

Guide Technique



Quelles solutions pour des établissements de santé climatisés à moins de 100 kWh/m² ?

- Guide des solutions pratiques

Dominique Marchio, Sila Filfli, ARMINES - CEP
Emmanuel Fleury, Jean-Marie Alessandrini, Jean Robert Millet, CSTB
Pierre Damolis, Daniel Gourmez, ALTO ingénierie

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre Français d'Exploitation du droit de copie (3, rue Hautefeuille, 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 1er juillet 1992 - art. L 122-4 et L 122-5 et Code Pénal art. 425).

© CSTB 2008

Quelles solutions pour des établissements de santé climatisés à moins de 100 kWh/m² ?

Guide des solutions pratiques

SOMMAIRE

Choisir des cibles de performance pour atteindre un objectif de consommation annuelle inférieure à 100 kWh/m²	3	Solutions Production de chaud	37
Mode d'emploi	4	Solutions Production de froid	39
CHU compact, surface ≈ 30 000 m², 300 lits	6	Cible n° 10 : Eau chaude sanitaire	41
Maison de retraite, surface ≈ 4 000 m², 90 lits	9	Cible n° 11 : Auxiliaires	43
Cible n° 1 : Isolation des parois opaques	11	Annexe 1 - Exigences minimales considérées dans l'étude	45
Cible n° 2 : Caractéristiques des surfaces vitrées	13	Annexe 2 - Conditions de simulation	46
Cible n° 3 : Orientation du bâti	15	Annexe 3 - Systèmes de traitement	48
Cible n° 4 : Protections solaires	21	Annexe 4 - Influence de la régulation et de la Gestion Technique sur les consommations	50
Cible n° 5 : Ventilation	23	Annexe 5 - Développement durable et Haute Qualité Environnementale	52
Cible n° 6 : Téléviseurs	27	Annexe 6 - Schémas relatifs aux solutions pompes à chaleur sur nappe	53
Cible n° 7 : Eclairage	29	Annexe 7 - Ventilation des salles d'opération	54
Cible n° 8 : Réseau de distribution	33	Annexe 8 - Caractéristiques géométriques des bâtiments types	57
Cible n° 9 : Production thermo-frigorifique	35		

Remarque :

ce document s'appuie sur le rapport final qui fournit les résultats de l'ensemble des simulations.
Le lecteur intéressé pourra se procurer ce document auprès de Dominique Marchio : dominique.marchio@ensmp.fr
Pour la zone « bureaux » des bâtiments, se référer au guide « bureaux » -
« Quelles solutions pour les bâtiments de bureaux climatisés à moins de 100 kWh/m² ? »

Choisir des cibles de performance pour atteindre un objectif de consommation annuelle inférieure à 100 kWh/m²

L'étude des établissements de santé « Objectif 100 » met en évidence la nécessité d'optimiser l'ensemble des composantes du bâtiment dont notamment le système de traitement climatique afin d'avoir une consommation énergétique annuelle inférieure à 100 kWh/m². Cette consommation se rapporte à l'ensemble des usages énergétiques du bâtiment hors ECS et hors bloc opératoire sauf contre-indication : chauffage, climatisation, ventilation, éclairage, bureautique, etc.

Les consommations d'ECS et des blocs opératoires sont données à part. La surface prise en compte est la surface « utile » totale (circulations comprises). La RT 2005 exprime des exigences en kWh/m² SHON, le lecteur apportera le correctif correspondant.

Selon les chiffres clés (Chiffres clés 2005 - ADEME), le secteur de la santé représente 97 millions de m², ce qui représente 11,6 % de la superficie chauffée du secteur tertiaire. La consommation annuelle typique des bâtiments de santé est de 221 kWh/m² (y compris ECS et salles d'opération). Il existe en France 4 203 établissements hospitaliers, ce qui représente une capacité d'accueil de 465 494 lits et 48 019 places. Ils réalisent chaque année environ 120 millions de jours d'hospitalisation.

La figure 1 présente une simulation sur un hôpital ancien (239 kWh/m² hors ECS et hors salles d'opérations) qui permet d'en donner une décomposition approximative et de la comparer à celle d'un bâtiment « optimisé » consommant 100 kWh/m².

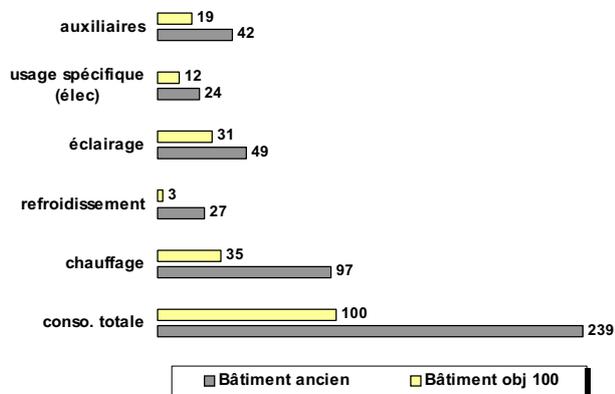


Figure 1 - Comparaison des consommations totales entre un « bâtiment ancien » et un « bâtiment objectif 100 »

La consommation d'ECS varie de 10,7 à 17,5 kWh/m² entre ancien et neuf et de 50 à 70 kWh/m² pour les salles d'opération.

Pour atteindre l'objectif de moins de 100 kWh/m², il faut agir sur tous les postes. Des cibles chiffrées de haute performance ont été définies au cours de l'étude :

- pour les différentes composantes du bâtiment : isolation, caractéristiques du vitrage, etc.
- pour les différents équipements techniques : groupes frigorifiques, chaudières, etc.

L'objectif du présent guide (1) est de préciser les solutions techniques disponibles permettant d'atteindre un objectif de consommation. On chiffrera leur impact en matière de consommation énergétique globale du bâtiment et ce indépendamment de leur coût de mise en œuvre et d'exploitation.

Pour différents types de bâtiment, un certain nombre de cibles devront être atteintes. Le tableau suivant liste les différentes cibles traitées dans ce document :

Conception de l'enveloppe	Isolation des parois opaques	Cible n° 1
	Caractéristiques des surfaces vitrées	Cible n° 2
	Orientation	Cible n° 3
	Protections solaires	Cible n° 4
	Ventilation	Cible n° 5
Charges internes	Téléviseurs	Cible n° 6
	Éclairage	Cible n° 7
Solutions techniques	Réseau de distribution	Cible n° 8
	Production thermo-frigorifique	Cible n° 9
	Eau chaude sanitaire	Cible n° 10
	Auxiliaires	Cible n° 11

L'utilisateur du guide en fonction de son projet doit d'abord choisir entre deux types de bâtiments (représentatifs du parc français). Le premier type correspond à un hôpital de grande surface égale à 30 450 m². Le deuxième type correspond à une maison de retraite d'une surface égale à 3 900 m². La description géométrique est donnée dans l'annexe 8.

TYPE 1	Hôpital de grande surface ~ 300 lits. Chambres climatisées en périphérie - locaux techniques aveugles.
TYPE 2	Maison de retraite de surface moyenne ~ 90 lits. Salles communes climatisées.

Un nombre limité de systèmes a été considéré au cours de l'étude

	VC*	DAC**	SPLIT
Type 1	x	x	
Type 2	x		x

* Ventil-convecteurs, ** Débit d'air constant

1 Ce guide donne des moyens de limiter les consommations d'énergie des établissements de santé à différents niveaux de performance, son usage étant fondé sur le respect d'un ensemble de cibles selon la performance recherchée. Le guide étant établi à partir de travaux de modélisation moyennant la définition d'hypothèses, les niveaux de performance sont des ordres de grandeur ; pour un projet précis les consommations pourront s'écarter des performances affichées. De plus, le respect de toutes les cibles pourra ne pas être possible dans certains projets.

Mode d'emploi

Les tableaux suivants représentent les recommandations minimales nécessaires pour atteindre les objectifs. Ces recommandations sont classées tout d'abord par bâtiment, ensuite par système dans deux régions climatiques représentatives.

Plus précisément, on lit en tête de page, encadré, le type de bâtiment ; ensuite, deux tableaux (un par météo) pour les systèmes envisagés.

Chaque colonne correspond à un niveau d'objectif de consommation. Les cases grises indiquent qu'il faut nécessairement atteindre la cible correspondante pour respecter l'objectif. Une case blanche implique un respect des exigences minimales présentées page 45 (moins exigeantes que les cibles). Un jeu de couleur représente l'ordre prioritaire dans le choix des cibles.

La consommation minimale, toujours exprimée en kWh d'énergie payante annuelle et par mètre carré de surface utile, est obtenue avec l'exigence maximale sur toutes les cibles. Celle-ci est donnée à gauche du tableau. On indique le nombre de cibles supplémentaires à respecter. Ces dernières sont classées par ordre de priorité.

