

FORMATION BÂTIMENT DURABLE

ENERGIE : PRINCIPES FONDAMENTAUX

PRINTEMPS 2025

Comment assurer le confort estival ?

Limitation des apports et stratégies de refroidissement

Muriel BRANDT



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



INTRODUCTION

- ▶ **Surchauffe**
 - ▶ Confort thermique
 - ▶ Enjeux

LIMITER LES APPORTS

MAITRISER LES RÉACTIONS

EVACUER/REFROIDIR



Qu'est-ce que la surchauffe ?

- ▶ On parle de probabilité du risque de surchauffe
 - en pourcentage de temps
 - par rapport à une température à fixer

- ▶ Exemple: Définition issue de la certification passive

La température intérieure ne peut dépasser 25°C pendant plus de 5% du temps d'occupation



Comment s'évalue-t-elle ?

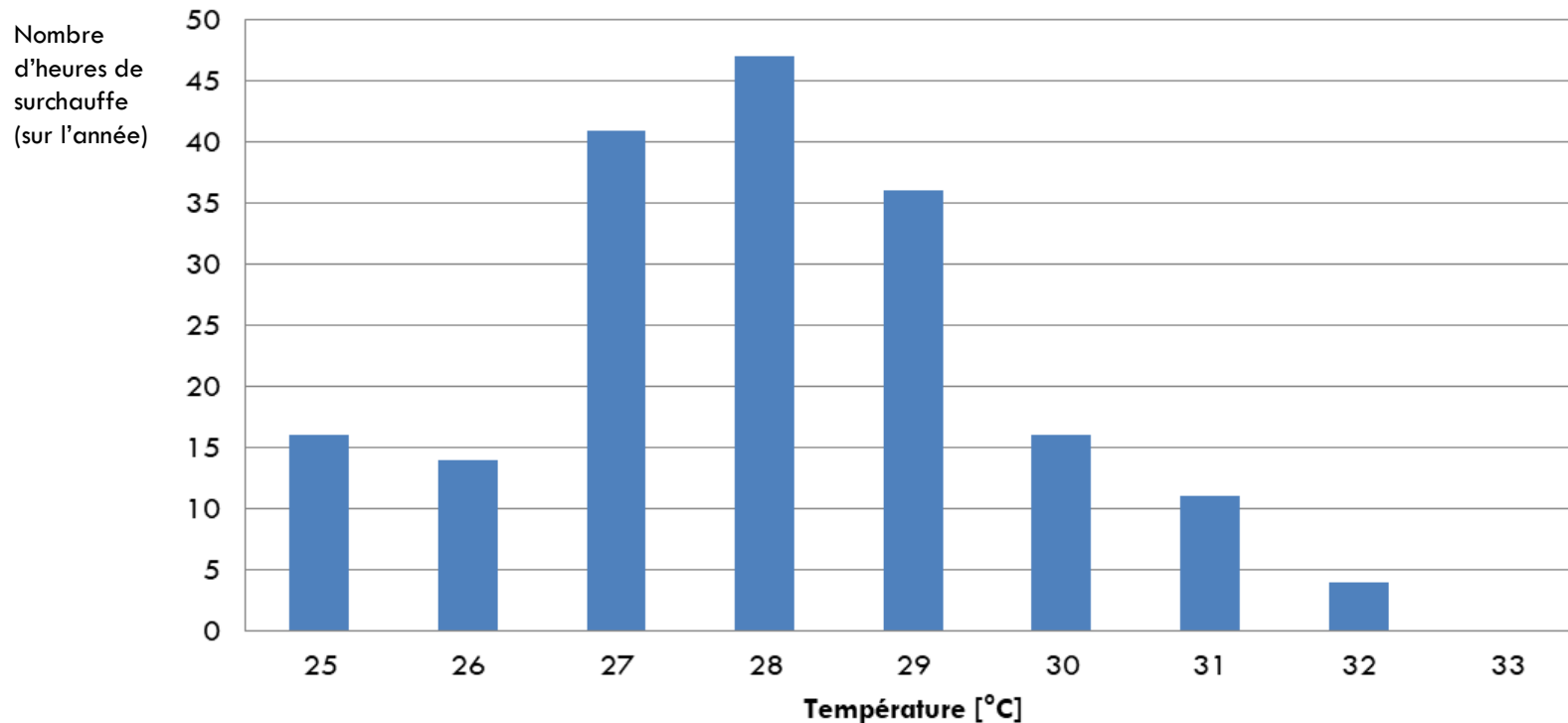
- ▶ Il faut pouvoir mesurer les périodes de temps pendant lesquelles les apports (solaires et internes) sont excédentaires
- En **conception** > L'enjeu est d'arriver à **prédire** les températures atteintes et/ou ces périodes de temps, cela nécessite de faire une **simulation**
- En **exploitation** (quand le bâtiment est déjà occupé) > Il faut mettre en place un monitoring : placer des sondes et **mesurer** les températures atteintes dans des locaux sur une période de temps représentative



Comment s'évalue-t-elle ?

- Il faut ensuite interpréter ces données : comptabiliser et confronter à une balise

Nombre d'heures de surchauffe (sur l'année) dans le cas 1



Source : écorce



Comment s'évalue-t-elle ?

- Comment interpréter les données ?

⇒ **Pour pouvoir tirer des conclusions, il est nécessaire d'introduire la notion de confort thermique**



INTRODUCTION

- Surchauffes
- **Confort thermique**
- Enjeux

LIMITER LES APPORTS

MAITRISER LES RÉACTIONS

EVACUER/REFROIDIR



Comment s'évalue-t-il ?

