



Séminaire énergie

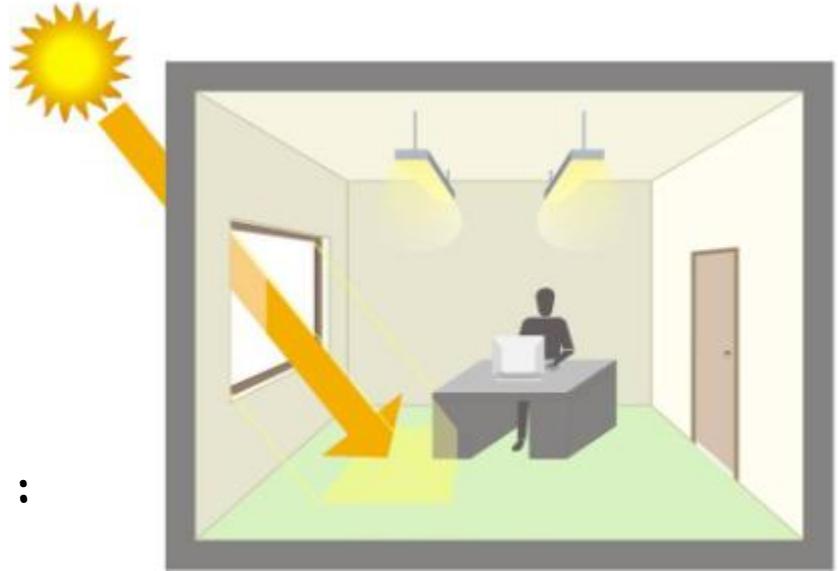
Comment éviter le risque de surchauffe dans un bâtiment tertiaire sans avoir recours au refroidissement

5 juin 2014



**Facilitateur URE non-marchand
de Wallonie**

Bilan thermique d'hiver :



Exemple :

bureau pour 2 personnes (4m x 5m x 3m)

surface au sol de 20 m²,

volume de 60 m³

un jour ensoleillé, avec 0°C extérieur :

Déperditions :

• Mur de façade :

$$\begin{aligned} & 0,4 \text{ W/m}^2\text{K} * 8 \text{ m}^2 * (20-0) \text{ K} \\ & + 1,5 \text{ W/m}^2\text{K} * 4 \text{ m}^2 * (20-0) \text{ K} \\ & = 184 \text{ W} \end{aligned}$$

• Toiture :

$$\begin{aligned} & 0,3 \text{ W/m}^2\text{K} * 20 \text{ m}^2 * (20-0) \text{ K} \\ & = 120 \text{ W} \end{aligned}$$

• Ventilation :

$$30 \text{ m}^3 * 0,34 \text{ Wh/m}^3.\text{K} * (20-0) \text{ K} = 200 \text{ W}$$

TOTAL : = 504 W

Apports :

• soleil fen. :

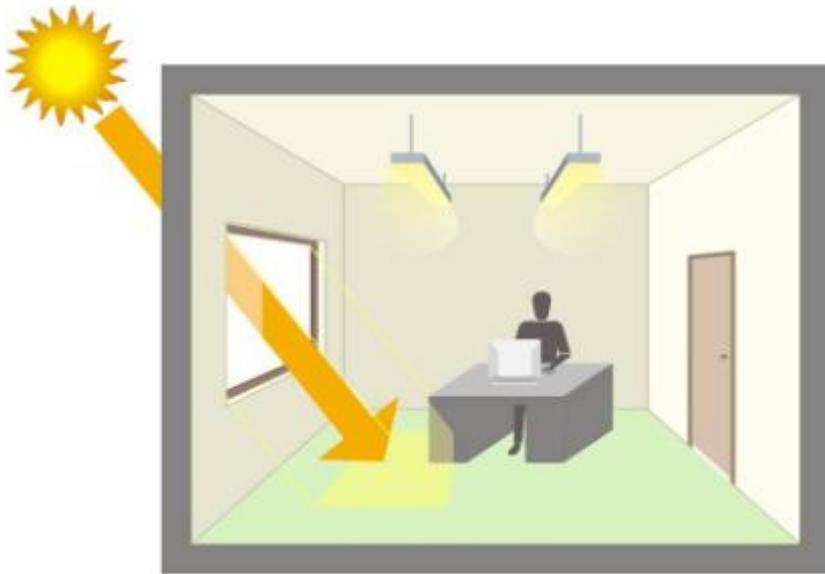
$$150 \text{ W/m}^2 * 4 \text{ m}^2 = 600 \text{ W}$$

• 2 ordinateurs : = 160 W

• Eclairage : = 200 W

• 2 occupants : = 140 W

TOTAL : = 1100 W



Sans intervention technique :

**Quelle température
après une heure
de chauffage solaire ?**

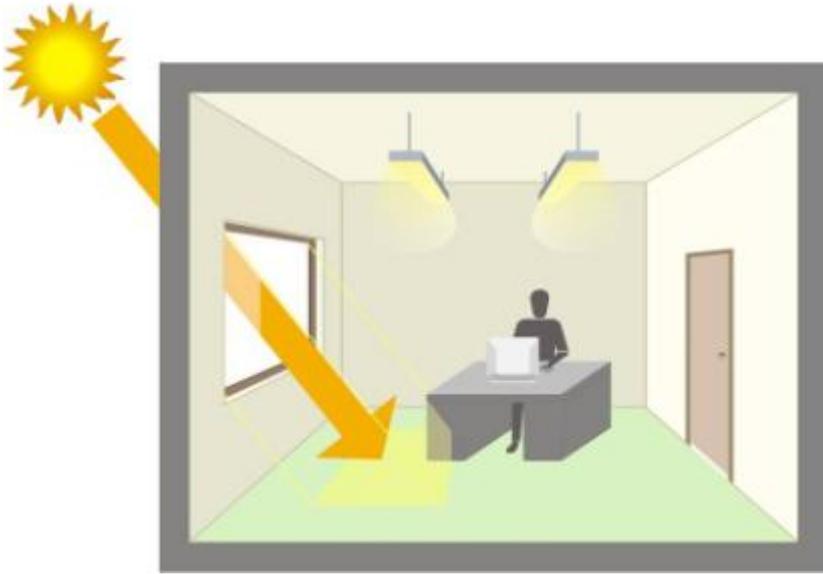
Bilan énergie si les 600 W du soleil chauffent **l'air du local** pendant 1 heure :

$$600 \text{ W} \times 1 \text{ h} = 60 \text{ m}^3 \times 0,34 \text{ Wh/m}^3.\text{K} \times \text{Delta T}^\circ$$

$$\text{Delta T}^\circ = 600 / (60 \times 0,34) = 30^\circ$$

$$\text{T}^\circ = 20^\circ + 30^\circ \text{ C} = 50^\circ \text{ C} !!!$$

Impossible...



Sans intervention technique :

**Quelle température
après une heure
de chauffage solaire ?**

Bilan énergie si le soleil chauffe **l'air du local et 2 cm de toutes les parois** :

$$600 \text{ W} \times 1 \text{ h} = (60 \text{ m}^3 \times 0,34 \text{ Wh/m}^3.\text{K} + 94 \text{ m}^2 \times 0,02 \text{ m} \times 500 \text{ Wh/m}^3.\text{K}) \times \text{Delta T}^\circ$$

$$\text{Delta T}^\circ = 600 / (60 \times 0,34 + 1,8 \times 500) = 0,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T^\circ = 20^\circ + 0,6 \text{ }^\circ\text{C} = 20,6 \text{ }^\circ\text{C} !!!$$

Possible... La chaleur est stockée dans les parois, dans l'inertie du local !



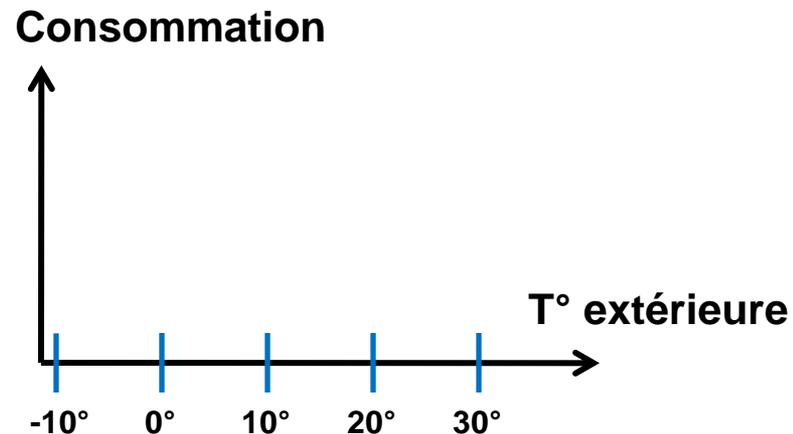
Réflexion : en isolant nos bâtiments, n'avons-nous pas déplacé le problème de l'hiver vers l'été ?...



Comparons la consommation de deux immeubles de bureaux-type :

- un bâtiment de 1960
- un immeuble récent...

Exprimons leur consommation annuelle en fonction de la température extérieure :

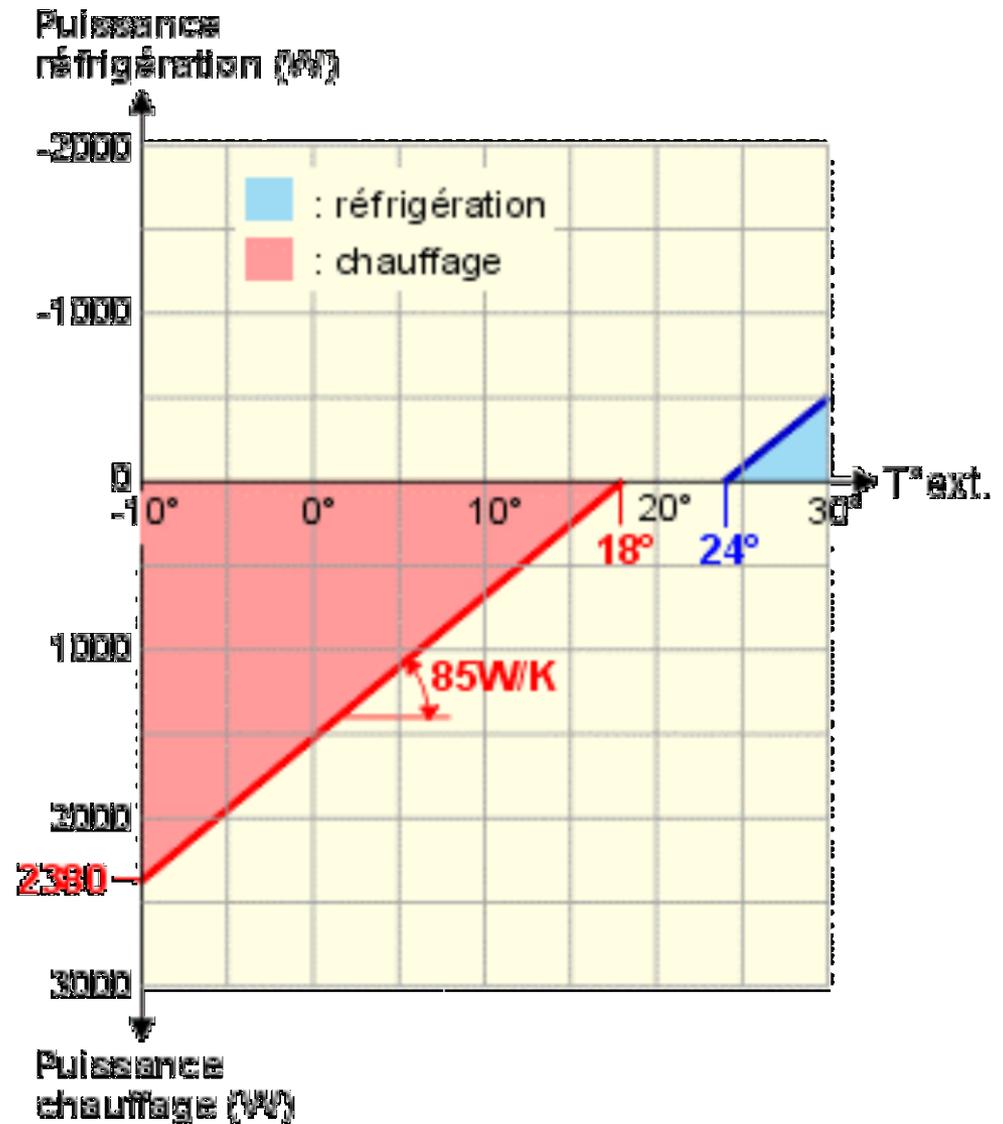


Mais Consommation = Puissance x Temps

Puissance ?

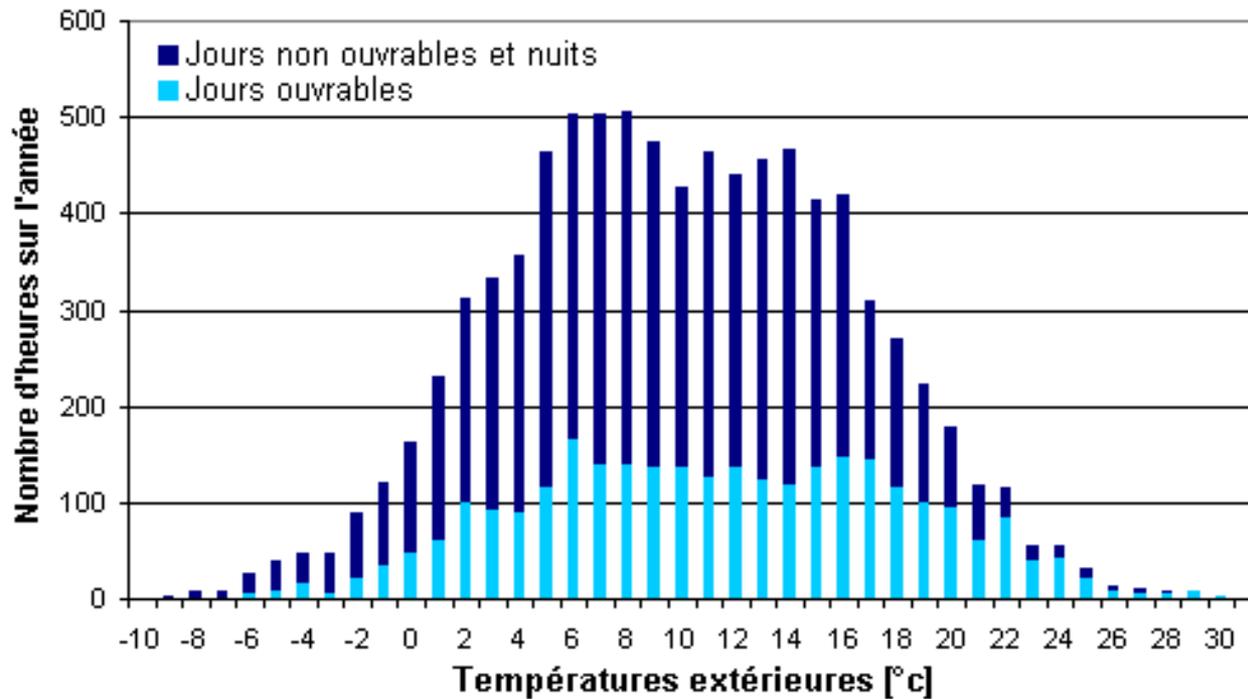
A chaque $T^\circ \text{ ext.}$ correspond une Puissance de chauffage ou de refroidissement.

Exemple pour une paroi :



Temps ?

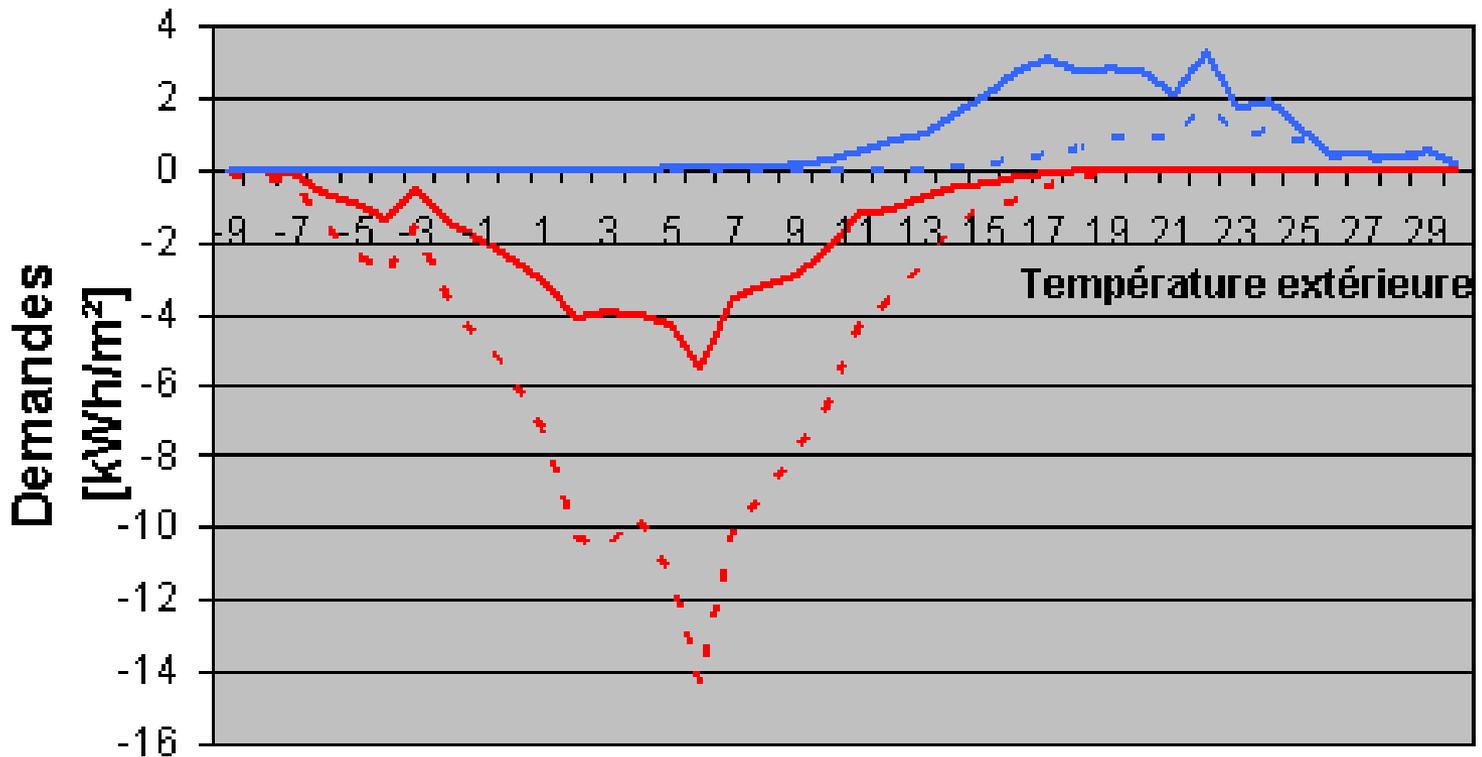
A chaque T° ext. correspond un nombre d'heures durant l'année. Exemple pour Uccle :



(→ La T° ext. dépasse 24°C durant 150 h/an, soit 2 % du temps...)

