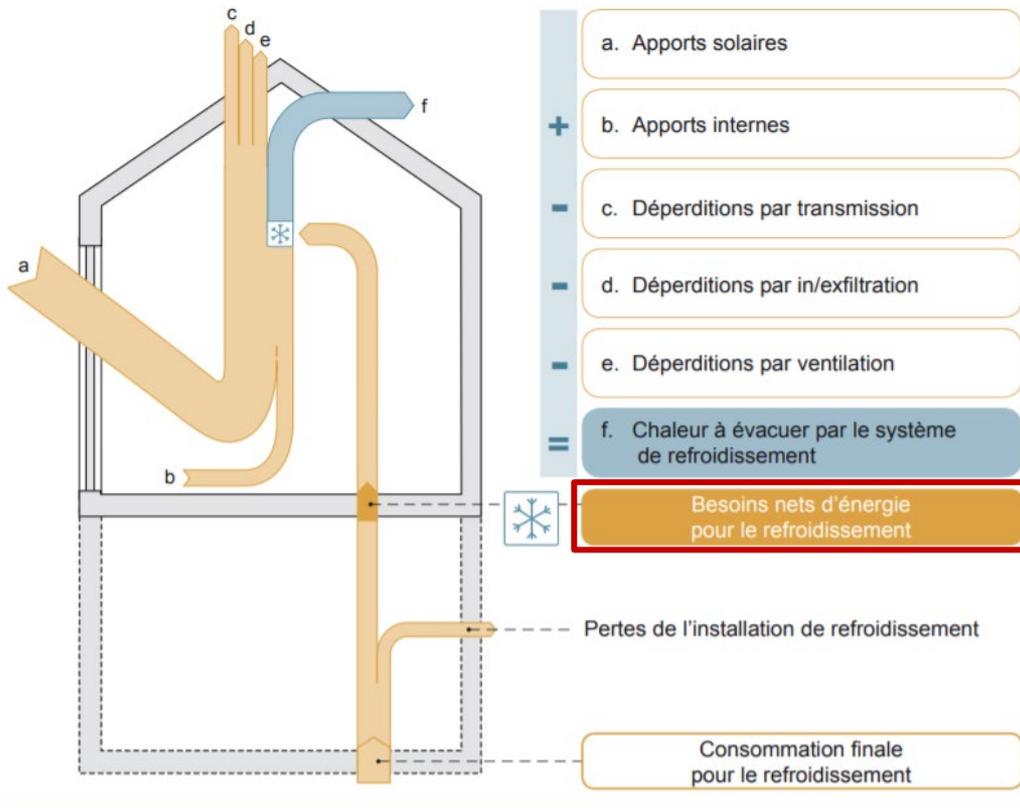
- ▶ Refroidissement / rafraîchissement passif
- ▶ Refroidissement actif



## Impacts sur la consommation énergétique

### ► Bilan énergétique estival

Le risque de surchauffe est établi sur base des caractéristiques du bâtiment :

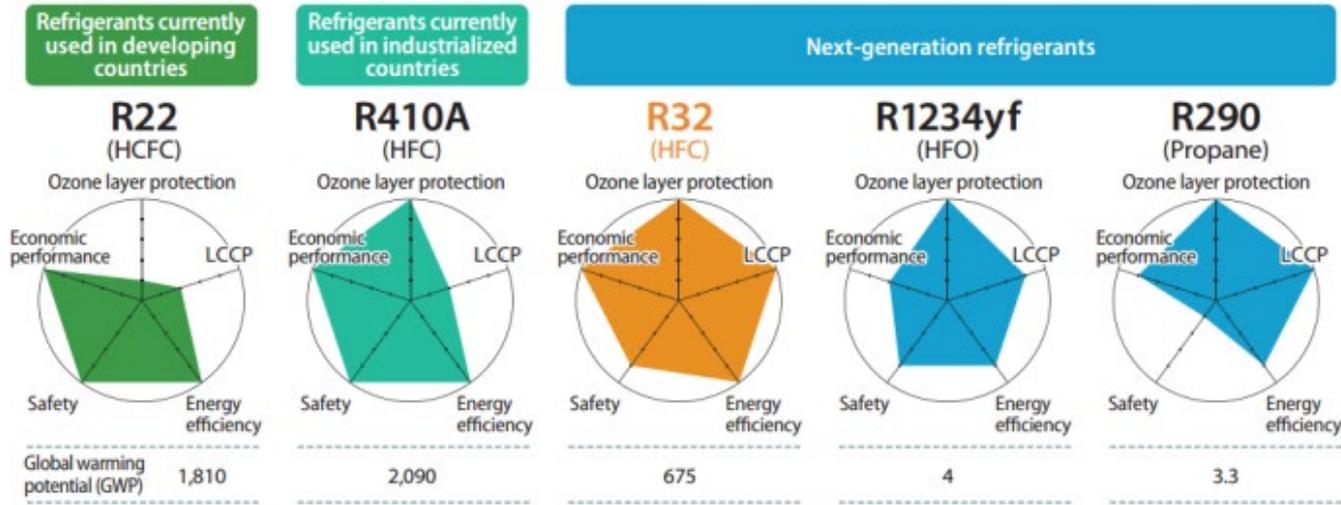


Source : ULg CIFFUL



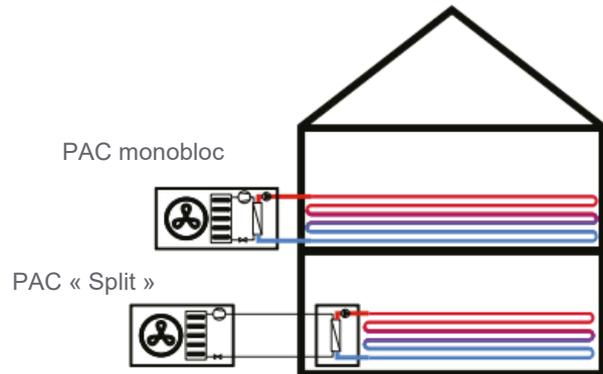
### Impact écologique des fluides frigorigènes