- Il est propre à chaque individu, il dépend
 - de la sensibilité
 - de l'habillement
 - du métabolisme...



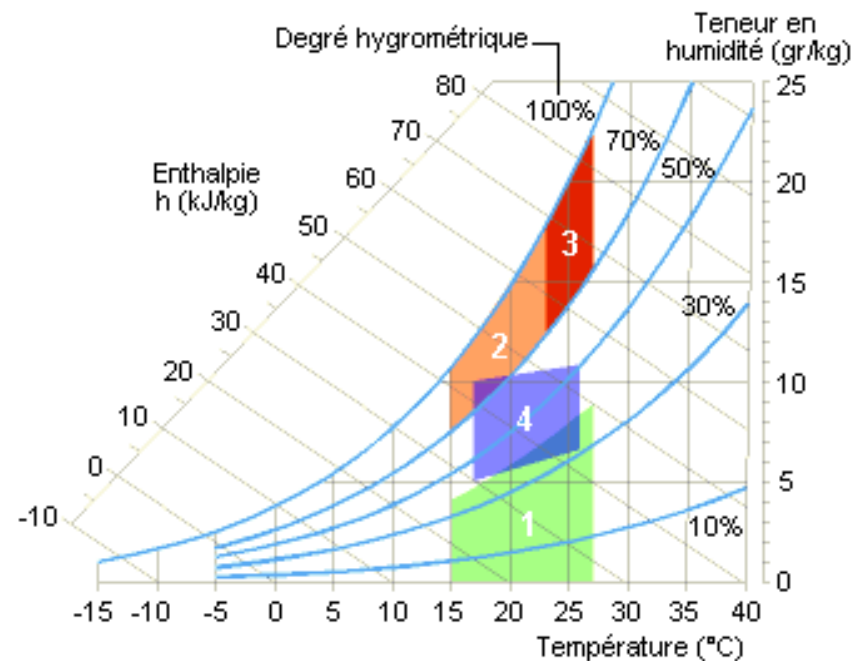
Source : CBE, 2017

⇒ Il y a donc une certaine... subjectivité



Comment s'évalue-t-il ?

- Il dépend d'un couple [température – humidité]...



⇒ La zone 4 sur le graphique représente le polygone de confort hygrothermique



Comment s'évalue-t-il ?

► Il dépend aussi

- de l'activité



- des mouvements d'air



INTRODUCTION

- Surchauffe
- Confort thermique
- **Enjeux**

LIMITER LES APPORTS

MAITRISER LES RÉACTIONS

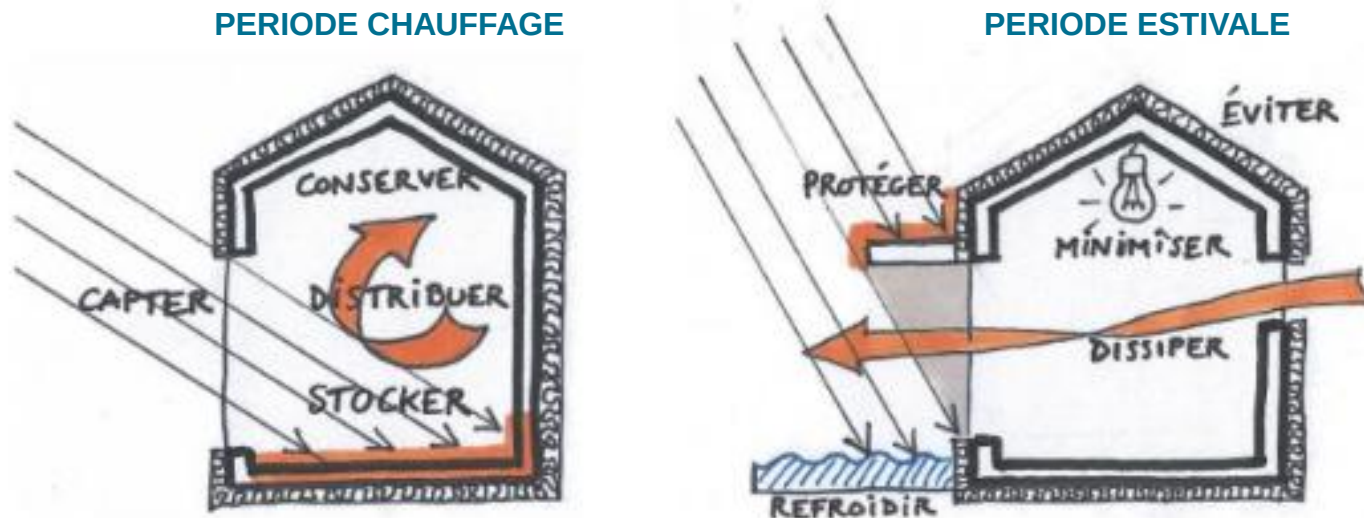
EVACUER/REFROIDIR



Stratégie estivale

- ▶ La quantité de chaleur introduite doit être limitée
- ▶ La chaleur accumulée doit être évacuée, idéalement au moyen de mesures passives

⇒ **Recours au refroidissement actif si les mesures précédentes s'avèrent insuffisantes**