Consommation :

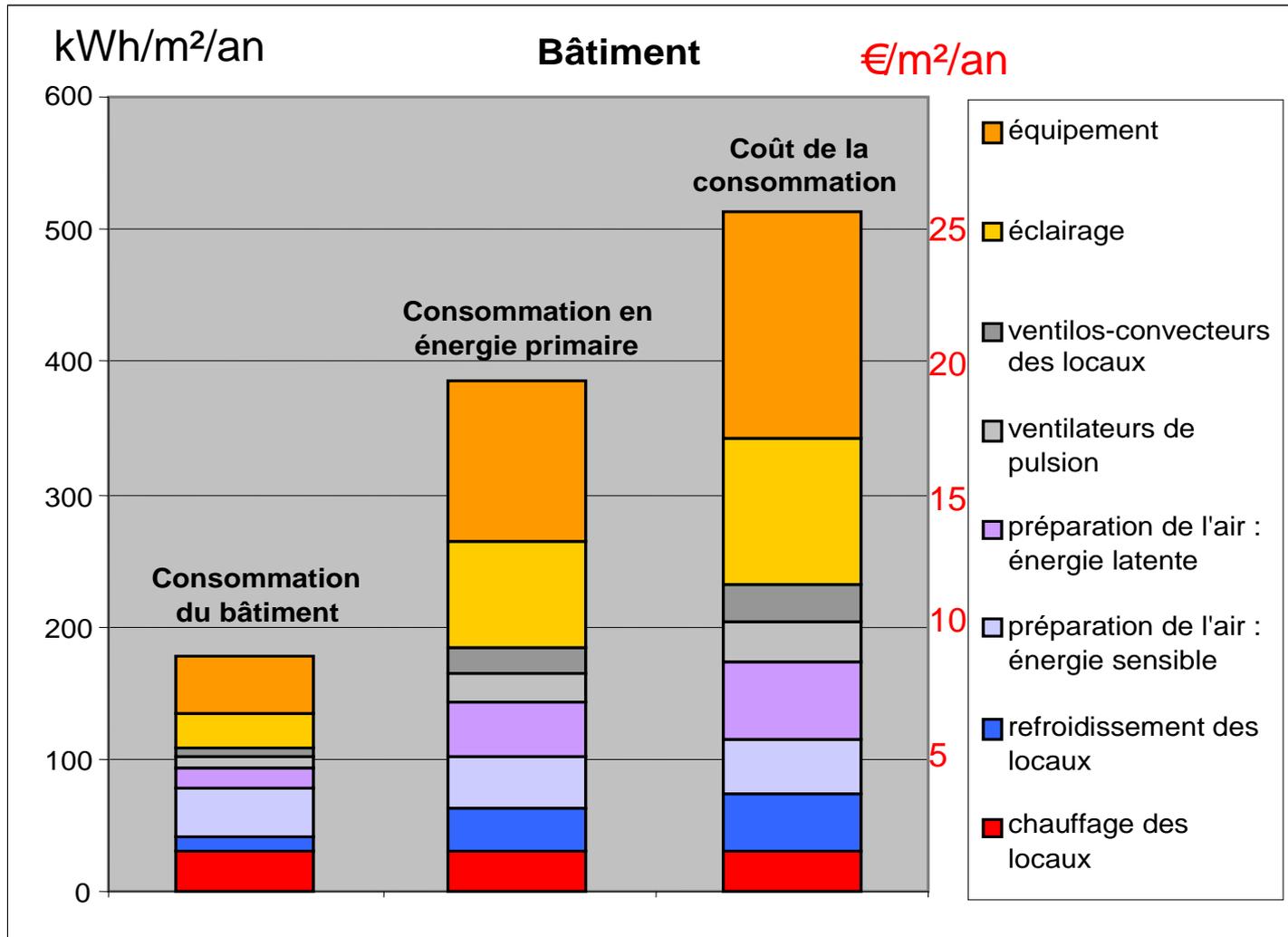
Demandes de chaud et de froid



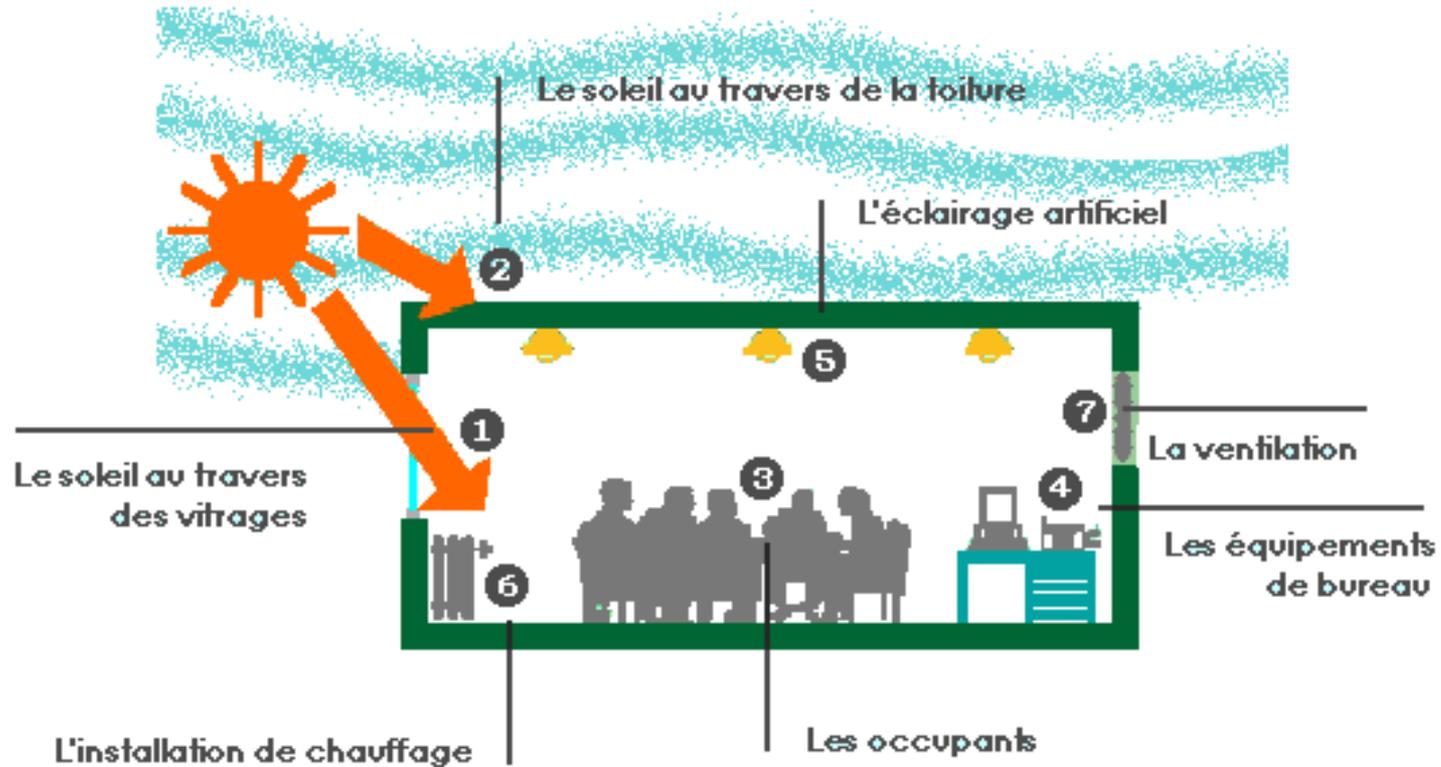
- - - Ancien bâtiment - demande de chaud totale = 135 kWh/m²
- - - Ancien bâtiment - demande de froid totale = 10 kWh/m²
- Bâtiment récent - demande de chaud totale = 51 kWh/m²
- Bâtiment récent - demande de froid totale = 33 kWh/m²

→ **Conclusion 1 : augmentation de la demande de refroidissement ...
mais surtout pour une T° extérieure comprise entre 15 et 24°C !**

Les consommateurs électriques sont amplifiés par le coût du kWh électrique :



→ Nécessité de développer une stratégie globale !

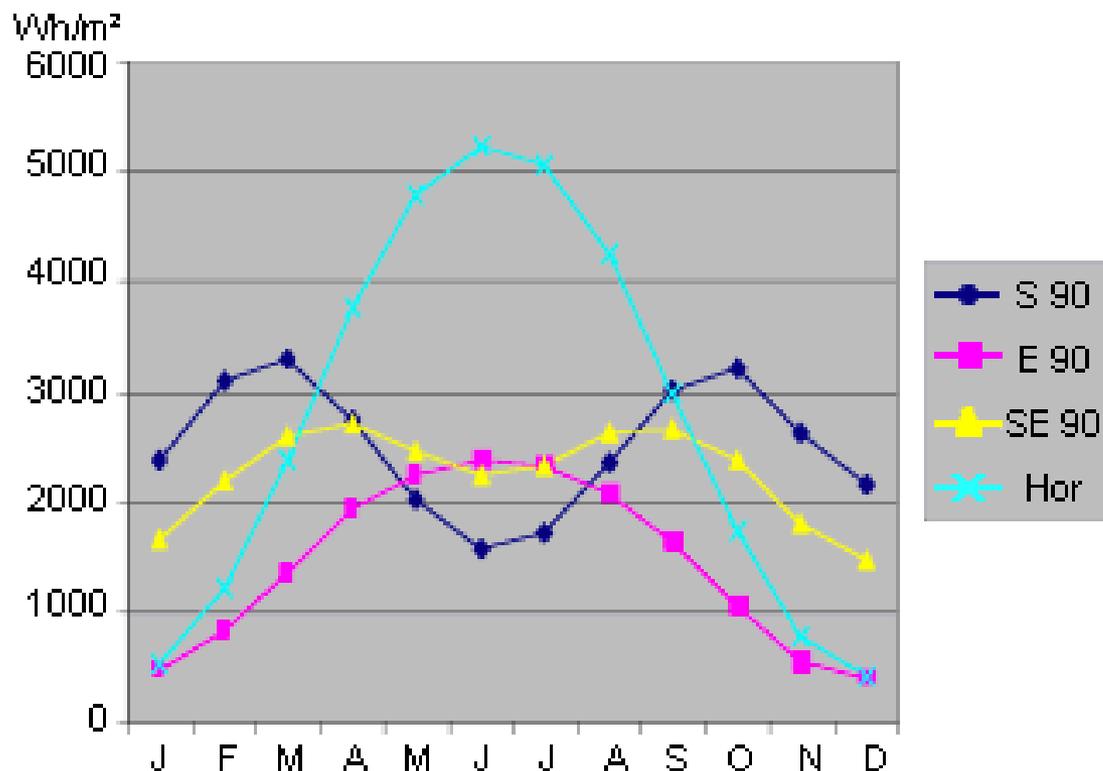


**C'est d'abord la composition architecturale (vitrages, ...),
puis c'est l'équipement intérieur (bureautique, éclairage, ...),**

... qui créent la demande !

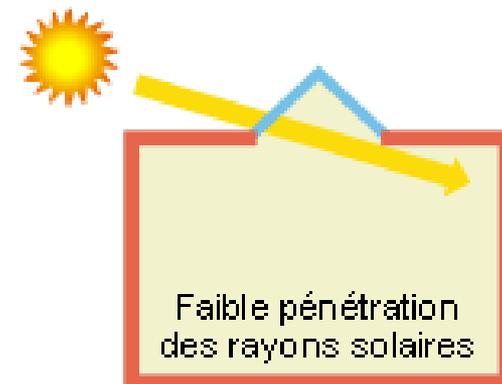
1° Conception de l'enveloppe ?

**Pas de façades totalement vitrées,
Attention à la coupole horizontale, à l'atrium, ...**



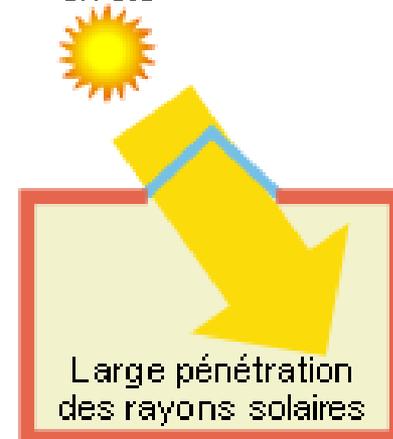
***Apports solaires par ciel serein
en fonction de l'orientation.***

Ciel clair
en hiver



Ouverture zénithale

Ciel clair
en été



Ouverture zénithale



?



Une enveloppe double peau est une réponse coûteuse à un problème thermique que l'architecte a lui-même créé : la boîte de verre !

**Oui à ce judicieux équilibre de lumière et de chaleur, ...
et à la forte inertie intérieure !**





Peinture blanche réfléchissante sur roofing ...



Usage des protections solaires...



Eté

Hiver

Uniquement efficace au sud !



Quelle protection solaire ?

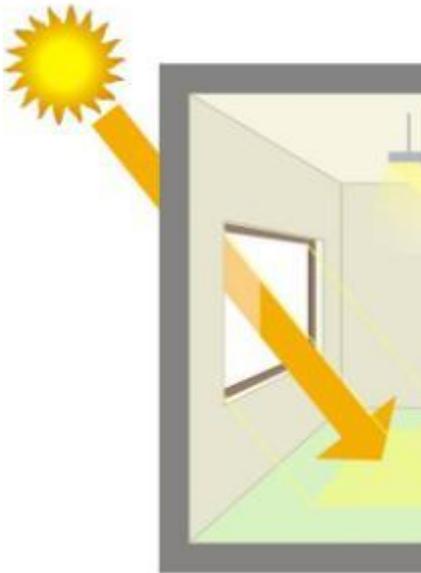
Voir

- critères de choix sur : www.energieplus-lesite.be
- simulation des rendus : www.prosolis.be :

Préférer un store extérieur...

Si store intérieur, taux de perforation de 12%, blanc ou avec coating réfléchissant côté extérieur et gris côté intérieur pour limiter l'éblouissement.

Et si la vitre comprenait la protection solaire ?



Le soleil = 48 % IR + 50 % visible + 2% UV
= 100 % de chaleur !

D'où :

- les vitrages sélectifs anti-infrarouge,
(On parle du vitrage 70-40 : TL = 70 % et FS = 40 %)
 - les films de vitrages sélectifs anti-infrarouge,
(par exemple luxasolar ou luxafoil)
- ... tout en gardant le passage intact du visible !

A mettre surtout ... à l'Ouest, et à l'Est !

2° Apports internes "light"



Ecrans plats



Contrôle de l'éclairage



Lampes led...

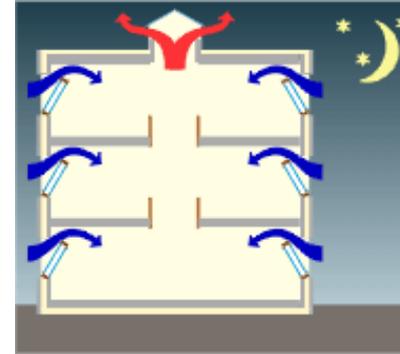
Un critère :

**Pour obtenir un rafraichissement suffisant avec du free-cooling,
la somme des apports solaires et des apports internes
ne peut dépasser ... 50...Watts/m²**

Sans quoi, la clim sera obligatoire...

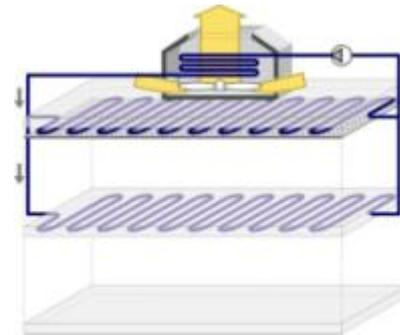
Conclusion : si l'essentiel de la demande énergétique de froid se produit pour une T° extérieure $< 24^{\circ}\text{C}$,... le bâtiment doit pouvoir s'auto-refroidir.

- **Stratégie 1** : perméabilité variable de l'enveloppe = free-cooling



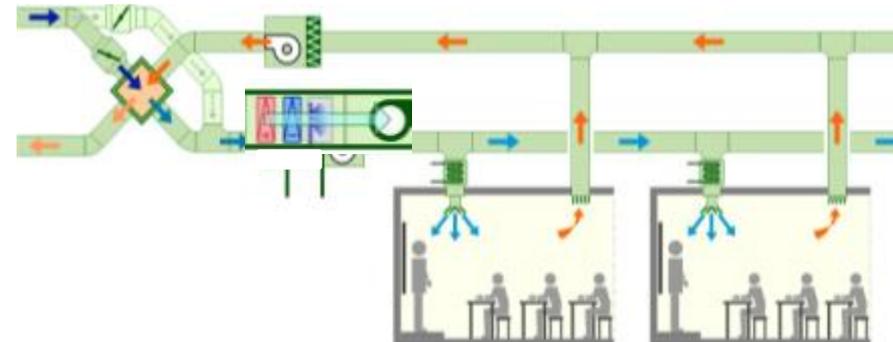
Refroidissement direct.

- **Stratégie 2** : circulation d'eau froide dans les planchers, eau refroidie "de manière naturelle" = slab cooling

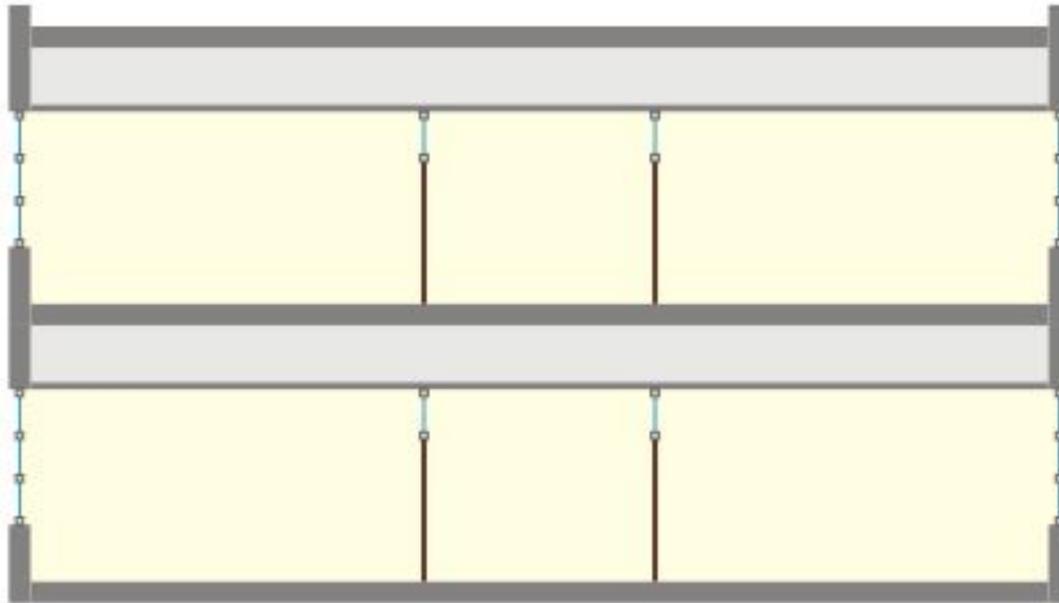


Refroidissement indirect.

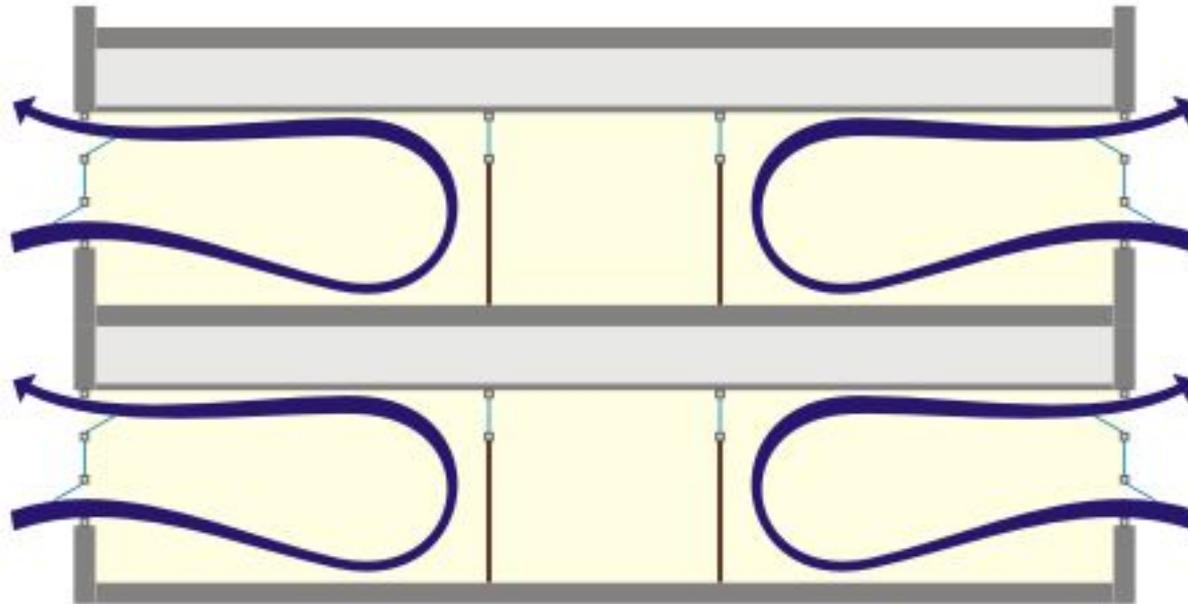
- **Stratégie 3** : intégration d'air frais extérieur dans la climatisation, conçue pour ne donner qu'un complément frigorifique en période de canicule



Stratégie 1 : Le refroidissement direct par l'air



1.1 Free-cooling unilatéral



Un ratio minimum de **4% d'ouverture** par rapport à la surface au sol est nécessaire.

1.1 Free-cooling unilatéral



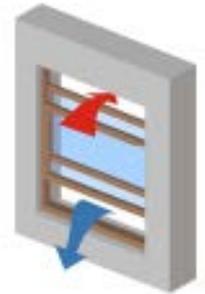
Free-cooling unilatéral



Idéalement, on profite d'un **effet de cheminée** intérieur entre 2 fenêtres situées à des hauteurs différentes.



Une fenêtre haute et une fenêtre basse					
Surface d'une fenêtre [m ²]	Entredistance [m]				
	0,5	1	1,5	2	2,5
0,25	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
0,5	0,04	0,05	0,07	0,08	0,09
0,75	0,06	0,08	0,1	0,12	0,13
1	0,08	0,11	0,13	0,15	0,17
1,25	0,1	0,14	0,17	0,19	0,22
1,5	0,12	0,16	0,2	0,23	0,26
à multiplier par : $(T_{int} - T_{ext})^{0.5}$					



Débit en m³/s

Exemple :

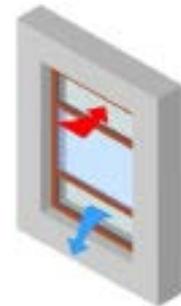
Soit un local de 20 m² et 50 m³.

2 fenêtres de **0,25** m² espacées de 1,5 m en hauteur, lorsque le $\Delta T^\circ = 8$ K, vont générer $0,03 \times (8)^{0,5} = 0,084$ m³/s = 300 m³/h

Soit un renouvellement horaire de 6.

Si des **grilles** (anti-pluie, insecte, effraction, ...) sont placées, les pertes de charges augmentent et les sections d'ouverture doivent être 1,7 fois plus grandes.