► Type



Source : Daikin

► Quantité utilisée



Source : Buildwise

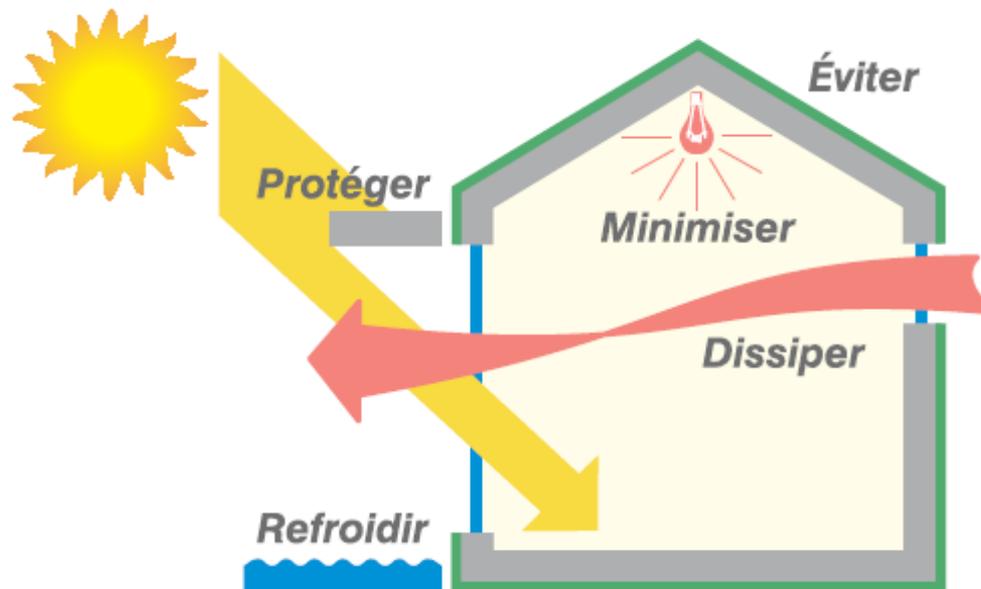


Source : Energie+



## Stratégie estivale

- ▶ Minimiser les apports de chaleur
- ▶ Minimiser les déperditions de fraîcheur
- ▶ Réguler et évacuer la chaleur au moyen de mesures passives
  
- ▶ Recours au refroidissement actif si les mesures précédentes s'avèrent insuffisantes



Source: UCL, Architecture & Climat



## INTRODUCTION

- ▶ Notions
- ▶ Enjeux

## LIMITER LES APPORTS

- ▶ **Apports solaires**
- ▶ Apports internes

## MAITRISER LES RÉACTIONS

- ▶ Du bâtiment
- ▶ Des occupants

## EVACUER/REFROIDIR

- ▶ Refroidissement / rafraîchissement passif
- ▶ Refroidissement actif



**Les apports solaires peuvent être régulés en intervenant sur :**

- ▶ L'organisation des locaux (en fonction de leurs besoins respectifs)
- ▶ L'orientation et la taille des fenêtres,
- ▶ Le facteur solaire de l'ensemble vitrage + protection solaire,
- ▶ L'ombre projetée sur la fenêtre (masque solaire), tout en maintenant une transmission lumineuse suffisante (idéalement > 50 %).

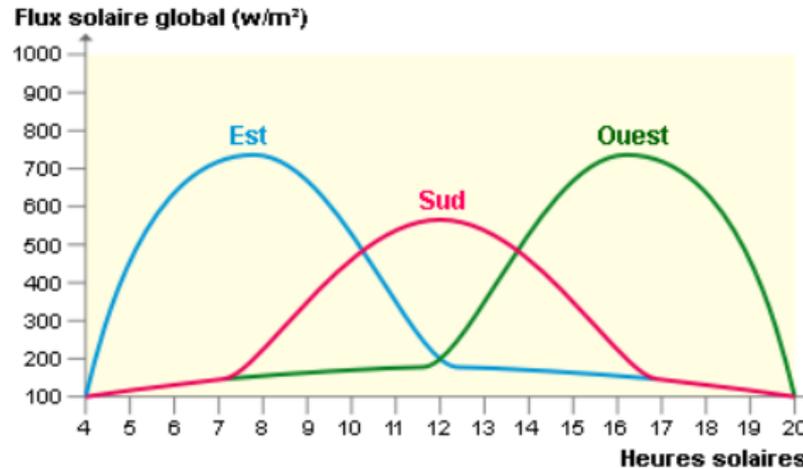
**Les outils permettant cette régulation sont :**

- ▶ Les protections solaires mobiles extérieures (FS),
- ▶ Les protections solaires fixes extérieures (masque),
- ▶ Le vitrage solaire (FS).