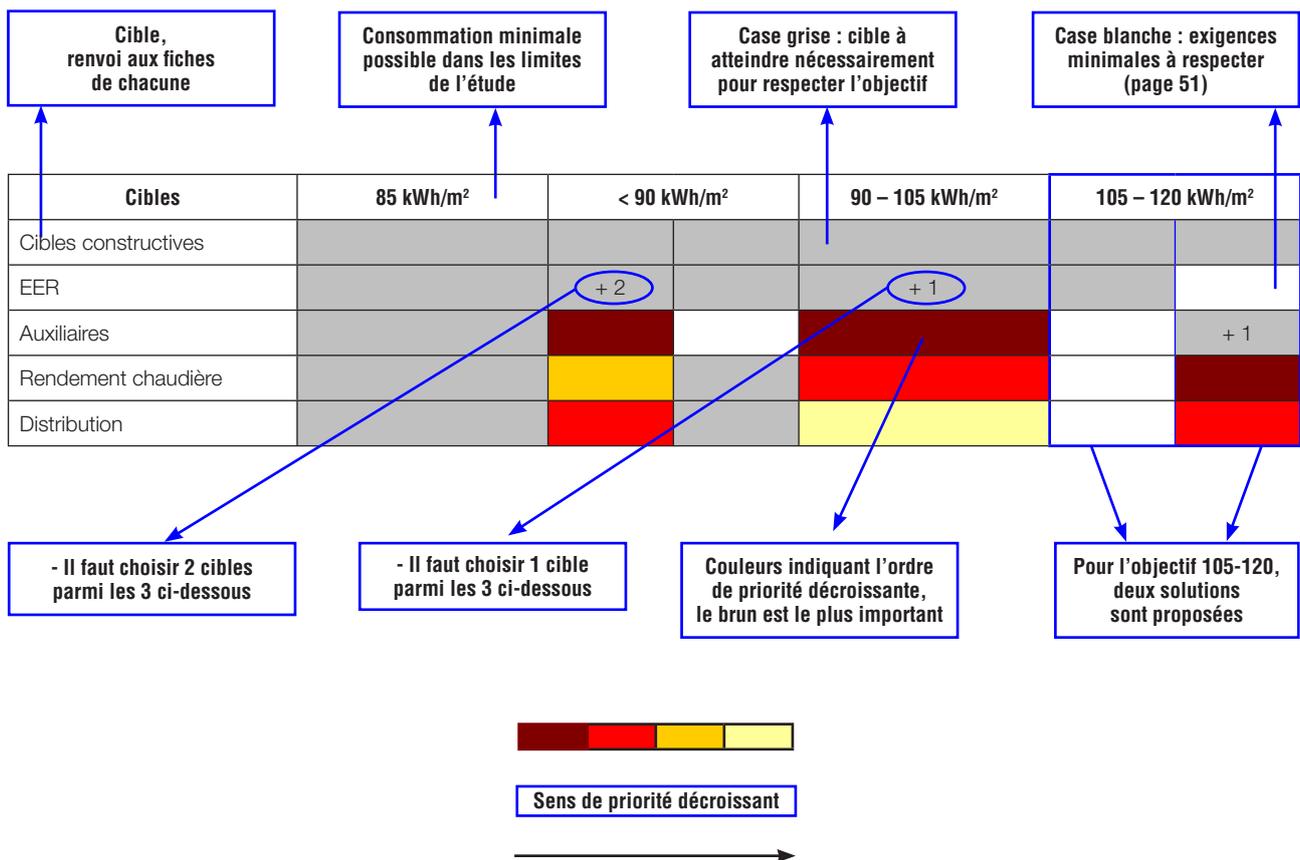


Tableau 1 - Mode d'emploi des tableaux

Exemple d'utilisation :

Une fois choisi le type de bâtiment et le type de système installé, on se reporte au tableau correspondant (1, 2) et au système choisi. Pour chaque paramètre, une « Cible » est détaillée ultérieurement. Chaque tableau se traduit comme suit :

- la consommation annuelle minimale (solution la plus exigeante dans les limites de l'étude) est donnée à la première colonne. Pour l'exemple considéré, cette consommation est de 85 kWh/m² ;
- **pour atteindre l'objectif < 90 kWh/m²**, le tableau propose deux solutions indépendantes :
 - première solution, il faut être exigeant sur les sept cibles constructives : Cibles 1 à 7 (parois opaques, surfaces vitrées, orientation, protections solaires, ventilation, téléviseurs, éclairage), il faut être exigeant sur la cible « EER » et sur deux paramètres parmi les trois derniers (auxiliaires, rendement de chaudière, distribution). Ces trois paramètres sont classés par jeu de couleurs. Ceci se lit comme suit : l'exigence sur le paramètre « auxiliaires » (en brun) est plus efficace que l'exigence sur le « rendement de chaudière » (en rouge) qui, à son tour, est plus efficace que l'exigence sur le paramètre « distribution » (en orange),
 - deuxième solution, il faut être exigeant sur dix paramètres : Les sept cibles constructives et les trois autres (EER, rendement chaudière, distribution) ;
- pour atteindre l'objectif 90-105 kWh/m², le tableau propose une seule solution : il faut être exigeant sur neuf paramètres : les sept cibles constructives, la cible « EER » et un paramètre parmi les trois derniers (auxiliaires, rendement chaudière, distribution) - même jeu de couleurs ;
- pour atteindre l'objectif 105-120 kWh/m², le tableau propose deux solutions indépendantes :
 - première solution, il faut être exigeant sur huit paramètres : les sept cibles constructives et la cible « EER » ;
 - deuxième solution, il faut être exigeant sur neuf paramètres : les sept cibles constructives, la cible « auxiliaires » et un paramètre parmi les deux derniers (rendement chaudière, distribution) - même jeu de couleurs.

1 CHU compact, surface $\approx 30\,000\text{ m}^2$, 300 lits

Deux systèmes sont traités :

1 – groupe frigorifique (GF) + chaudière à gaz (CG)

2 – thermo-frigo-pompe (THFP)

La consommation totale ne prend pas en compte les consommations des salles d'opérations. L'ECS n'est pas incluse dans la consommation totale car elle peut être très différente d'un établissement à l'autre, elle est donnée à part. La consommation est toujours exprimée par m^2 du bâtiment. Les cibles constructives (cibles 1 à 7) doivent être toujours respectées.

Systeme 1 – GF + Ch

Groupe frigorifique GF + chaudière à gaz CG pour la production (pour l'ECS aussi)

Ventilo-convecteurs 4 tubes VC4 pour les unités terminales

Centrale à débit d'air constant DAC dans les salles d'opérations S.OP.

Trappes

Cibles	102 kWh/m ² « minimum atteint »	102 – 120 kWh/m ²
Cibles constructives		+3
EER		
Auxiliaires		
Rendement chaudière		
Distribution		

Nice

Cible	89 kWh/m ² « minimum atteint »	89 – 105 kWh/m ²		105 – 120 kWh/m ²		
Cibles constructives						
EER						
Auxiliaires		+1				+1
Rendement chaudière						
Distribution						

Mode d'emploi : pages 4 et 5

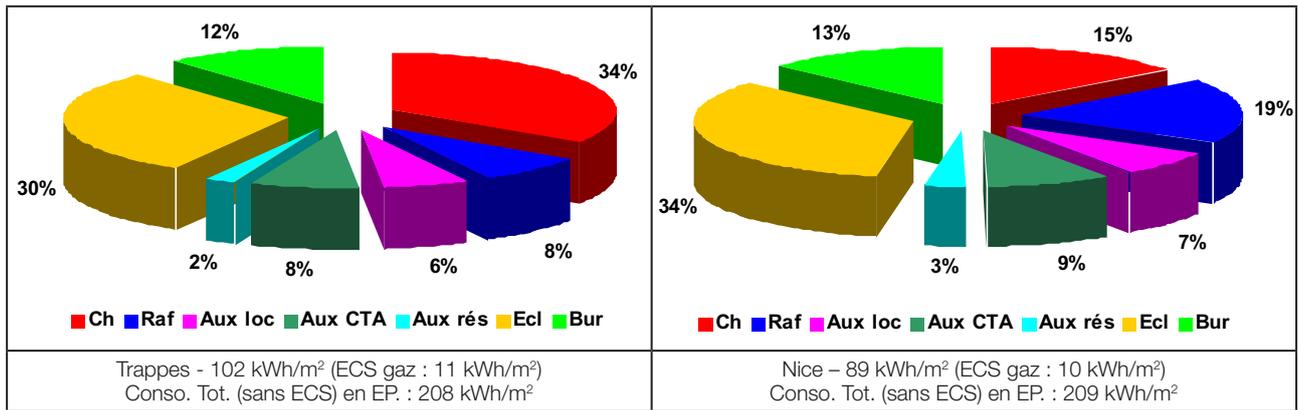


Figure 2 - Répartition des consommations annuelles (hors ECS) - solution optimale

Légende :

Ch : chauffage

Raf : rafraîchissement

Aux loc : auxiliaires locaux (des unités terminales)

Aux CTA : auxiliaires des centrales de traitement d'air (pour l'air neuf)

Aux rés : auxiliaires des réseaux de distribution

Ecl : éclairage

Bur : usage spécifique électrique (bureautique)

Conso tot : consommation totale

EP : énergie primaire

Système 2 – THFP

Thermo-frigo-pompe THFP pour la production, préchauffage ECS par récupération, appoint électrique ECS

Ventilo-convecteurs 4 tubes VC4 pour les unités terminales

Centrale à débit d'air constant DAC dans les salles d'opérations S.OP.

Trappes

Cible	71 kWh/m ² « minimum atteint »	70 - 90 kWh/m ²	90 - 95 kWh/m ²
Cibles constructives			
EER			
Auxiliaires			
Distribution			

Nice

Cible	70 kWh/m ² « minimum atteint »	70 - 90 kWh/m ²	90 - 95 kWh/m ²
Cibles constructives			
EER			
Auxiliaires			
Distribution			

Mode d'emploi : pages 4 et 5

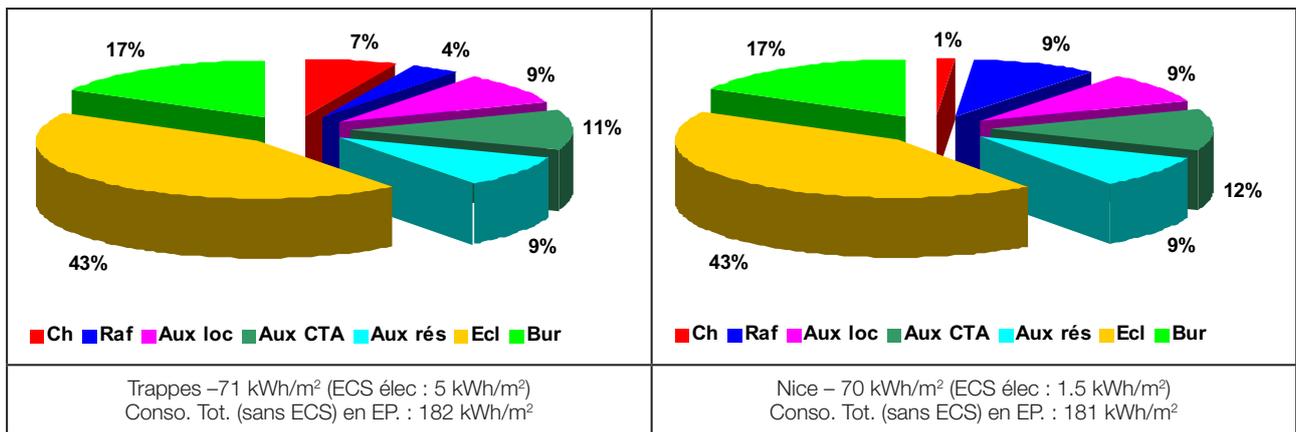


Figure 3 - Répartition des consommations annuelles (hors ECS) - Solution optimale

2 Maison de retraite, surface ≈ 4 000 m², 90 lits

Deux systèmes sont envisagés :

- 1 – groupe frigorifique (GF) + chaudière à gaz (CG)
- 2 – Split + chaudière à gaz (CG)

Les salles communes représentent 14,7 % de la surface totale. Les résultats sont présentés par rapport au m² du bâtiment. L'ECS n'est pas incluse dans la consommation totale, elle est donnée à part.

