

FORMATION BÂTIMENT DURABLE

ENERGIE : PRINCIPES FONDAMENTAUX

PRINTEMPS 2022

Comment assurer le confort estival?

Julie RENAUX



- ▶ 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

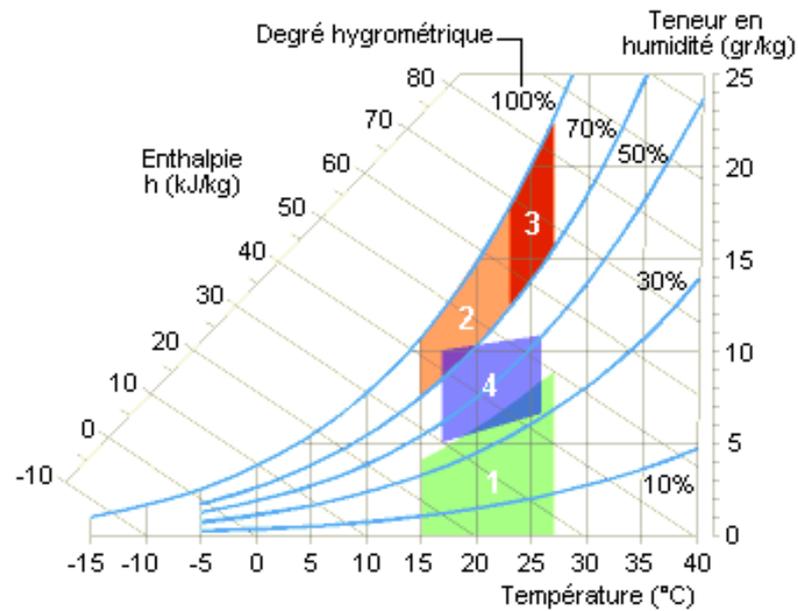
EVACUER/REFROIDIR

- ▶ 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

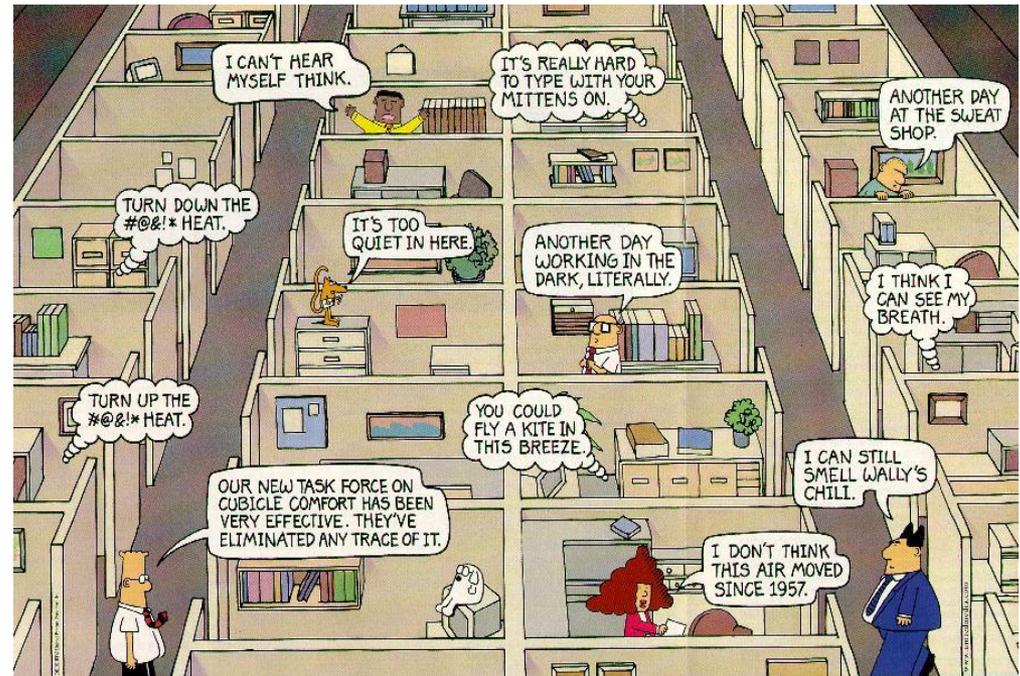


Polygone de confort hygrothermique (4)



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/Bron : 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