**Les protections solaires intérieures ou végétales sont peu adaptées car moins efficaces et/ou difficiles à contrôler.**



## Implantation, orientation, localisation des ouvertures



Puissance calorifique transmise au travers d'un double vitrage clair en juin

Source : énergie +



- ▶ 1 fenêtre au sud apporte en juin à midi 600 W/m<sup>2</sup>

⇒ **2 m<sup>2</sup> de vitrage pour un local de 10 m<sup>2</sup> équivaut à 120 W/m<sup>2</sup> de chauffage!**



## Environnement extérieur bâti et végétal

- ▶ Masque végétal via végétation aux alentours
  - ⇒ **Privilégier végétation à feuillage caduc pour profiter des apports solaires hivernaux**
- ▶ Ombrage des bâtiments voisins
- ▶ Ombrage du bâtiment sur lui-même
- ▶ Ombrage dû au relief du site



## Protections solaires extérieures fixes



Architectes Associés

### Avantages

- Coût faible
- Système statique donc très fiable
- Pas d'entretien spécifique
- N'obstrue pas la vue
- Durée de vie importante

### Inconvénients

- Variation de la protection en fonction de la position du soleil et de l'orientation
- Flexibilité limitée, peut réduire les apports solaires en hiver
- Dimensionnement délicat
- Aucune protection contre le rayonnement diffus



## Protections solaires extérieures mobiles – écrans/screens



Levolux & Schüco

### Avantages

- Modulable, peut être réglé pour s'adapter aux besoins
- Efficace pour toutes les orientations
- Protection contre l'éblouissement
- Grand choix d'indice de protection
- Confort visuel (suivant le type de maille)

### Inconvénients

- Coût élevé
- Nécessite une régulation adaptée
- Système dynamique, peut être sujet à des défauts de fiabilité
- Durée de vie limitée (mécanisme)
- Transmission de lumière faible et vue obstruée lorsque abaissées si maille serrée
- Protection contre le vent à prévoir (ouverture automatique) → Soleil + vent: prévoir protection intérieure contre l'éblouissement
- Entretien



## Protections solaires extérieures mobiles - lamelles



Architectes Associés

### Avantages

Idem écran mais :

- Bonne transmission de la lumière (p.ex si lamelle réfléchissante)
- Bonne visibilité vers l'extérieur



A2M

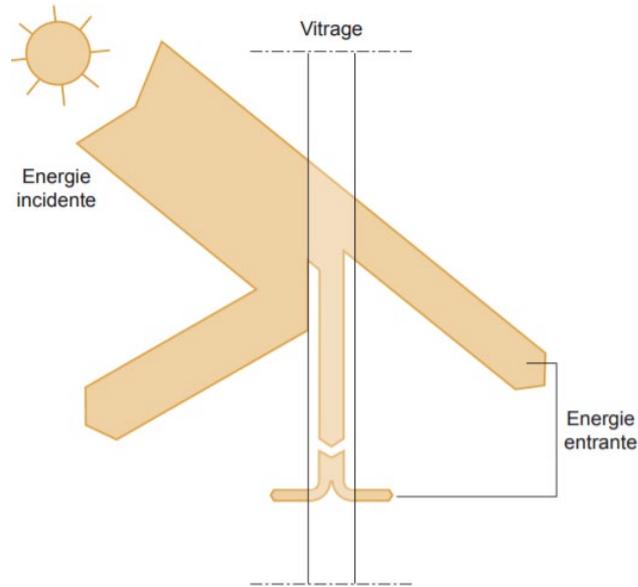
### Inconvénients

Idem écrans mais:

Coût plus élevé



## Protections solaires « intégrées » - facteur solaire (g) bas



Source : ULg - CIFFUL

$$\text{Facteur solaire } (g) = \frac{\text{Energie entrante}}{\text{Energie incidente}}$$

### Avantages

- Coût faible
- Système statique donc très fiable
- Pas d'entretien spécifique
- Ne bouche pas la vue
- Durée de vie importante
- Efficace pour toutes les orientations

### Inconvénients

- Efficacité invariable donc prive d'une partie des apports solaires en hiver
- Diminue la transmission lumineuse toute l'année



### Protections solaires - Critères de choix :

- ▶ L'efficacité en fonction de la saison et/ou de l'heure et de l'orientation
- ▶ La finesse de régulation
- ▶ L'influence sur la visibilité
- ▶ L'influence sur la transmission lumineuse
- ▶ L'esthétique
- ▶ La fiabilité
- ▶ Le coût

### En pratique, en Belgique :

- ▶ Au Sud : protections fixes (casquettes) ou mobiles
- ▶ A l'Ouest et à l'Est : protections fixes (joues latérales) ou mobiles
- ▶ Au Nord: rien

⇒ = règle générale mais chaque cas est particulier !



