



Pôle énergie
Bourgogne
Franche-Comté

Réussir la transition écologique du bâtiment

Guide sur la prise en compte du confort d'été pour des projets de construction ou de rénovation

+RESET

Réseau
des établissements
de santé
en transition

+ÉNERGIE

+CONFORT

+SANTÉ

ÉTABLISSEMENTS SANITAIRES
& MÉDICO-SOCIAUX
DE BOURGOGNE-FRANCHE-COMTÉ

©Freepik

Avec le soutien de





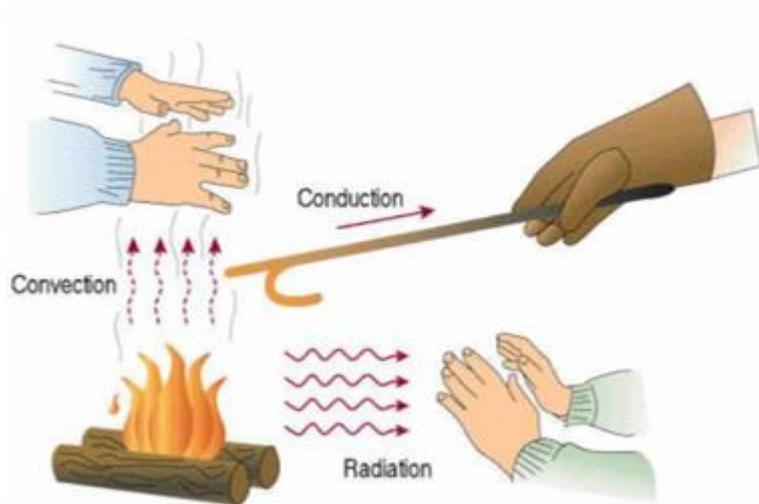
Au sommaire de ce guide réalisé par le cabinet Inddigo dans le cadre du programme RESET

1. Les paramètres influant sur le confort d'été	3
1.1. Trois modes de transfert de la chaleur.....	3
1.2. Les paramètres du confort – Extérieur du bâtiment.....	3
1.3. Les paramètres du confort – Intérieur du bâtiment.....	4
2. Les solutions.....	5
2.1. Aménagements extérieurs	5
2.2. Aménagement bâtis	6
2.3. Aménagements techniques.....	8
3. Les outils et attentes du Moe.....	12
3.1. Les indicateurs	12
3.2. REX STD EHPAD – Rhône (69)	13
3.3. Les études à réaliser	14
3.4. Les engagements	14



1. Les paramètres influant sur le confort d'été

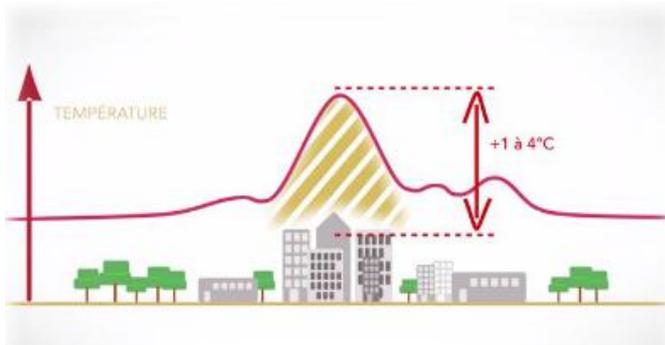
1.1. Trois modes de transfert de la chaleur



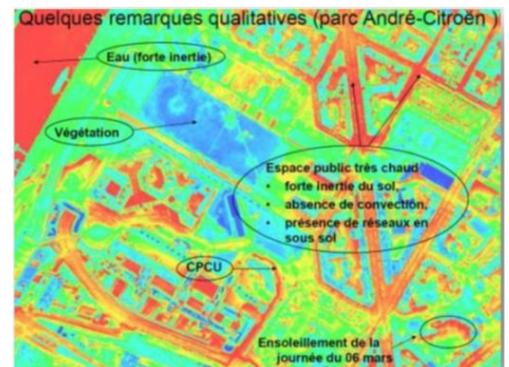
Conduction	Convection	Rayonnement
Mode de transfert de chaleur dans les solides.	Mode de transfert de chaleur dans les fluides (gaz, liquide).	Mode de transfert sans support matériel (vide).
La chaleur se propage de proche en proche dans le solide.	Le fluide chaud moins dense que le fluide froid s'élève.	Tous les corps perdent de la chaleur par rayonnement.

1.2. Les paramètres du confort – Extérieur du bâtiment

- + Climat (température, vent...)
- + Urbanisation (Végétalisation/eau Vs minéralisation)
- + Comportement des matériaux
- + Sources anthropiques de chaleur (Industrie, concentration de climatiseurs...)