Une grille haute et une grille basse					
Surface d'une grille [m ²]	Entredistance [m]				
	0,5	1	1,5	2	2,5
0,25	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
0,5	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
0,75	0,03	0,05	0,06	0,07	0,08
1	0,05	0,06	0,08	0,09	0,1
1,25	0,06	0,08	0,1	0,11	0,13
1,5	0,07	0,1	0,12	0,14	0,15
à multiplier par : $(T_{int}-T_{ext})^{0.5}$					



Débit en m³/s

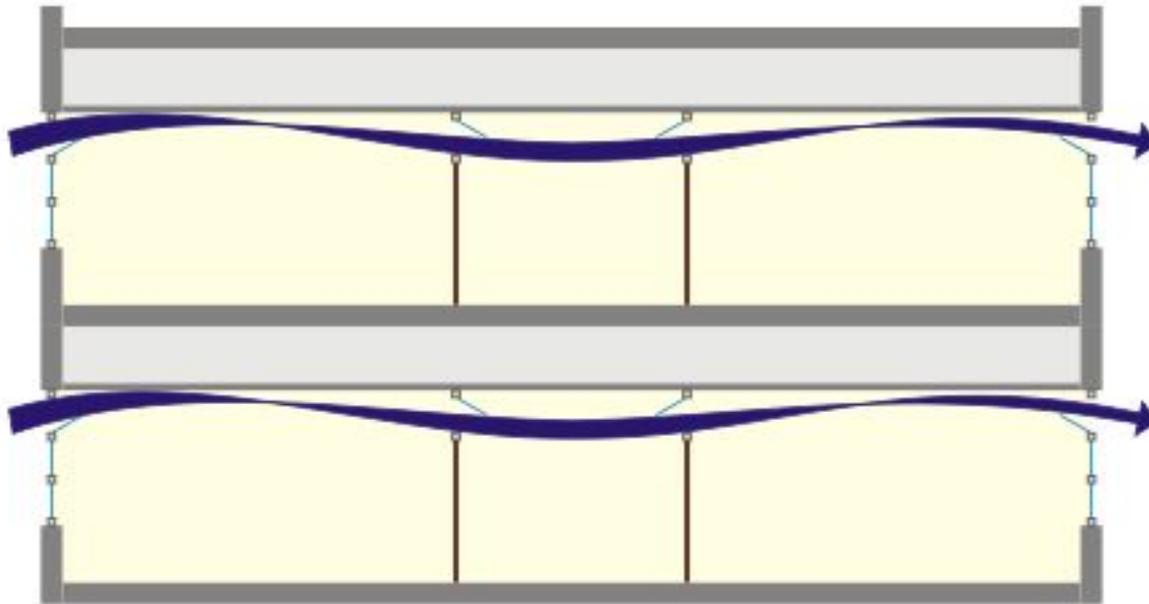
Exemple :

Pour obtenir à nouveau 6 renouvellements horaires dans le local, chaque fenêtre aura une section minimale de **0,5** m².

Remarque :

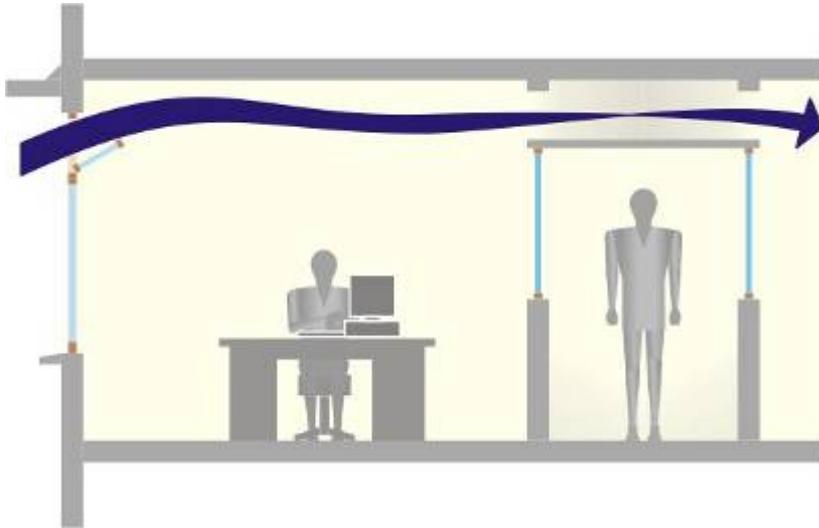
Autre ratio : la section ouverte totale peut aussi se dimensionner sur base de « 4% de la surface de plancher », soit $0,04 \times 20 \text{ m}^2 = 0,8 \text{ m}^2$

1.2 Free-cooling transversal



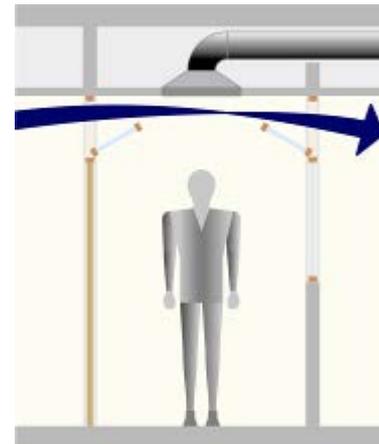
Cette fois, c'est le **vent** qui est le moteur.

Un ratio de **2% d'ouverture** par rapport à la surface au sol suffit.

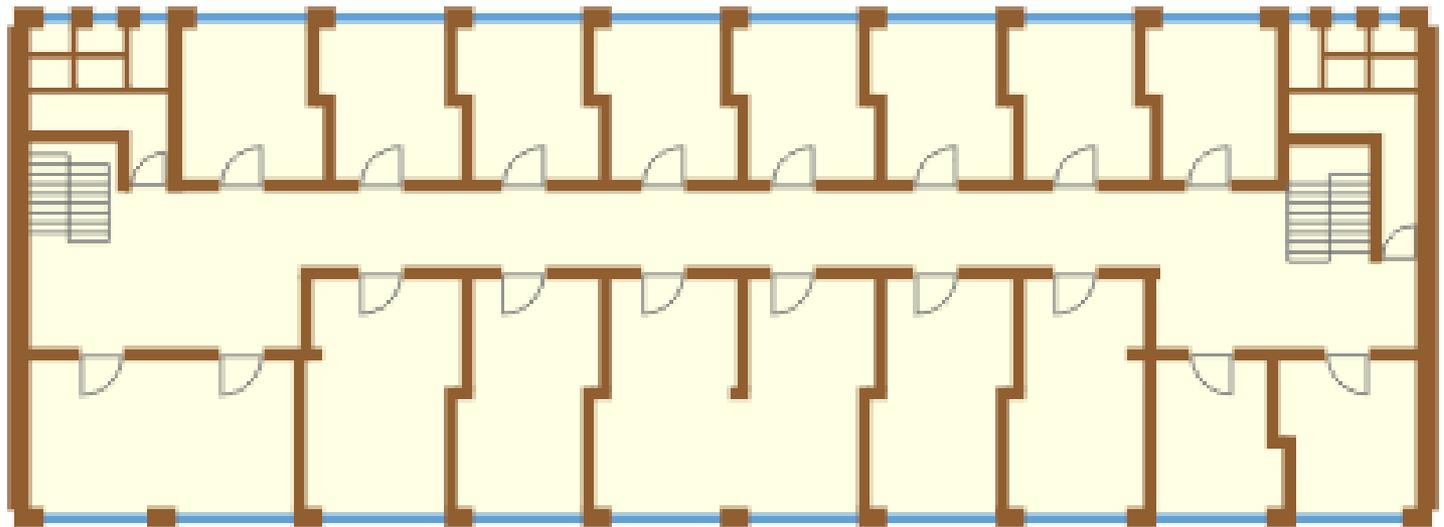
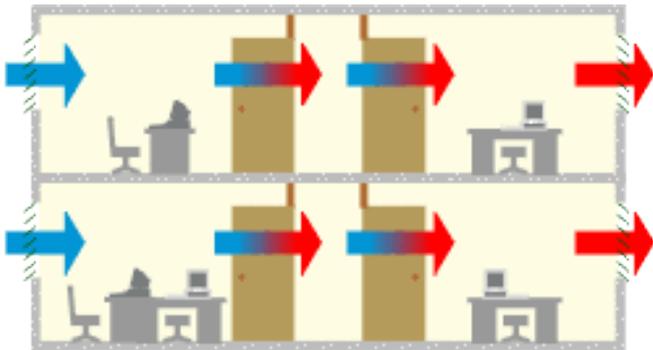


Free-cooling transversal

... et appont mécanique en absence de vent



Exemple : PROBE – CSTC Limelette



Exemple : PROBE – CSTC Limelette

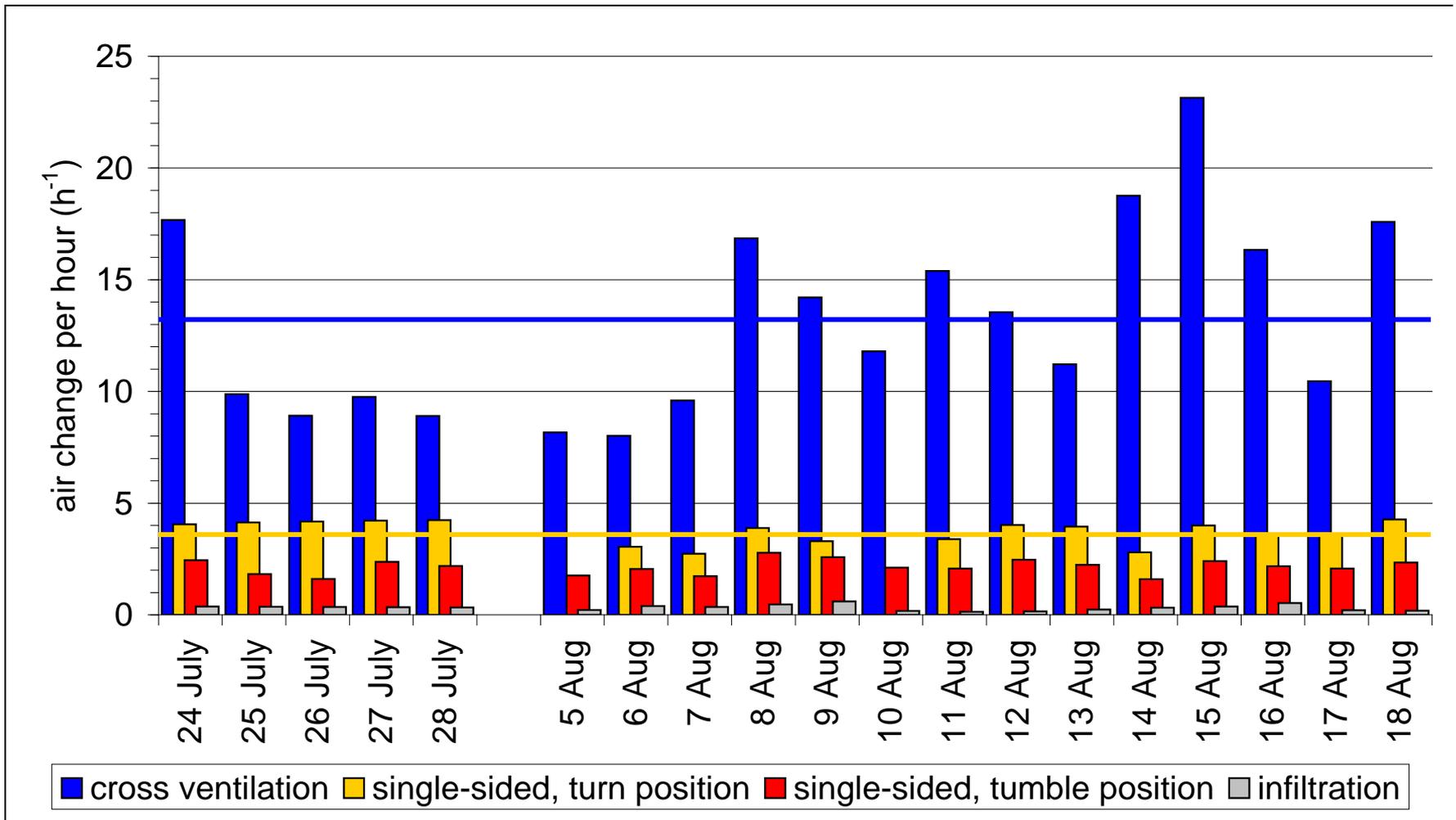


Grilles de mai à septembre



Protection solaire

Exemple : PROBE – CSTC Limelette



Une façade
« perméable »
à l'air ?



Motoriser les ouvertures?



Intelligent facades

Product solutions for window automation

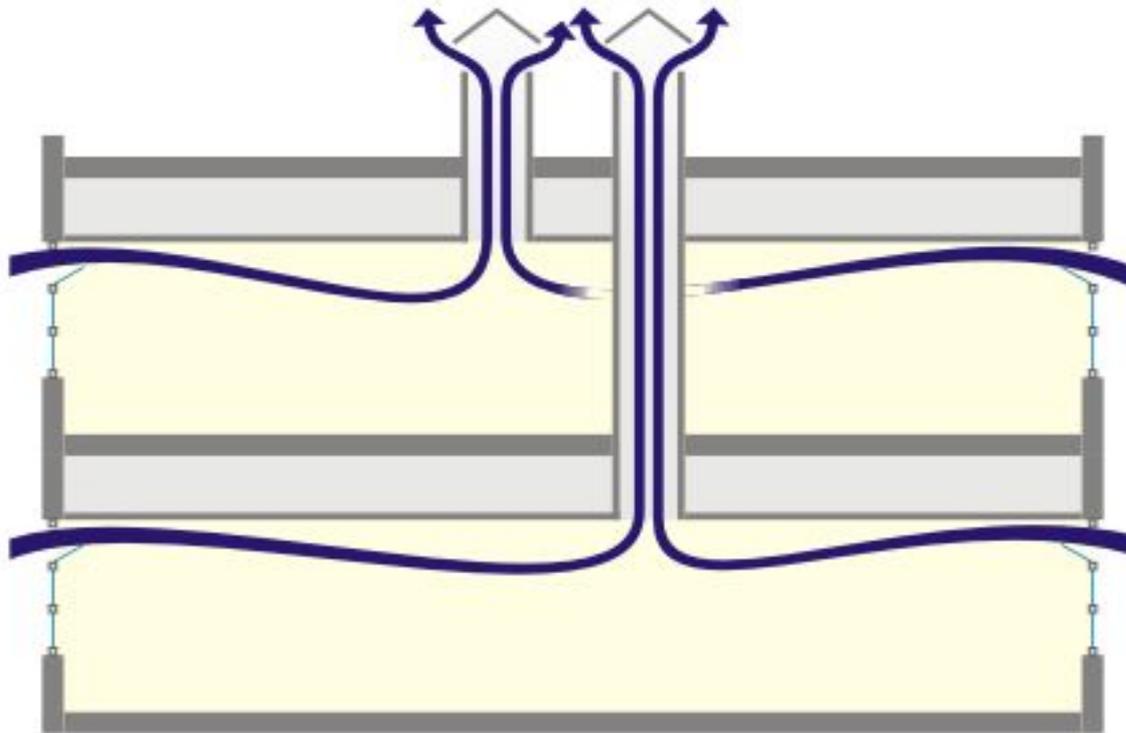


WindowMaster product solutions

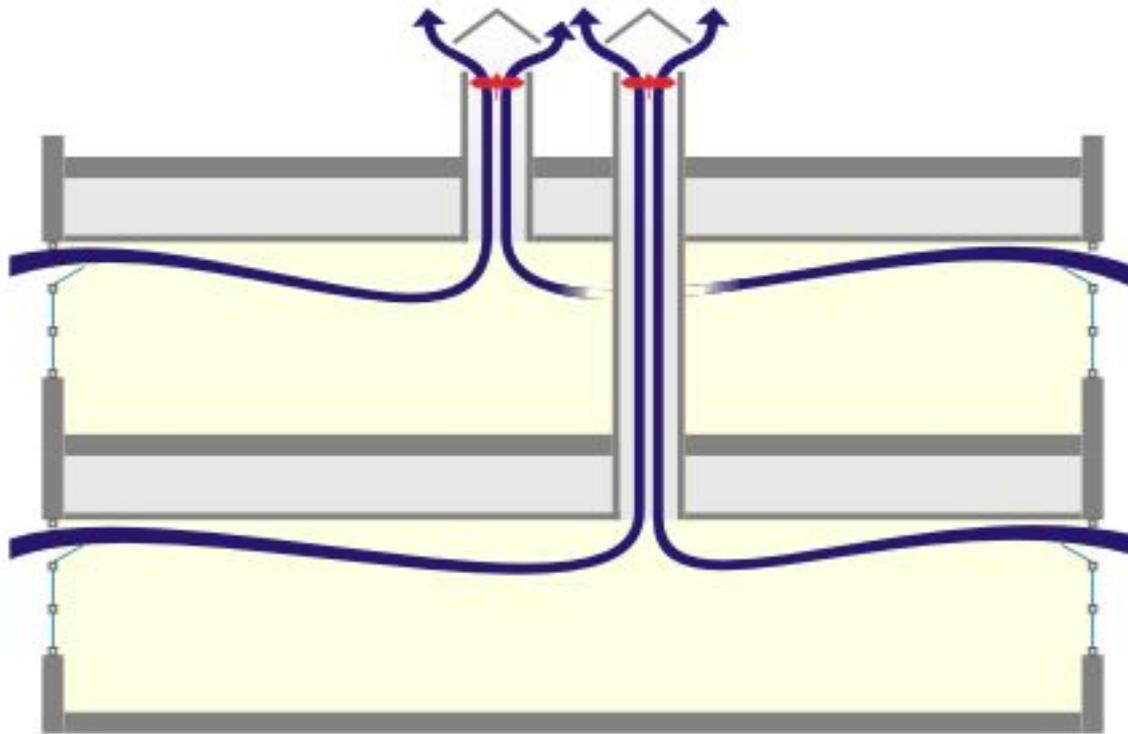
- Intelligent window operators
- Advanced control units
- Natural Ventilation systems
- Smoke ventilation systems