## INTRODUCTION

- ▶ Notions
- ▶ Enjeux

## LIMITER LES APPORTS

- ▶ Apports solaires
- ▶ **Apports internes**

## MAITRISER LES RÉACTIONS

- ▶ Du bâtiment
- ▶ Des occupants

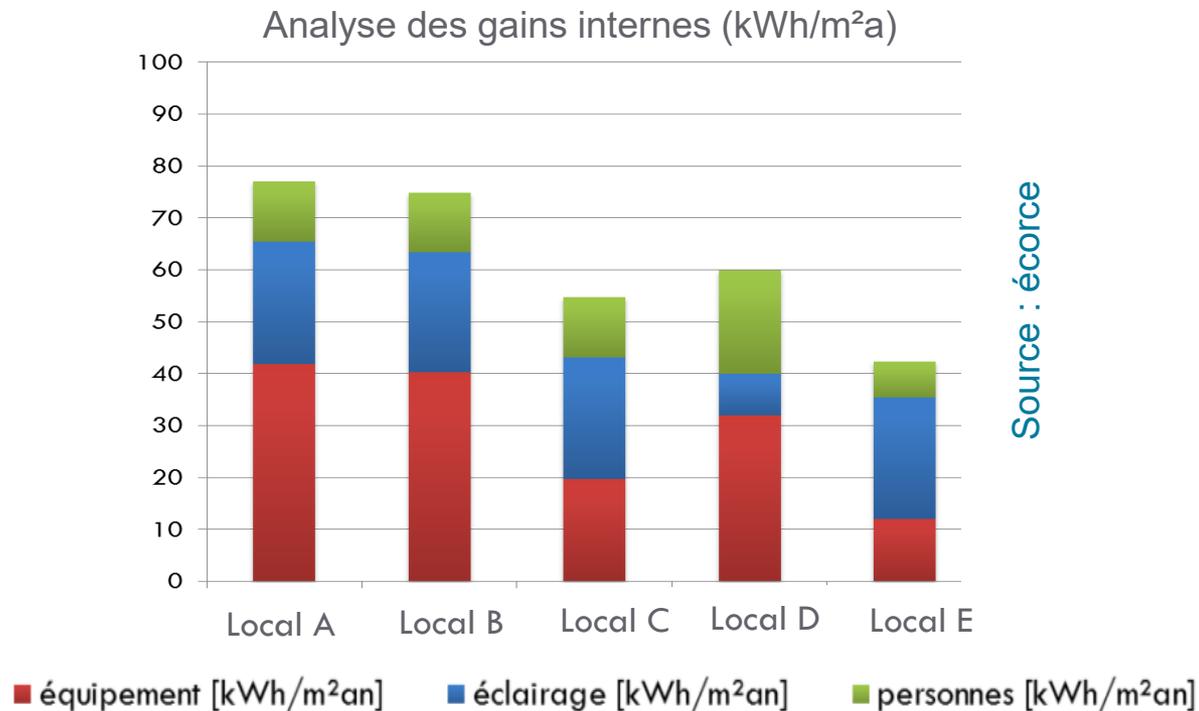
## EVACUER/REFROIDIR

- ▶ Refroidissement / rafraîchissement passif
- ▶ Refroidissement actif



## Sources

- ▶ Occupants
- ▶ Eclairage
- ▶ Equipement informatique
- ▶ Equipement électroménager
- ▶ ...



## Stratégie

- ▶ Limiter les apports internes

⇒ **Ordre de grandeur: viser max 40 W/m<sup>2</sup> pour se passer de froid actif**

- ▶ Zonage:

- Disposer les pièces à forte occupation au nord
- Rassembler les sources importantes d'apports internes, limiter le nombre de locaux à traiter

⇒ **Ex: local serveur, local dédié aux imprimantes...**





## Quelques ordres de grandeur

- ▶ Pour un local de 10 m<sup>2</sup>, 40 W/m<sup>2</sup> équivaut à :
  - Scénario 1:  
1 personne + éclairage performant + 1 ordinateur fixe écran plat + 1 imprimante
  - Scénario 2:  
2 personnes + éclairage performant + 2 ordinateurs fixes écran plat

	Dégagement de chaleur [W]
Occupants (assis au repos)	70 W/pers
Eclairage ancien	20 W/m <sup>2</sup>
Eclairage performant	10 W/m <sup>2</sup>
1 ordinateur fixe	100 W/m <sup>2</sup>
1 ordinateur fixe écran plat	60 W
1 ordinateur portable	30 W
1 imprimante	140 W
1 télévision	150 W



## Eclairage artificiel

- ▶ Participe au confort visuel, suivant les recommandations de la NBN EN 12464 Lumière et éclairage des lieux de travail (Partie 1 = intérieur / Partie 2 = extérieur)
- ▶ Mais...
  - Consommation d'énergie
  - Apports internes



Source : énergie+  
& Bruxelles environnement

### Exemple d'un bureau paysager

Surface :  $\pm 12 \text{ m}^2/\text{pers}$   
 Puissance installée – éclairage  $10 \text{ W/m}^2$

Soit une puissance par poste de travail de **120 W**

### A comparer à

- La puissance émise par un corps humain : +/- 80 W
- La puissance de la bureautique
- Un ordinateur portable : +/- 30W
- Un ordinateur fixe et un écran : +/- 100 W
- Une imprimante laser : 150 - 250 W (puissance en attente : 70 W)



## Optimiser l'éclairage artificiel

- ▶ Réduction du besoin via une conception favorisant l'éclairage naturel
- ▶ Equipements plus performants, dégageant moins de chaleur
  - Ancien éclairage peu performant: variable (de 10 à 25 W/m<sup>2</sup>)  
→ Nouvel éclairage performant: 6 W/m<sup>2</sup> en LED
- ▶ N'éclairer artificiellement que lorsque c'est vraiment nécessaire.

Optimiser suivant les cas via:

- Régulation en fonction de l'éclairage naturel (sonde de luminosité)  
→ Régulation différenciée (zonage) des luminaires près/loin des sources de lumière naturelle
- Détecteurs de présence/absence
- Horloge



## INTRODUCTION

- ▶ Notions
- ▶ Enjeux

## LIMITER LES APPORTS

- ▶ Apports solaires
- ▶ Apports internes

## MAITRISER LES RÉACTIONS

- ▶ **Du bâtiment**
- ▶ Des occupants

## EVACUER/REFROIDIR

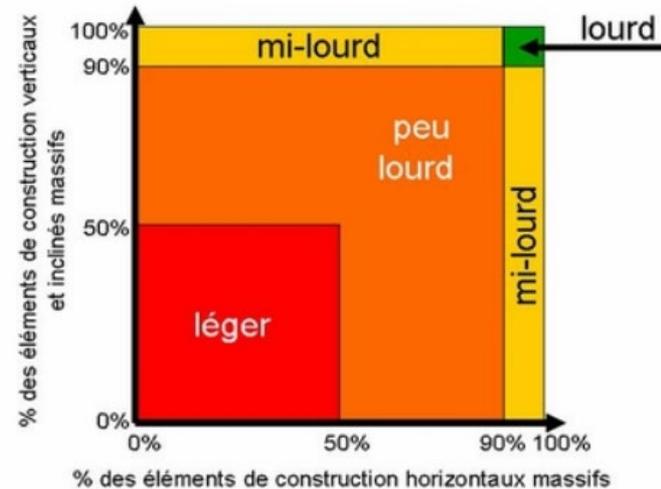
- ▶ Refroidissement / rafraîchissement passif
- ▶ Refroidissement actif