Effet îlot de chaleur urbain (source ATEE)

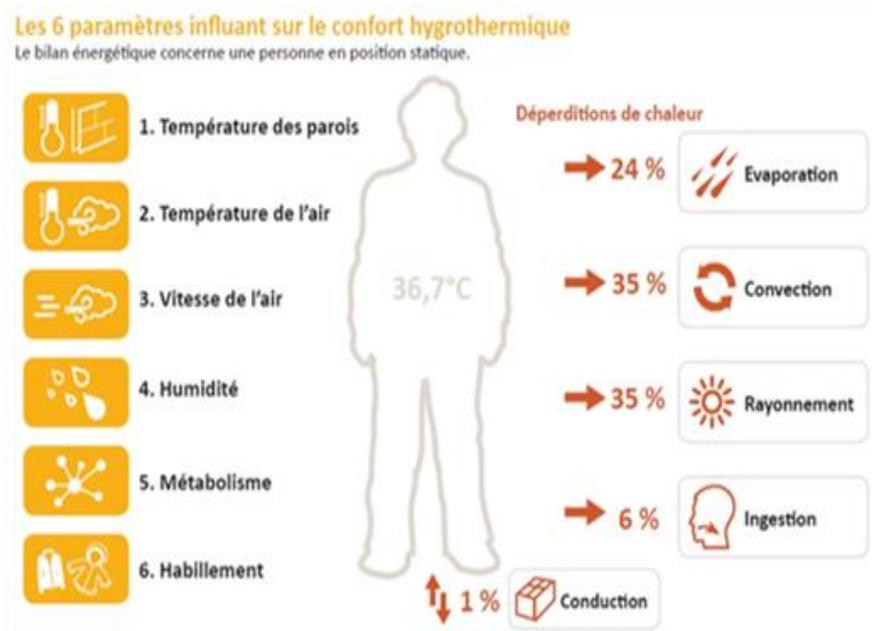


Thermographie aérienne Paris 2009

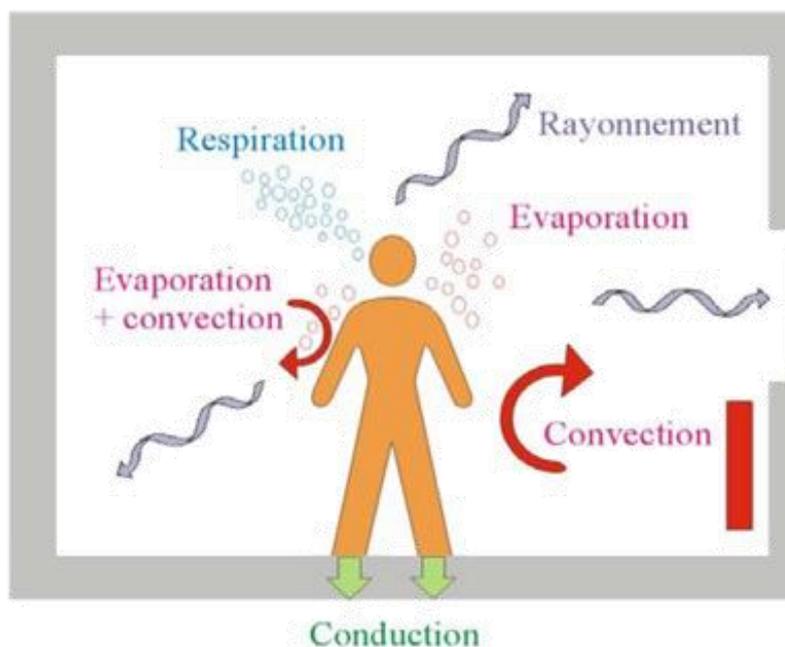


1.3. Les paramètres du confort – Intérieur du bâtiment

Facteurs liés à l'environnement Facteurs comportementaux et physiologiques



Les phénomènes physiologiques



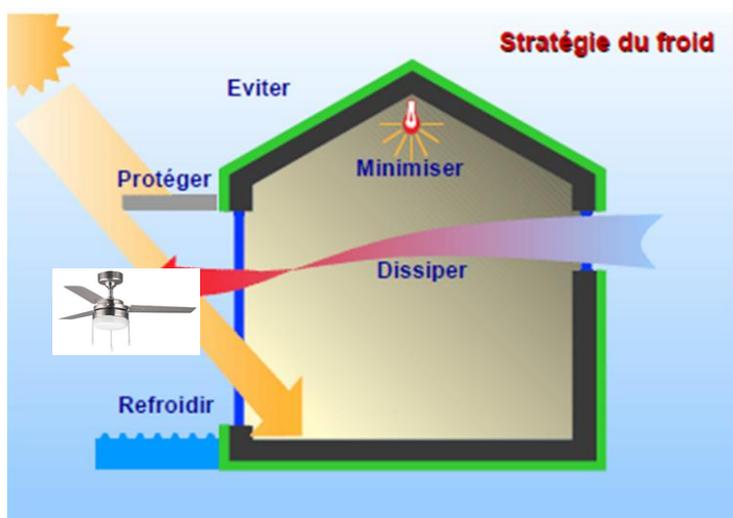
Régulation du corps

- + Convection
- + Rayonnement
- + Evaporation
- + Conduction, respiration, sécrétion => marginal