Systeme 1 - GF + Ch

Groupe frigorifique GF + chaudière à gaz CG pour la production (pour l'ECS aussi)

Ventilo-convecteurs 4 tubes VC4 pour les unités terminales dans les salles communes et VC 2 tubes ailleurs (pas de rafraîchissement)

Trappes

Cible	108 kWh/m ² « minimum atteint »	108 - 120 kWh/m ²
Cibles constructives		
EER		
Auxiliaires		
Rendement chaudière		
Distribution		

Nice

Cible	67 kWh/m ² « minimum atteint »	67 - 70 kWh/m ²	70 - 80 kWh/m ²
Cibles constructives			+2
EER			
Auxiliaires			
Rendement chaudière			
Distribution			

Mode d'emploi : pages 4 et 5

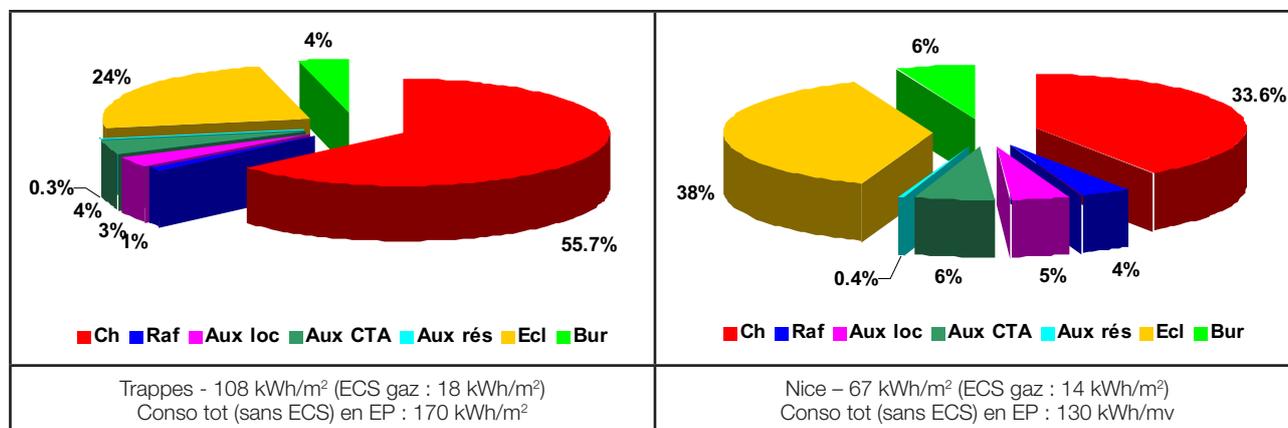


Figure 4 - Répartition des consommations annuelles (hors ECS) - Solution optimale

Système 2 – Split

Système Split pour les salles communes + chaudière à gaz CG pour la production (pour l'ECS aussi) et VC 2 tubes ailleurs (pas de rafraîchissement)

Trappes

Cible	101 kWh/m ² « minimum atteint »	101 - 115 kWh/m ²	
Cibles constructives			
EER			
Auxiliaires			
Rendement chaudière			
Distribution			

Nice

Cible	67 kWh/m ² « minimum atteint »	67 - 70 kWh/m ²	70 - 80 kWh/m ²	
Cibles constructives				+2
EER				
Auxiliaires				
Rendement chaudière				
Distribution				

Mode d'emploi : pages 4 et 5

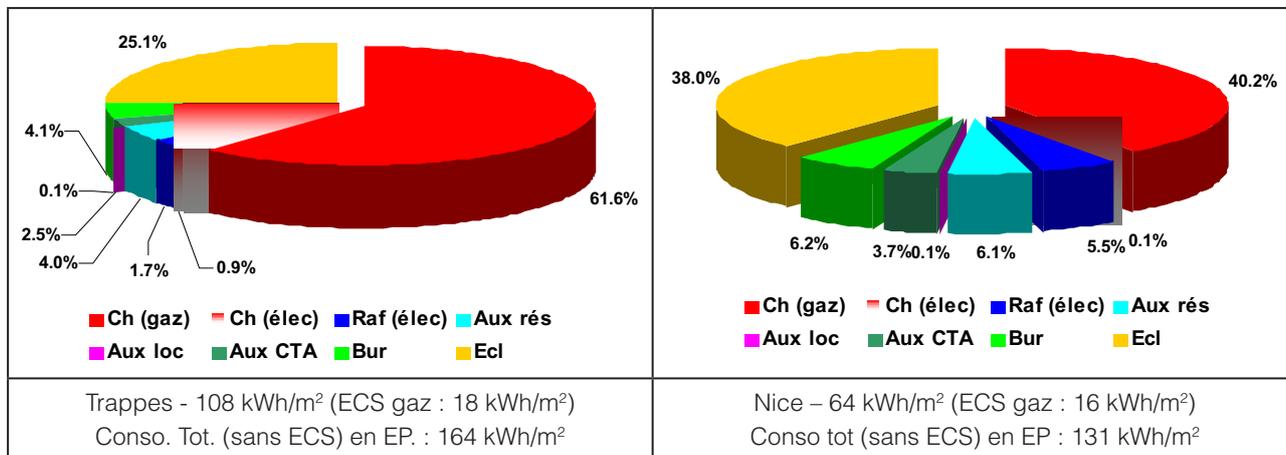
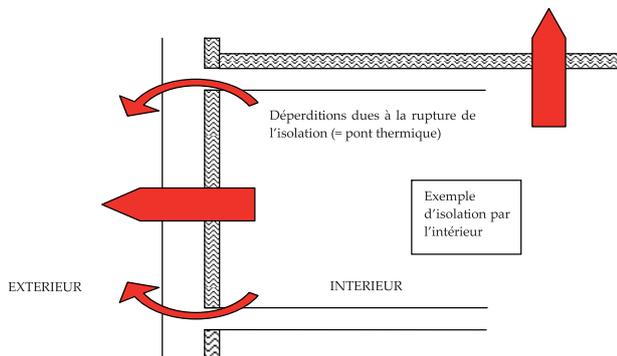


Figure 5 - Répartition des consommations annuelles (hors ECS) - solution optimale

Cible n° 1 : Isolation des parois opaques

Contexte technique

L'isolation d'un bâtiment implique le traitement des parois déperditives et celui des linéiques (ponts thermiques) qui correspondent à des ruptures de l'isolation surfacique :



<p>Exigences Objectif 100</p> <ul style="list-style-type: none"> - U de 0,4 W/(m².K) ponts thermiques inclus pour les parois opaques verticales - U de 0,2 W/(m².K) ponts thermiques inclus pour les toitures

Solutions techniques disponibles

Traitement surfacique des parois opaques verticales

L'objectif conduit à une résistance thermique R (²) égale à 2,6 (m².K)/W, si les ponts thermiques représentent environ 10 % des déperditions de la façade.

Cette performance peut être atteinte par la mise en œuvre de 100 mm d'un isolant de conductivité thermique (λ) égale à 0,04 W/(m.K).

Si les ponts thermiques sont plus importants, il convient d'augmenter l'épaisseur à mettre en œuvre et/ou d'utiliser un produit présentant une meilleure conductivité.

Différents types d'isolant peuvent être mis en œuvre :

- polystyrène expansé, polystyrène extrudé ;
- laine de roche ;
- polyuréthane.

Notes sur le classement au feu des matériaux d'isolation

La détermination du classement de réaction au feu de matériau se fait à partir d'essais normalisés, les matériaux sont classés suivant les Euroclasses de A à F (A1, A2, B, C, D, E et F).

L'Euroclasse A qualifie un produit ne contribuant pas ou très peu au développement du feu (en première approche équivalent au classement M0).

2 Le coefficient de déperditions surfaciques (U) correspond à l'inverse de la somme des résistances thermiques (R_k) des différents matériaux constituant la paroi augmentée des résistances superficielles entre l'air extérieur et la paroi (R_{se}) et l'air intérieur et la paroi (R_{si}) :

$$U = \left(R_{se} + \sum_k R_k + R_{si} \right)^{-1}$$

L'Euroclasse E qualifie des produits ayant une réaction au feu « acceptable » (capables de résister pendant une courte période à l'attaque d'une petite flamme).

L'Euroclasse F correspond à des matériaux n'ayant démontré aucune performance au feu.

Pour mémoire les anciennes dénominations des classes de réaction étaient :

- M0 : Incombustible*
- M1 : Combustible non inflammable*
- M2 : Combustible difficilement inflammable*
- M3 : Combustible moyennement inflammable*
- M4 : Combustible facilement inflammable*

* Ces définitions sont données à titre indicatif sans référence à quelque texte législatif que ce soit.

Les matériaux à base de mousse de polyuréthane sont (sauf exception) classés F (ex M4) et ne peuvent donc être mis en œuvre sans protection dans les bâtiments recevant du public.

Le règlement de sécurité incendie relatif aux établissements recevant du public précise que les matériaux isolants mis en œuvre en contact direct avec l'air doivent être de catégorie M1.

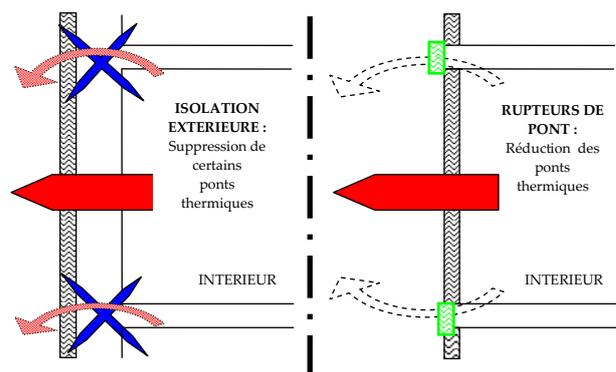
Par contre si le matériau isolant (bien que non classé M1) est protégé par « un écran thermique » sa mise en œuvre en ERP est possible.