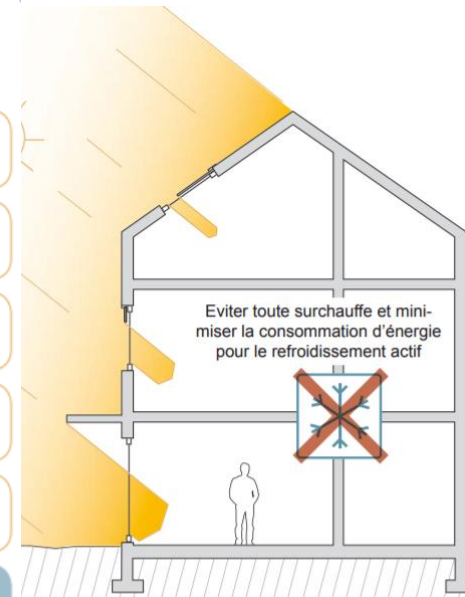
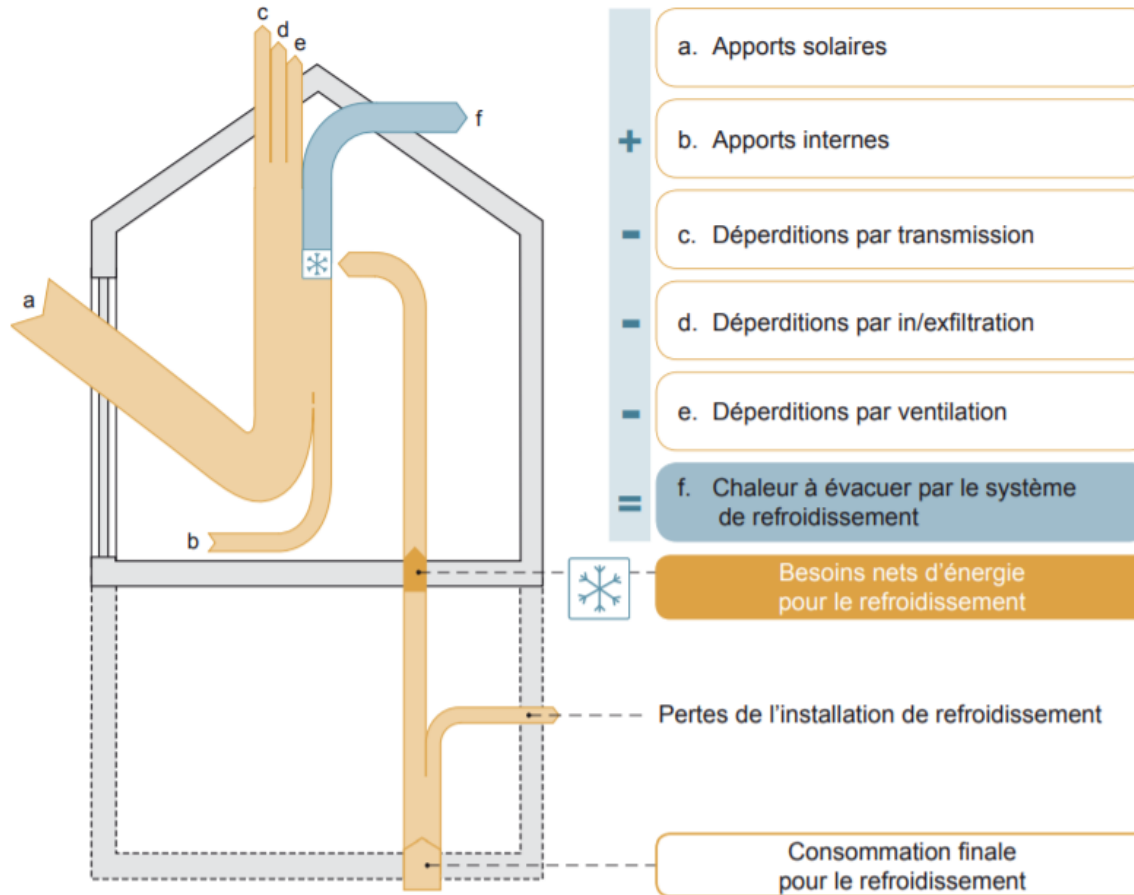
Source : Les leçons du vernaculaire au service d'une architecture durable