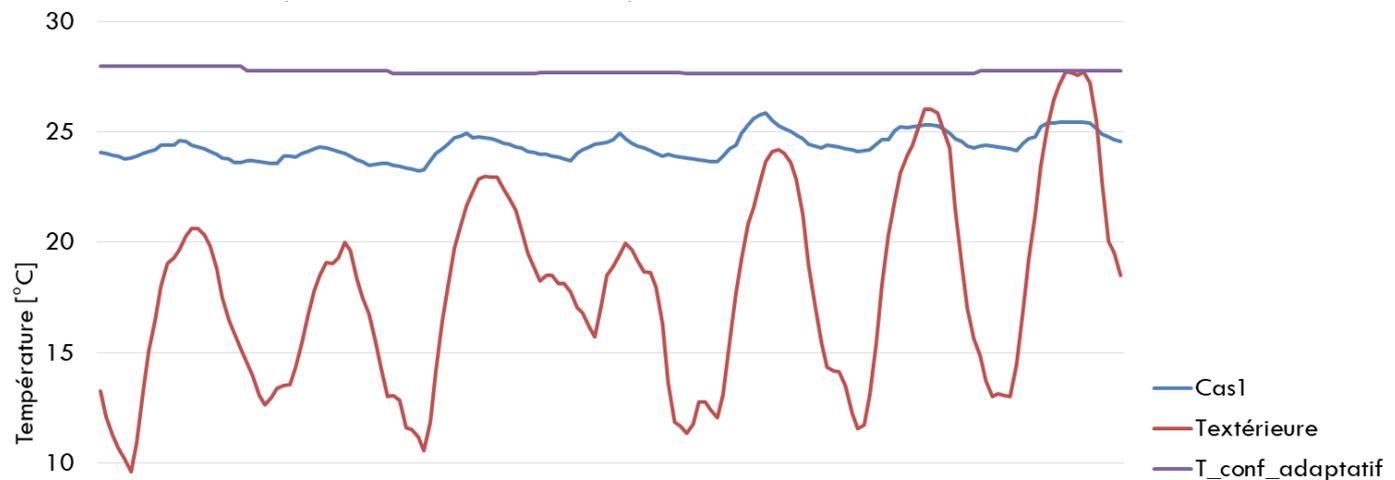


Source/Bron : écorce



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:



Source/Bron : écorce



INTRODUCTION

- ▶ Notions
- ▶ **Enjeux**

LIMITER LES APPORTS

- ▶ Apports solaires
- ▶ Apports internes

MAITRISER LES RÉACTIONS

- ▶ Du bâtiment
- ▶ Des occupants

EVACUER/REFROIDIR

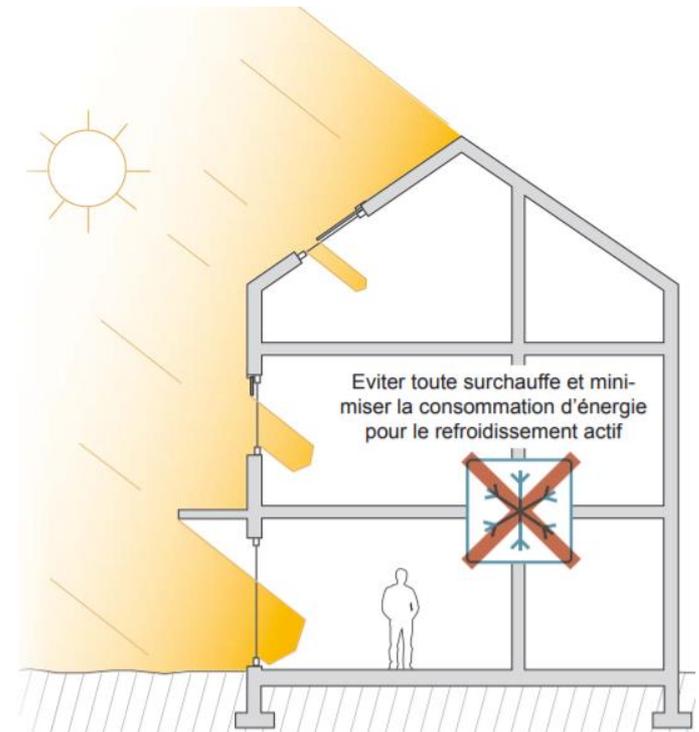
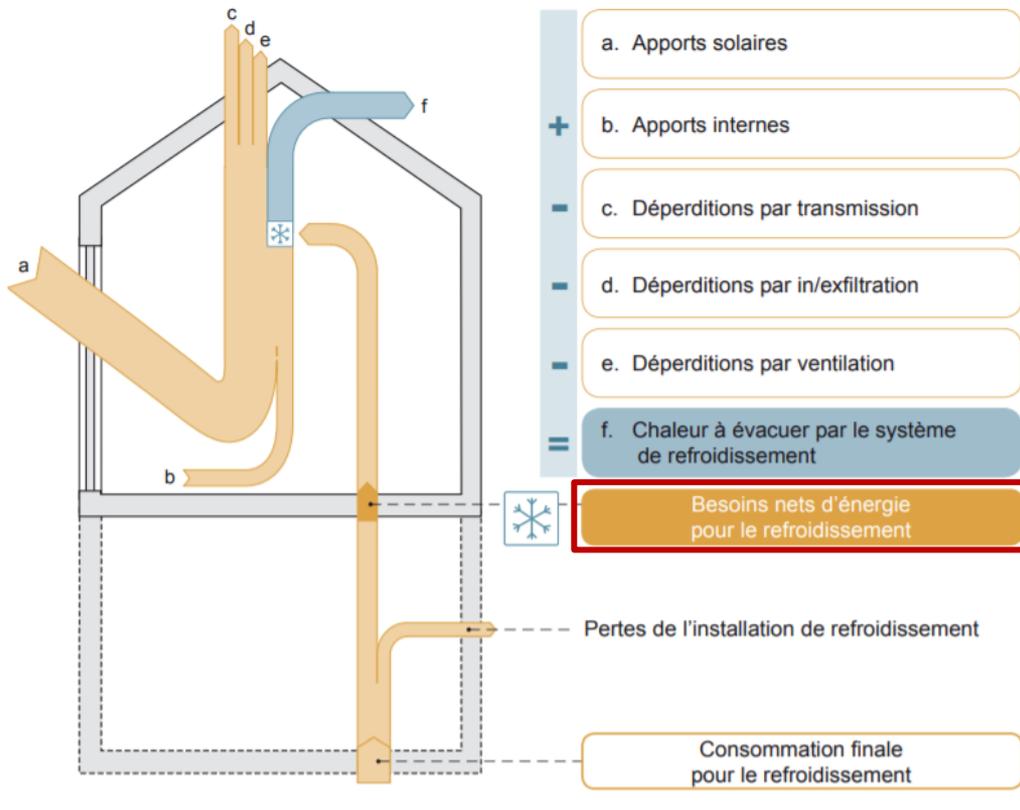
- ▶ Refroidissement / rafraîchissement passif
- ▶ Refroidissement actif