## Profiter de l'inertie thermique du bâtiment

- ▶ Inertie = capacité d'un matériau à stocker de la chaleur et à la restituer petit à petit.
- ▶ Plus un matériau est lourd, plus il a d'inertie

⇒ **Élément de construction « lourd »**:  $m_s \geq 100 \text{ kg/m}^2$



Définition du niveau d'inertie selon la PEB



## Profiter de l'inertie thermique du bâtiment

- ▶ Inertie = capacité d'un matériau à stocker de la chaleur et à la restituer petit à petit.
- ▶ Plus un matériau est lourd, plus il a d'inertie

⇒ **Élément de construction « lourd »:  $m_s \geq 100 \text{ kg/m}^2$**

- ▶ Pour être efficace, la masse doit être accessible



Ossature bois  
(murs/charpente/planchers)

Léger

Mur avec contre-  
cloison interne isolée



Bâtiment murs lourds +  
plancher/charpente bois

Peu lourd



Bâtiment  
murs/plancher lourds  
+ charpente bois

Mi-lourd



Bâtiment 100% béton

Lourd

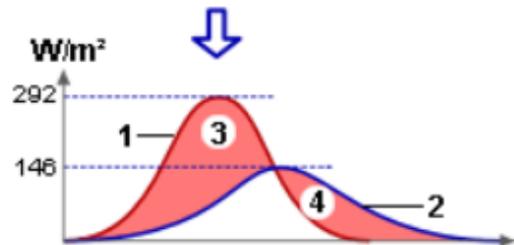
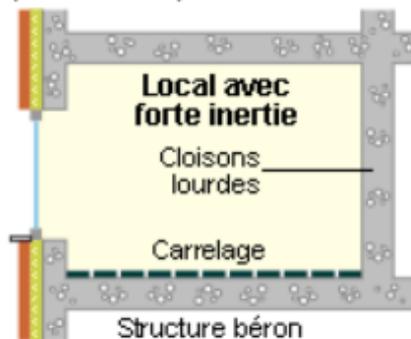


## Profiter de l'inertie thermique du bâtiment

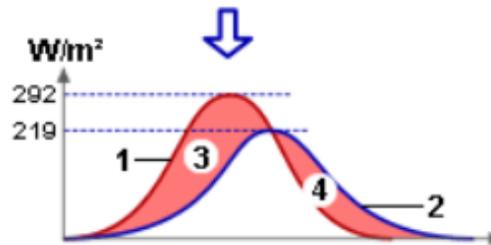
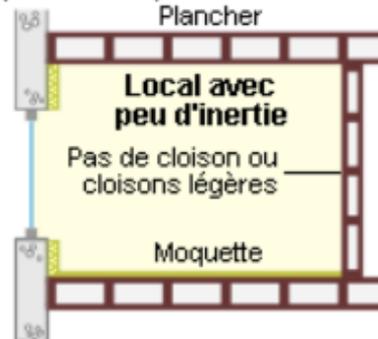
### ► Intérêt

- Déphasage plus long  
→ restitution de chaleur lors de moments moins critiques (fin journée/nuit)
- « Lissage » des pics de chaleur  
→ comportement thermique du bâtiment plus stable  
→ absorbe mieux les variations de  $t^{\circ}$  extérieure

Murs lourds  
(isolés par l'extérieur)



Murs légers  
(isolés par l'intérieur)



- 1 : apports instantanés
- 2 : charge réelle retardée
- 3 : chaleur emmagasinée
- 4 : chaleur restituée

Source : énergie +



## INTRODUCTION

- ▶ Notions
- ▶ Enjeux

## LIMITER LES APPORTS

- ▶ Apports solaires
- ▶ Apports internes

## **MAITRISER LES RÉACTIONS**

- ▶ Du bâtiment
- ▶ **Des occupants**

## EVACUER/REFROIDIR

- ▶ Refroidissement / rafraîchissement passif
- ▶ Refroidissement actif



### Plusieurs facteurs

- ▶ Adaptabilité vestimentaire (ou non)
- ▶ Capacité d'action sur leur confort
  - Fenêtres ouvrantes?
  - Possibilité de créer un tirage thermique?
- ▶ Information, écolage
- ▶ Responsabilisation



## INTRODUCTION

- ▶ Notions
- ▶ Enjeux

## LIMITER LES APPORTS

- ▶ Apports solaires
- ▶ Apports internes

## MAITRISER LES RÉACTIONS

- ▶ Du bâtiment
- ▶ Des occupants

## **EVACUER/REFROIDIR**

- ▶ **Refroidissement / rafraîchissement passif**
- ▶ Refroidissement actif



## Mesures passives



- ▶ Solutions sans recours à une machine frigorifique
- ▶ Les solutions passives peuvent aussi être consommatrices d'énergie électrique:
  - Alimentation de ventilateurs
  - Gestion d'ouvertures motorisées
  - ...