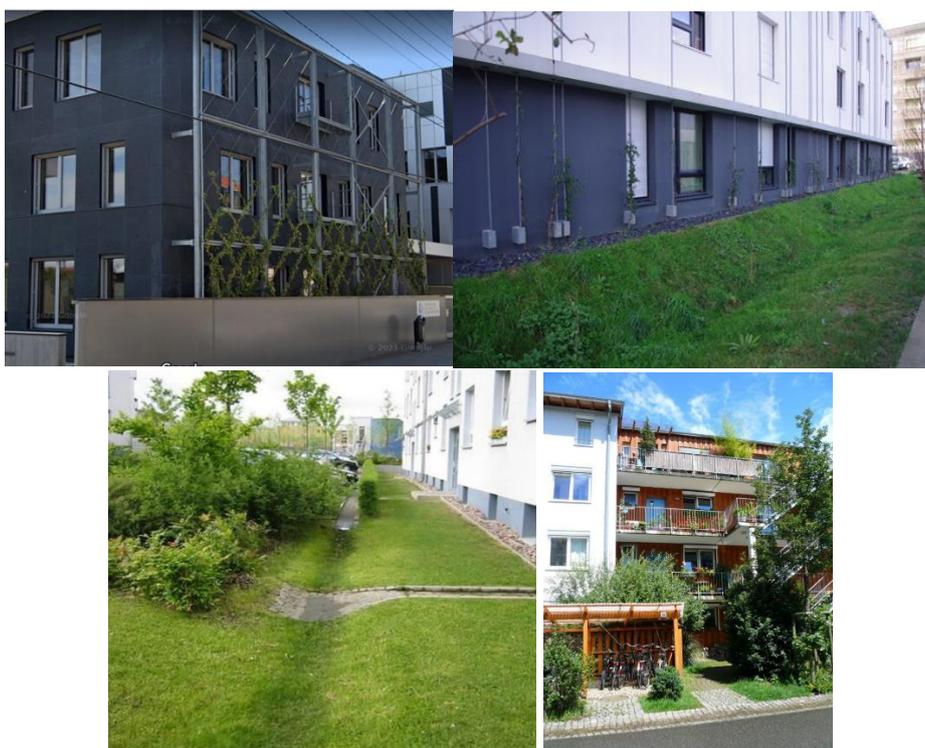


2. Les solutions

- + Limitation des apports solaires
- + Rafraîchissement nocturne
- + Brassage d'air



2.1. Aménagements extérieurs



- + Végétalisation extérieure et plus particulièrement au pied des bâtiments
- + Plantes grimpantes en façade



- + Végétalisation des toitures basses (limitation de la réflexion solaire pour les fenêtres au-dessus)
- + Arbres à tige haute, caducs, faisant de l'ombre sur les façades

Quelle demande dans un programme ?

- + Imposer un % de végétalisation pleine terre de la parcelle
- + Réduire, végétaliser et éloigner des bâtiment les stationnements voitures
- + Imposer une végétalisation des pieds de façades, des toitures basses, voir de certaines façades (plantes grimpantes)

2.2. Aménagement bâtis

Protections solaires extérieures



Brise Soleils Orientables (BSO)

- Orientables donc gestion nécessaire
- Meilleur équilibre été/hiver
- 200 à 500 €/m² de baies
- Non éligible aux CEE standards



Changement menuiseries

- Amélioration Up/Sg
- Surface de baie
- 350 à 1100€/m²
- Éligible aux CEE
- ↳ **Attention** aux interactions avec les autres lots en rénovation



Brise Soleils Fixes

- Non orientables : pas de gestion nécessaire
- Arbitrage équilibre été/hiver
- Réduction des apports solaires directs
- Non éligible aux CEE standards



Casquettes

- Pas de gestion
- Arbitrage équilibre été/hiver
- Réduction des apports solaires directs
- Vue conservée
- Non éligible aux CEE standards

⇒ Suivant les usagers : pilotées, fixes, modulables



	
Store banne	Volet roulant ajouré
	
Casquette (pour le sud)	Lames fixes orientables (pour l'est et l'ouest)

Solutions envisageables si impossibilité de mettre en place des protections solaires :



Stores

- Intérieur moins performant qu'extérieur
- Gestion !!
- Intérieur 70-300€
- Non éligible aux CEE



Filtres anti UV Voiles d'ombrages

- Facteur solaire très variable !
A choisir avec soin
- Attention à l'absorption et la transmission lumineuse
- Non éligible aux CEE

Critères de priorisation des protections solaires :

situation	hébergement	parties communes
Critères de priorisation des protections solaires	1- extérieures mobiles 2- extérieures fixes 3- intérieures mobiles 4- filtres collant sur vitrage	1- extérieures fixes 2- vitrage à facteur solaire 3- filtres collant sur vitrage