1.3 Free-cooling par tirage thermique



1.3 Free-cooling par tirage thermique

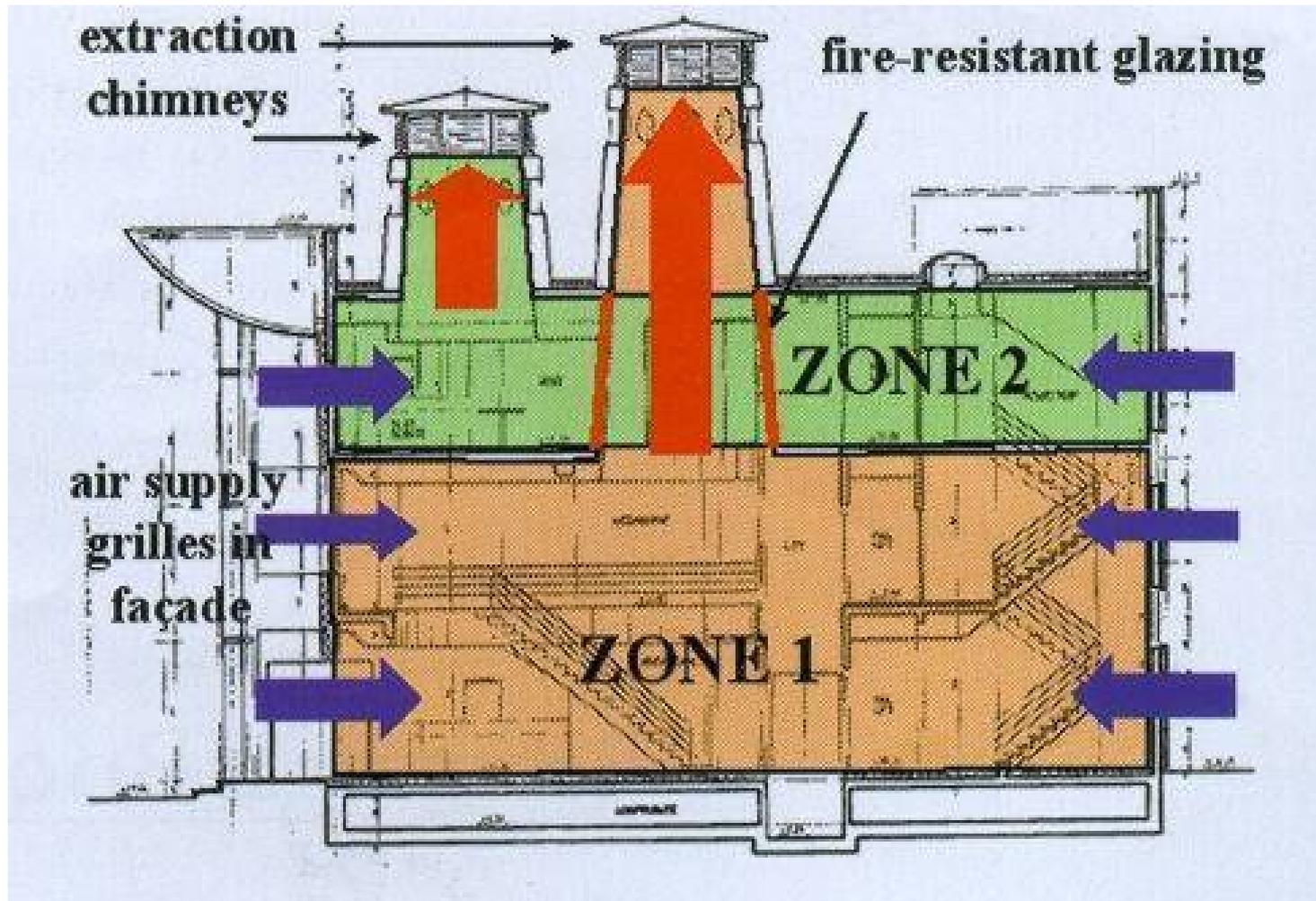


... avec extraction assistée par ventilateur

Exemple : IVEG



Des cheminées de ventilation naturelle



Exemple : IVEG







Faux-plafond partiel



--> Circulation d'air au dessus et en dessous du faux plafond

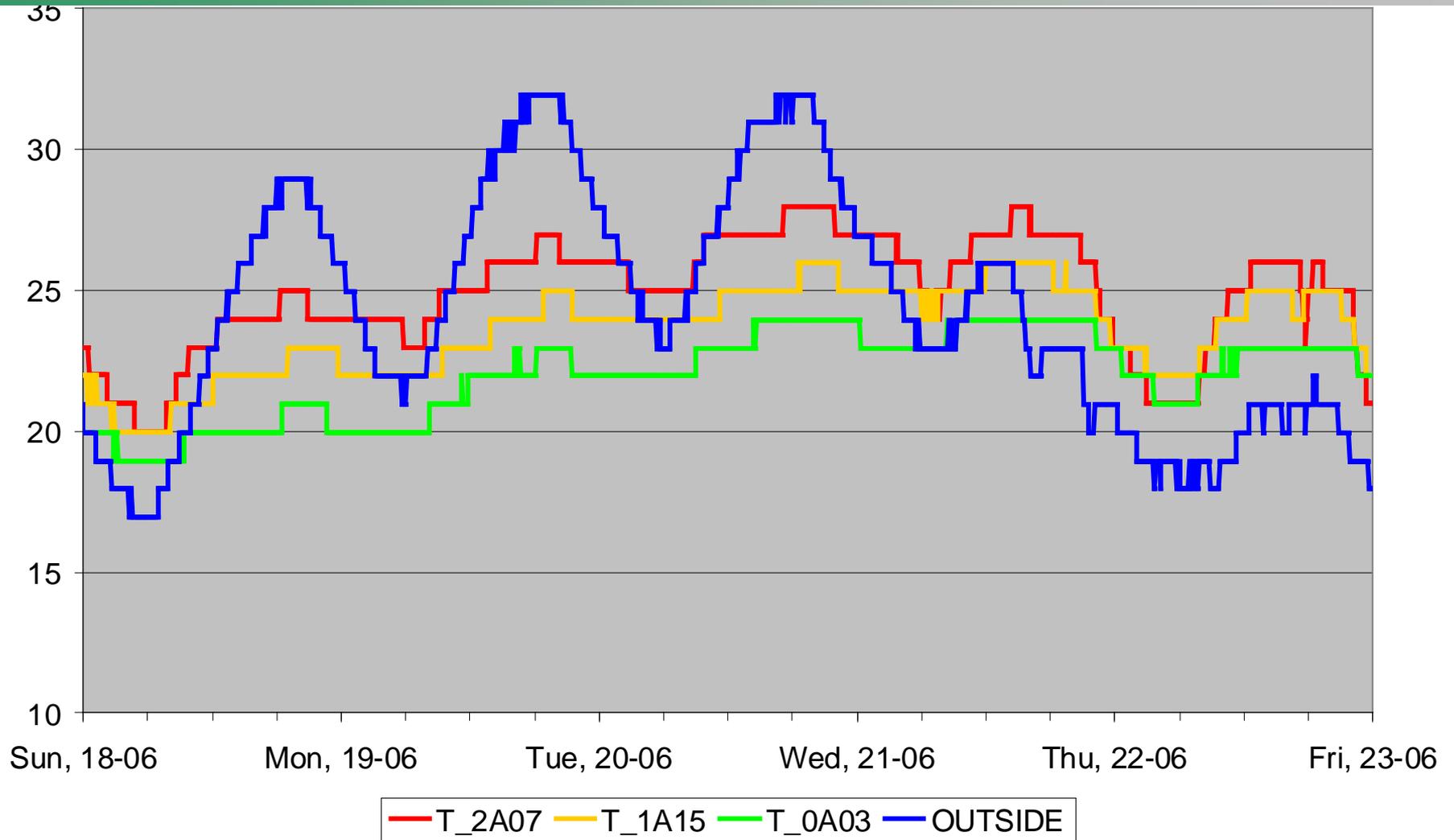


Protections solaires efficaces



Isolation renforcée

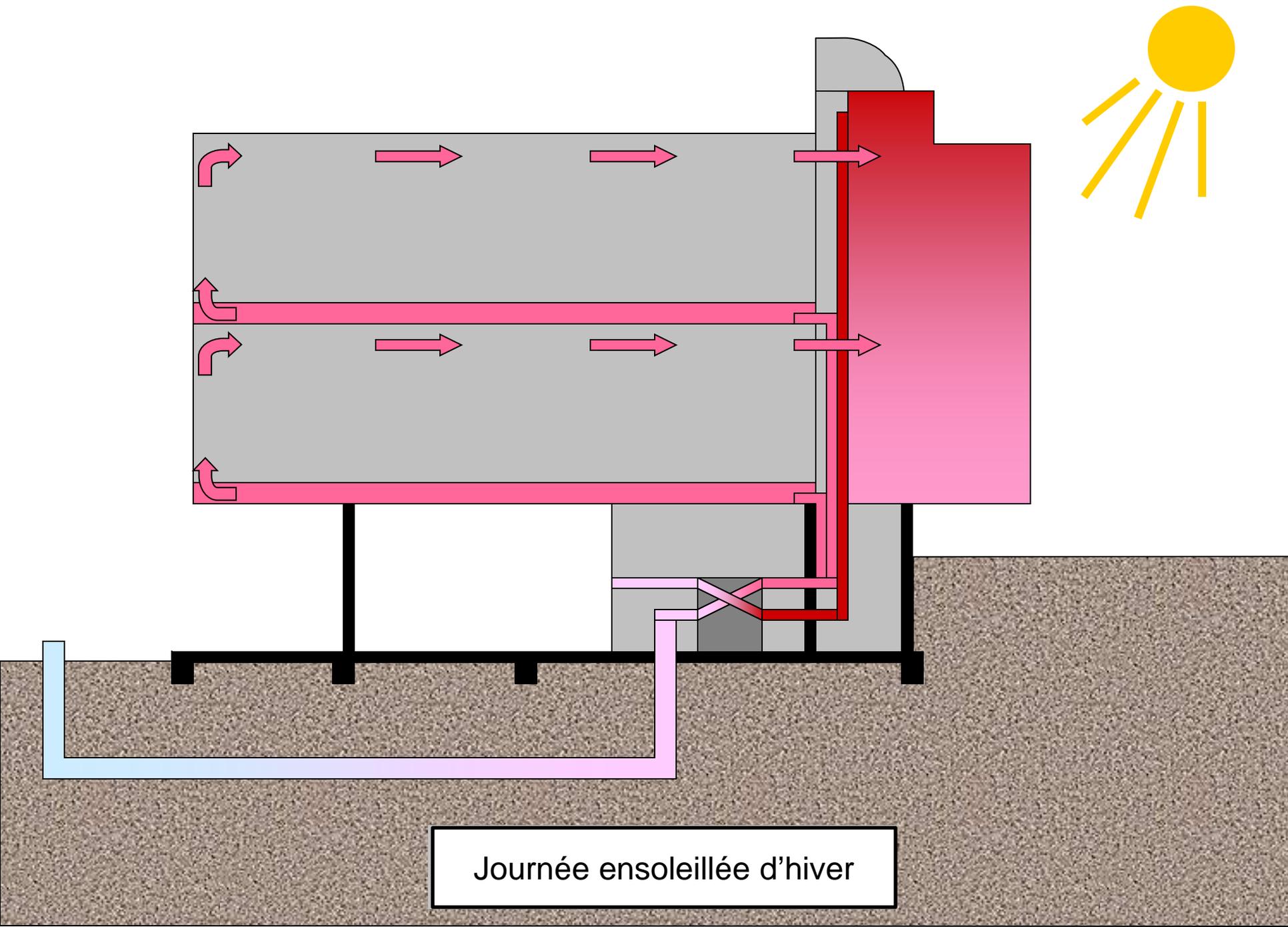
Exemple : IVEG





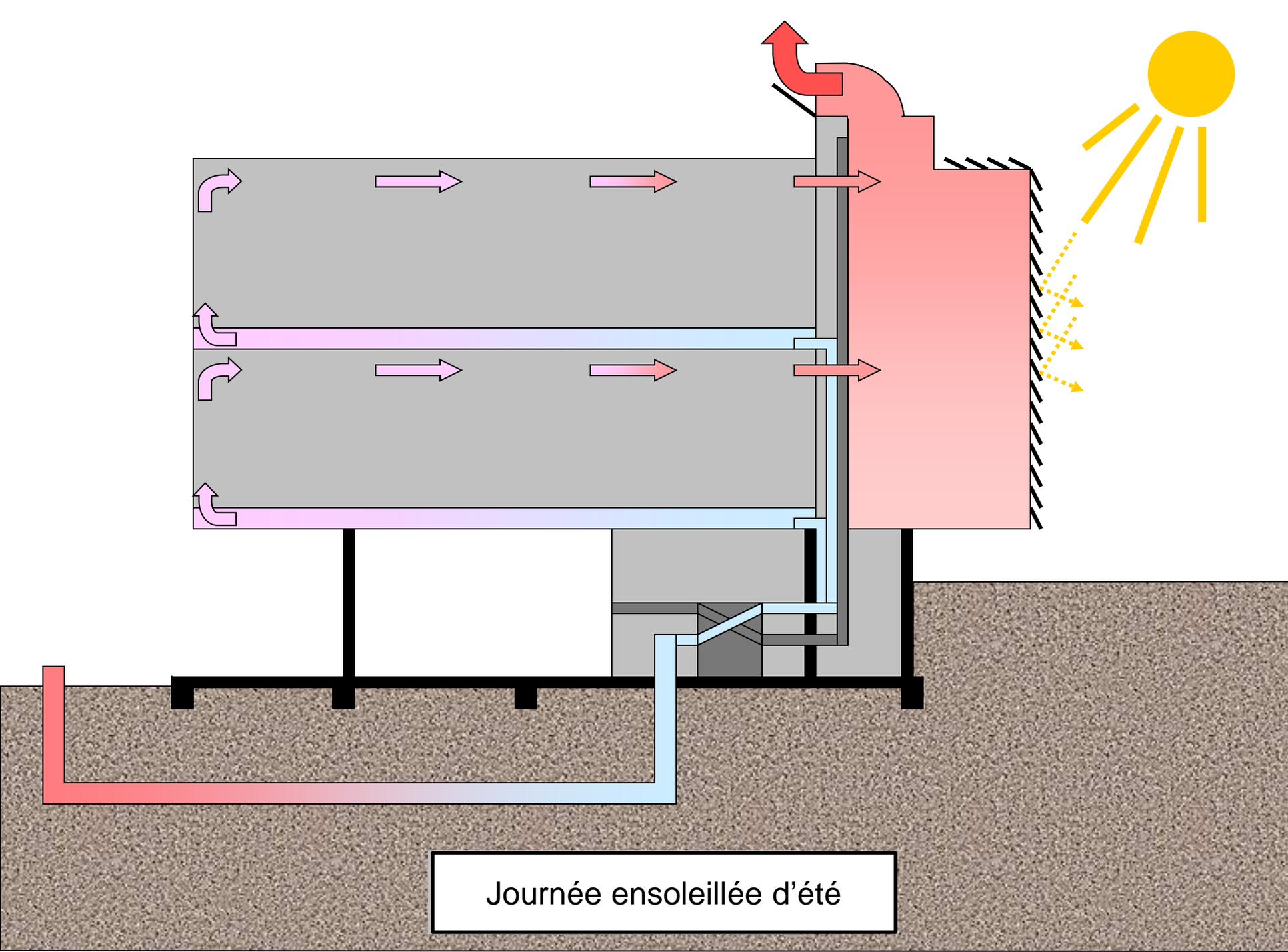
bâtiment SD Worx





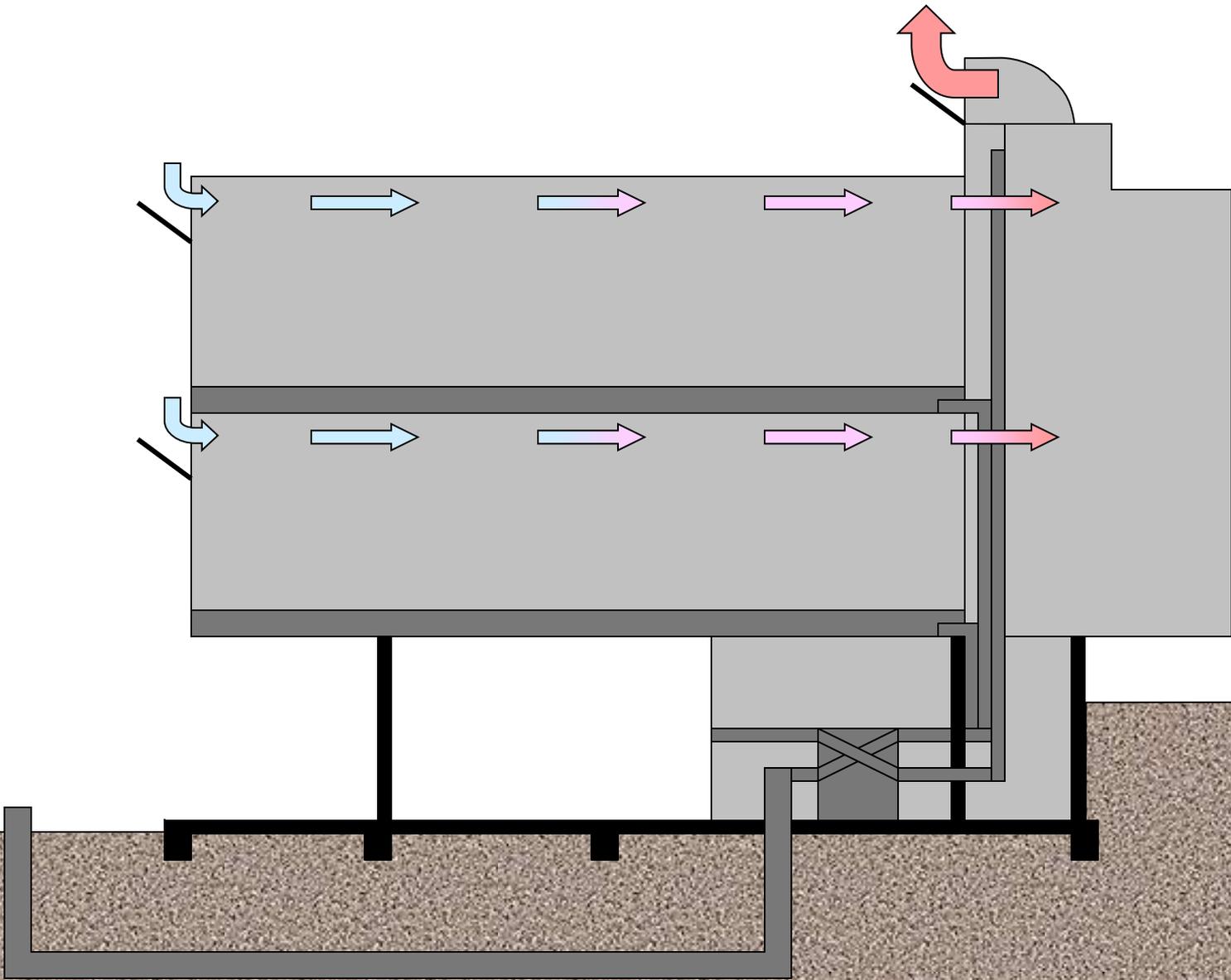
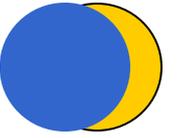
Journée ensoleillée d'hiver





Journée ensoleillée d'été

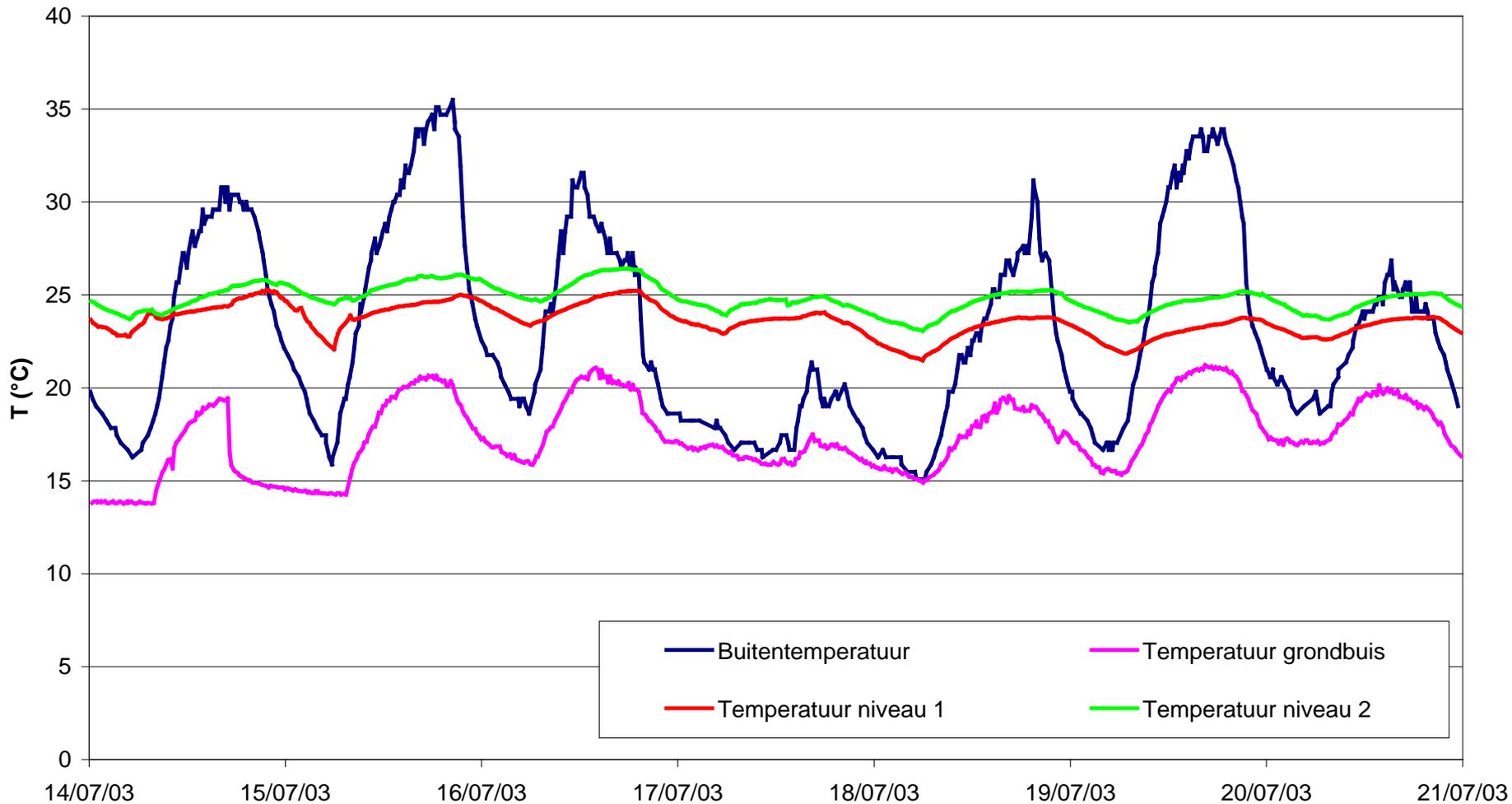




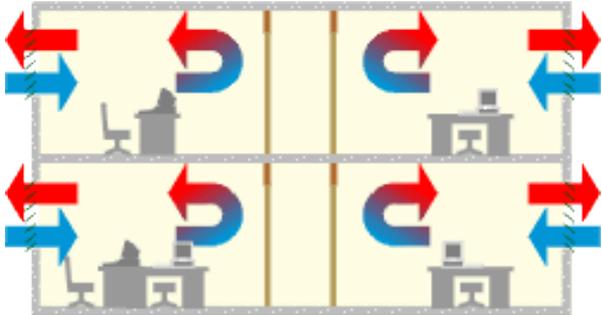
Nuit d'été



Meting extreme week juli

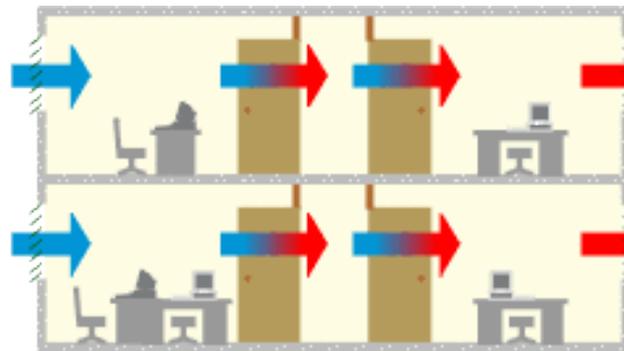


Résumé Stratégie 1 : organisation du free-cooling:



Refroidissement naturel
par des ouvertures sur une
seule façade

Single-sided ventilation

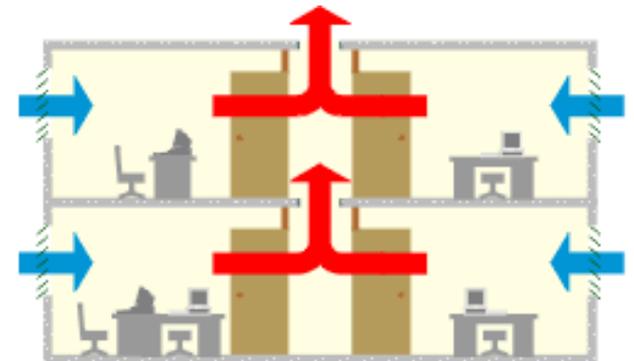


Refroidissement naturel par des
ouvertures sur des façades opposées

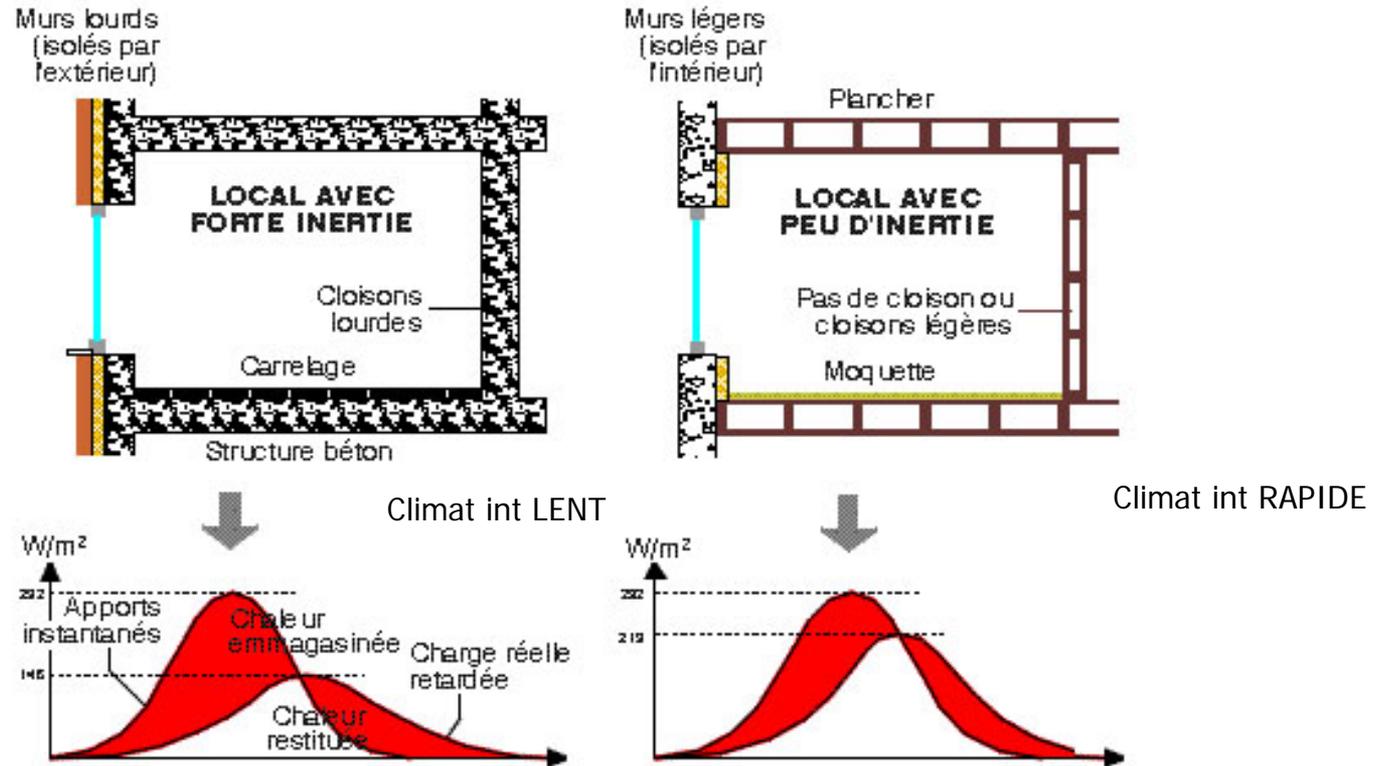
Cross ventilation

Refroidissement naturel par
effet cheminée

Stack ventilation



Attention : il y n'a pas de free cooling de nuit sans inertie dans les parois pour réaliser un stockage thermique entre la nuit et le jour !



Comparaison entre la chaleur instantanée due à l'ensoleillement et la chaleur réellement restituée au local, pour des bâtiments à forte et faible inertie

L'inertie des locaux est aussi un stabilisateur de température intérieure. Par exemple, il amortit la montée des températures en période d'ensoleillement.

Grande inertie



- murs épais,
- bâtiment moyennement vitré,
- murs intérieurs lourds
- ni faux-plafonds, ni faux-planchers

Faible inertie



- structure métallique,
- vitrages importants,
- cloisons intérieures légères,
- faux plafonds,
- sol recouvert de moquette ,
- isolation par l'intérieur

Quelles sont les limites du refroidissement naturel ?

The screenshot shows a web browser window displaying the 'Performances des systèmes de refroidissement passif' application. The interface is divided into several sections:

- Header:** 'Performances des systèmes de refroidissement passif' with a navigation menu: 'Fichier', 'Description du local', 'Comparaison des systèmes', 'Description du système', 'Optimisation du local', 'Résultats', 'Documentation ?'.
- Left Panel (LE LOCAL):** A vertical menu with dropdowns for 'Type de local' (Bureau individuel), 'Orientation', 'Surface utile', 'Protection solaire', 'Charges internes', and 'Vent de base'.
- Left Panel (LE SYSTÈME):** A vertical menu with dropdowns for 'Production thermique', 'Refroidissement passif', 'Système de free-cooling', 'Type de système passif', 'Gestion du système passif', 'Type de ventilation mécanique', and 'Taux de renouvellement'.
- Main Content:** 'Choisissez le type de local:' followed by a grid of 12 icons representing different office and building configurations.
- Annotations:**
 - 'Plus de détails?' with an information icon.
 - 'décaler un peu les textes et boîtes pour qu'ils ne collent plus au bord du cadre' with an arrow pointing to the bottom-left corner.
 - 'le remonter un peu pour qu'il soit aligné au bas du cadre gauche' with an arrow pointing to the bottom-left corner.
 - 'soumettre' with a right-pointing arrow.

L'IBGE a réalisé un logiciel d'évaluation de la faisabilité du refroidissement naturel des bâtiments tertiaires :

www.ibgebim.be/soussites/alter_clim

Bienvenue dans *alter-clim*: Performances des systèmes de refroidissement passif.

Ce logiciel vous permettra d'évaluer les performances énergétiques et le confort dans locaux tertiaires, pour différents systèmes de refroidissement passif.

[Entree](#)



Retour vers
BRUXELLES ENVIRONNEMENT

alter-clim: Performances des systèmes de refroidissement passif

[Fichier](#) [Description du local](#) [Choix des systèmes](#) [Optimisation du local](#) [Résultats](#) [Documentation](#) ?

Paramètres "local"

Type de local

Bureau individuel

Orientation

Sud

Construction/rénovation

Construction

Surface vitrée

40

Protections solaires

Aucune, vitrage clair

Inertie du local

Accessible

Gestion de l'éclairage

Avec dimming

Charges internes

Réduites

Débit hygiénique

Normal(30m³/h/pers)

Paramètres "équipement"

Type de système

Climatisé

Appoint éventuel

Combiné à une climatisation

Présélection d'un type de système:

Pour assurer une ambiance confortable, le local doit être équipé de techniques spéciales. *alter-clim* vous propose de faire une première sélection entre 5 types de systèmes.



Climatisation par eau



Ventilation naturelle intensive de jour



Ventilation naturelle intensive de nuit



Ventilation naturelle intensive de jour et de nuit



Activation au coeur du béton (slab cooling)



Ventilation intensive mécanique de jour et de nuit



Retour vers
BRUXELLES ENVIRONNEMENT

alter-clim: Performances des systèmes de refroidissement passif

[Fichier](#) [Description du local](#) [Choix des systèmes](#) [Optimisation du local](#) [Résultats](#) [Documentation](#) ?

Paramètres "local"

Type de local

Bureau individuel

Orientation

Sud

Construction/rénovation

Construction

Surface vitrée

40

Protections solaires

Aucune, vitrage clair

Inertie du local

Accessible

Gestion de l'éclairage

Avec dimming

Charges internes

Réduites

Débit hygiénique

Normal(30m³/h/pers)

Paramètres "équipement"

Type de système

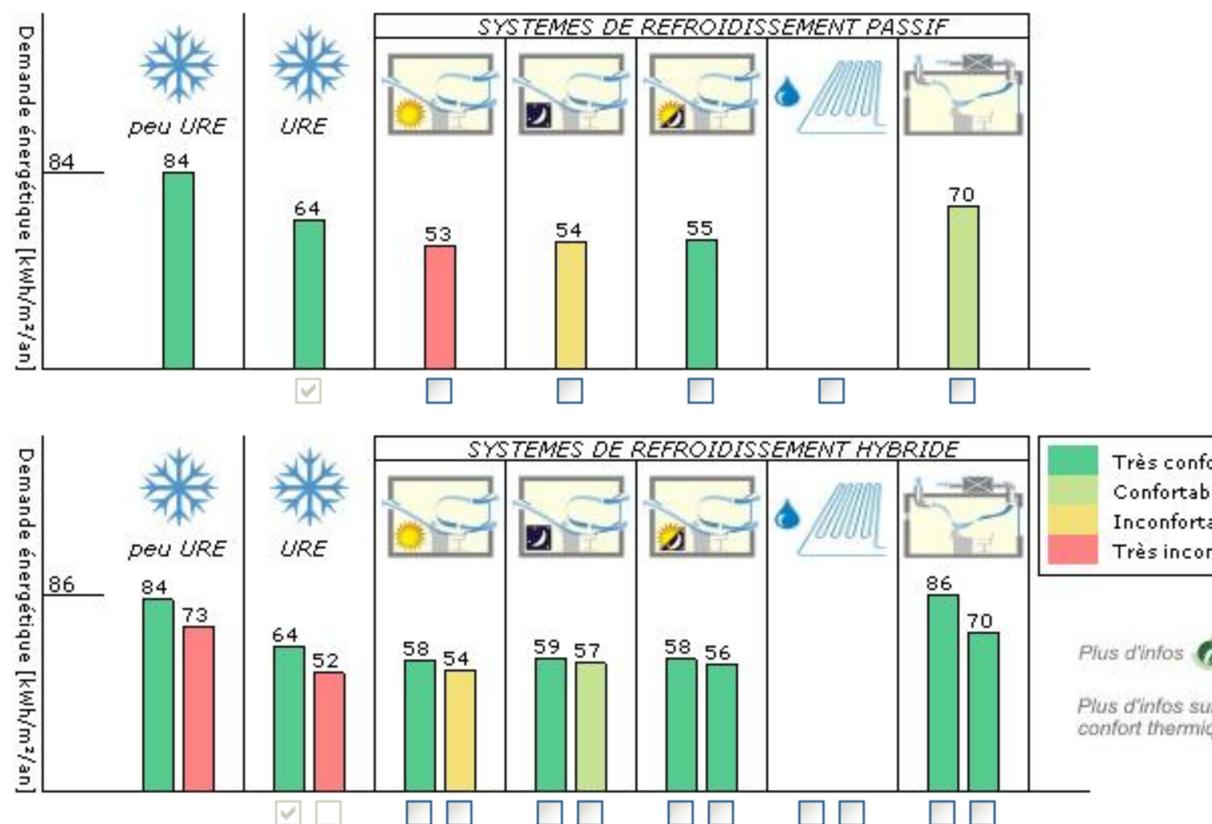
Climatisé

Appoint éventuel

Combiné à une climatisation

Systèmes proposés:

Vous pouvez maintenant comparer les différents systèmes proposés par alter-clim. Les performances présentées sont celles évaluées pour le local que vous avez décrit.



Exemples de performance pour un local de bureau Sud et pour un local paysager Nord-Sud, suite à un refroidissement nocturne uniquement.

Inertie		Bureau individuel Sud				Paysager traversant N-S			
		Plancher et plafond lourd		Faux-plancher et plafond lourd		Plancher et plafond lourd		Faux-plancher et plafond lourd	
		20W/m ²	30W/m ²	20W/m ²	30W/m ²	25W/m ²	30W/m ²	25W/m ²	30W/m ²
40% de vitrage	vitrage clair	Yellow	Red	Red	Red	Green	Light Green	Yellow	Red
	vitrage sélectif	Green	Green	Light Green	Yellow	Green	Green	Green	Yellow
	auvent de grande dimension	Green	Green	Green	Light Green	Green	Green	Green	Yellow
	store extérieur	Green	Green	Green	Light Green	Green	Green	Green	Yellow
70% de vitrage	vitrage clair	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
	vitrage sélectif	Yellow	Red	Red	Red	Light Green	Yellow	Yellow	Red
	auvent de grande dimension	Light Green	Yellow	Red	Red	Green	Green	Light Green	Yellow
	store extérieur	Green	Green	Green	Yellow	Green	Light Green	Yellow	Red
100% de vitrage	vitrage clair	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
	vitrage sélectif	Red	Red	Red	Red	Yellow	Red	Red	Red
	auvent de grande dimension	Yellow	Red	Red	Red	Light Green	Yellow	Yellow	Red
	store extérieur	Green	Yellow	Light Green	Red	Light Green	Yellow	Red	Red

Confort thermique pour un refroidissement par ventilation intensive naturelle de nuit.

Critère de confort

Le code couleur utilisé ci-dessus est le suivant:

- **Très confortable:**
 $T_{int}^{\circ} > 25.5^{\circ}\text{C}$ moins de 50 heures/an et $T_{int}^{\circ} > 28^{\circ}\text{C}$ moins de 10 heures/an
- **Confortable:**
 $T_{int}^{\circ} > 25.5^{\circ}\text{C}$ moins de 100 heures/an et $T_{int}^{\circ} > 28^{\circ}\text{C}$ moins de 20 heures/an
- **Inconfortable:**
 $T_{int}^{\circ} > 25.5^{\circ}\text{C}$ moins de 200 heures/an et $T_{int}^{\circ} > 28^{\circ}\text{C}$ moins de 40 heures/an
- **Très inconfortable:**
 $T_{int}^{\circ} > 25.5^{\circ}\text{C}$ plus de 200 heures/an et $T_{int}^{\circ} > 28^{\circ}\text{C}$ plus de 40 heures/an

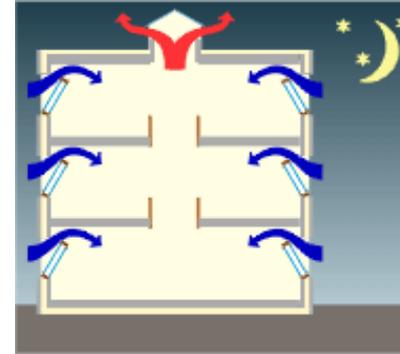
Exemples de performance pour ces mêmes locaux mais, suite à un refroidissement diurne et nocturne, complété par un refroidissement mécanique sur l'air de ventilation

Inertie		Bureau individuel Sud				Paysager traversant N-S			
		Plancher et plafond lourd		Faux-plancher et plafond lourd		Plancher et plafond lourd		Faux-plancher et plafond lourd	
		20W/m ²	30W/m ²	20W/m ²	30W/m ²	25W/m ²	30W/m ²	25W/m ²	30W/m ²
40% de vitrage	vitrage clair	Green	Green	Light Green	Red	Green	Green	Green	Green
	vitrage sélectif	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
	auvent de grande dimension	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
	store extérieur	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
70% de vitrage	vitrage clair	Yellow	Red	Red	Red	Green	Green	Light Green	Light Green
	vitrage sélectif	Green	Green	Light Green	Yellow	Green	Green	Green	Green
	auvent de grande dimension	Green	Green	Green	Light Green	Green	Green	Green	Green
	store extérieur	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
100% de vitrage	vitrage clair	Red	Red	Red	Red	Light Green	Light Green	Yellow	Red
	vitrage sélectif	Light Green	Yellow	Red	Red	Green	Green	Light Green	Light Green
	auvent de grande dimension	Green	Light Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Green
	store extérieur	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green

Confort thermique pour un refroidissement par ventilation intensive naturelle permanente complétée par un appoint de froid sur l'air hygiénique

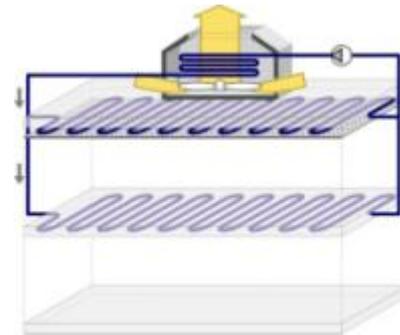
Rappel : si l'essentiel de la demande énergétique de froid se produit pour une T° ext. $< 24^{\circ}\text{C}$, le bâtiment doit pouvoir s'auto-refroidir.

- **Stratégie 1** : perméabilité variable de l'enveloppe = free-cooling



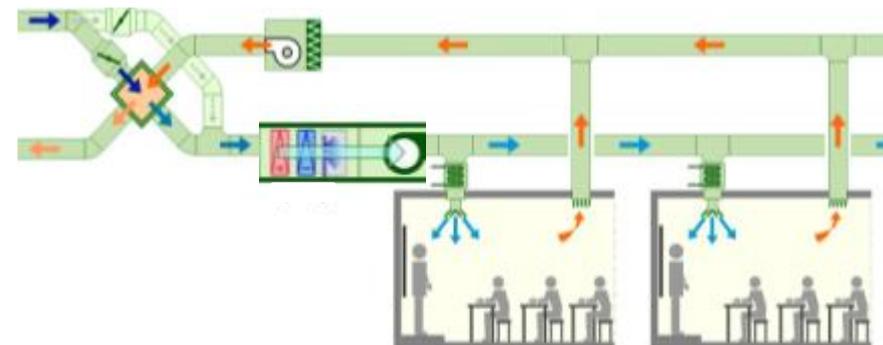
Refroidissement direct.

- **Stratégie 2** : circulation d'eau froide dans les planchers, eau refroidie "de manière naturelle" = slab cooling

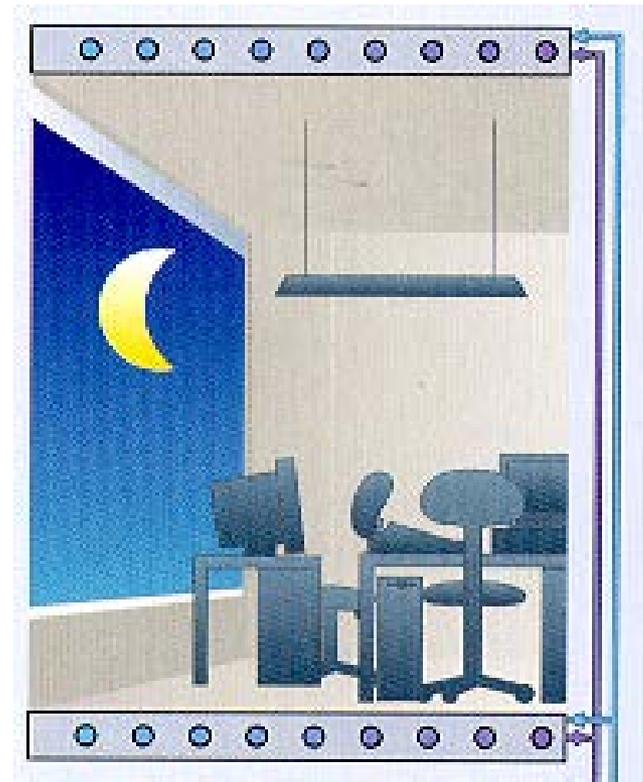
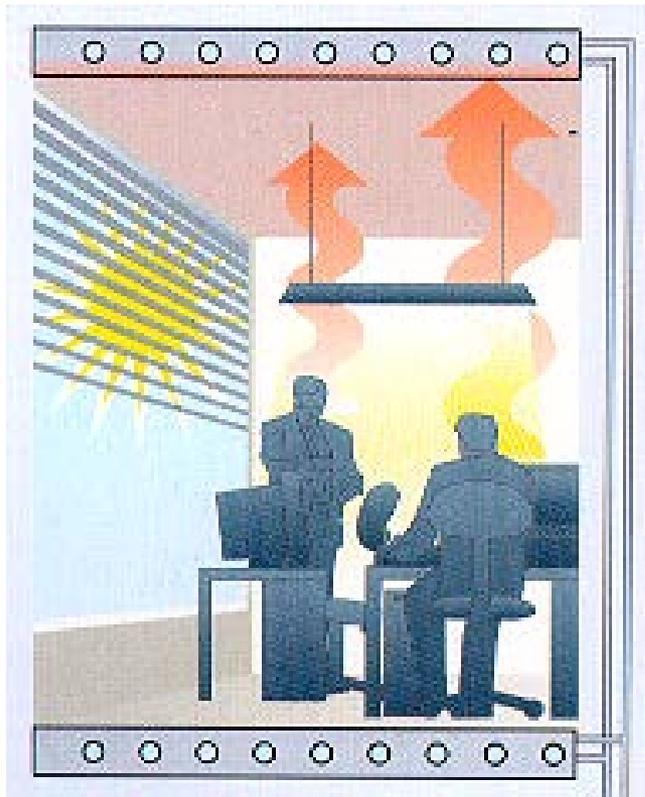


Refroidissement indirect.