Impact sur la consommation énergétique

► Bilan énergétique estival

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

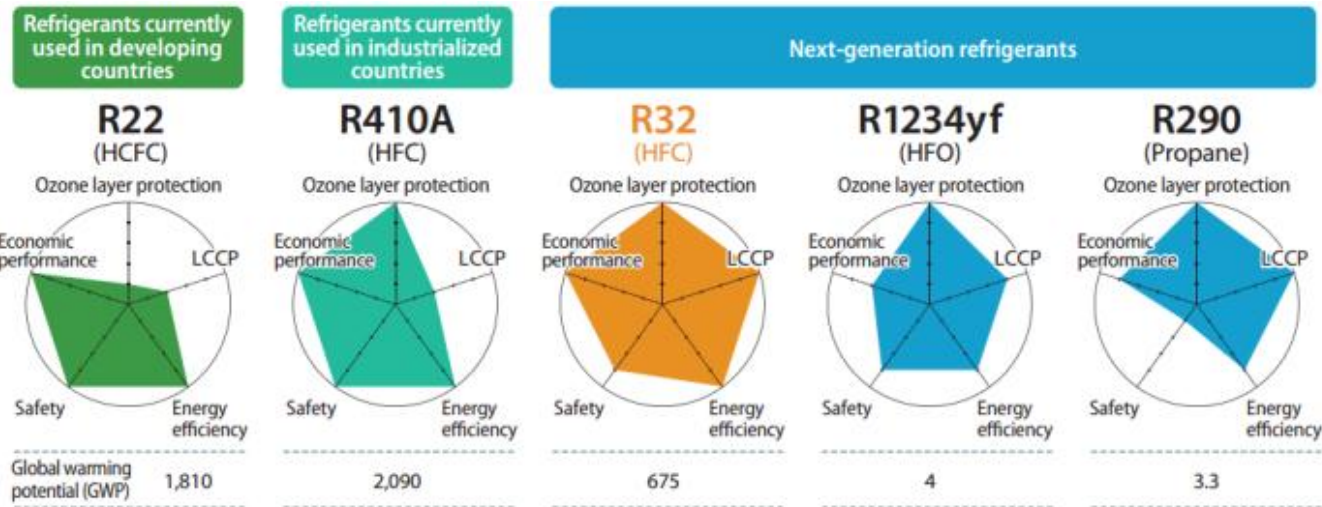


Source : ULg CIFIUL



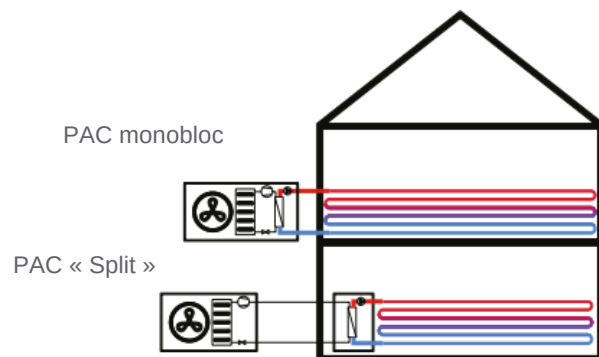
Impact écologique des fluides frigorigènes

► Type

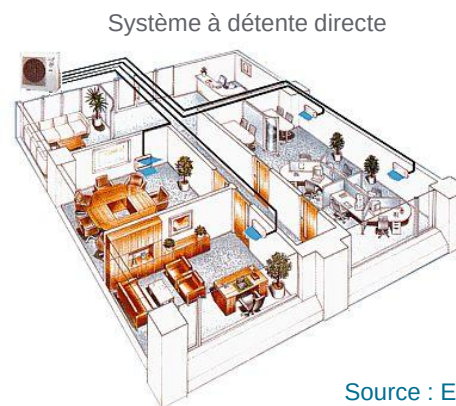


Source : Daikin

► Quantité utilisée



Source : Buildwise



Source : Energie+



INTRODUCTION

LIMITER LES APPORTS

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

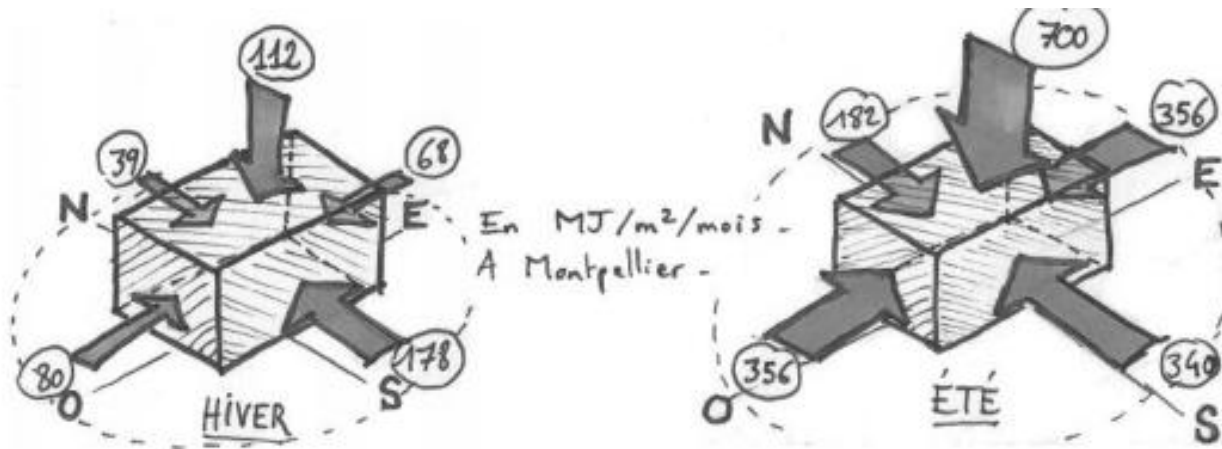
MAITRISER LES RÉACTIONS

EVACUER/REFROIDIR



Implantation et agencement des locaux

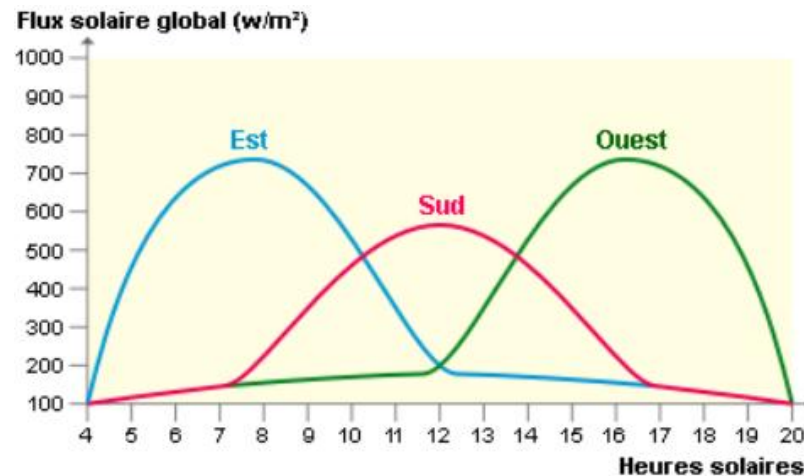
- L'implantation du bâtiment et l'agencement des locaux vont conditionner l'orientation, donc les apports solaires (et de lumière) dans les différents lieux