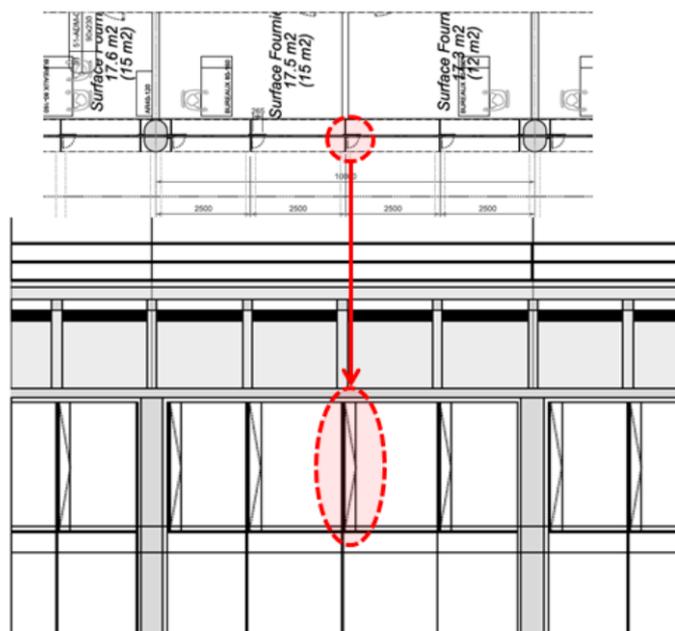
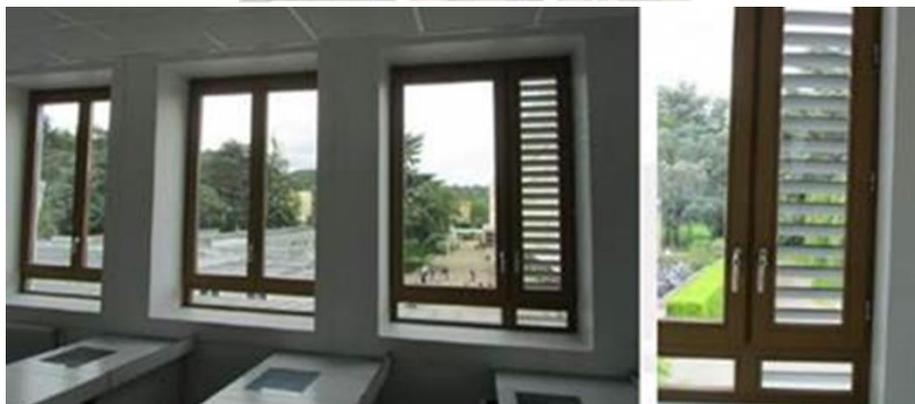
Quelle demande dans un programme ?

- + Imposer un facteur solaire global de baie FS < 0,25 pour le sud, est et ouest, < 0,1 en toiture et 0,45 au nord

2.3. Aménagements techniques

Ventilation nocturne

Naturelle



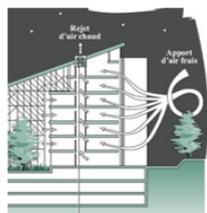
⇒ Des ouvrants avec un passage < 11cm ne nécessitent pas de protection



Mécanique



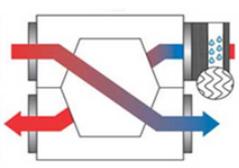
- + Même si les débits hygiéniques sont largement insuffisants pour assurer le confort, il est indispensable de s'assurer de leur respect
- + Pour assurer le rafraîchissement nocturne une solution peut être le surdimensionnement des installations. Néanmoins il faut considérer les consommations énergétiques associées



Sur-ventilation nocturne

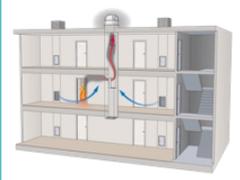
- Naturel : bilan positif, mais attention aux problématiques type intrusion, sécurité
- Mécanique : bilan énergétique pas forcément positif
- Hybride : pour bâtiments à faible hauteur ne pouvant pas bénéficier de l'effet cheminé

Double-flux adiabatique



- Permet un refroidissement passif via l'évaporation d'eau dans l'air
- Ajout module adiabatique sur CTA existante ?
- NE PAS faire sur l'air neuf mais UNIQUEMENT sur l'air extrait

Ventiler par les conduits de désenfumage



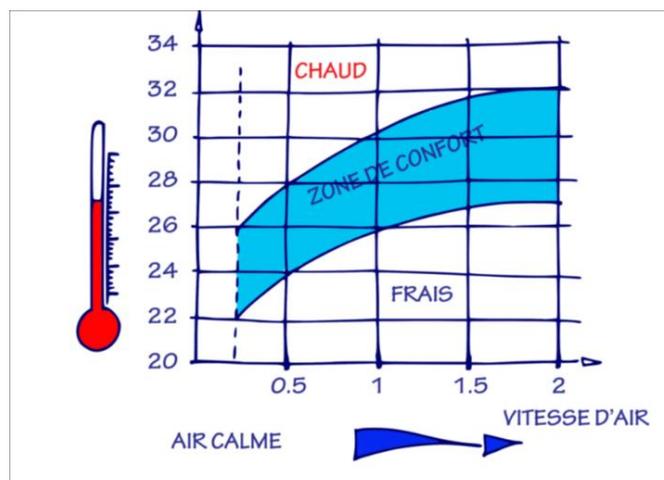
- A priori possible si réenclenchement automatique
- ⇒ Norme à respecter ! (NFS 61.937 des Dispositifs Actionnés de Sécurité)
 - ⇒ Aucune perturbation du désenfumage !
 - ⇒ Désenfumage prioritaire !
- ⇒ Nécessite automatisation
 - ⇒ €€€ si fait spécifiquement
 - ⇒ € si mutualisé
- Attention les systèmes de désenfumage mécanique consomment beaucoup !