Impacts sur la consommation énergétique

► Bilan énergétique estival

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

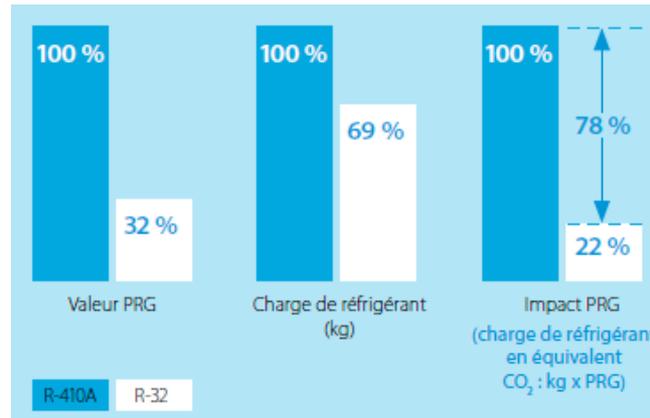
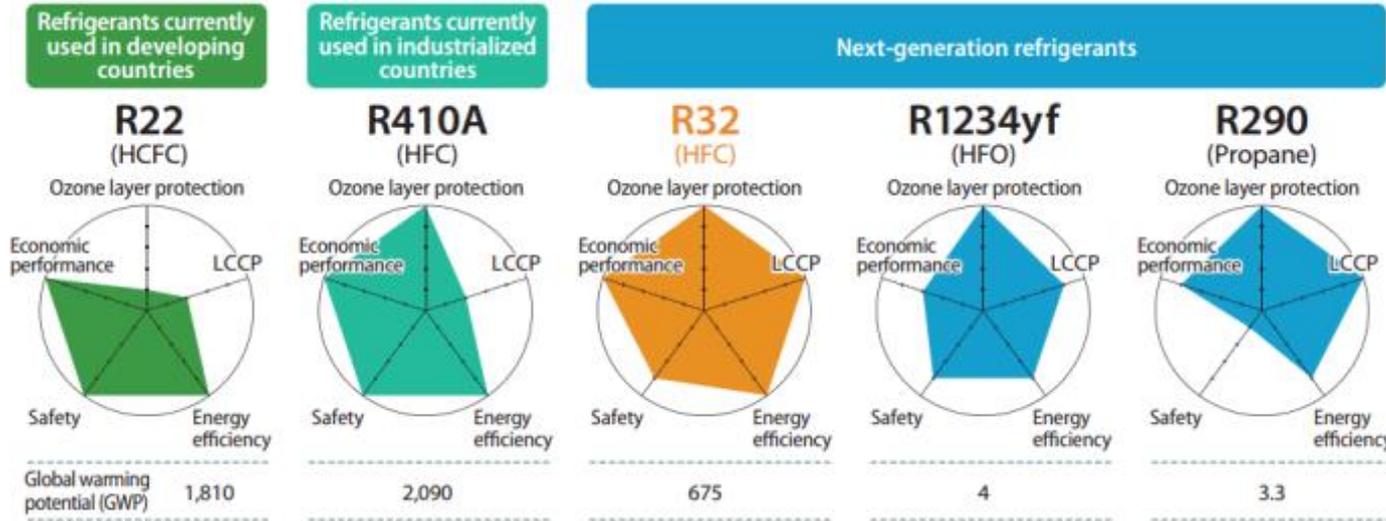