Source : Les leçons du vernaculaire au service d'une architecture durable



Orientation et taille des ouvertures



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

Source : énergie +



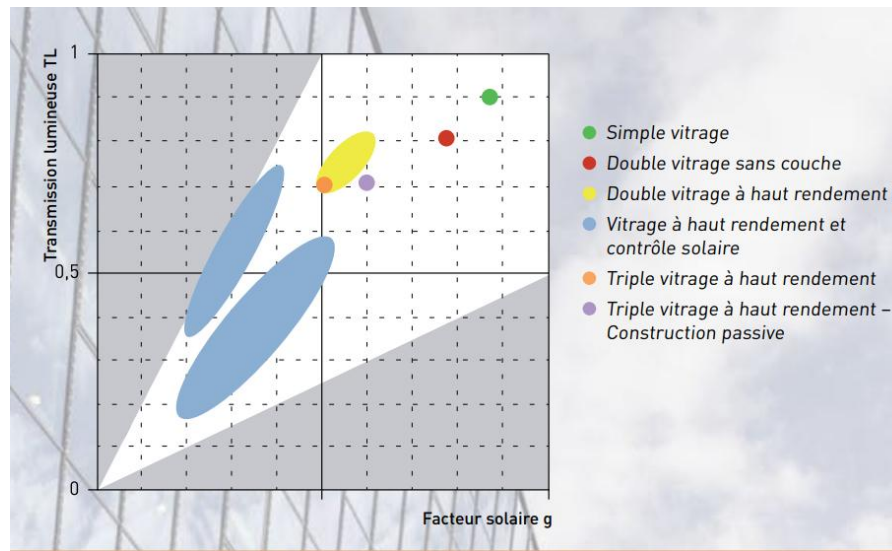
- 1 fenêtre au sud apporte en juin à midi 600 W/m²

⇒ 2 m² de vitrage pour un local de 10 m² équivaut à 120 W/m² de chauffage!



Vitrage sélectif

- ▶ **Facteur solaire** (g, FS) = fraction de l'énergie solaire incidente qui passe au travers du vitrage
- ▶ Effet permanent (été et hiver)
- ▶ Tenir compte des besoins en éclairage naturel !

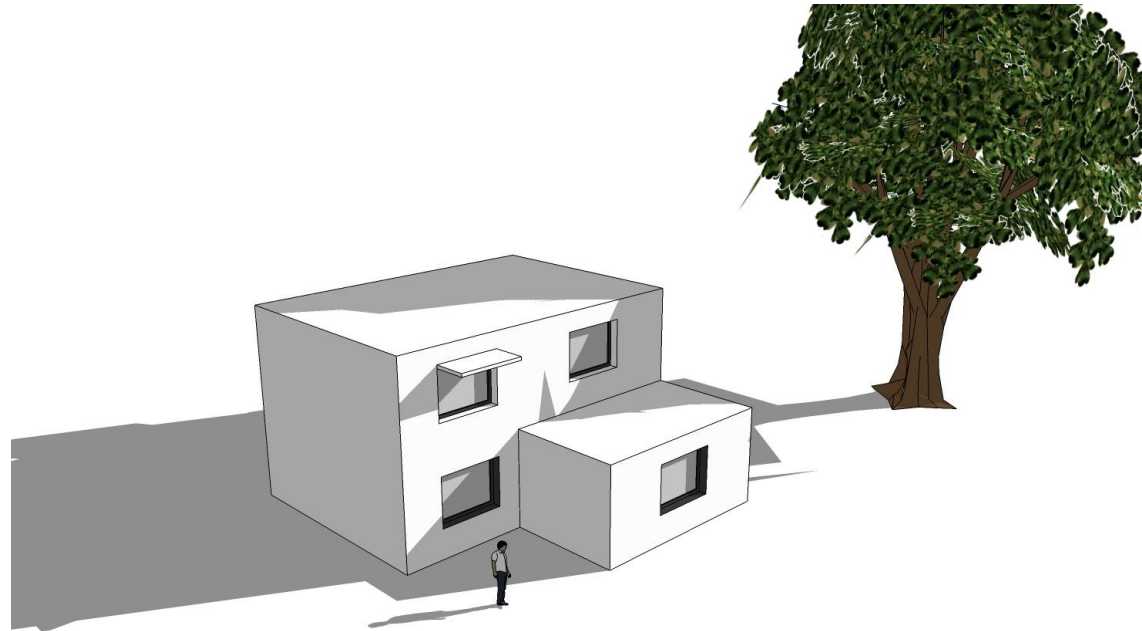


Source : <https://energieplus-lesite.be/concevoir/fenetres2/choisir-le-vitrage/>



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



Source: Architectes Associés



Protections solaires extérieures mobiles – écrans/screens



Source : écorce



Source: Levolux & Schüco



Protections solaires intégrées



Protections solaires intérieures ?