Quelle demande dans un programme ?

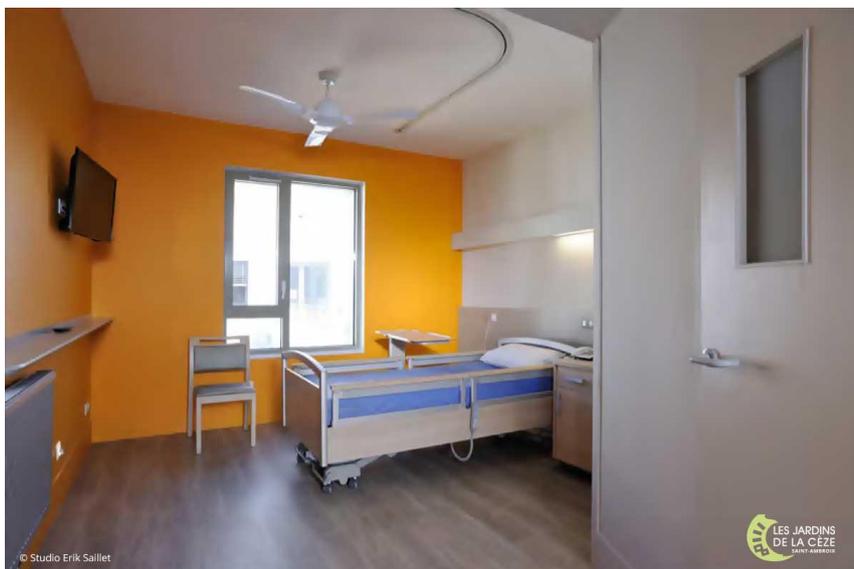
- + Imposer une ventilation nocturne (de préférence naturelle) assurant un renouvellement d'air de l'ordre de 2 vol/h. Une simple ouverture d'une fenêtre battante ne pourra être acceptée : il devra être prévu un ouvrant spécifique ne gênant pas le passage dans la pièce et assurant l'anti-intrusion
- + Dans le cas d'une ventilation double flux, demander à minima d'anticiper la mise en place ultérieure d'un module adiabatique



Brassage d'air



Source: CSTB construire avec le vent - mars 2016



EHPAD de St Ambroix (source mrsa.fr)

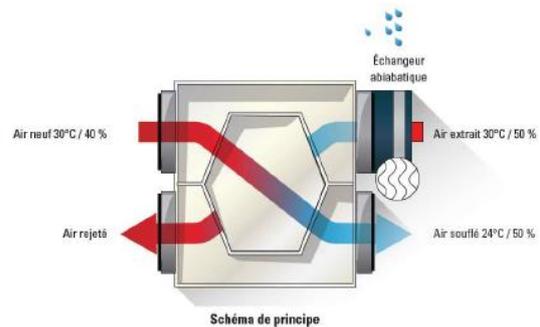
- + Souvent de très bons retours usagers
- + Veiller à éviter les modèles d'entrée de gamme (bruyant et mauvaise efficacité)

Quelle demande dans un programme ?

- + Sauf dans le cas d'espaces rafraîchis mécaniquement (production de froid thermodynamique), imposer la mise en place de brasseurs d'air pour les chambres et les bureaux avec des contraintes de : volume d'air brassé, acoustique et consommations énergétiques
- + Nota : cette prescription ne s'applique donc pas à l'espace collectif devant être rafraîchi au titre du décret du 11 juillet 2005
- + L'arrêté du 11 juillet 2005 précise par ailleurs les autres possibilités techniques permettant de réduire les températures intérieures des locaux



Rafraichissement



Source AICVF

Avant d'aller aux solutions de climatisation (poutre froides, ventilo-convecteurs, plafonds/planchers rayonnants), l'amélioration du confort tout en limitant les surconsommations énergétiques peut être atteinte par un équipement sur CTA :

- + Batterie froide sur l'air hygiénique
- + Rafraichissement adiabatique

Le rafraichissement consiste à réduire les températures sur le renouvellement d'air sans atteindre des températures de condensation (donc sans action concernant l'humidité de l'air). Cela peut aussi être obtenu par géocooling dans un plancher chauffant / rafraichissant ou dans une poutre climatique, dans le cas où cet équipement est prévu pour le chauffage.

Le rafraichissement de l'air peut aussi être obtenu grâce à un puits canadien (ou puits provençal). Cette solution doit être mise en oeuvre avec prudence concernant les infiltrations d'eau ou la simple condensation. Elle est adaptée lorsque des terrassements sont nécessaires et permet d'intégrer des canalisations d'amenée d'air.