Source/Bron : ULg CIFIUL



Impact écologique des fluides frigorigènes

- ▶ Le réfrigérant R32, un des réfrigérants les plus respectueux de l'environnement



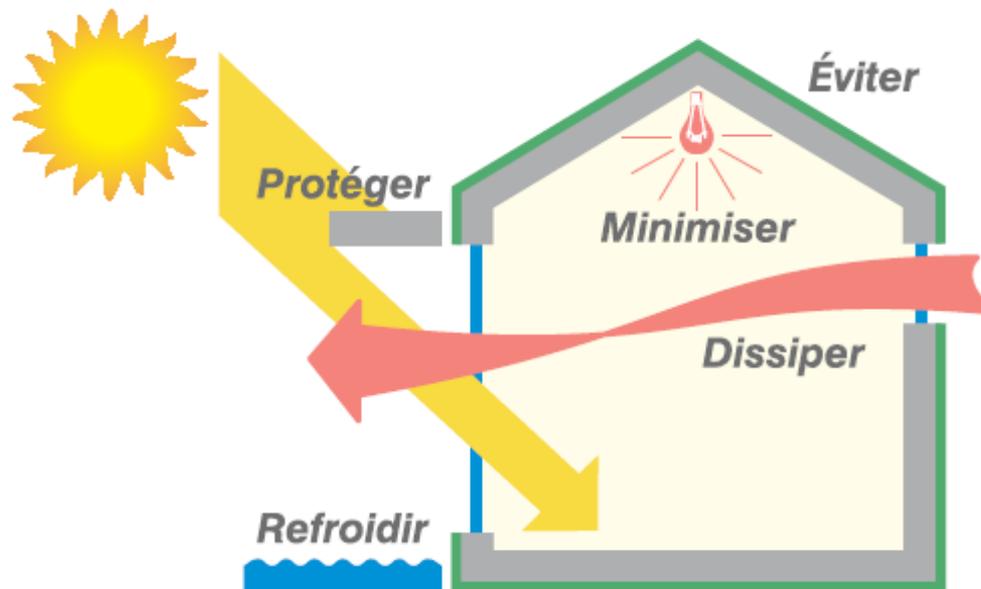
Source/Bron : Daikin



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/Bron: 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 %).

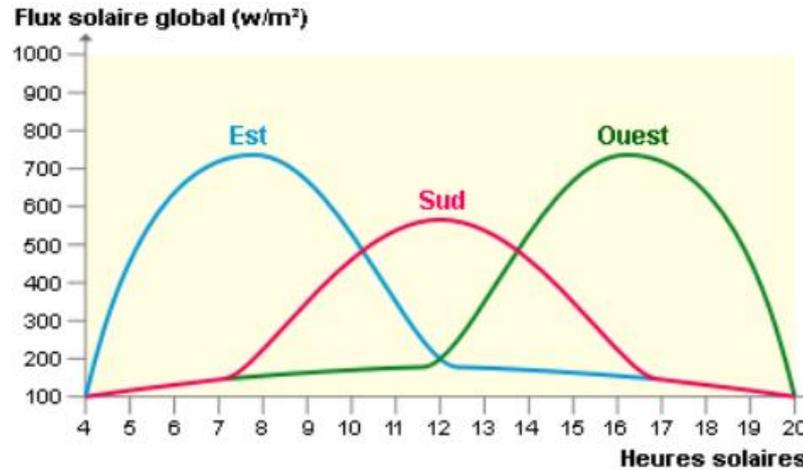
Les outils permettant cette régulation sont :

- ▶ 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/Bron : énergie +



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

⇒ **2 m^2 de vitrage pour un local de 10 m^2 équivaut à 120 W/m^2 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