Les protections solaires intérieures ne constituent pas un moyen efficace de lutte contre les surchauffes



Critères de choix

- ▶ Aspects environnementaux
 - Efficacité contre les surchauffes
 - Coût en énergie grise
 - ▶ Aspects économiques
 - Coût d'investissement
 - Coût opérationnel
 - ▶ Aspects socioculturels
 - Esthétique
 - Contrôle de l'opacité
 - Protection vis-à-vis des vues extérieures
 - Efficacité contre l'éblouissement
 - Favorable à la lumière naturelle
 - ▶ Autres critères
 - Possibilité de régulation
 - Robustesse
-
- ▶ Tableau comparatif issu du Guide Bâtiment Durable
(<https://www.guidebatimentdurable.brussels/>)



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

LIMITER LES APPORTS

- Apports solaires
- **Apports internes**

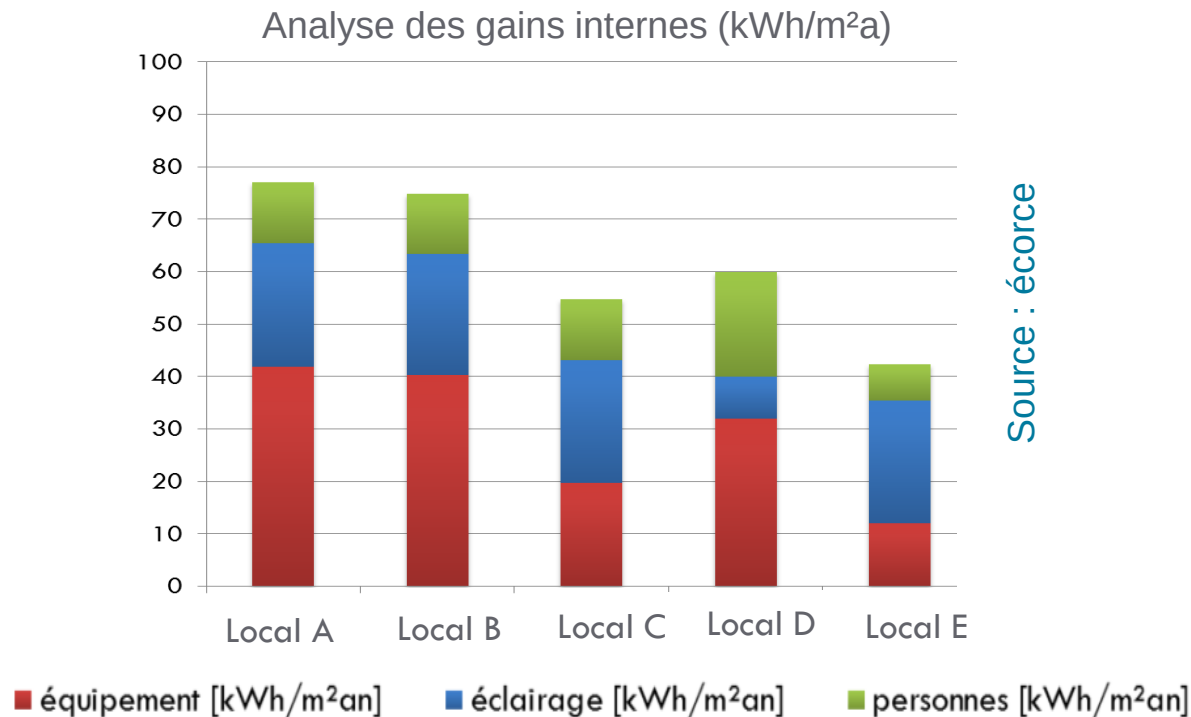
MAITRISER LES RÉACTIONS

EVACUER/REFROIDIR



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 : de 10 à 25 W/m²
 - Nouvel éclairage performant (LED) : 6 W/m²
- ▶ N'éclairer artificiellement que lorsque c'est vraiment nécessaire
 - Régulation en fonction de l'éclairage naturel (sonde de luminosité)
 - Détecteurs de présence/absence
 - Horloge