Le puits canadien hydraulique correspond au géocooling qui peut alimenter une batterie froide ou un plancher chauffant (ci-dessus).

Quelle demande dans un programme ?

- + Dans le cas d'une ventilation double flux, demander à minima d'anticiper la mise en place ultérieure d'un module adiabatique ou d'une batterie froide.



3. Les outils et attentes du Moa

3.1. Les indicateurs

L'indicateur de confort inscrit dans un programme est très important car il déterminera :

- + les problèmes qui pourront être identifiés et ceux qui passeront « sous le radar » ;
- + les solutions qui pourront être proposées.

Le nb d'heures < 28°C : un mauvais critère :

- + N'identifie pas les surchauffes
 - o Si à 8h en mai il fait 26°C à l'intérieur alors qu'il fait 18°C à l'extérieur, l'indicateur n'identifiera pas cette situation comme inconfortable (par contre 28°C intérieur par 32°C extérieur, si).
- + Est très dépendant des données météo
 - o Cet indicateur dépend beaucoup des données météo pas toujours disponibles
- + Est très instable
 - o Cet indicateur est instable car il présente un effet de seuil important.

Notions d'adaptation (Normes NF EN 16798-1) :

« Adaptation physiologique, psychologique ou comportementale des occupants du bâtiment à l'ambiance thermique intérieure afin d'éviter l'inconfort »

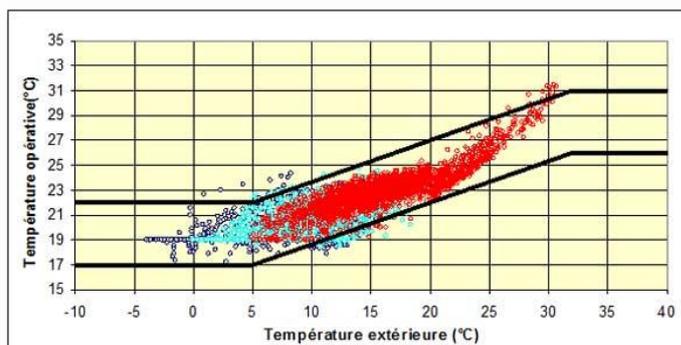
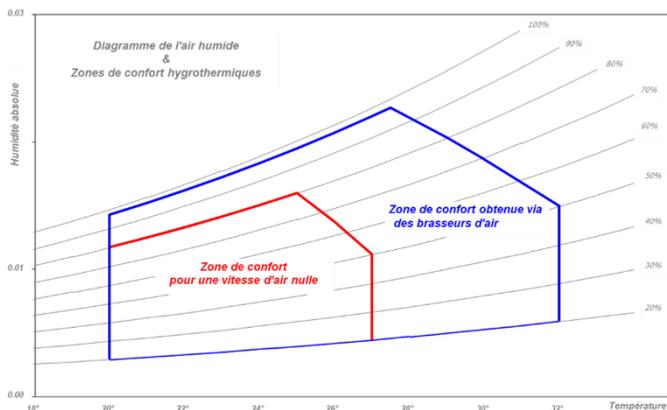
« La plage des ambiances considérées comme acceptables peut être élargie dans les espaces ventilés naturellement par les occupants »

Les températures limites fixées varient en fonction de la température extérieure (moyenne glissante) et de la catégorie considérée

« L'augmentation de la vitesse d'air peut être utilisée pour compenser l'augmentation des températures d'air »

Autres approches :

- + Givony
- + Brager





3.2. REX STD EHPAD – Rhône (69)

Les tableaux qui suivent récapitulent pour chaque zone et chaque scénario évalué :

- + le pourcentage du temps d'occupation pendant lequel la température opérative dépasse la température limite haute selon la NF EN 16798-1 catégorie I, celle-ci étant notée par la suite Tmax_I
- + la température opérative maximum atteinte

N°	SCENARIOS					% du temps d'occupation avec température intérieure >											
	Froid	Portes	Occultation	Ouverture des fenêtres		Tmax_I											
				De jour	De nuit	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8				
1	Sans	Fermées	50%	Sans	Sans	34%	31%	36%	35%	33%	36%	33%	30%				
2			90%	Sans	Sans	29%	27%	31%	29%	26%	31%	26%	27%				
3			50%	Avec	Sans	23%	20%	26%	24%	20%	25%	20%	19%				
4			90%	Avec	Sans	20%	19%	24%	22%	17%	22%	16%	18%				
5			50%	Avec	Avec	17%	12%	21%	18%	13%	20%	13%	11%				
6			90%	Avec	Avec	11%	10%	18%	13%	7%	14%	7%	9%				
7			Avec	Fermées	50%	Sans	Sans	30%	24%	28%	30%	27%	28%	26%	24%		
8					90%	Sans	Sans	21%	20%	8%	21%	16%	9%	13%	19%		
9					50%	Avec	Sans	15%	9%	11%	16%	11%	10%	9%	8%		
10					90%	Avec	Sans	4.4%	6.1%	2.7%	7.1%	3.4%	1.6%	1.6%	4.6%		
11					50%	Avec	Avec	7%	4%	6%	8%	5%	6%	4%	3%		
12					90%	Avec	Avec	0.7%	2.0%	0.5%	2.1%	0.5%	0.2%	0.1%	0.9%		
13					Ouvrtes	Ouvrtes	50%	Sans	Sans	20%	7%	11%	20%	11%	12%	8%	5%
14							90%	Sans	Sans	1.9%	1.9%	0.5%	1.9%	0.6%	0.6%	0.3%	0.8%
15							50%	Avec	Sans	5.4%	1.6%	3.0%	6.0%	2.5%	3.3%	1.4%	0.5%
16							90%	Avec	Sans	0.3%	0.4%	0.2%	0.4%	0.0%	0.2%	0.0%	0.2%
17							50%	Avec	Avec	1.9%	0.3%	1.3%	2.3%	0.6%	1.6%	0.3%	0.0%
18							90%	Avec	Avec	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