- **Stratégie 3** : intégration d'air frais extérieur dans la climatisation, conçue pour ne donner qu'un complément frigorifique en période de canicule

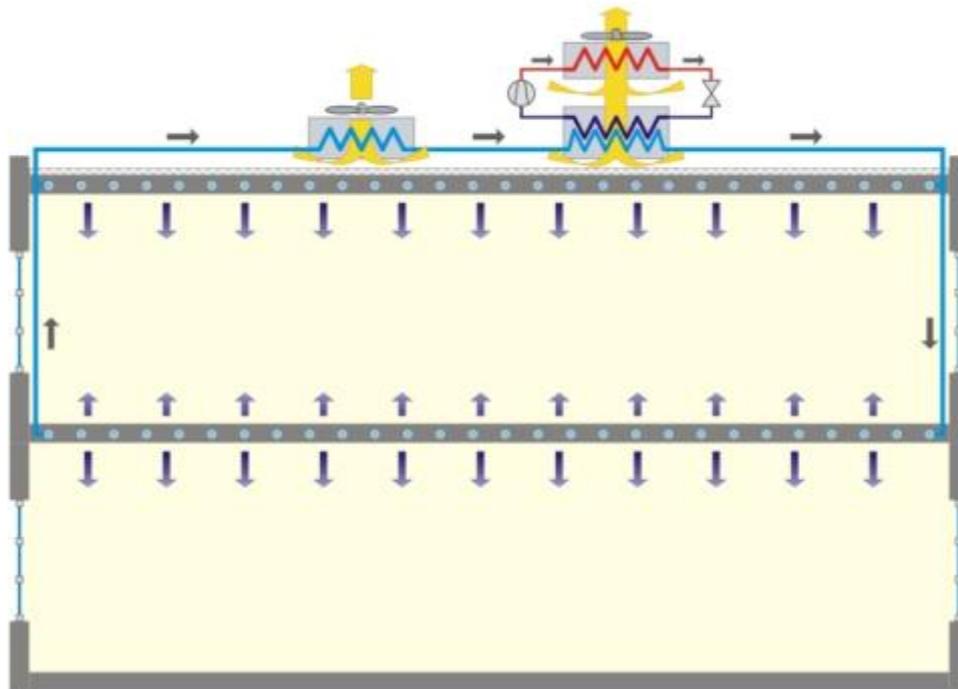


Refroidissement par eau (slab cooling) : principe

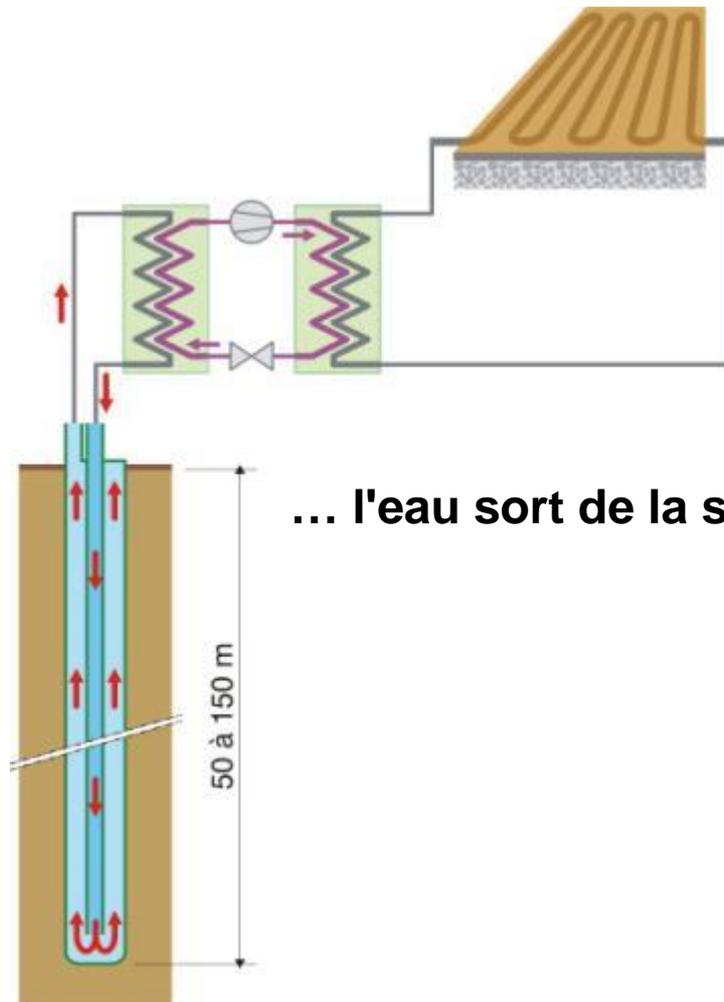


Chargement de la dalle en journée et déchargement la nuit

Refroidissement naturel de nuit + groupe frigorifique d'appoint durant la canicule



Alternative : pompe à chaleur sur sonde géothermique en hiver et circulation d'eau froide en été :

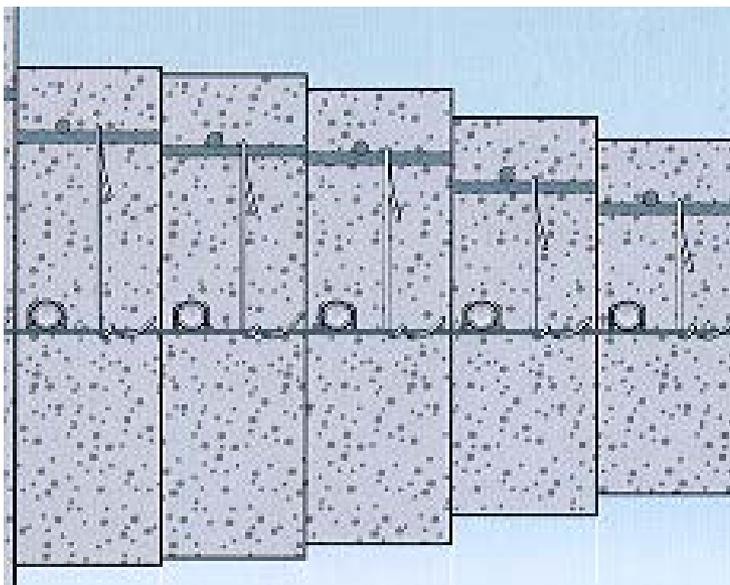


... l'eau sort de la sonde à 10°C

Refroidissement par eau (slab cooling) : mise en oeuvre 1



Refroidissement par eau (slab cooling) : mise en oeuvre 2



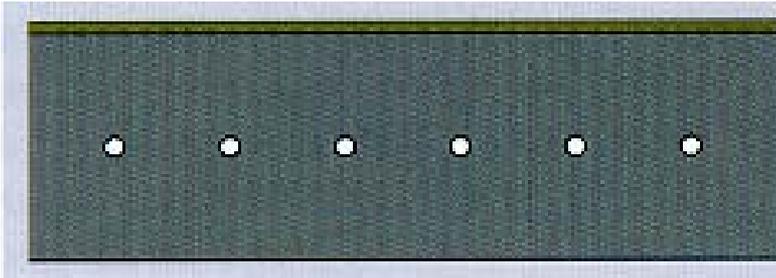
Tuyaux placés au centre de la dalle.



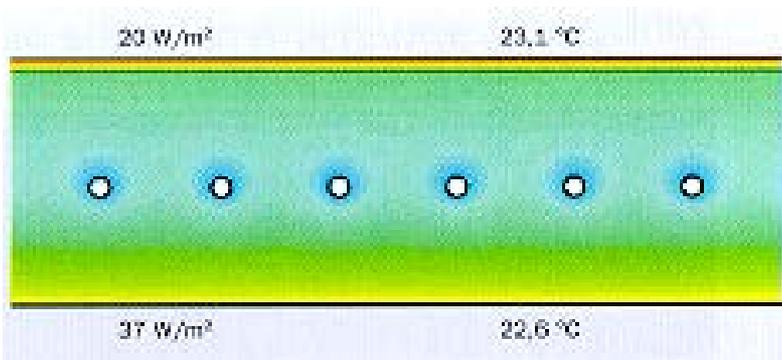
Refroidissement par eau (slab cooling) : mise en oeuvre 3



Refroidissement par eau (slab cooling) : puissances émises



Dalle de béton de 30 cm, recouverte d'un tapis de 1,5 cm ($\lambda = 0,15$).



Mode refroidissement :

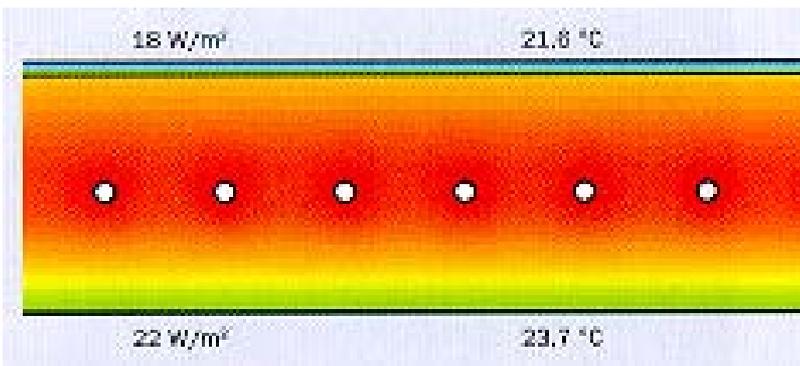
T° départ d'eau = 16°C

T° retour d'eau = 20°C

T° ambiante = 26°C (!)

Puissance froid : **57 W**

37 W/m² vers le bas et **20 W/m²** vers le haut
(*<> plafonds froids : 80 W/m²...*)



Mode chauffage :

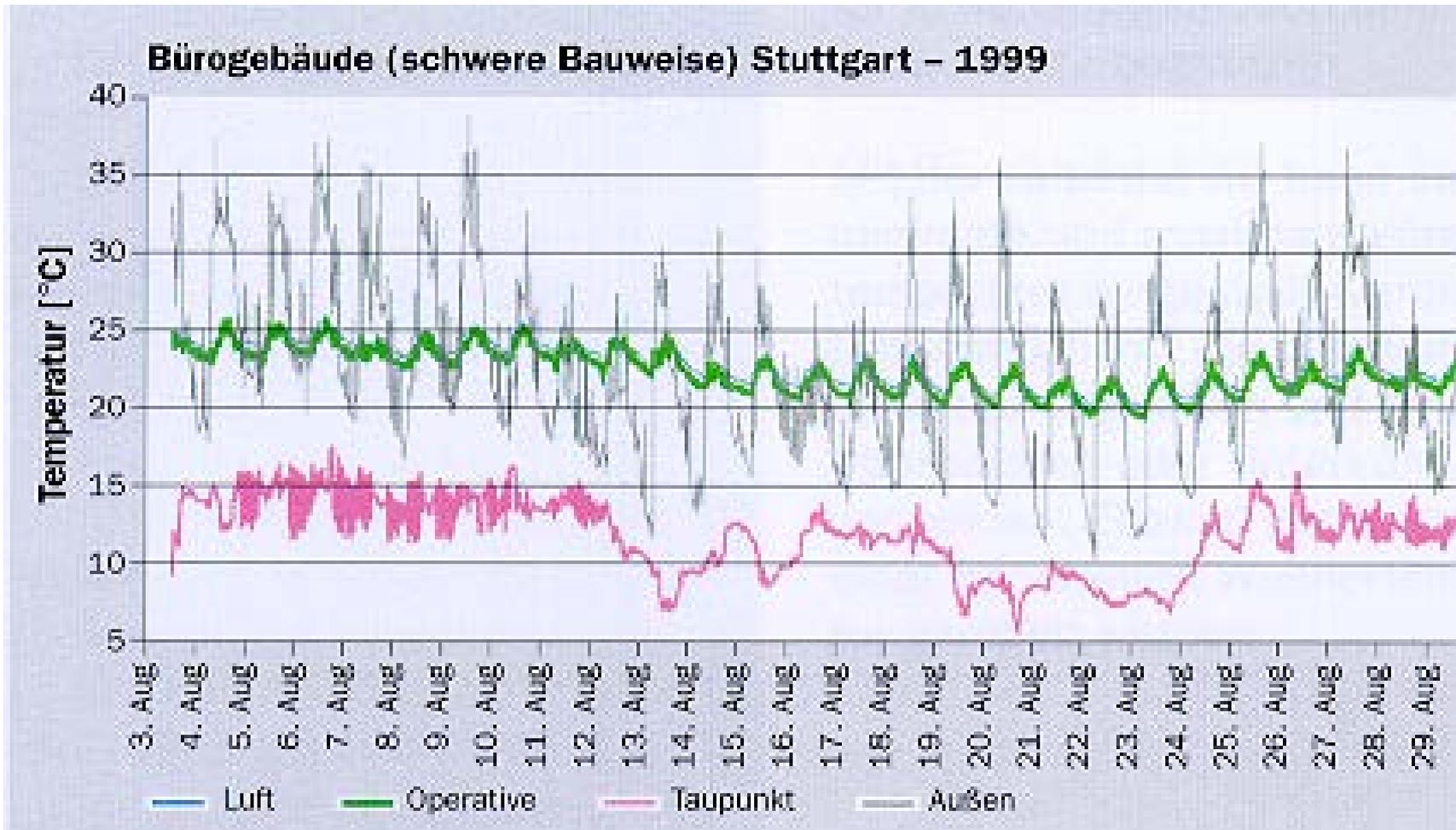
T° départ d'eau = 28°C

T° ambiante = 20°C

Puissance chaud : **40 W**

22 W/m² vers le bas et **18 W/m²** vers le haut

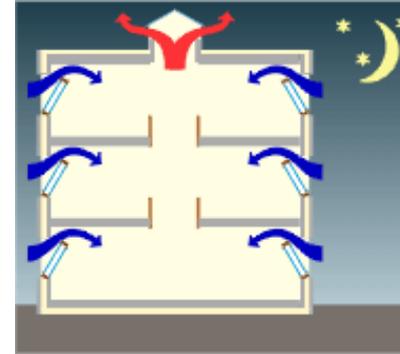
Refroidissement par eau (slab cooling) : résultats



Relevés de température intérieure (vert), extérieure (gris) et température du point de rosée de l'ambiance (rose).

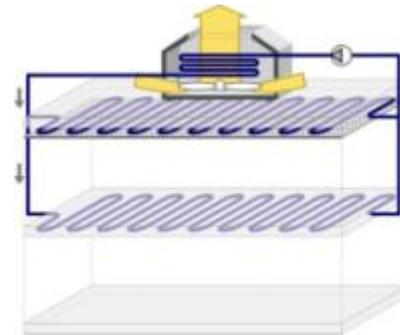
Rappel : si l'essentiel de la demande énergétique de froid se produit pour une T° ext. $< 24^{\circ}\text{C}$, le bâtiment doit pouvoir s'auto-refroidir.

- **Stratégie 1** : perméabilité variable de l'enveloppe = free-cooling



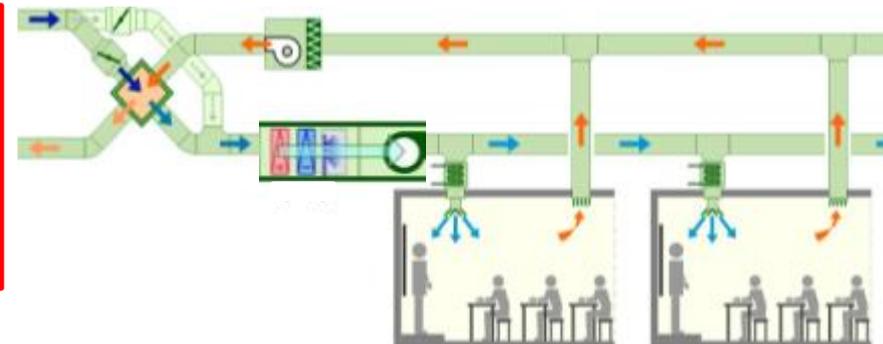
Refroidissement direct.

- **Stratégie 2** : circulation d'eau froide dans les planchers, eau refroidie "de manière naturelle" = slab cooling



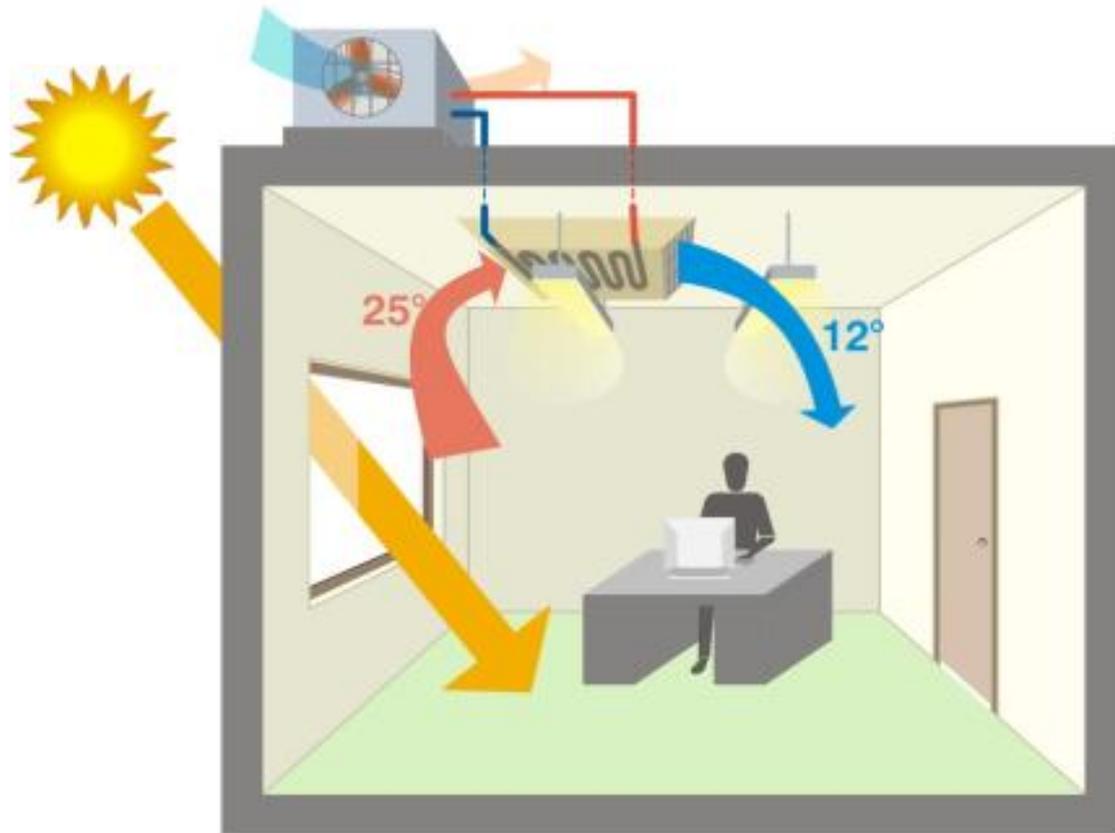
Refroidissement indirect.

- **Stratégie 3** : intégration d'air frais extérieur dans la climatisation, conçue pour ne donner qu'un complément frigorifique en période de canicule

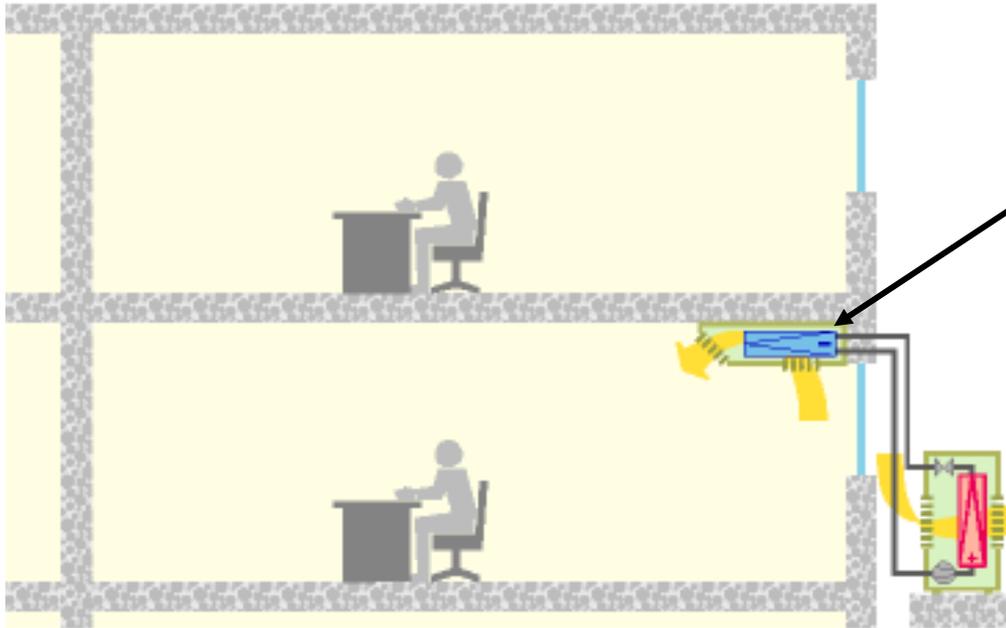


"Climatisation" ?

Dans le local, un "évaporateur" fait du froid. A l'extérieur, un "condenseur" libère la chaleur.



"Climatisation" ?



L'"évaporateur" fait du froid.



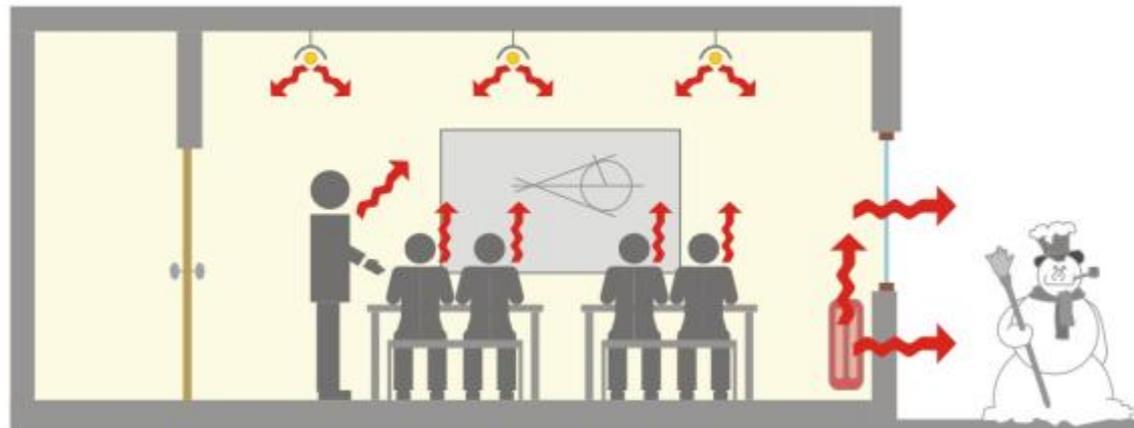
Le "condenseur" évacue la chaleur.