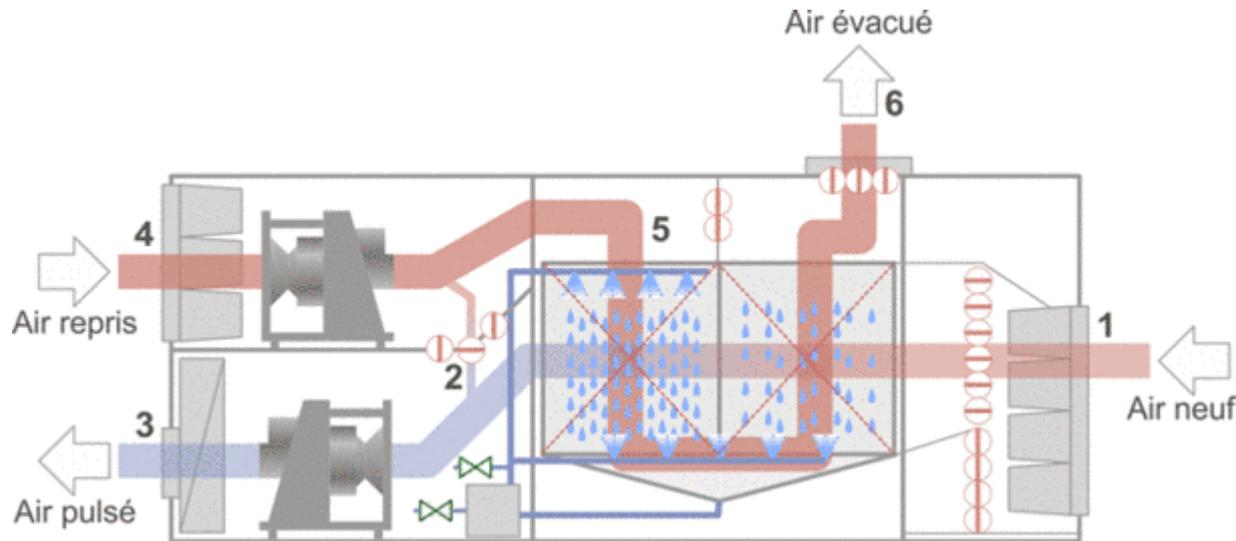
### Ventilation hygiénique - minimiser l'introduction d'air chaud

- ▶ Limiter le débit de ventilation au débit strictement nécessaire pour les besoins hygiéniques,
- ▶ Echangeur de chaleur pour refroidir l'air introduit.
- ▶ Si  $T^{\circ}_{\text{air ext}} < T^{\circ}_{\text{air int}}$  → by-passer l'échangeur de chaleur.



## Ventilation hygiénique - refroidissement adiabatique

- ▶ Air repris humidifié avant ou dans l'échangeur
- ▶ Evaporation de l'eau avec absorption des calories de l'air → l'air se refroidit
- ▶ Efficace pour débits importants → Orienté tertiaire et industriel



Source : énergie +



## Ventilation intensive / free-cooling - Principe



- ▶ Attention: ≠ ventilation hygiénique
- ▶ Objectifs:
  - remplacer l'air chaud intérieur par de l'air plus frais extérieur,
  - décharger la masse thermique du bâtiment (mesure d'autant plus efficace que la masse thermique du bâtiment est importante).

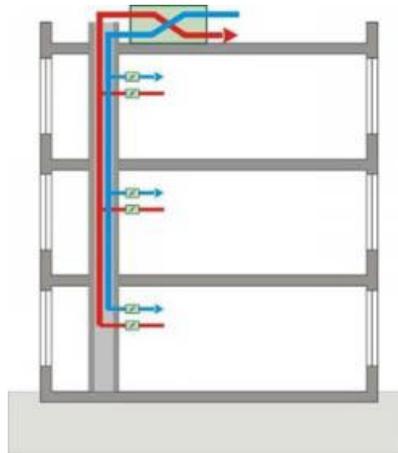
⇒ **La ventilation intensive permet un rafraichissement du bâtiment d'une puissance limitée mais souvent suffisante en hiver ou en moyenne saison**



## Ventilation intensive / free-cooling – méthodes

### ► Via ventilation mécanique

- déplacement de l'air par ventilateurs. Généralement via réseau de ventilation hygiénique
- Débits ventilation intensive couramment rencontrés  $\gg$  débits hygiéniques  
 $\approx 8 \text{ vol/h}$   $\approx 1 \text{ vol/h}$



Source : Bruxelles Environnement

### Avantages

- Maîtrise des débits

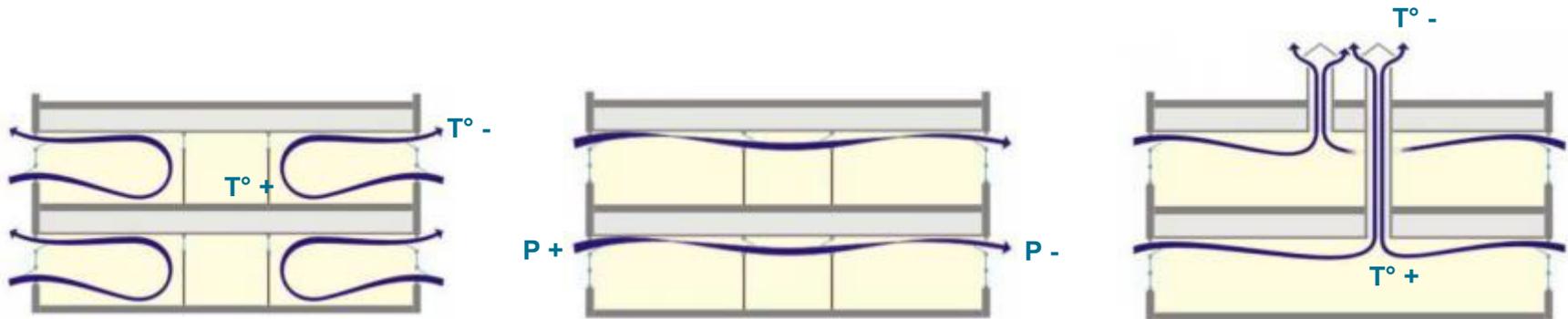
### Inconvénients

- Consommation électrique du groupe
- Surdimensionnement du réseau (groupe et gaines)