N°	SCENARIOS					Tmax (°C)											
	Froid	Portes	Occultation	Ouverture des fenêtres		Tmax (°C)											
				De jour	De nuit	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8				
1	Sans	Fermées	50%	Sans	Sans	36.5	34.6	36.4	35.9	35.2	37.2	35.1	34.3				
2			90%	Sans	Sans	34.0	33.7	34.4	33.9	33.5	34.6	33.5	33.5				
3			50%	Avec	Sans	33.9	32.7	33.9	33.3	33.2	34.6	33.1	32.5				
4			90%	Avec	Sans	32.3	32.4	33.1	32.6	32.2	32.8	32.1	32.2				
5			50%	Avec	Avec	33.0	32.0	33.1	32.5	32.4	33.6	32.3	31.8				
6			90%	Avec	Avec	31.5	31.6	32.3	31.7	31.4	32.0	31.4	31.4				
7			Avec	Fermées	50%	Sans	Sans	33.6	32.2	32.0	33.0	32.7	32.8	32.4	32.0		
8					90%	Sans	Sans	31.4	31.5	30.6	31.3	31.3	30.7	31.1	31.3		
9					50%	Avec	Sans	32.2	31.4	31.3	31.8	31.8	31.9	31.5	31.1		
10					90%	Avec	Sans	30.6	30.8	30.4	30.8	30.7	30.2	30.4	30.7		
11					50%	Avec	Avec	31.6	31.0	31.0	31.3	31.3	31.4	31.1	30.7		
12					90%	Avec	Avec	30.2	30.4	30.0	30.3	30.2	29.9	29.9	30.2		
13					Ouvrtes	Ouvrtes	50%	Sans	Sans	31.6	30.5	30.7	31.0	30.9	31.3	30.8	30.3
14							90%	Sans	Sans	30.1	30.1	29.8	30.0	29.9	29.8	29.8	29.8
15							50%	Avec	Sans	31.0	30.3	30.4	30.6	30.5	30.9	30.4	30.0
16							90%	Avec	Sans	29.7	29.9	29.7	29.8	29.7	29.6	29.5	29.6
17							50%	Avec	Avec	30.7	30.0	30.2	30.2	30.2	30.6	30.1	29.8
18							90%	Avec	Avec	29.4	29.6	29.4	29.5	29.4	29.4	29.2	29.3

Les résultats varient fortement selon les scénarios évalués. On peut retenir de l'analyse de ces résultats que :

- + Les paramètres les plus déterminant afin de réduire l'inconfort restent le recours aux protections solaires et à la ventilation naturelle par ouverture des fenêtres.
- + Le rafraîchissement des circulations induit une baisse de l'ordre de 2.1°C de la température maximum atteinte dans les chambres. Le taux d'inconfort moyen subit une baisse de 11 points.
- + L'ouverture des portes en journée entre les chambres et les circulations permet une baisse supplémentaire de la température maximum atteinte dans les chambres de l'ordre de 1.1°C. Le taux d'inconfort moyen subit une baisse de 8 points en comparaison à une situation portes fermées.



Conformément au programme le projet prévoit le rafraîchissement des circulations (scénarios 7 à 18). Si celui-ci participe au maintien de bonnes conditions de confort dans les chambres, il est essentiel de veiller à :

- + Laisser les portes des chambres ouvertes
- + D'abaisser les volets roulants afin de limiter le rayonnement solaire
- + Ouvrir les fenêtres lorsque la température extérieure est inférieure à la température intérieure est un plus