011



014



017

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

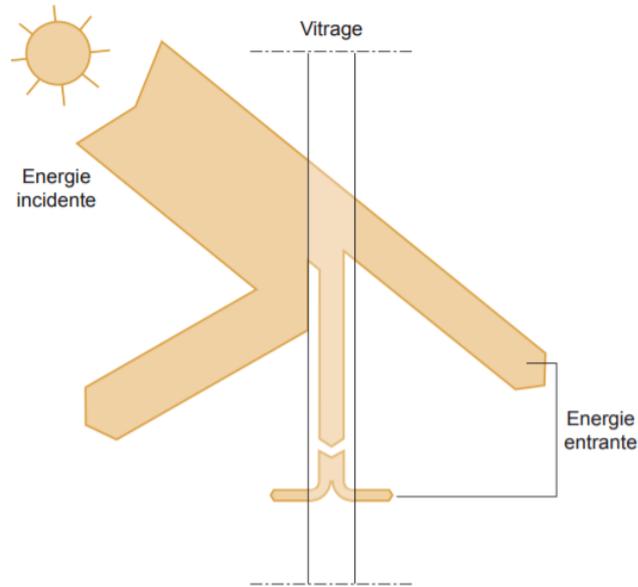
Inconvénients

Idem écrans mais:

Coût plus élevé



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



Source/Bron : 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

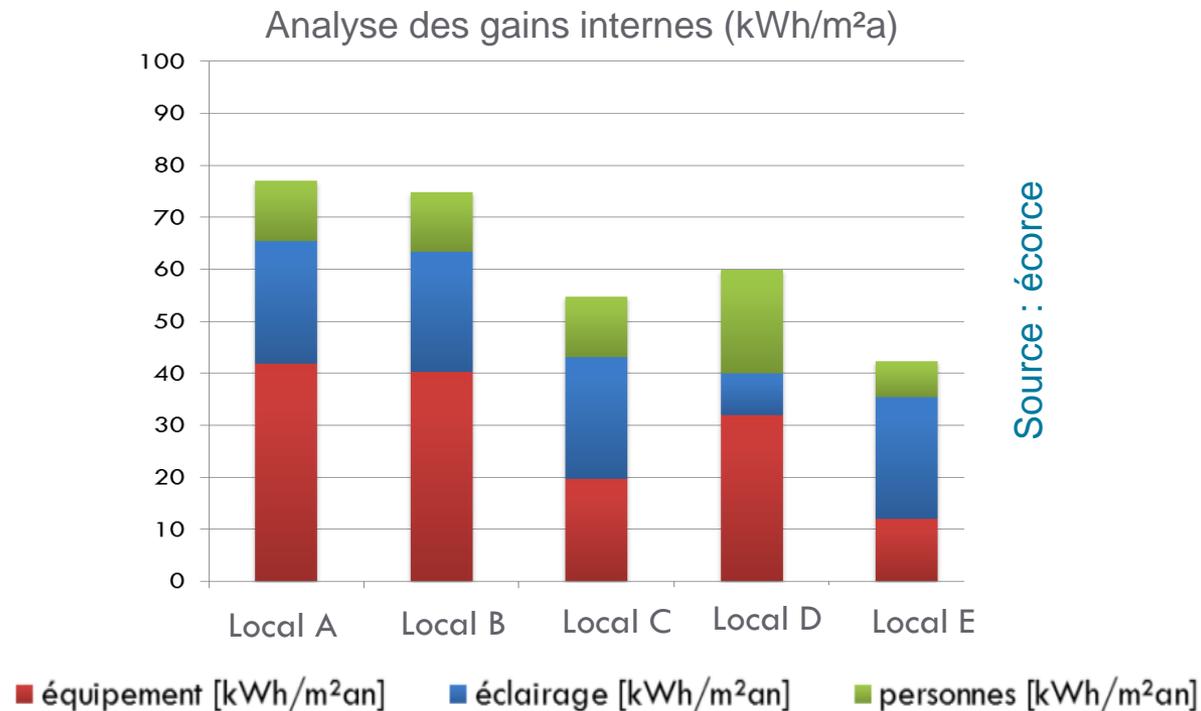
EVACUER/REFROIDIR

- ▶ Refroidissement / rafraîchissement passif
- ▶ Refroidissement actif



Sources

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



Stratégie

- ▶ Limiter les apports internes

⇒ **Ordre de grandeur: viser max 40 W/m² 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 m², 40 W/m² 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 ² |
| Eclairage performant | 10 W/m ² |
| 1 ordinateur fixe | 100 W/m ² |
| 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 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/m²)
→ Nouvel éclairage performant: 6 W/m² 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