Le recours à des complexes à base de polyuréthane est donc possible pour les bâtiments des établissements de santé qu'ils comportent ou pas des zones accessibles au public.

Traitement des ponts thermiques

- La mise en place d'une isolation par l'intérieur crée une interruption de l'isolation au niveau des liaisons avec les parois intérieures (planchers et refends), interruption qui génère des ponts thermiques.

Le traitement des ponts thermiques est nécessaire afin d'éviter une détérioration trop importante du niveau d'isolation mis en œuvre. Des procédés de traitement des ponts thermiques sont en cours de développement, toutefois toute solution doit bénéficier d'une évaluation par un groupe d'experts compétents avant sa mise sur le marché.



- La mise en place d'une isolation extérieure constitue une solution visant à diminuer l'impact des liaisons avec les parois intérieures. Il convient cependant de corriger thermiquement les encadrements de baies. Cette solution ne constitue toutefois pas le mode d'isolation thermique prédominant. Le recours à des produits certifiés doit être privilégié.

Traitement de la toiture

L'objectif conduit à une résistance thermique égale à $5,3 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$, si les ponts thermiques représentent environ 10 % des déperditions de la toiture.

Cette performance peut être atteinte par la mise en œuvre de 200 mm d'un isolant de conductivité thermique (λ) égale à $0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

Différents types d'isolant peuvent être mis en œuvre :

- polystyrène expansé ;
- polyuréthane.

Traitement des planchers bas

La mise en place d'un complexe isolant composé de 110 mm de laine de roche et de 15 mm de fibres en sous-face d'un plancher béton de 200 mm donne un coefficient U de $0,30 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$.

Cette isolation assure souvent trois fonctions :

- l'isolation thermique ;
- l'isolation acoustique ;
- la protection au feu.

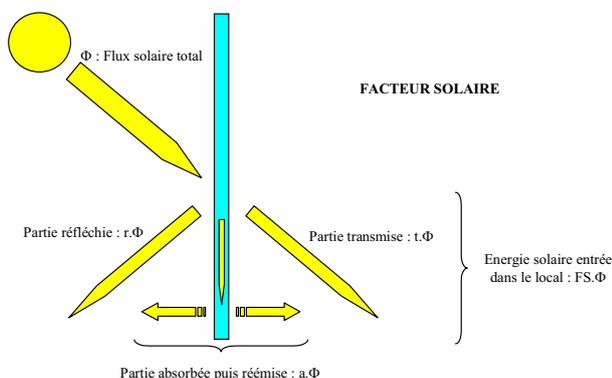
Cible n° 2 : Caractéristiques des surfaces vitrées

Contexte technique

Les bâtiments actuels comportent de plus en plus de surfaces vitrées. Les caractéristiques des baies utilisées sont :

- la valeur de leur coefficient U_w ⁽³⁾ caractérisant leur niveau d'isolation ;
- le facteur solaire du vitrage qui influe directement sur les besoins de climatisation du bâtiment ;
- ses caractéristiques lumineuses qui influencent les consommations d'éclairage artificiel dans les différents locaux. La transmission lumineuse du vitrage doit être élevée afin de profiter pleinement de l'éclairage naturel.

Lorsque le facteur solaire du vitrage devient très faible, le coefficient de transmission lumineuse de celui-ci diminue. Il s'agit donc de trouver le bon compromis entre les caractéristiques énergétiques du vitrage et ses caractéristiques lumineuses.



Exigences Objectif 100

- U_w de $2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ pour les surfaces vitrées
- Facteur solaire du vitrage de 0,6
- Transmission lumineuse de 0,6
- Protections solaires extérieures mobiles

Solutions techniques disponibles

Isolation thermique

Des solutions existent pour atteindre l'objectif d'un coefficient U_w de $2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ pour l'ensemble « menuiserie et vitrage » :

- menuiserie aluminium à rupture de pont thermique, un seul vantail ouvrant à la française avec :
 - double vitrage peu émissif, $\varepsilon = 0,03$, 4/16/4 remplissage argon, avec un coefficient U_g ⁽⁴⁾ de $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,
 - cadre présentant un U_f ⁽⁵⁾ de $3,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- menuiserie en PVC, un seul vantail ouvrant à la française avec :
 - double vitrage peu émissif, $\varepsilon = 0,16$, 4/16/4 remplissage argon, avec un coefficient U_g de $1,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,
 - cadre présentant un U_f de $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Il convient cependant de noter que l'usage de menuiseries PVC est peu répandu dans les grands bâtiments.

Références :

Liste de fabricants sur le site Batiproduits

<http://fabricants-btp.batiproduits.com/menuiseries-exterieures/produits-verriers?id=1023787655>

Les principaux fabricants de vitrage sont les suivants :

Glaverbel : <http://www.myglaverbel.com>

Pilkington : <http://www.pilkington.com>

Saint Gobain : <http://www.saint-gobain-vitrage.com/fr/index.html>

Schott : <http://www.schott.com/architecture/french/products/fire.html>

³ U_w : Coefficient de transmission surfacique de l'ensemble Vitrage + Menuiserie.

⁴ U_g : Coefficient de transmission surfacique du vitrage

⁵ U_f : Coefficient de transmission surfacique de la menuiserie seule

Cible n° 3 : Orientation du bâti

Contexte technique

Selon la vocation d'un ouvrage, les facteurs déterminant son orientation optimale sont l'ensoleillement et les vents dominants. Les informations nécessaires sont respectivement fournies par l'héliodrom et la rose des vents.

Héliodrom

Il informe sur la trajectoire du soleil, il est fonction du site de conception et permet un choix raisonné d'implantation ainsi que l'optimisation des protections solaires. Dans un site donné, il est utile d'y intégrer les masques formés par le relief ou d'autres bâtiments.

Le soleil procure de la lumière et de la chaleur. Ces deux apports peuvent être des avantages ou des inconvénients selon les cas (destination de l'espace intérieur, orientation des parois extérieures, etc.).

Rose des vents

Elle donne, pour un site dégagé, la vitesse et la fréquence des vents pour toutes les directions.

Le bâtiment constitue un obstacle au passage du vent, il modifie l'écoulement de l'air. Ces modifications entraînent la création de zones de dépression et de surpression valorisables pour la ventilation naturelle des locaux, à condition d'optimiser l'orientation du bâtiment et l'agencement des espaces intérieurs pour permettre :

- le positionnement d'entrée d'air dans le bâtiment dans les espaces opportuns (zone de surpression) ;
- l'écoulement naturel et maîtrisé de l'air à travers le bâtiment (architecture traversante, atrium permettant l'évacuation de l'air vers des sorties placées dans des zones en dépression)...

Une attention particulière doit être portée à l'implantation des entrées et hall d'accueil pour limiter les effets du vent notamment en période hivernale.

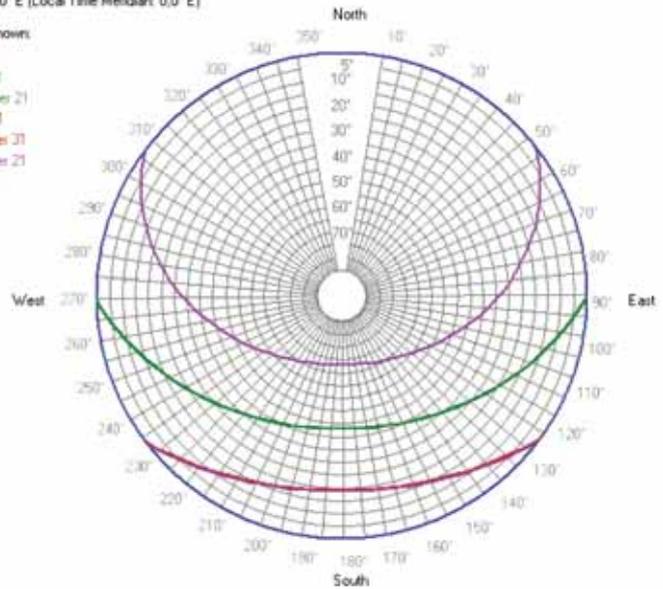
La mise en œuvre de sas, portes « Tambour » ou de rideaux d'air chaud permet de s'affranchir des phénomènes de courants d'air.

Pour affiner le comportement du vent autour d'un bâtiment, il peut être utile de recourir à une simulation aérodynamique (CFD).

Location: Trappes (TRY) (France)
Latitude: 48.8° N
Longitude: 2.0° E (Local Time Meridian: 0.0° E)

Sun Paths Shows

- June 21
- March 21
- September 21
- January 1
- December 31
- December 21



Valeurs trihoraires de 00 à 21 heures UTC des mois de janvier à décembre

Anémomètre à 10 m au dessus du sol

Fréquence des vents en fonction de leur provenance en %

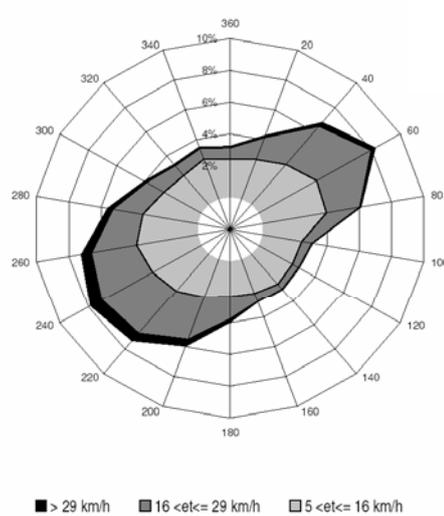


Tableau de répartition

Nombre de cas observés : 87664
Nombre de cas manquants : 0

Dir.	5 <= v <= 16 km/h	16 <= v <= 29 km/h	> 29 km/h	Total
020	2.7	1.5	0.1	4.3
040	3.3	3.1	0.3	6.8
060	4.1	3.8	0.2	8.2
080	4.0	2.1	+	6.1
100	2.4	0.6	+	3.1
120	2.4	0.5	+	2.8
140	2.5	0.4	+	3.0
160	2.3	0.6	+	3.0
180	2.3	1.5	0.2	3.9
200	2.6	2.9	0.5	5.9
220	3.1	3.6	0.6	7.3
240	3.5	3.6	0.8	7.8
260	3.8	2.8	0.6	7.2
280	3.4	1.9	0.3	5.6
300	2.7	1.2	0.1	4.0
320	2.4	0.8	+	3.3
340	2.7	0.7	+	3.5
360	2.4	0.8	+	3.2
Total	52.6	32.4	4.1	89.1
≤ 5 km/h				10.9

Dir. : Direction d'où vient le vent en rose de 360 degrés: 90 = Est, 180 = Sud, 270 = Ouest, 360 = Nord.
Le signe + indique une fréquence non nulle mais inférieure à 0.1%

Exigences Objectif 100

L'orientation des « façades principales des chambres » nord/sud est préférable si le site le permet.