## Ventilation intensive / free-cooling – méthodes

- ▶ Via ventilation mécanique
- ▶ Via ventilation naturelle
  - Ventilation unilatérale – effet cheminée ( $\Delta t^\circ$ )
  - Ventilation transversale – effet du vent ( $\Delta p_{\text{vent}}$ )
  - Ventilation verticale - effet cheminée ( $\Delta t^\circ$ )



Source : UCL



**Efficacité**

### Avantages

- Méthode naturelle passive,  
sans Consommations de ventilateurs

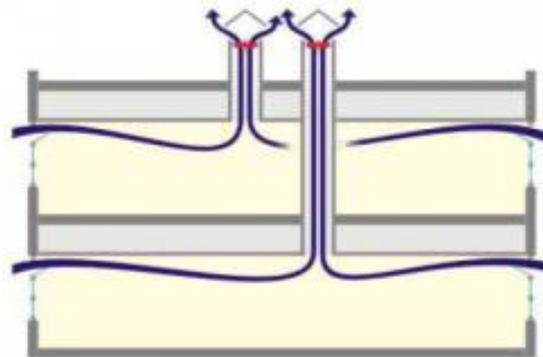
### Inconvénients

- Gestion et intégration des ouvertures
- Débits variables suivant conditions climatiques



## Ventilation intensive / free-cooling – méthodes

- ▶ Via ventilation mécanique
- ▶ Via ventilation naturelle
- ▶ Via ventilation hybride
  - Pulsion naturelle + évacuation mécanique (le plus courant)
  - Pulsion mécanique + évacuation naturelle



Source : UCL

### Avantages

- Plus simple à mettre en place
- Maitrise des débits

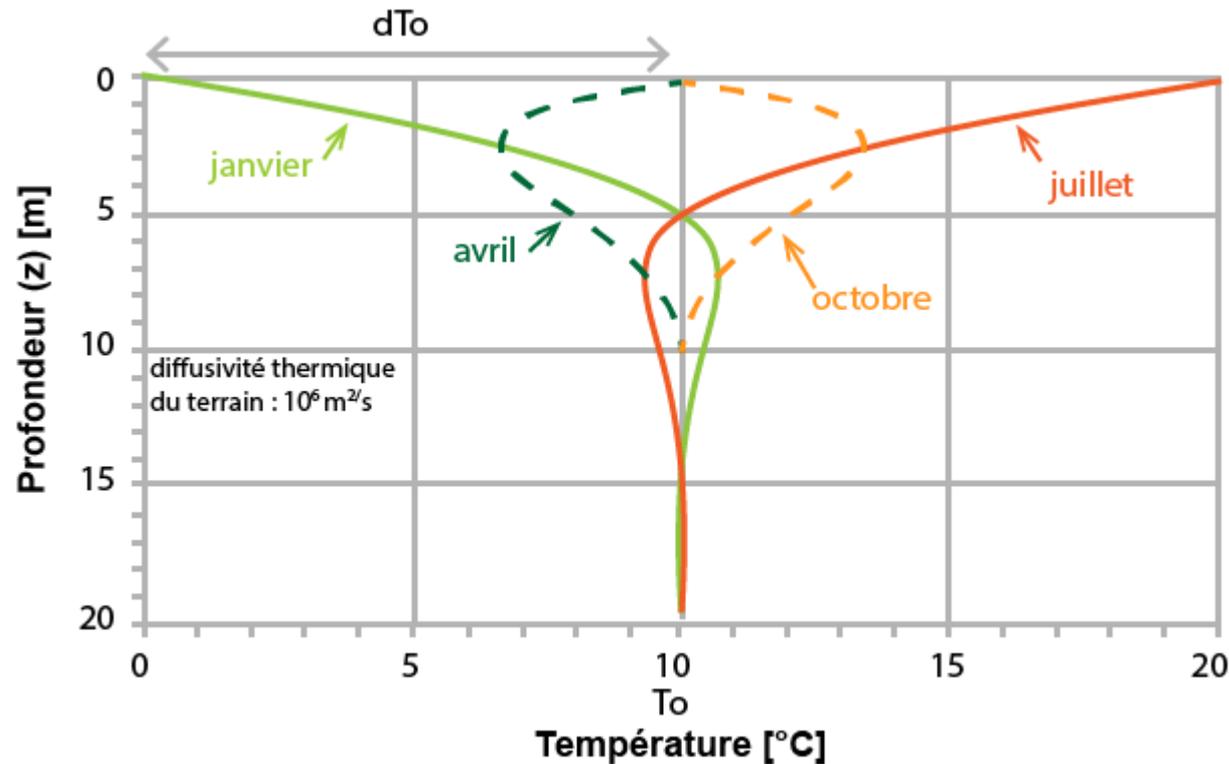
### Inconvénients

- Gestion des ouvertures
- Consommation des ventilateurs



## Géocooling

- ▶ Récupération de la fraîcheur du sol via sondes géothermiques dans lesquelles circule de l'eau (réseau fermé)
- ▶ Pour Profondeur  $\geq 10\text{m}$ ,  $t^\circ \approx 10 \dots 12^\circ\text{C}$