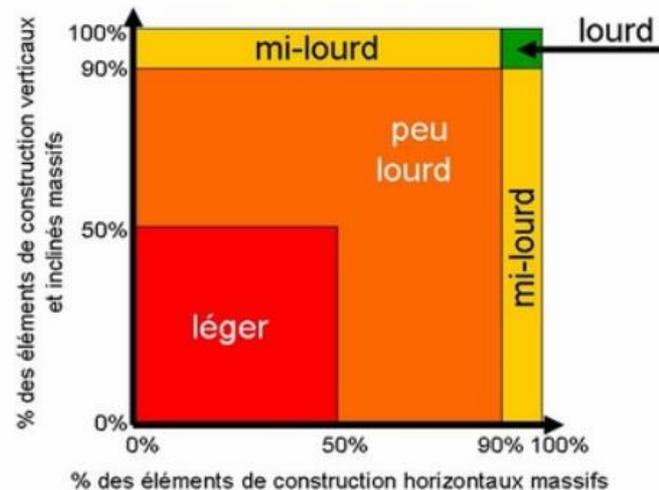
- ▶ Refroidissement / rafraîchissement passif
- ▶ Refroidissement actif



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



Bâtiment murs lourds +
plancher/charpente bois

Peu lourd



Bâtiment
murs/plancher lourds
+ charpente bois

Mi-lourd



Bâtiment 100% béton

Lourd

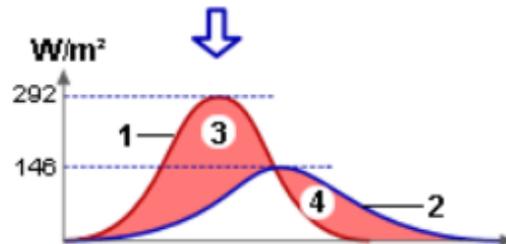
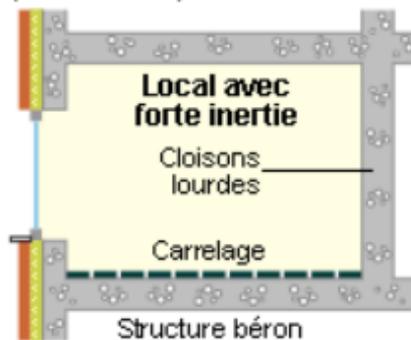
Mur avec contre-
cloison interne isolée



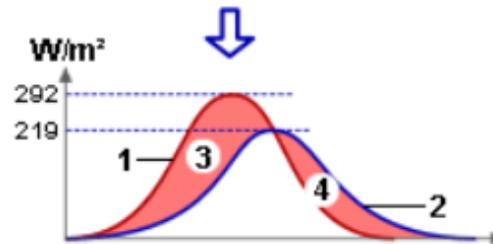
Profiter de l'inertie thermique du bâtiment

- ▶ 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° 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/Bron : 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
 - ...



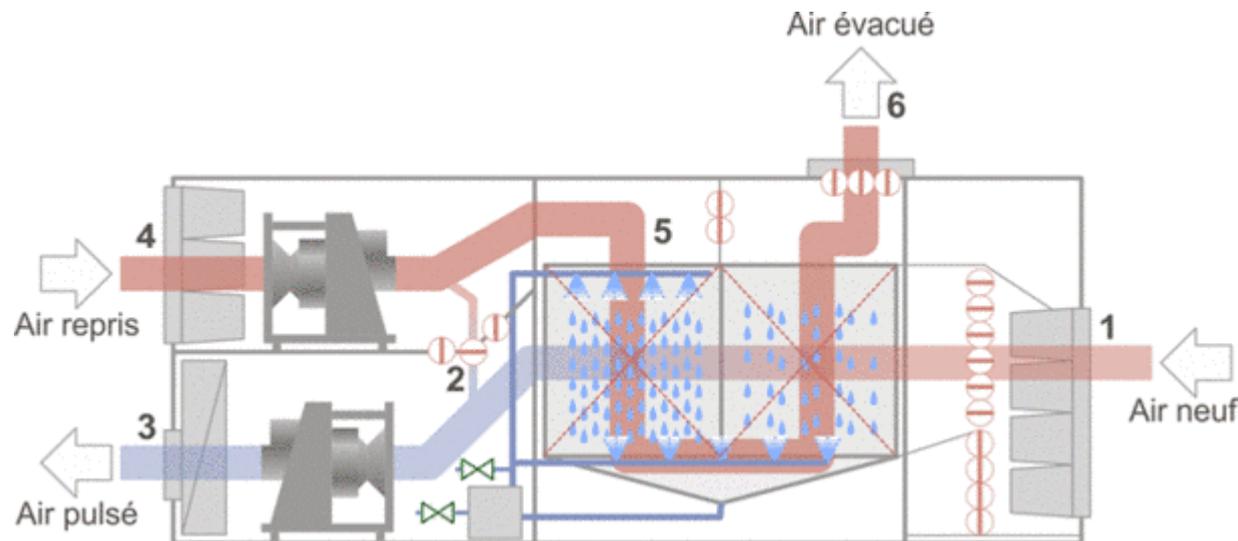
Ventilation hygiénique - minimiser l'introduction d'air chaud