INTRODUCTION

LIMITER LES APPORTS

MAITRISER LES RÉACTIONS

- ▶ **Du bâtiment**

- ▶ Des occupants

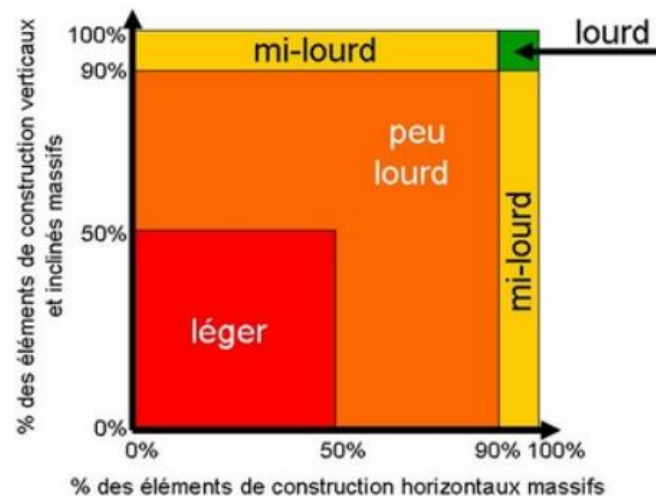
EVACUER/REFROIDIR



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

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



Définition du niveau d'inertie selon la PEB



LES RÉACTIONS DU BÂTIMENT

Profiter de l'inertie thermique du bâtiment

- 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

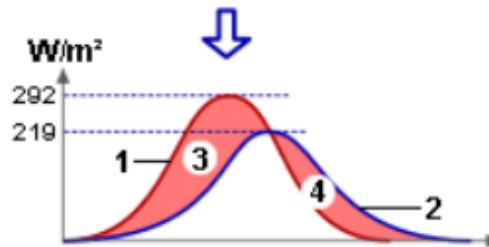
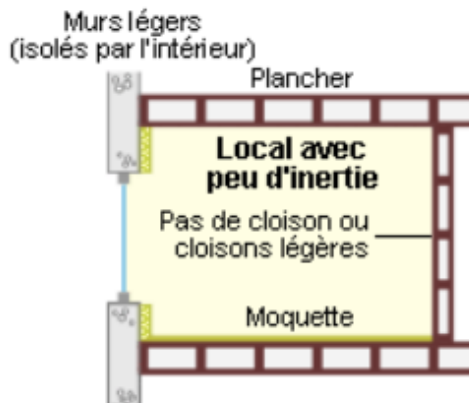
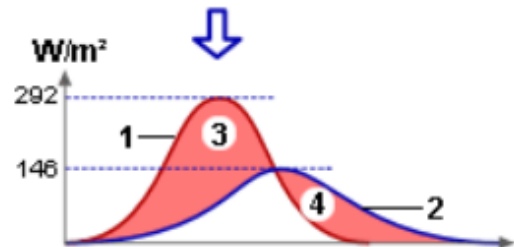
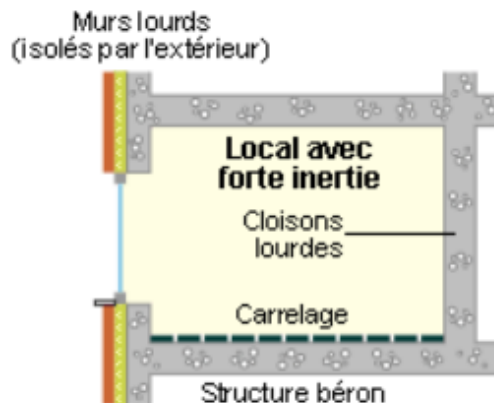
Lourd

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



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

Source : énergie +



INTRODUCTION

LIMITER LES APPORTS

MAITRISER LES RÉACTIONS

▸ Du bâtiment

▸ **Des occupants**

EVACUER/REFROIDIR



Plusieurs facteurs

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



INTRODUCTION

LIMITER LES APPORTS

MAITRISER LES RÉACTIONS

EVACUER/REFROIDIR

- ▶ **Rafrachissement**
- ▶ Climatisation



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

- ▶ 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 intensive / free-cooling



- ▶ ≠ 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)

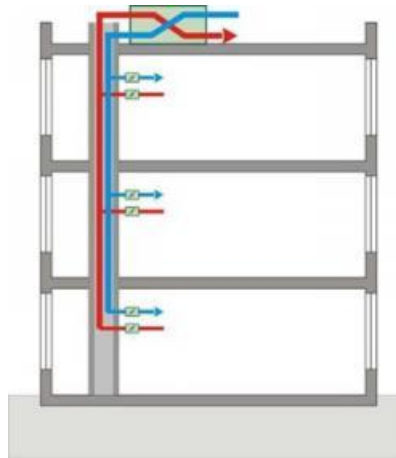
⇒ **La ventilation intensive permet un rafraichissement du bâtiment d'une puissance limitée mais souvent suffisante en hiver ou en moyenne saison**



Ventilation intensive / free-cooling

► Ventilation mécanique

- Généralement via réseau de ventilation hygiénique
- Débits ventilation intensive couramment rencontrés $\gg$ débits hygiéniques
 $\approx 5 \text{ à } 10 \text{ vol/h}$ $\approx 1 \text{ vol/h}$



Source : Bruxelles Environnement

Avantages

- Maîtrise des débits

Inconvénients

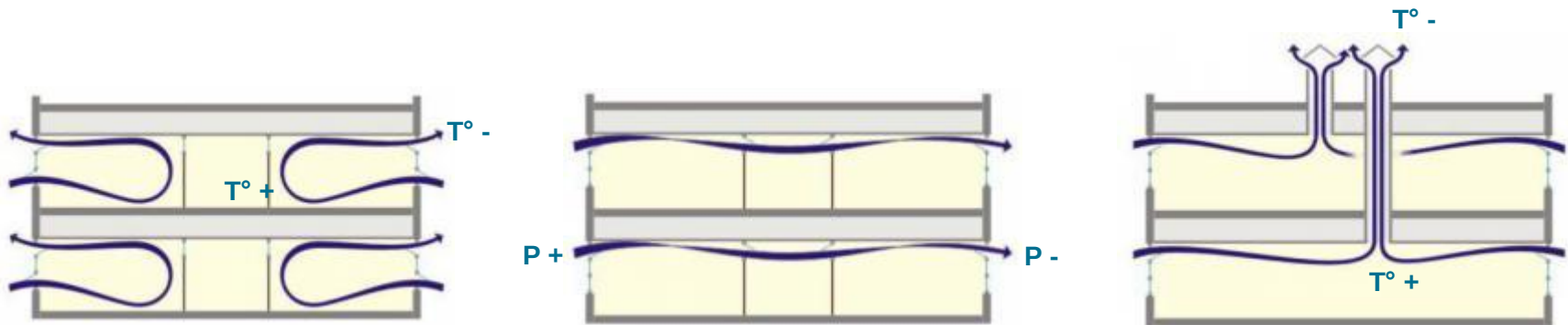
- Consommation électrique du groupe
- Surdimensionnement du réseau (groupe et gaines)