Variation annuelle de la  $t^\circ$  du sous-sol en fonction de la profondeur

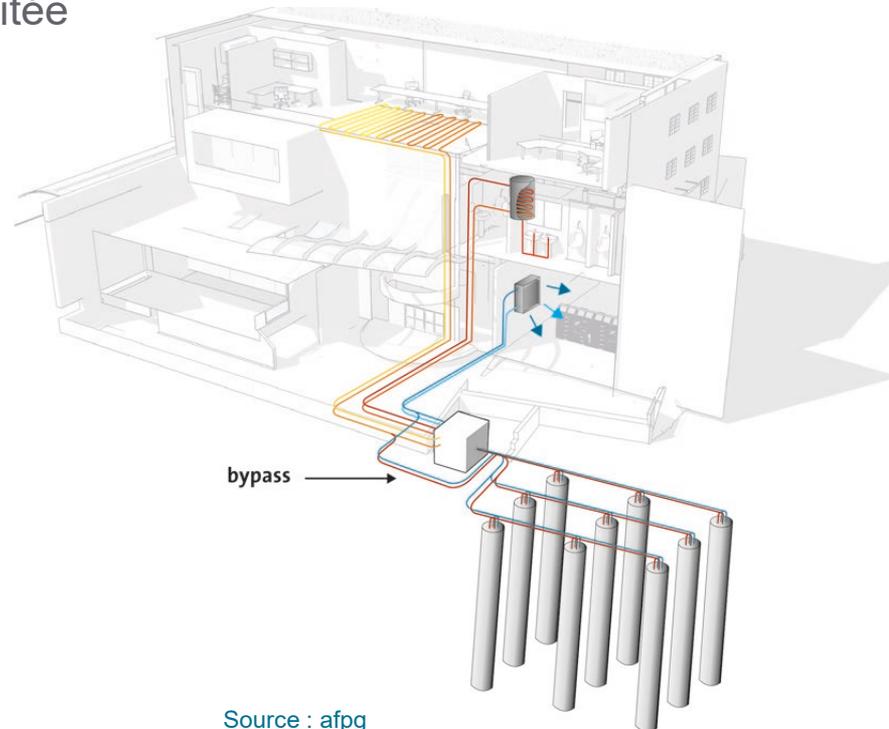
Source : énergie +



## Géocooling



- ▶ Géocooling  $\neq$  Géothermie  
Pas d'utilisation de PAC Utilisation de PAC
- ▶ Réalisé via bypass de la PAC
- ▶ Distribution de l'eau froide produite vers plafonds froids, dalles actives ou batteries de traitement d'air, voire ventilo-convecteur
- ▶ Puissance limitée



## INTRODUCTION

- ▶ Notions
- ▶ Enjeux

## LIMITER LES APPORTS

- ▶ Apports solaires
- ▶ Apports internes

## MAITRISER LES RÉACTIONS

- ▶ Du bâtiment
- ▶ Des occupants

## **EVACUER/REFROIDIR**

- ▶ Refroidissement / rafraîchissement passif
- ▶ **Refroidissement actif**



## Principe

- ▶ Recours à une machine frigorifique pour extraire la chaleur des locaux et la rejeter à l'extérieur.

⇒ **Consommation électrique!**

- ▶ Les machines frigorifiques fonctionnent par transfert d'énergie basé sur le changement de phase d'un fluide frigorigène → Pompe à chaleur
  - PAC géothermique
  - PAC air/air
  - PAC air/eau
  - ...
- ▶ Si technologie réversible, la machine frigorifique peut également produire de la chaleur en hiver



## Principe

- ▶ 3 types principaux de systèmes, suivant mode de transport du froid:
  - Par air (généralement via réseau de ventilation hygiénique)
  - Par eau froide ou glacée
  - Par « détente directe »: contact direct entre l'air à refroidir et l'évaporateur de la machine frigorifique



## Principe

- ▶ Quand a-t-on recours à un système de climatisation?
  - Charges internes trop élevées
  - Exigence de climat intérieur spécifique
  - Mesures passives difficiles à mettre en œuvre
  - .....

⇒ **En résidentiel, dans la très grande majorité des cas, il est possible de se passer d'un système de climatisation!**





- ▶ Toujours limiter les apports internes et externes et mettre en place des stratégies passives au préalable.
- ▶ Il existe diverses systèmes et stratégies de refroidissement, à sélectionner au cas par cas en fonction des spécificités du projet.
- ▶ La sensation de surchauffe dépend de plusieurs facteurs, à maîtriser pour pouvoir agir efficacement.





## Guide bâtiment durable

[www.guidebatimentdurable.brussels](http://www.guidebatimentdurable.brussels)

- ▶ Thème Energie

[Dossier | Limiter les charges thermiques](#)

[Dossier | Assurer une grande inertie thermique](#)

[Dossier | Appliquer une stratégie de refroidissement passif](#)

[Solution | Free-cooling](#)



## Sites internet

- ▶ Energie+ : [Choisir une protection mobile, fixe ou permanente](#)
- ▶ [Prosolis](#) : Outil de comparaison des protections solaires



## Formations et séminaires

- ▶ Inscrivez-vous aux formations organisées par Bruxelles Environnement  
<https://environnement.brussels/formationsbatidurable>  
Pompe à chaleur : Choix et conception
- ▶ Consultez tous les supports [gratuitement](#) !



**Julie RENAUX**

Ingénieur projet  
écorce sa

☎ + 32 4 226 91 60

✉ [info@ecorce.be](mailto:info@ecorce.be)



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