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

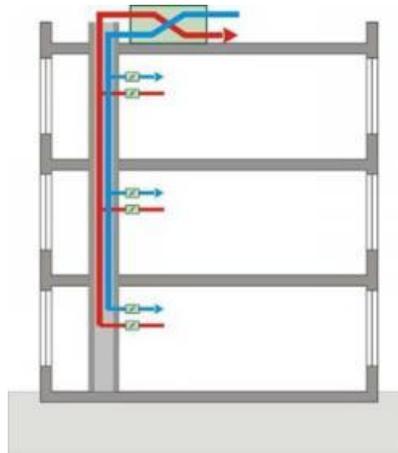
⇒ **La ventilation intensive permet un rafraichissement du bâtiment d'une puissance limitée mais souvent suffisante en hiver ou en moyenne saison**



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/Bron : Bruxelles Environnement

Avantages

- Maîtrise des débits

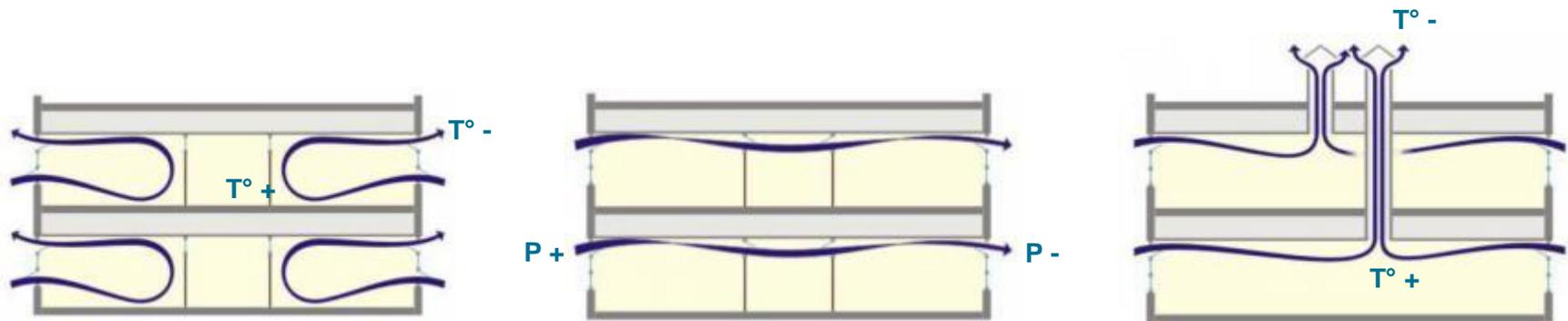
Inconvénients

- 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 (Δt°)
 - Ventilation transversale – effet du vent (Δp_{vent})
 - Ventilation verticale - effet cheminée (Δt°)