Positionner le plateau technique en zone centrale.

Positionner la zone administrative sur les façades non ensoleillées.

Positionnement des locaux dans le bâtiment

- Positionner le plateau technique en zone centrale pour limiter l'influence des conditions extérieures sur l'ambiance intérieure qui doit répondre à des exigences très spécifiques (cf. annexe « *typologie des salles d'opérations* »).
- Les faibles besoins en éclairage des salles de radiologie permettent de les placer de préférence en zone centrale ou sur les façades non ensoleillées.
- Positionner la zone administrative sur les façades non ensoleillées afin d'éviter les apports solaires dans cette zone qui est déjà caractérisée par de forts apports internes.
- Positionner la zone hébergement sur les façades ensoleillées afin de profiter des apports solaires. En outre, le fait que les chambres soient systématiquement équipées de systèmes d'occultation extérieure permet de limiter l'impact du soleil en période estivale.

Si on choisit de ne pas climatiser les chambres des hôpitaux, quelle est la meilleure orientation de ces zones ?

Hôpital

La possibilité de ne pas prévoir de rafraîchissement dans les chambres est étudiée, ces zones étant habituellement non climatisées dans les hôpitaux français. On mesure les conséquences de ce choix, par le dépassement des conditions de confort. En fonction de l'ampleur des dérives obtenues, on conclura sur la pertinence de ce choix.

La comparaison des trois solutions sera donnée en termes de dépassement de consigne dans les chambres non climatisées.

A Trappes :

On étudie deux types de bâtiment, le bâtiment avec des solutions constructives optimales puis le même bâtiment avec des débits d'air neuf plus importants, une étanchéité faible et une forte transmittance thermique des baies. Dans les deux cas, les protections solaires sont fermées. Les fenêtres sont supposées ouvertes en cas de surchauffe dans la zone des circulations qui n'est pas traitée. (On considère 2 volumes d'air par heure pour Trappes et 4 volumes par heure pour Nice.)

- Bâtiment de base

Ventilateurs CTA : 500 Pa, rendement = 0,7.

- Bâtiment avec des paramètres modifiés (bâtiment moins étanche)

Ces valeurs sont prises à titre d'exemple dans le seul but d'étudier la sensibilité. La question est de savoir si une moindre isolation des baies et une plus faible étanchéité permettent de limiter les surchauffes d'été dans les chambres sans rafraîchissement.

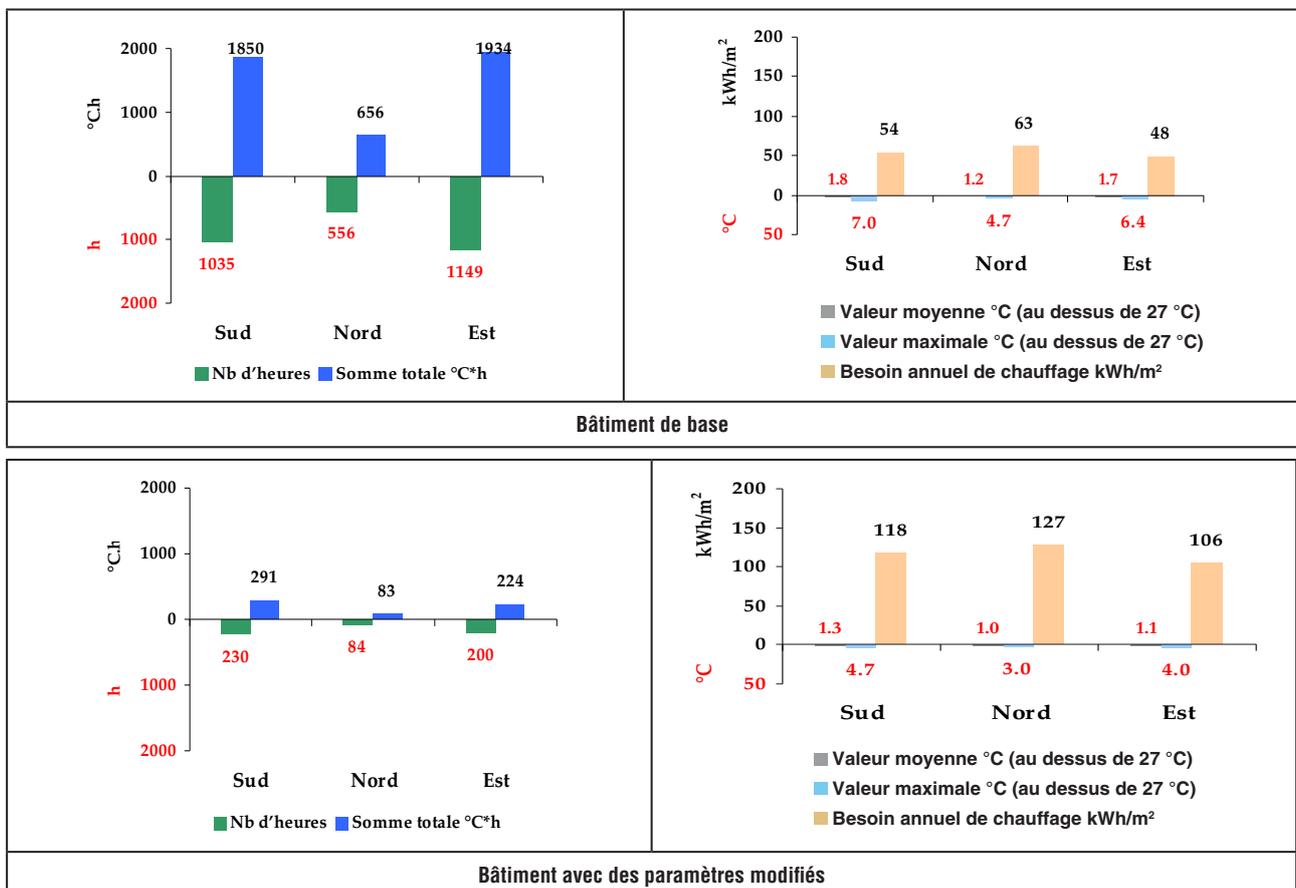
U des baies : 2.6 W/(m².K) au lieu de 2 W/(m².K)

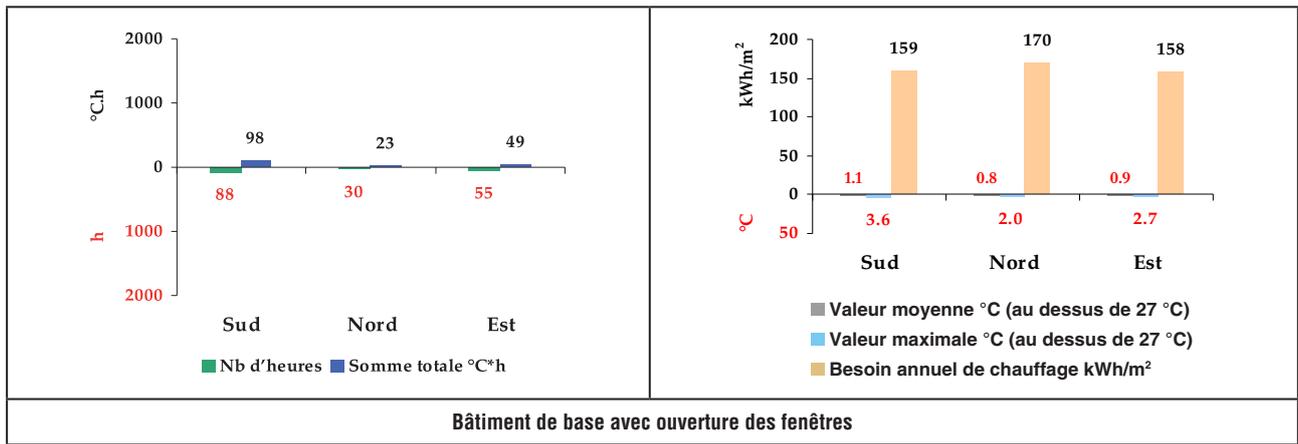
Perméabilité du bâtiment : 2,4 au lieu de 1,2 (m³ /h/m²)

Ventilation 30 m³/h par personne au lieu de 18 m³/h par personne.