Avec ce type de climatisation, impossible de valoriser l'air frais extérieur... !

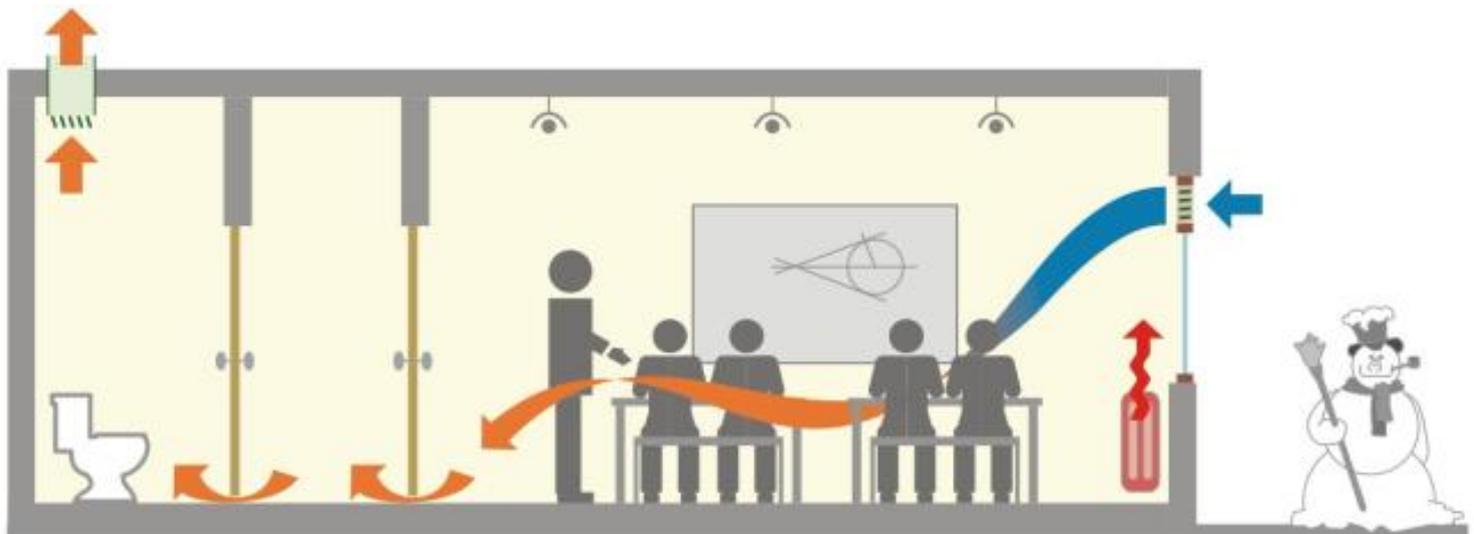
Cherchons une alternative à partir du besoin de ventiler...

**Quelle installation HVAC
pour une école d'aujourd'hui, très étanche... ?**

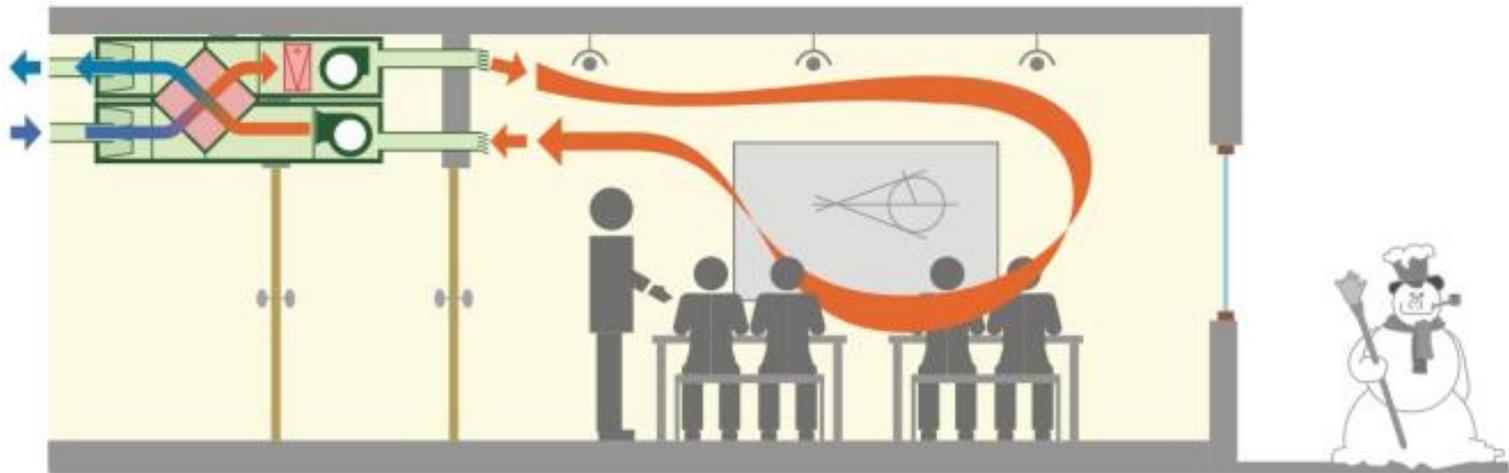
Autrefois :



**Aujourd'hui, l'étanchéité des châssis
entraîne le besoin d'organiser la ventilation :**

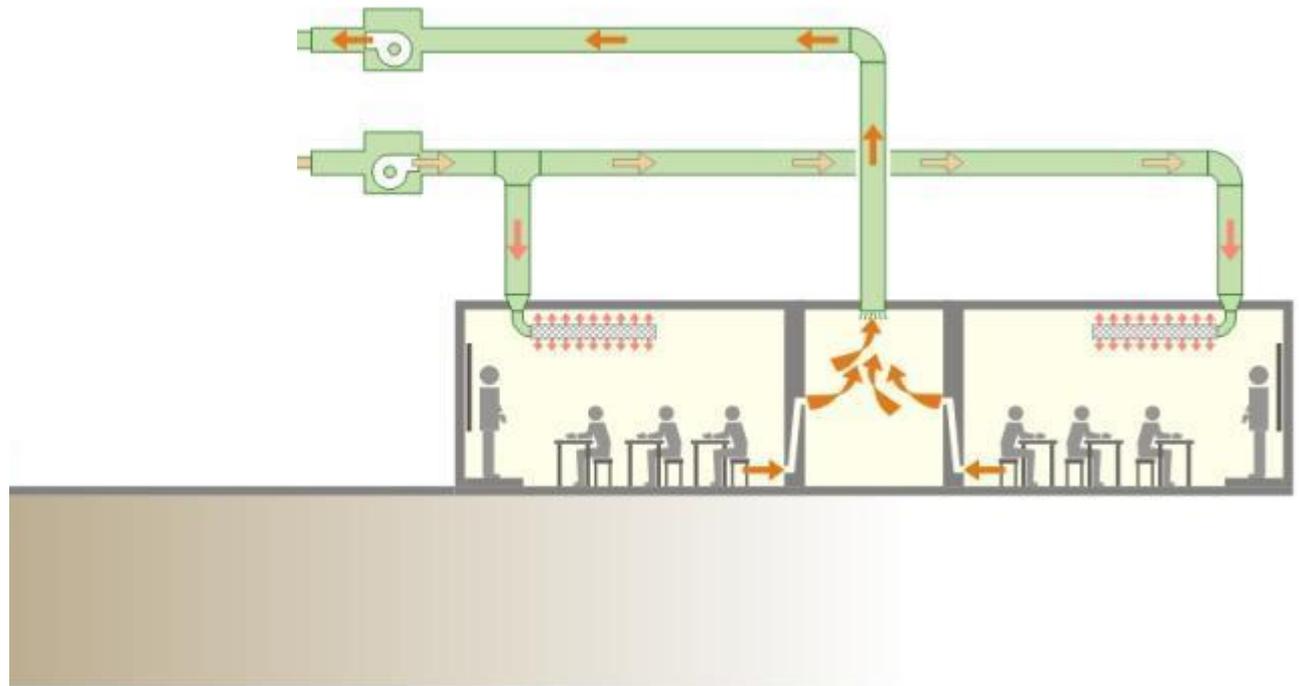


Pour le confort et la consommation d'énergie, la récupération de chaleur s'impose :



Exemple : école passive de Louvain La Neuve

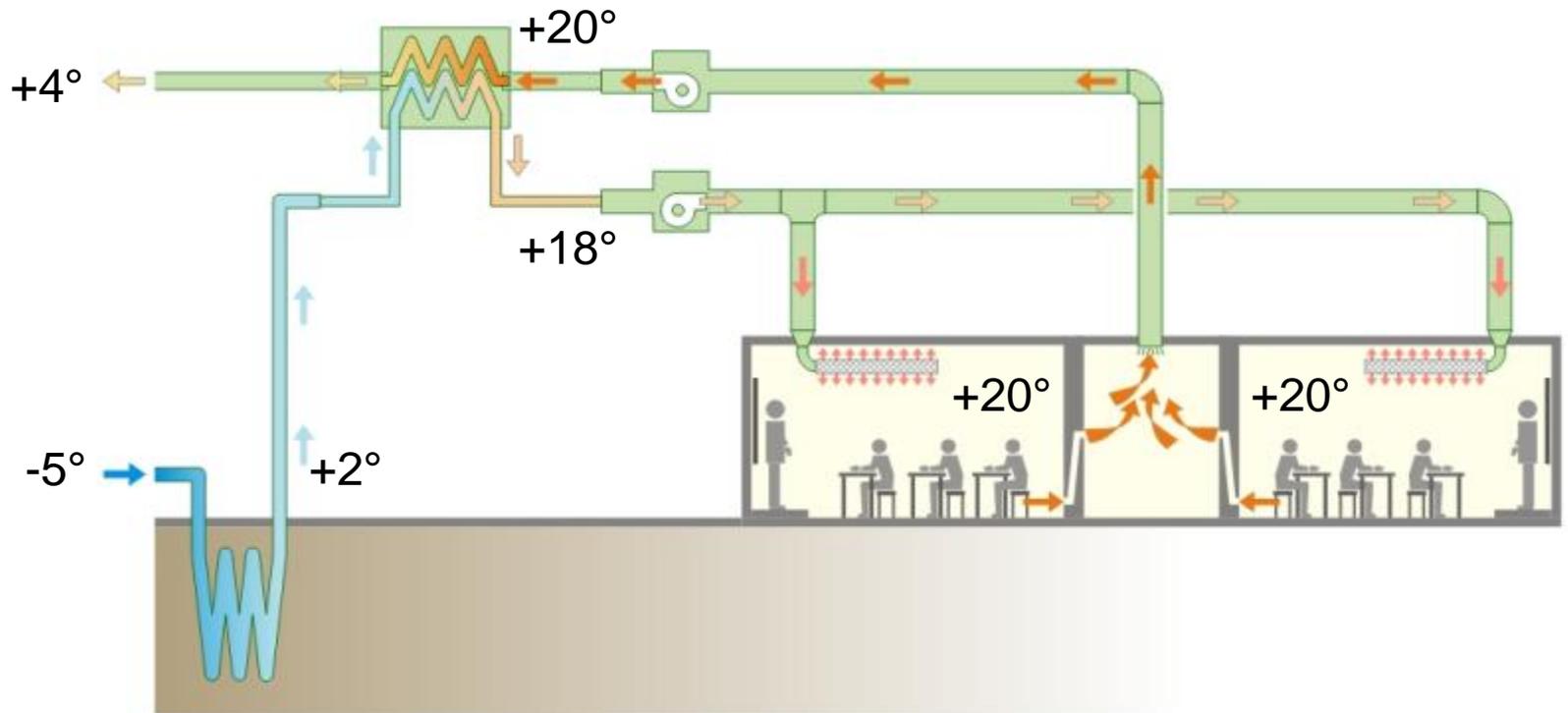
- Au départ, une ventilation très forte



*22 m³ d'air frais, par enfant et par heure !
>> 500 m³/h par classe !*

L'air des classes est renouvelé 3 x par heure !

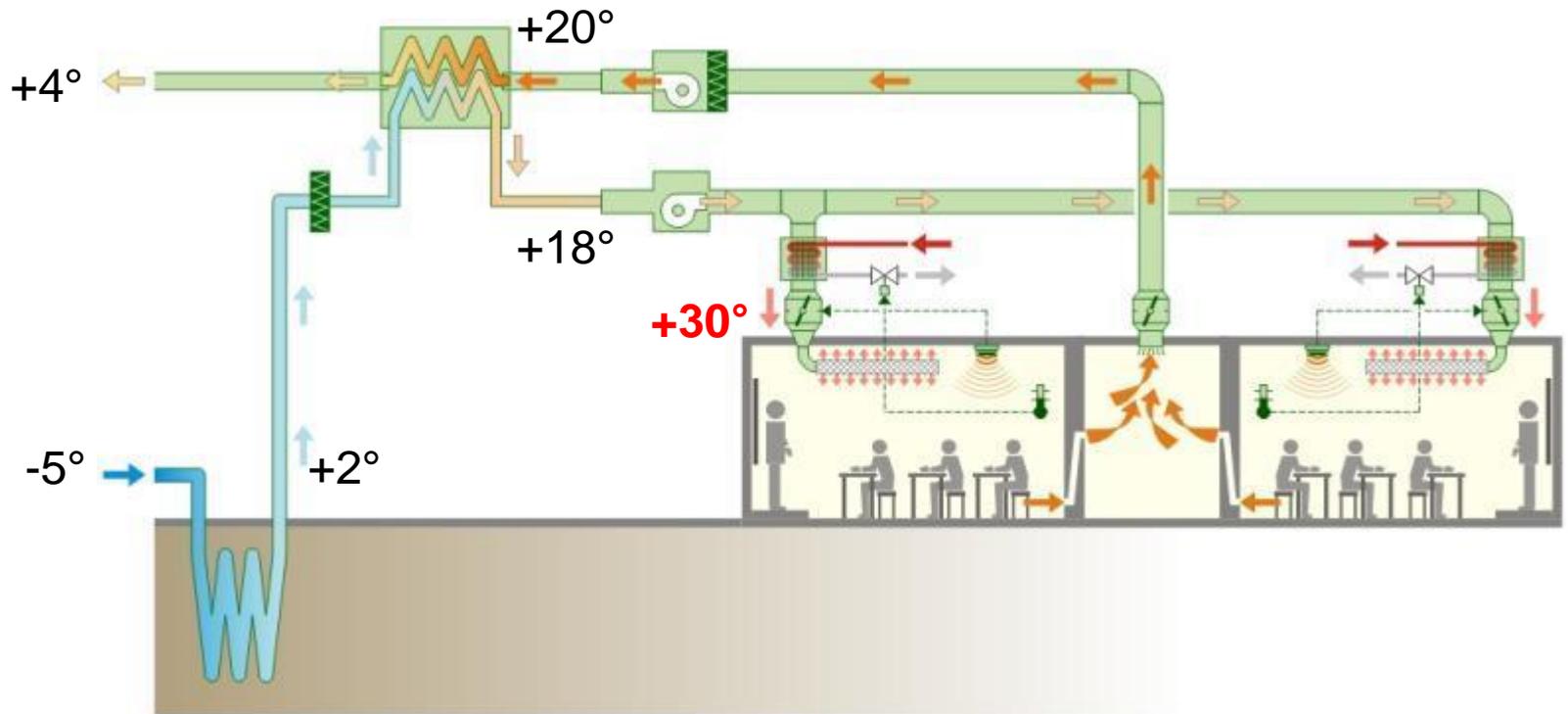
- L'air de ventilation est préchauffé gratuitement



L'air passe dans le sol (puits canadien)...

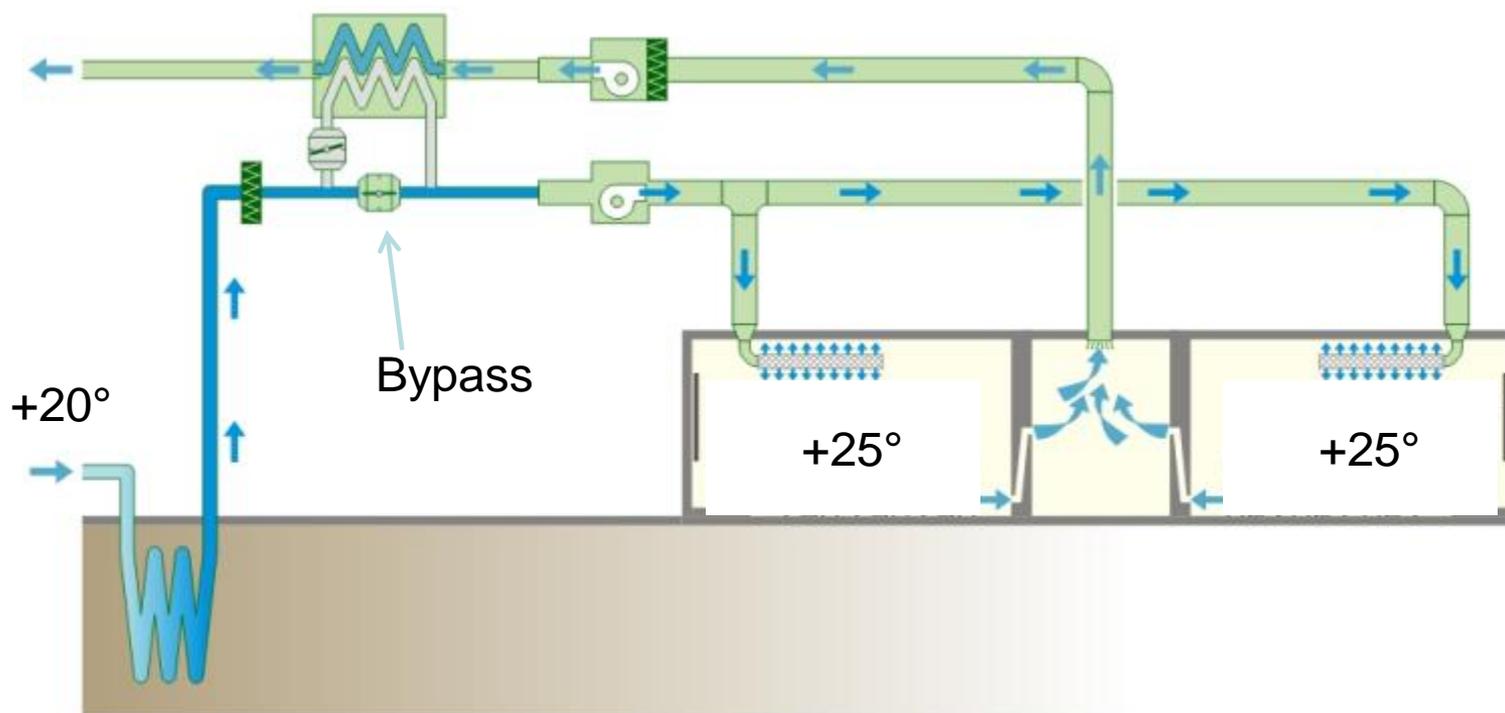
... puis dans un échangeur avec l'air chaud qui sort du bâtiment .

- Un appoint de chauffage est apporté à l'air



Une sonde de présence et un thermostat décident du besoin.

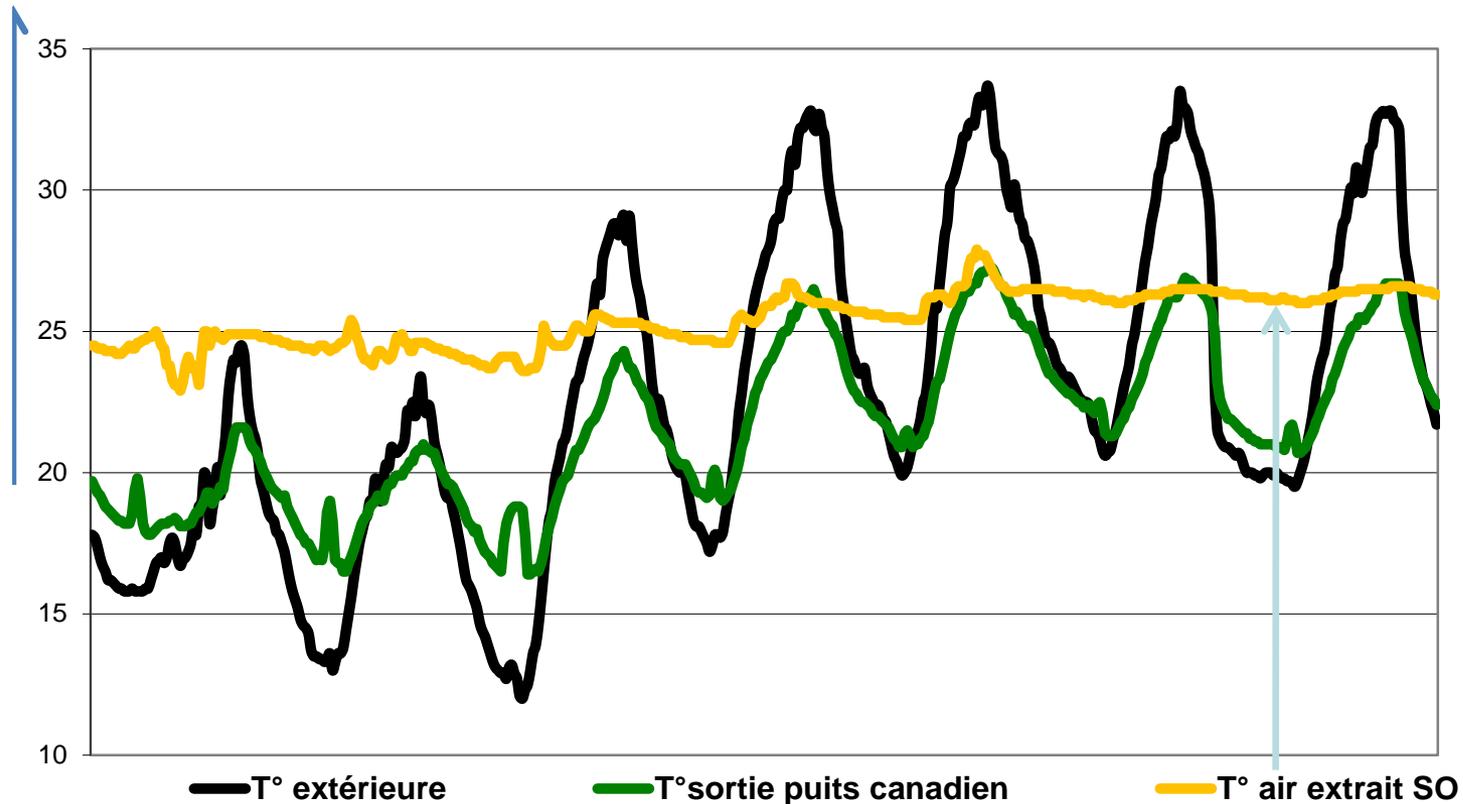
- De l'air frais pulsé la nuit



L'air frais extérieur décharge le bâtiment de sa chaleur.