Source/Bron : UCL



Efficacité

Avantages

- Méthode naturelle passive,
sans Consommations de ventilateurs

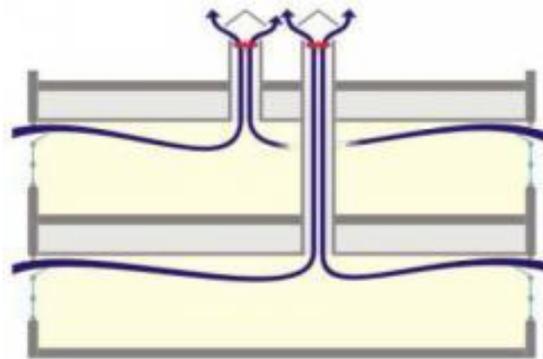
Inconvénients

- 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/Bron : UCL

Avantages

- Plus simple à mettre en place
- Maitrise des débits

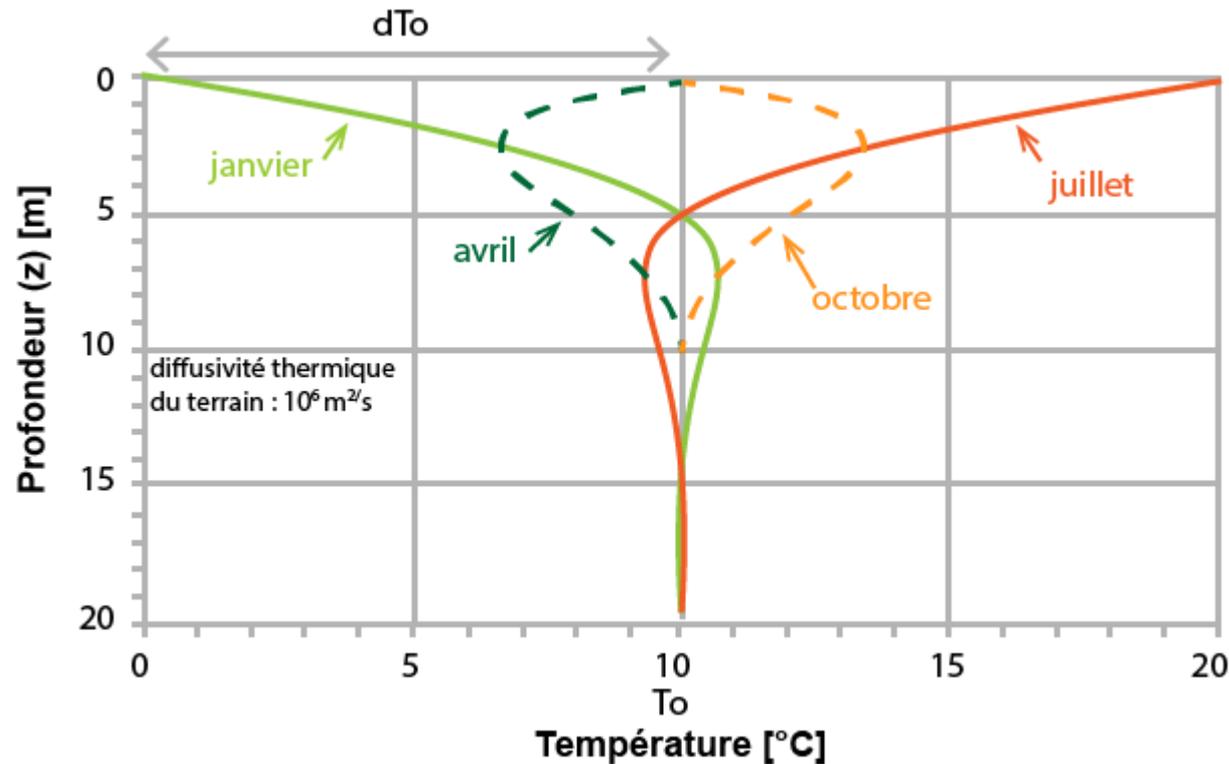
Inconvénients

- 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 $\geq 10\text{m}$, $t^\circ \approx 10 \dots 12 \text{ }^\circ\text{C}$



Variation annuelle de la t° du sous-sol en fonction de la profondeur

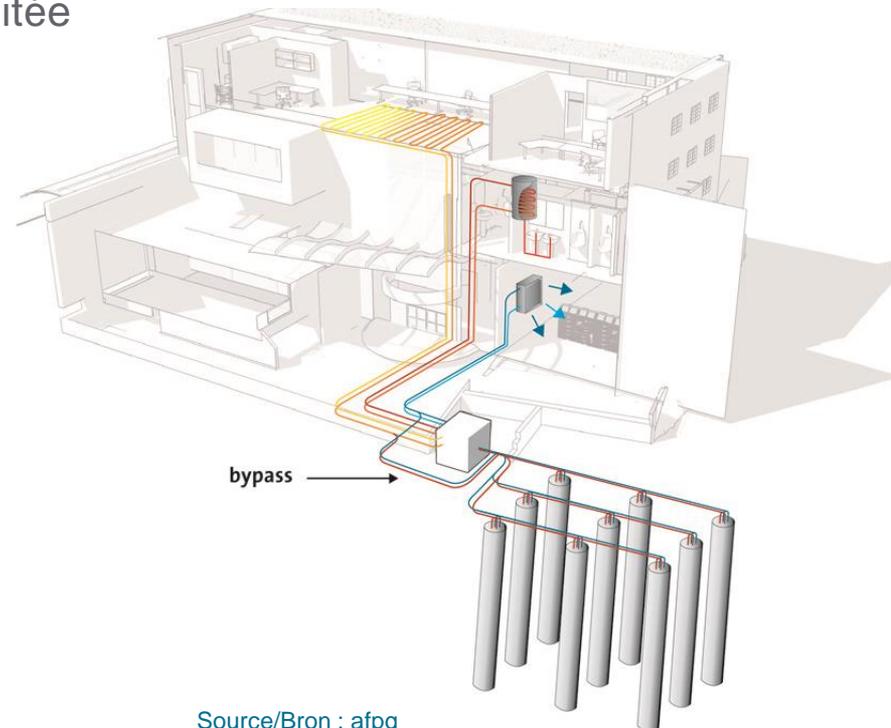
Source/Bron : énergie +



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



Source/Bron : afpg



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

- ▶ Thème Energie

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

[Dispositif | Free-cooling](#)



Sites internet

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



Formations

- ▶ Formation Bâtiment Durable – Pompe à chaleur



Julie RENAUX

Ingénieur projet
écorce sa

 + 32 4 226 91 60

 info@ecorce.be

éCORCE
INGÉNIERIE CONSULTANCE



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