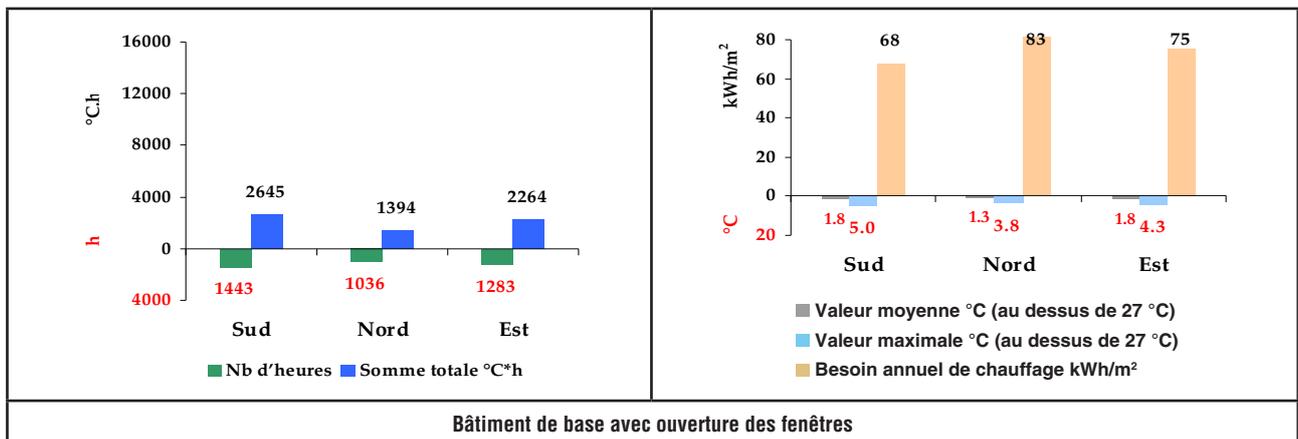
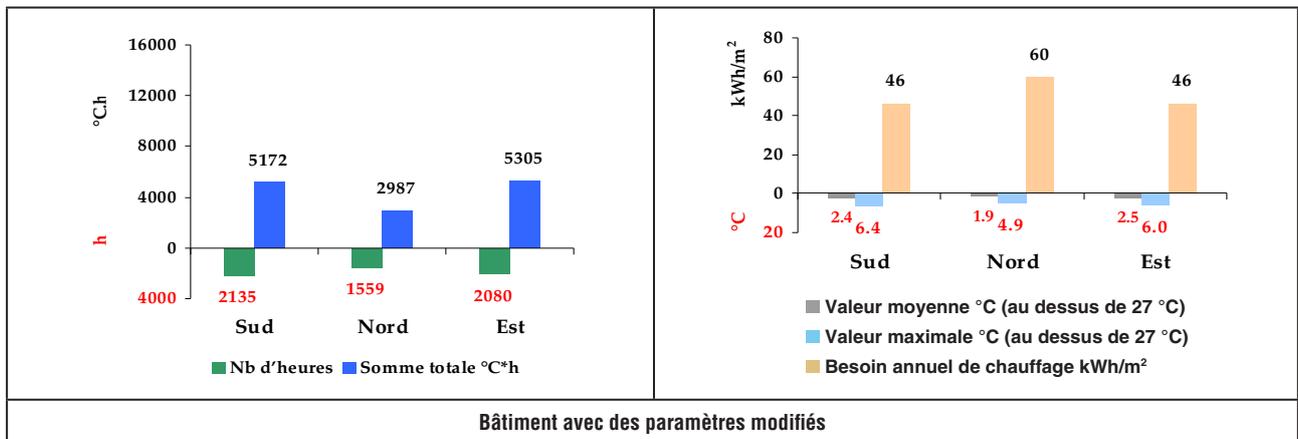
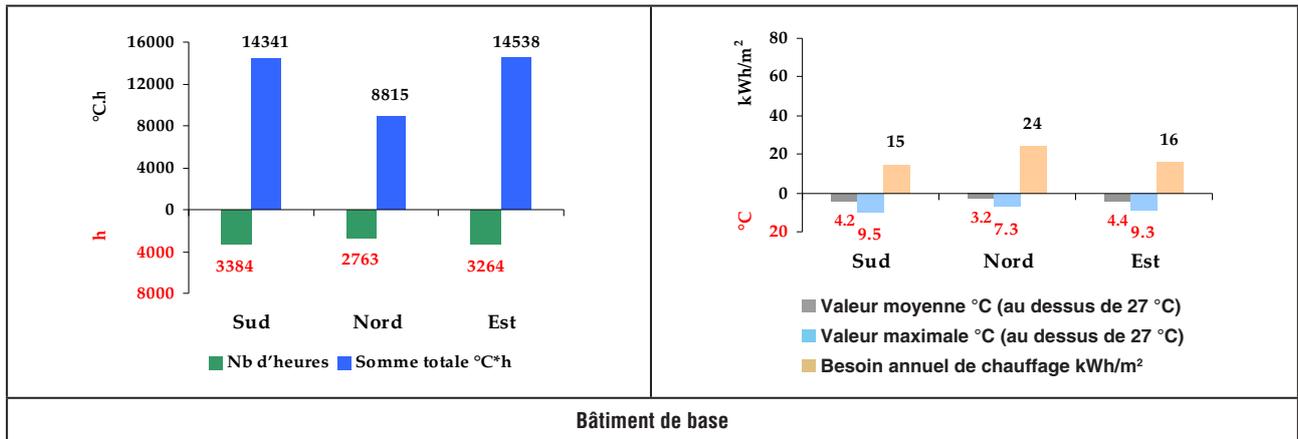
- Bâtiment de base avec ouverture des fenêtres

Comme pour le bâtiment de base mais avec une gestion d'ouverture de fenêtres moyenne dans les chambres (2 vol /h). On donne ci-après, pour les trois cas, les dépassements de température dans les chambres par rapport à Ti = 27 °C : le nombre d'heures de dépassements, la somme totale °C*h, la valeur moyenne de dépassement, la valeur maximale par rapport à 27 °C et le besoin annuel de chauffage par m² des zone orientées sud, nord ou est.





A Nice :



Bâtiment de base

Les résultats supposent une absence de possibilité d'ouverture de fenêtre ou de sur-ventilation par l'intermédiaire des circulations. Ils correspondent donc à des valeurs très élevées mais qui montrent l'importance des apports dans des surfaces très réduites. Il faut également noter que l'usage des équipements se fait 7 jours sur 7.

Bâtiment avec des paramètres modifiés (bâtiment moins étanche)

Bien que les nouvelles valeurs de transmittance thermique faible et l'étanchéité faible réduisent les heures d'inconfort d'été, elles ne sont pas recommandables. On constate que les besoins de chauffage ont augmenté largement.

Les résultats montrent également la nécessité de rafraîchir les chambres à Nice et à Trappes, les surchauffes dans celles-ci étant très importantes (35 °C).

Ces résultats ne sont pas généralisables, il est possible qu'un bâtiment particulier ayant des conditions d'utilisation ou pouvant admettre une sur-ventilation⁽⁶⁾, ne dispose pas d'un système de rafraîchissement.

Il faut noter aussi que les simulations ne reflètent que les résultats d'un comportement « non réactif » de l'utilisateur, les scénarios de ventilation, d'éclairage et de position des protections solaires étant figés.

Bien évidemment, une surchauffe d'une telle ampleur n'est pas supportable et les occupants auront recours à l'ouverture de fenêtres si le niveau de bruit et la hauteur le permettent.

Bâtiment de base avec ouverture des fenêtres

Même avec cette solution, des heures de surchauffe importantes sont enregistrées. En parallèle, le besoin de chauffage

augmente par rapport au cas de base du fait d'ouverture des fenêtres inappropriée. Les fenêtres sont supposées ouvertes dès que la température intérieure dépasse 25 °C.

Il est donc conseillé d'orienter les « façades principales des chambres » nord/sud, de positionner le plateau technique en zone centrale et de positionner la zone administrative sur les façades non ensoleillées. Ceci doit être accompagné d'une installation de système de climatisation afin d'assurer le confort des occupants.

Maison de retraite

– Bâtiment de base

Ventilateurs CTA : 500 Pa, rendement = 0,7.

– Bâtiment avec des paramètres modifiés (bâtiment moins étanche)

Ces valeurs sont prises à titre d'exemple dans le seul but d'étudier la sensibilité. La question est de savoir si une plus faible étanchéité permet de limiter les surchauffes d'été dans les chambres sans rafraîchissement.

Perméabilité du bâtiment : 2,4 au lieu de 1,2 (m³/h/m²). Ventilation 30 m³/h par personne au lieu de 18 m³/h par personne.

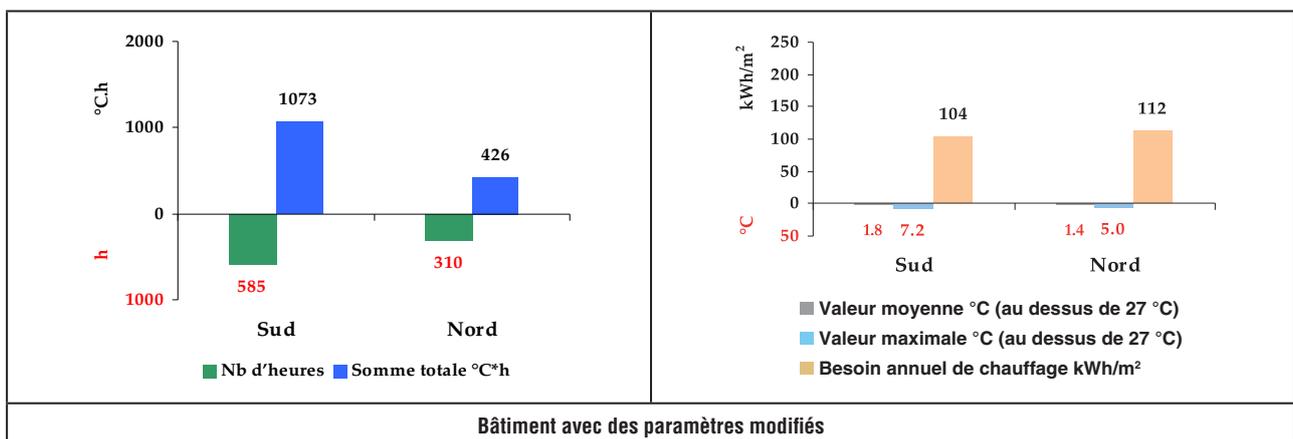
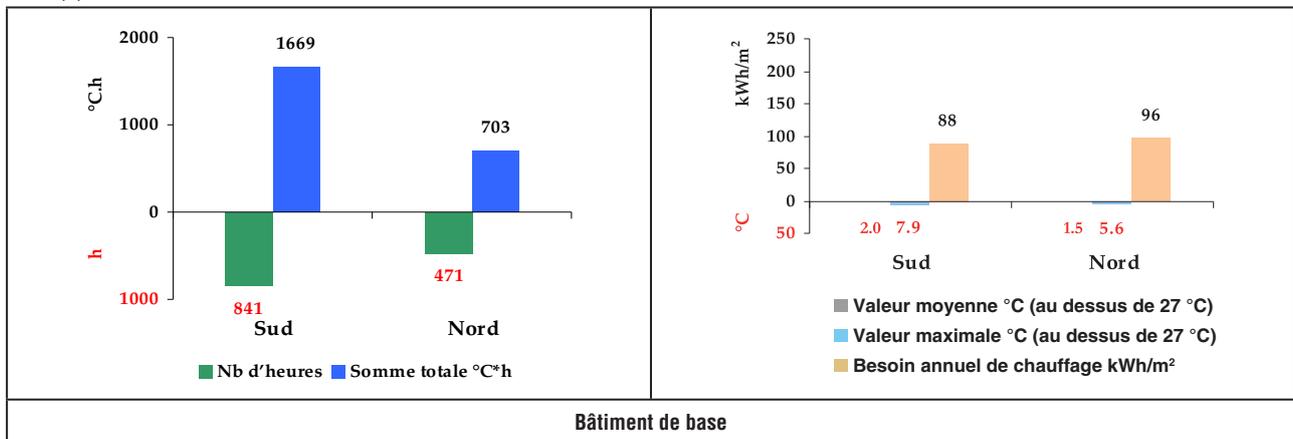
– Bâtiment de base avec ouverture des fenêtres