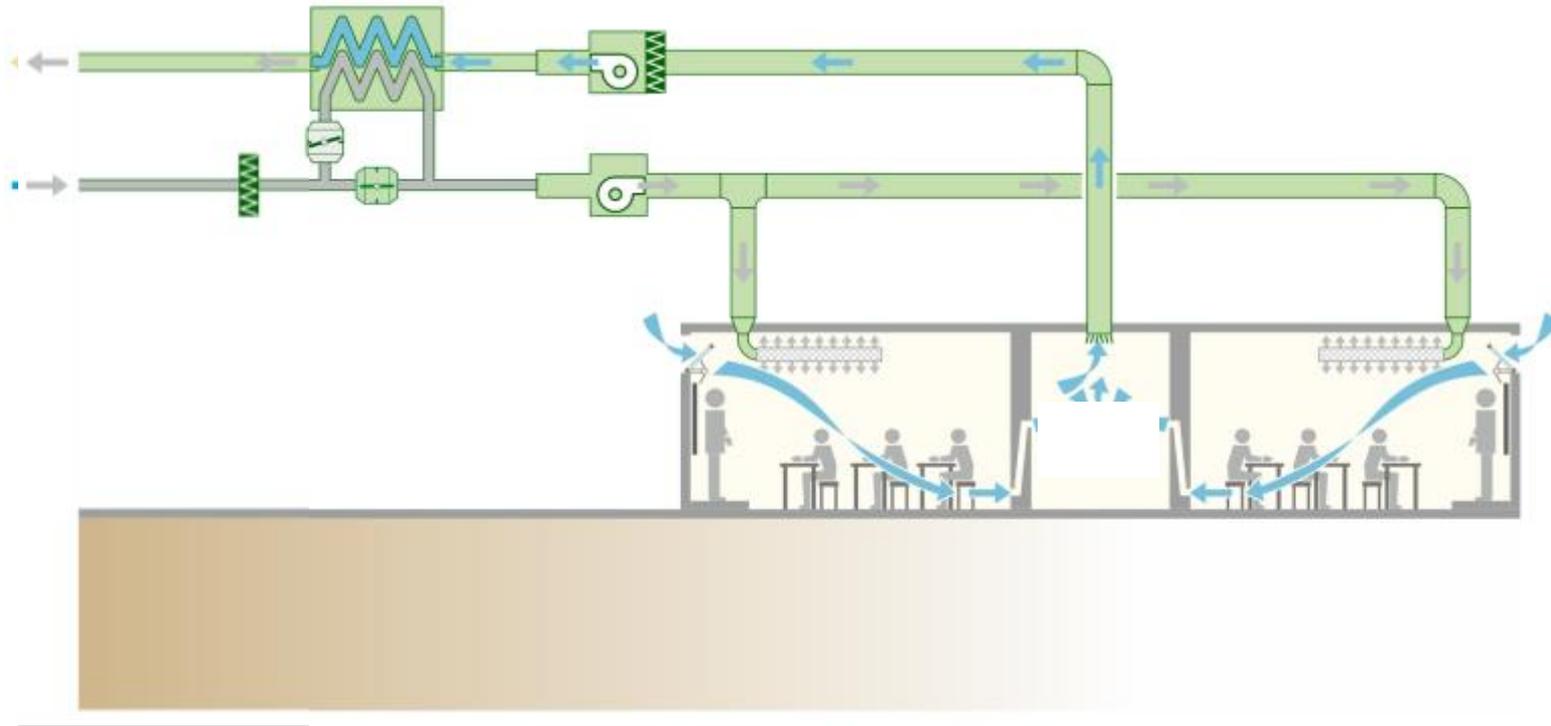
Quels résultats ?

- Un refroidissement de nuit en période chaude



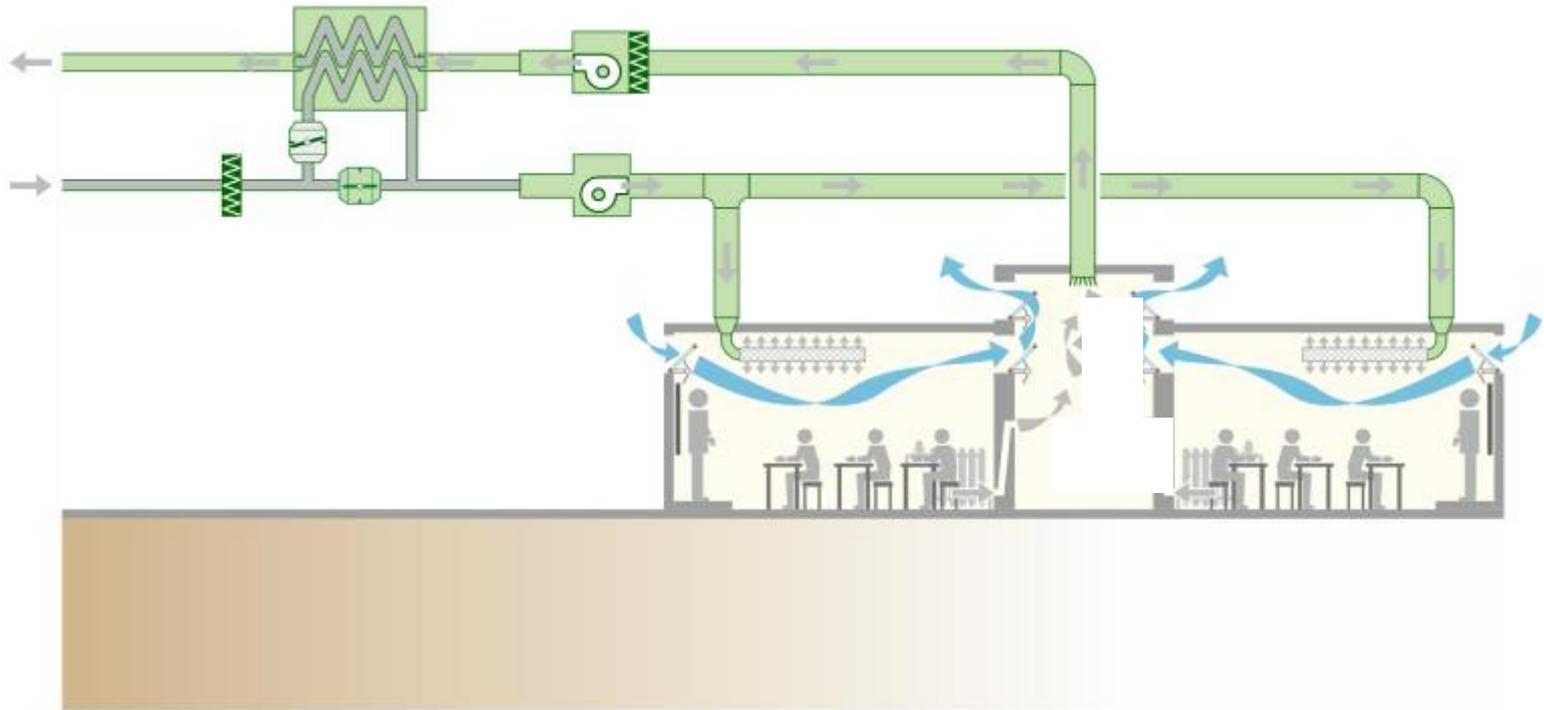
... et une température intérieure de 27° par 34° extérieur.

Proposition pour un prochain bâtiment – ÉTÉ :



Refroidissement nocturne :
ouverture motorisée de vasistas dans les classes
+ extraction mécanique renforcée.

Proposition pour un prochain bâtiment – ÉTÉ :



Refroidissement nocturne :

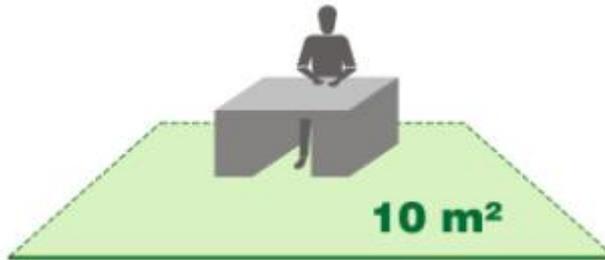
- ouverture motorisée de vasistas dans les classes
- + extraction mécanique renforcée.
- + tirage naturel ?

Et là, pour résoudre les besoins thermique des bureaux,
sur le réseau de ventilation, pourquoi ne pas ajouter un groupe frigorifique ... ?

Free-cooling de nuit et appoint de clim les jours de canicule ... ?

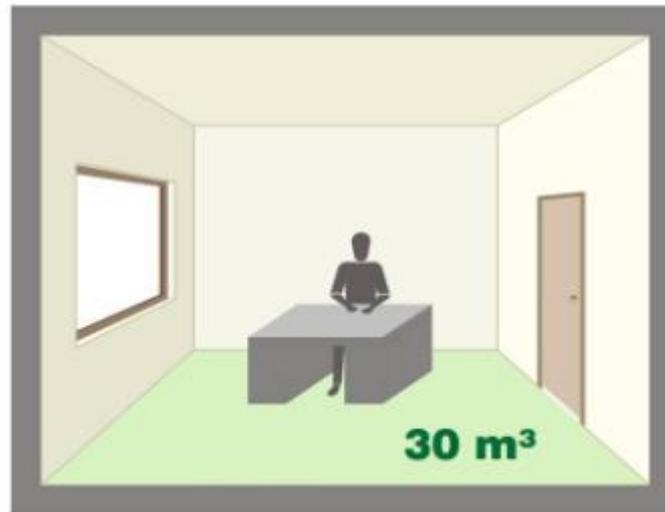
Oui... mais pas de miracle ...!

Le RGPT exige d'apporter un minimum de 30 m^3 d'air neuf par heure et par personne. Qu'est-ce que cela représente ?



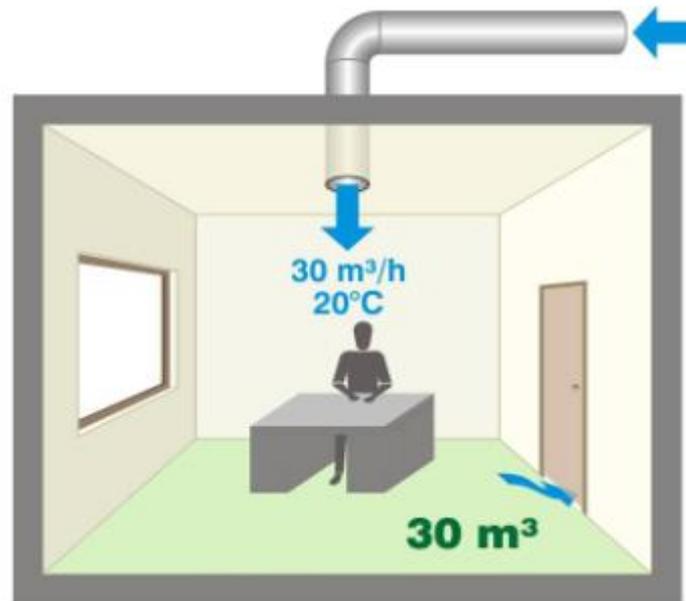
Un travailleur occupe en moyenne 10 m^2 .

Le RGPT exige d'apporter un minimum de 30 m³ d'air neuf par heure et par personne. Qu'est-ce que cela représente ?



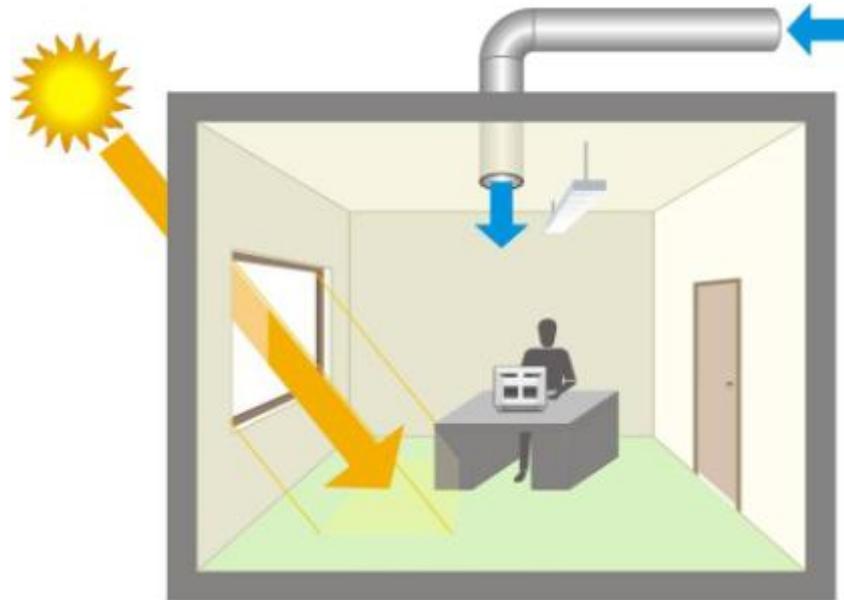
Si le plafond est situé à 3 m de hauteur, un travailleur vit dans un espace de 30 m³.

Le RGPT exige d'apporter un minimum de 30 m³ d'air neuf par heure et par personne. Qu'est-ce que cela représente ?



Lui apporter 30 m³/h d'air hygiénique,
c'est donc renouveler l'air du local 1 fois par heure.

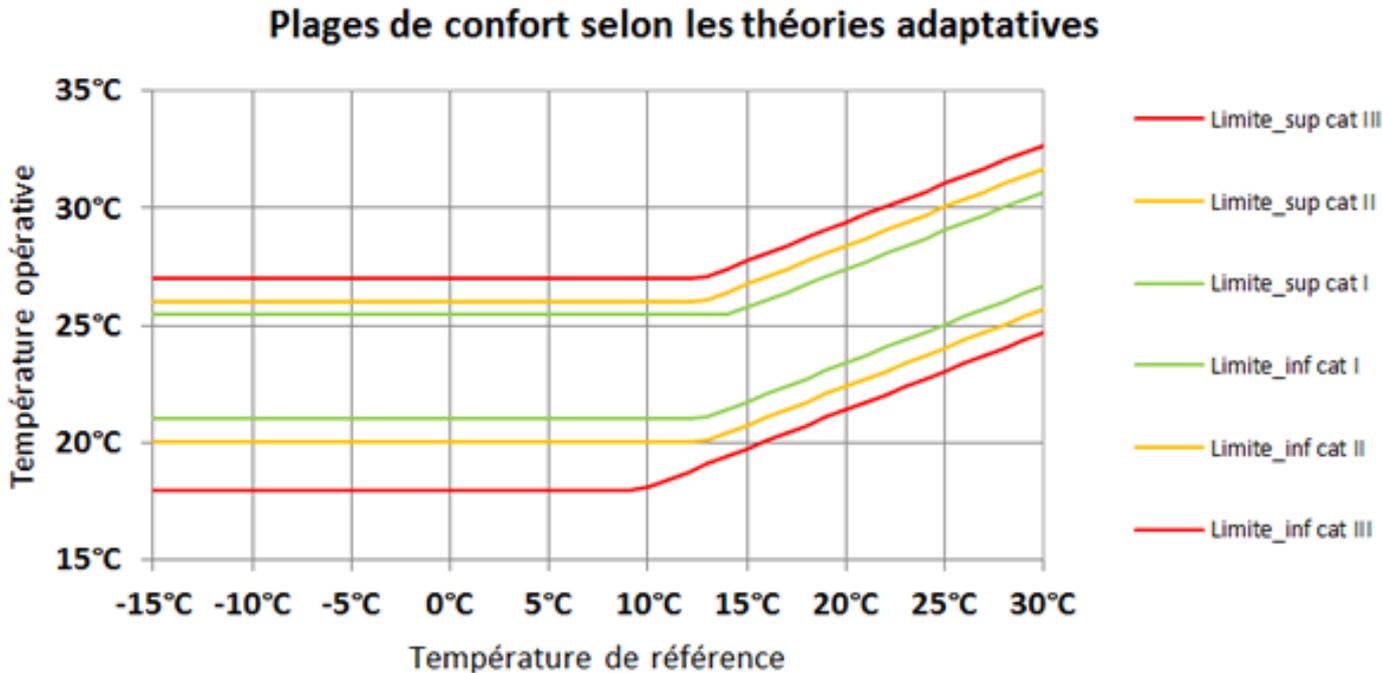
Ne pourrait-on refroidir le local avec l'air hygiénique pulsé à 15°C ?



$$\begin{aligned} \text{Puissance} &= \text{débit} \times \rho c \times \Delta T^\circ = 30 \text{ m}^3/\text{h}/10 \text{ m}^2 \times 0,34 \text{ Wh}/\text{m}^3 \cdot \text{K} \times (25-15) \text{ K} \\ &= 10 \text{ W}/\text{m}^2, \dots \text{seulement !} \end{aligned}$$

Il faut au minimum tripler le débit d'air neuf !

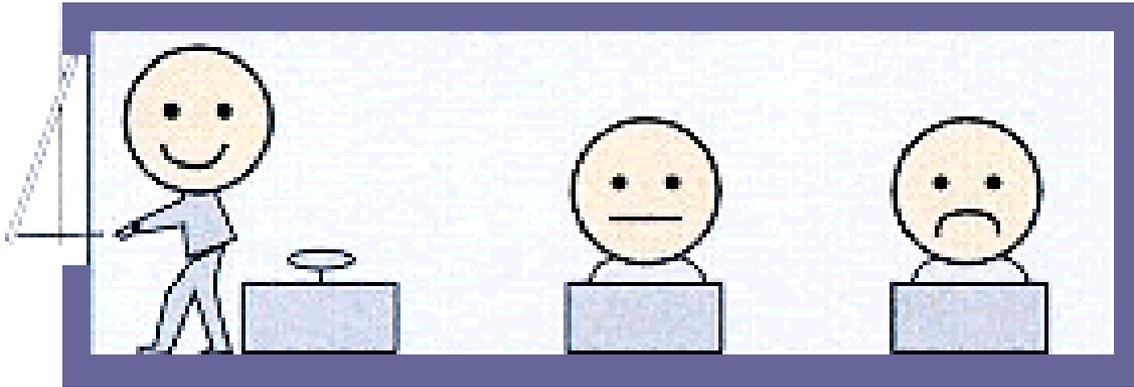
Et accepter une nouvelle vision du confort...
(notion de confort adaptatif)



Objectifs de confort intérieur :

**max 5% du temps au dessus de 25°C,
max 1 % du temps au dessus de 28°C**

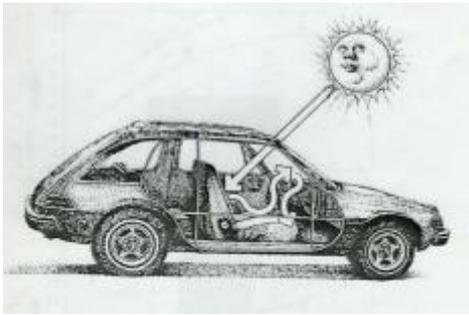
La valorisation de l'air frais extérieur apparaît aussi comme une réponse au "sick building syndrome"



*Le **sick building syndrome** se caractérise par des symptômes d'inconfort et des réactions physiologiques comme : nez bouché, gorge irritée, maux de tête, fatigue.....*

En résumé :

1. Isoler ? oui, mais le bâtiment doit pouvoir s'auto-refroidir en été.
2. L'enveloppe ne doit pas générer des charges thermiques de plus de ... 50... W/m²
3. Trois stratégies de refroidissement naturel :
 1. l'air par les fenêtres,
 2. l'eau dans le cœur de béton,
 3. l'air neuf au sein de la climatisation /
la climatisation au sein du réseau de ventilation



Assurons l'inertie de nos locaux !



Pour exploiter l'air frais extérieur,

passons au bâtiment "décapotable" ...

... et réservons la clim aux périodes de canicule !