Ventilation intensive / free-cooling

► Ventilation naturelle

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



Efficacité

Avantages

- Méthode naturelle passive, sans consommations de ventilateurs

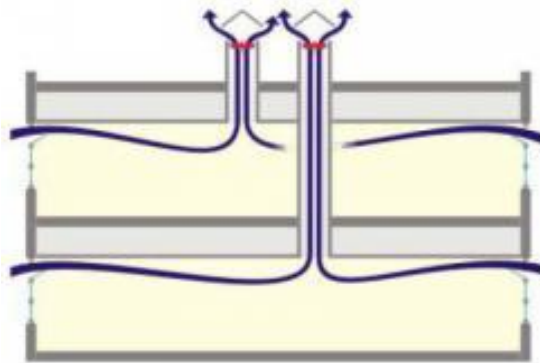
Inconvénients

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



Ventilation intensive / free-cooling

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



Source : UCL

Avantages

- Plus simple à mettre en place
- Maîtrise des débits

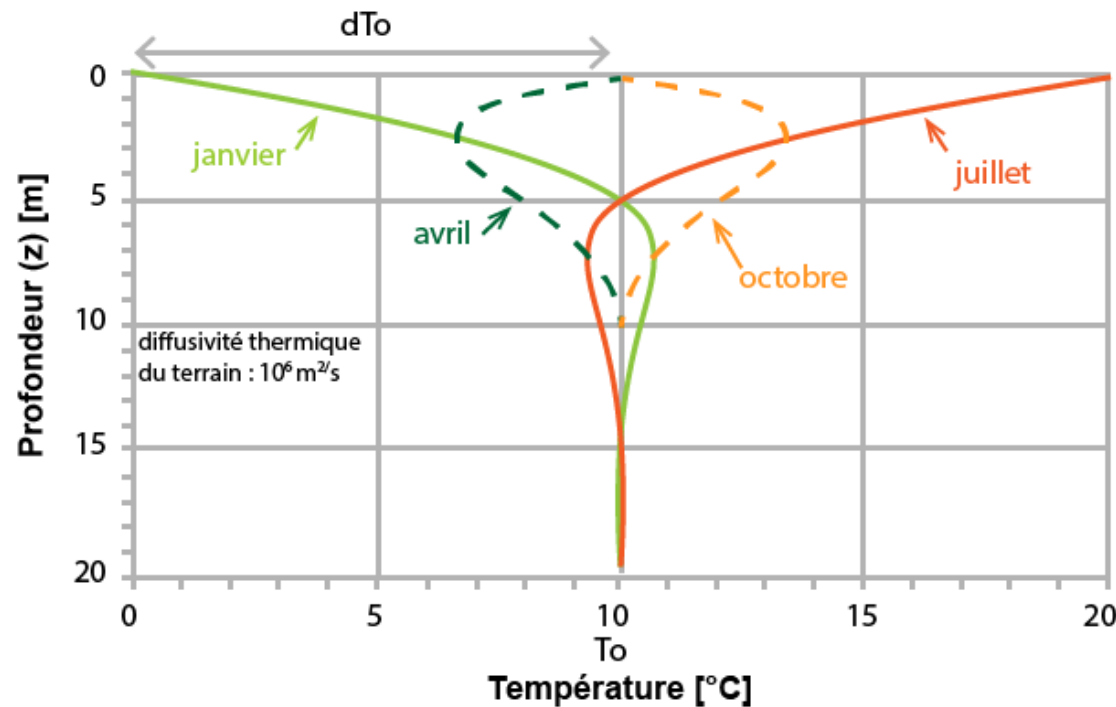
Inconvénients

- 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° du sous-sol en fonction de la profondeur

Source : énergie +

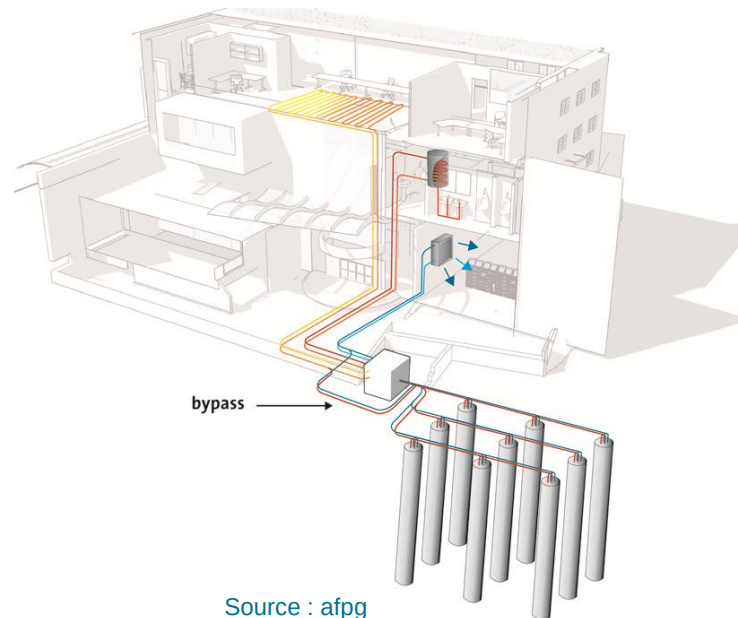


Géocooling



- ▶ Géocooling $\neq$ Géothermie
- Pas d'utilisation de PAC
- ▶ Réalisé via bypass de la PAC
- ▶ Puissance limitée

Géothermie
Utilisation de PAC



Source : afpg



INTRODUCTION

LIMITER LES APPORTS

MAITRISER LES RÉACTIONS

EVACUER/REFROIDIR

- Rafraichissement
- **Climatisation**



Principe

- Recours à une machine frigorifique

⇒ **Consommation électrique!**



- Les machines frigorifiques fonctionnent par transfert d'énergie basé sur le changement de phase d'un fluide frigorigène → Pompe à chaleur



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!**





- ▶ La surchauffe est un phénomène complexe parce qu'il relève d'un nombre important de paramètres (objectifs et subjectifs)
- ▶ Il en découle que les possibilités pour l'éviter sont elles aussi multiples
- ▶ La limitation des apports internes et externes et la mise en place de stratégies passives doit toujours être une priorité





Guide bâtiment durable

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](#) !



Muriel BRANDT

Ingénieur projet
écorce sa

☎ + 32 4 226 91 60

✉ info@ecorce.be



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