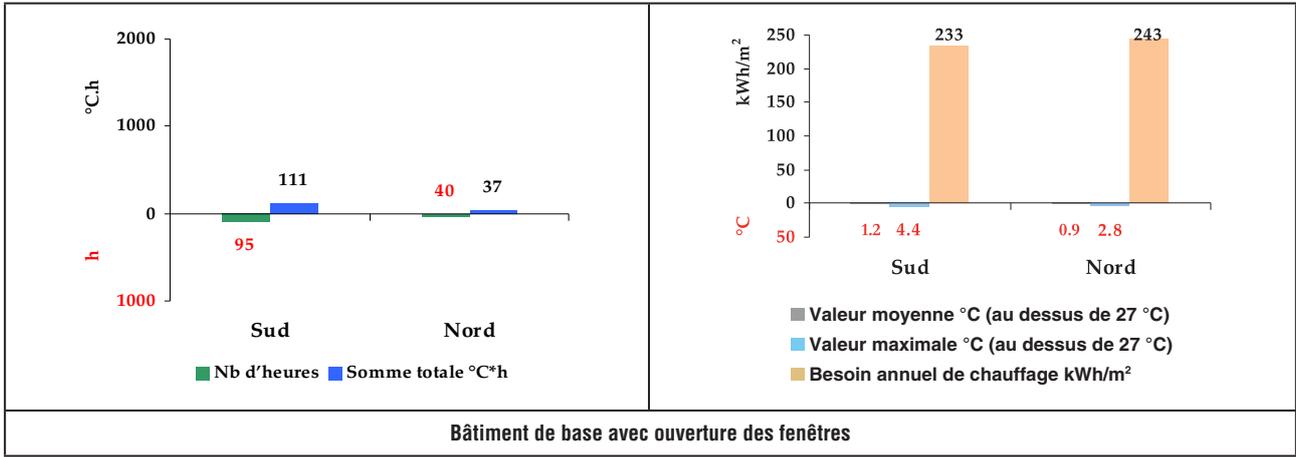
Comme pour le bâtiment de base mais avec une gestion d'ouverture de fenêtres moyenne dans les chambres (2 vol/h).

On donne ci après, pour les trois cas, les dépassements de température dans les chambres par rapport à T_i = 27 °C : le nombre d'heures de dépassements, la somme totale °C*h, la valeur moyenne de dépassement, la valeur maximale par rapport à 27 °C et le besoin annuel de chauffage par m² des zones orientées sud, nord ou est.

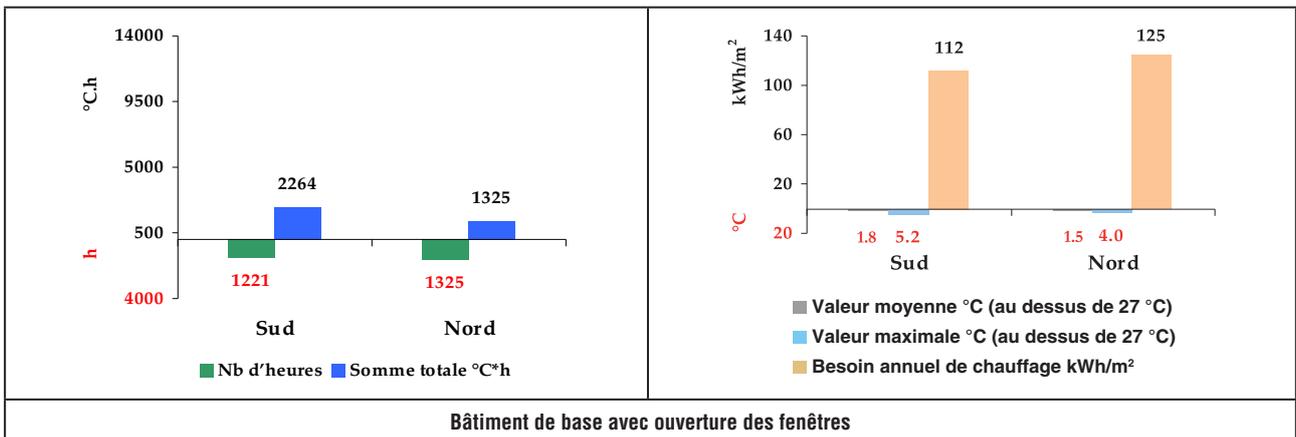
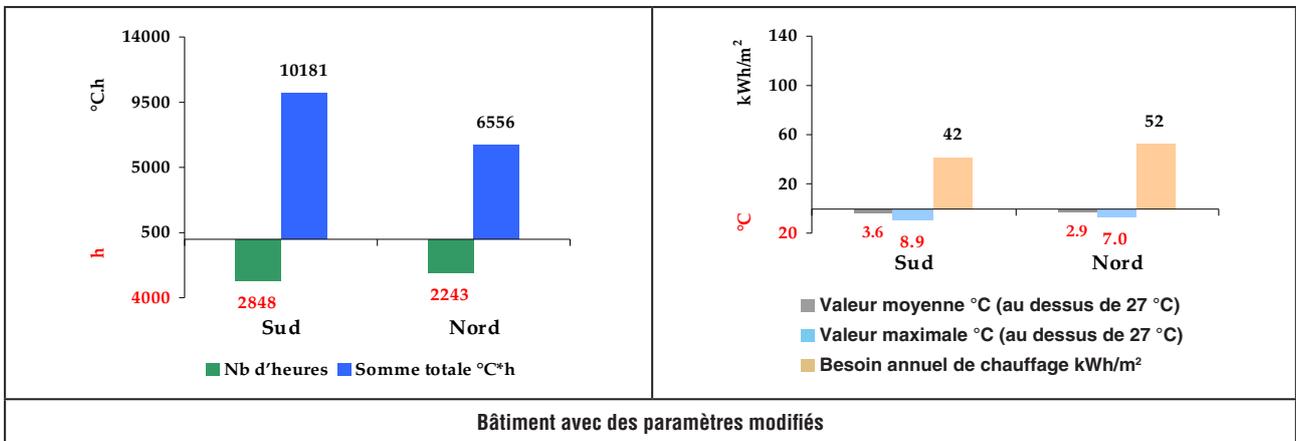
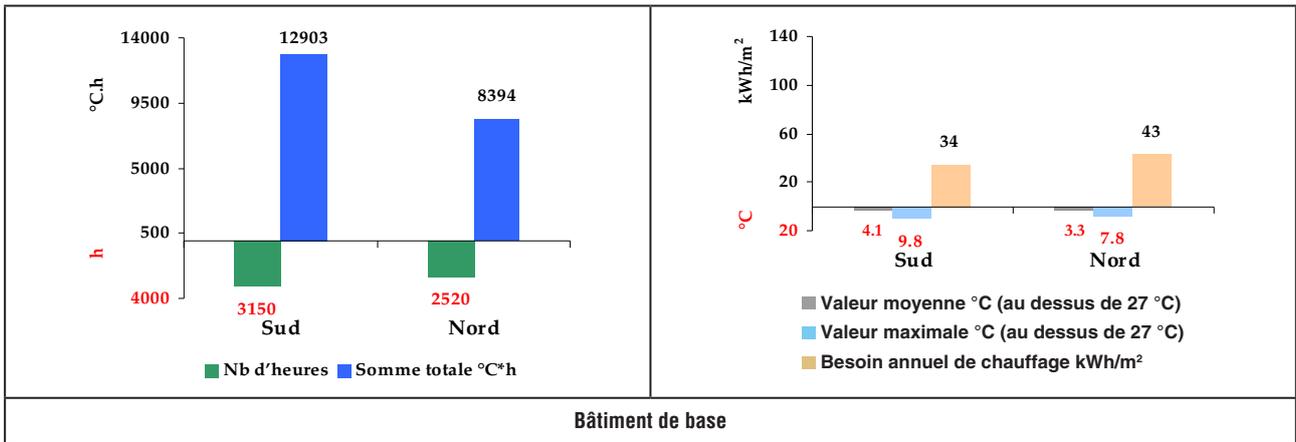
6 La sur-ventilation n'a pas été envisagée systématiquement dans cette étude compte tenu de la vêtue très légère des patients.

A Trappes :





A Nice :



Des dérives des températures apparaissent dans les chambres dans les trois cas étudiés. Cette fois, l'ouverture des fenêtres permet de les limiter presque en totalité à Trappes. En revanche, nous prenons en compte la climatisation des salles communes.

Selon le décret n° 2005-778 du 11 juillet 2005, les établissements de santé qui comportent des structures d'hébergement doivent disposer d'au moins une pièce équipée d'un système fixe de rafraîchissement de l'air permettant d'accueillir, quelques heures par jour, les personnes âgées ou fragilisées présentes dans ces établissements.

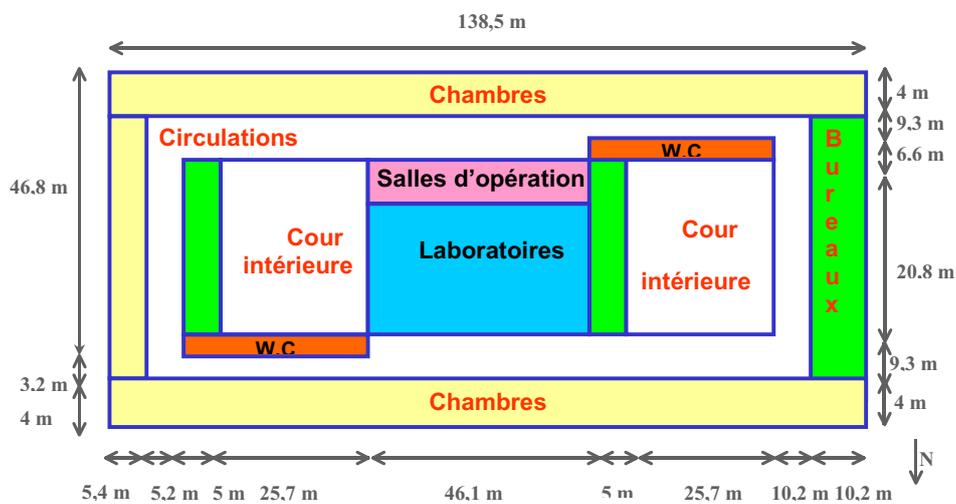
A Nice une climatisation des chambres est à conseiller.