3.3. Les études à réaliser

Demander des STD avec études paramétriques

Critère	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5	Scénario 6	Scénario 7	Scénario 8
Dépassement des 28°C intérieurs								
Durée infort (% occup.)	2,8%	1,7%	0,9%	1,3%	1,4%	2,0%	1,4%	1,4%
Durée infort (h occup.)	35 h	21 h	47 h	64 h	72 h	101 h	72 h	71 h
EN 16798-1 - Cat.I - avec brasseur								
Degré-heure	3,0 DH	6,7 DH	0,0 DH	5,0 DH	0,0 DH	0,0 DH	0,0 DH	0,0 DH
Durée infort (% occup.)	0,6%	1,1%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Intensité moy. Infort	0,4°C	0,5°C		0,5°C				
DH RE2020 - Cat.I - avec brasseur								
Degré-heure	7,9 DH	5,5 DH	5,0 DH	10,0 DH	10,3 DH	17,5 DH	10,8 DH	10,5 DH
Durée infort (% occup.)	1,2%	1,0%	0,3%	0,4%	0,4%	0,6%	0,4%	0,4%
Intensité moy. Infort	0,5°C	0,5°C	0,4°C	0,5°C	0,5°C	0,5°C	0,6°C	0,5°C
Zone de Brager								
Degré-heure	3,7 DH	28,1 DH	0,0 DH	54,1 DH	0,0 DH	1,8 DH	0,1 DH	0,1 DH
Durée infort (% occup.)	1,5%	4,4%	0,0%	2,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%
Intensité moy. Infort	0,2°C	0,5°C		0,5°C		0,2°C	0,1°C	0,1°C
Occurrences surchauffes								
Fortes surchauffe (% occup)	5,2%	8,5%	0,9%	1,9%	1,2%	1,6%	1,3%	1,2%
Moyenne surchauffe (% occup)	12,7%	6,1%	8,6%	10,0%	10,6%	12,2%	10,1%	10,5%
Faible surchauffe (% occup)	9,2%	5,4%	7,5%	8,8%	9,1%	10,0%	9,5%	9,7%
Givoni								
Durée infort (% occup.)	54,0%	57,1%	indispo	indispo	indispo	indispo	indispo	indispo

3.4. Les engagements

Méthodologie de calcul du taux d'infort selon la norme en NF EN 16798-1

Les résultats sur le confort sont basés sur la norme NF EN 16798-1 (article B.2.2) avec les paramètres suivants :

- + Température opérative à contrario de la température d'air sèche suivi par des sondes de température réparties dans les locaux. Opérative = $(T^{\circ}\text{air sèche mesurée} + T^{\circ}\text{parois})/2$
 - o Une hystérésis de 0,5°C sera donc déduit de la température d'air sèche monitorée pour être comparé aux températures opératives portées engagées selon le programme performanciel
- + Engagement sur un taux d'infort en % par rapport aux heures d'occupation du site (cf programme performanciel)
- + Prise en compte d'une vitesse d'air max < 0.5 m/s dans le cas de brasseurs d'air plafonniers



+ Température extérieure moyenne journalière glissante Θ_{rm} défini comme suit :

$$\Theta_{rm} = (\Theta_{ed-1} + 0,8 \Theta_{ed-2} + 0,6 \Theta_{ed-3} + 0,5 \Theta_{ed-4} + 0,4 \Theta_{ed-5} + 0,3 \Theta_{ed-6} + 0,2 \Theta_{ed-7})/3,8$$

où :

- Θ_{rm} est la température moyenne glissante du jour ;
 - Θ_{ed-1} est la température moyenne journalière extérieure de la veille ;
 - Θ_{ed-2} est la température moyenne journalière extérieure de l'avant-veille, etc. ;
- + Lorsque la limite haute d'inconfort est inférieure à la température extérieure, il est considéré la température extérieure comme valeur seuil à comparer à la température intérieure.

Nombre heures inconfort en **occupation** mesurée :

$$\begin{aligned} N_{heures\ inconfort} &= \sum_{\text{AVRIL}}^{\text{oCTOBRE}} (\text{Tint période occupation 10 zones} - \text{Hystérisis température air opérative} \\ &> \text{Limite haute de température basé sur la Tmoyenne glissante ext}) \end{aligned}$$

Ce nombre d'heure d'inconfort sera mesuré pour chaque site :

- Nh inconfort ABEL Primaire

Quelle demande dans un programme ?

- + En réhabilitation, imposer une étude (STD) comparant la situation initiale avec la solution envisagée. Définir clairement les hypothèses d'usages : horaires, type d'occupation, possibilité d'ouverture des fenêtres d'utilisation des protections solaires...
- + Demander des études paramétriques (0-20% à 100%) dans les STD : variation d'usage des protections solaires, de la ventilation nocturne, du taux d'occupation...
- + Imposer un indicateur et demander que la STD évalue plusieurs solutions selon cet indicateur : Normes NF EN 16798-1, Givony, Brager.
- + Dans le cadre d'un MGP, intégrer un engagement sur le confort d'été. Même si cela reste compliqué à suivre en exploitation et à pénaliser, cet engagement a surtout le mérite que le groupement mette en place des moyens performants pour le confort.



+RESET

Réseau
des établissements
de santé
en transition

 **Siège social Pôle énergie**

Maison des énergies
50 rue Paul Vinot
70400 Héricourt

03 84 22 95 25

 **Antenne Dijon Pôle énergie**

16 Boulevard Winston Churchill
21000 Dijon

03 80 59 59 60

contact.reset@pole-energie-bfc.fr