Si les chambres d'hôpital sont climatisées, quelle est donc la meilleure orientation du point de vue de la consommation totale en énergie payante et primaire ?

A Trappes, différentes orientations du bâtiment par rapport à sa position initiale (façades de la « zone chambres » au nord et au sud, chambres à l'est et zones administrative vers l'ouest) par pas de 90° ont été étudiées.

Les résultats pour ce bâtiment sont très proches, la position 2 est la plus favorable (zone administrative vers le nord et façades « zone chambres » en est/ouest, le reste des chambres vers le sud). La différence est minime (0,2 %). Le cas le plus défavorable (1%) par rapport au cas de base est celui avec les zones administratives au sud.

Cas de base :



Cible n° 4 : Protections solaires

Contexte technique

Comme indiqué dans la fiche cible n° 2 – « Caractéristiques des surfaces vitrées », les caractéristiques des vitrages doivent répondre à des préoccupations parfois contradictoires :

- profiter des apports solaires en hiver et les limiter en été ;
- limiter le facteur solaire tout en profitant de l'éclairage naturel.

Ces deux objectifs peuvent difficilement être atteints uniquement grâce aux caractéristiques du vitrage standard. Il faut aussi mettre en œuvre des protections solaires manœuvrables. Les protections extérieures doivent être privilégiées car leur efficacité énergétique est nettement plus importante que celle des protections intérieures qui servent essentiellement à gérer l'éblouissement lumineux.

La spécificité des bâtiments de santé est de regrouper plusieurs activités très diverses :

- administration ;
- plateau technique regroupant l'ensemble des locaux relatifs aux actes techniques (opérations, stérilisation etc.) ;
- hébergement.

Pour la partie hébergement, la RT2005 impose des facteurs solaires en fonction de l'orientation (cf. article 18 de l'arrêté relatif aux caractéristiques de référence et aux caractéristiques minimales de la RT2005, par exemple baie exposée BR1 $FS_{réf} = 0,25$ et baie exposée BR2 : $FS_{réf} = 0,15$). Ces valeurs peuvent donc être très faibles. Par conséquent, la mise en place de protections solaires constitue une réponse à cet objectif. En outre, les protections solaires doivent être manœuvrables. La mise en place d'une protection solaire permet par la même occasion de supprimer l'éclairage nocturne provenant de l'extérieur.

Les protections extérieures doivent être privilégiées car leur efficacité énergétique est nettement plus importante que celle des protections intérieures qui servent essentiellement à gérer l'éblouissement lumineux. La mise en place de protections solaires extérieures permet d'obtenir :

- un facteur solaire bas ;
- un coefficient U faible.

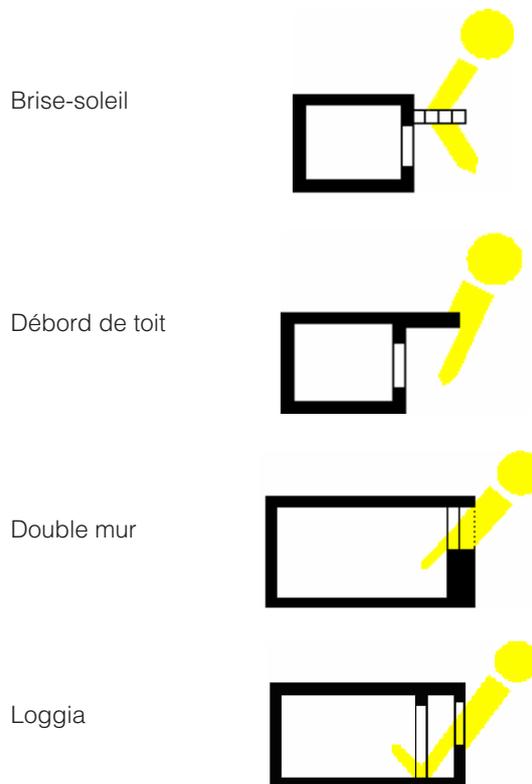
Exigences Objectif 100

La mise en place des protections doit conduire à un facteur solaire global (vitrage + protection solaire) de 0,20.

Solutions techniques disponibles

Dispositifs intégrés au bâti :

On appelle dispositif intégré tout élément résultant d'un travail sur la conception architecturale de l'enveloppe du bâtiment permettant une régulation des apports solaires. Les dispositifs cités ci-après sont très courants en architecture :



Ce type de solution permet de limiter les apports solaires en période estivale lorsque la hauteur solaire est importante et, de profiter de ces mêmes apports en période hivernale lorsque la hauteur solaire est faible.

L'optimisation de ce type de solution qui repose sur un calcul dynamique (nécessitant le recours à des logiciels spécifiques tels que Virtual Environnement (VE) ou VITRAGE Décision du CEBTP) consiste à trouver le meilleur compromis entre les critères de confort d'été (limitation des besoins de froid), de besoins de chaud et d'éclairage naturel.

Dispositifs rapportés :

Ce type de dispositif permet d'intégrer des corrections et des réductions des apports solaires indépendamment de l'architecture du bâtiment. Ces occultations peuvent être fixes ou mobiles.

Protections fixes :

Sur le plan architectural, ce type de protection impose une contrainte moindre à la conception que les protections solaires intégrées. Ce type de dispositif peut être mis en œuvre après la conception de l'enveloppe du bâtiment pour limiter l'apport solaire trop important. Il ne permet pas de réglage « hiver-été ». Ce n'est pas la solution qui est préconisée.

Occultations mobiles :

Ces protections mobiles permettent d'occulter tout ou partie des surfaces vitrées. Plusieurs positionnements sont possibles : position intérieure, extérieure ou même encastrée entre deux vitrages. Il existe plusieurs types d'occultations mobiles : screen, stores, volets roulants, persiennes.

Ces protections, en position extérieure uniquement, permettent d'atteindre la cible. En effet, en première approximation, le facteur solaire global vitrage (0,6) + protection solaire en place s'obtient par le produit :

Stores extérieurs en toile écreu	$0,28 \times 0,6 = 0,17$
Stores ou persiennes extérieurs aluminium	$0,22 \times 0,6 = 0,13$

Protections solaires orientables :

Ces protections de plus en plus courantes permettent de gérer le rayonnement solaire incident suivant l'inclinaison du soleil dans la journée. En même temps, ces protections sont efficaces pour différentes orientations (sud, est et ouest) : brise soleil à lames orientables, stores intérieurs à lames verticales ou horizontales orientables, bannes solaires, jalousies.

Manœuvre pour les protections solaires mobiles

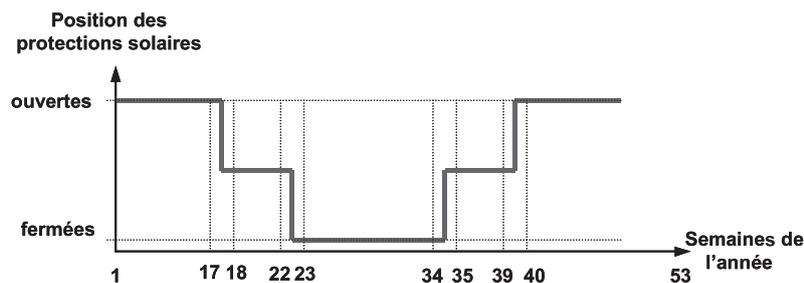
La gestion des protections solaires mobiles peut se faire selon deux modes : manuel ou automatique.

La gestion automatique des protections ne constitue pas une solution fréquemment préconisée. En effet, cette gestion automatique peut se traduire par une sensation de gêne de l'utilisateur qui ne contrôle pas le fonctionnement de ces protections.

Néanmoins, une solution technique performante du point de vue technique et acceptable par les utilisateurs consiste à automatiser le fonctionnement des protections en période d'inoccupation du bâtiment et en fonction de conditions extérieures de manière à ne pas détériorer les mécanismes (en cas de fort vent, par exemple). Durant la période d'occupation, l'utilisateur reste maître de ces installations. La commande de ces automatismes peut se faire par la même télécommande que celle qui permet de gérer le système de chauffage et de climatisation et les commandes d'éclairage.

Concernant la partie hébergement, l'état physique des patients nécessite que les protections solaires soient motorisées et qu'elles puissent être manœuvrées depuis les lits.

Pour la zone de bureaux, une campagne de mesure réalisée par le CSTB a permis de connaître l'interaction entre les protections solaires et l'utilisateur. Elles sont traduites par des courbes qui ont été utilisées dans le cadre de cette étude.



Les zones techniques sont systématiquement des zones aveugles pour laisser les zones éclairées aux espaces de vie.

Une gestion saisonnière de fermeture des protections solaires a été retenue dans les simulations. Les protections solaires sont fermées entre les semaines 23 et 34 incluse, et à moitié fermées entre les semaines 18 et 22 incluse, et entre les semaines 35 et 39 incluse comme le montre le schéma.

Quel est l'impact sur la consommation d'une gestion avec des protections solaires levées dans les chambres (été et hiver) avec une puissance d'éclairage artificiel nulle (entre les semaines 18 et 35 incluse) ? (bâtiment type 1, système VC - DAC - GF par rapport à la solution optimale, Trappes)

La consommation d'éclairage diminue légèrement de 6,5%, la consommation de rafraîchissement augmente de 6,6 %, la consommation totale diminue de 0,9 %.

Ceci provient du fait que les zones les plus consommatrices en éclairage sont les circulations et les locaux techniques. Donc, sur 18 semaines, la gestion étudiée n'a pas un effet important.

Maintenance des protections solaires mobiles

Une attention particulière doit être portée sur la conception des protections solaires extérieures mobiles. En effet, en fonction du type de protection retenu, la maintenance de ces équipements doit être prise en considération afin d'assurer la pérennité de l'installation.

Pour les maisons de retraite de petite taille (pas de nécessité d'appareillage complexe pour la maintenance) et pour les hôpitaux et les bâtiments de grande taille (appareillage de maintenance prévue pour le nettoyage des façades), les interventions sur les installations ne sont pas problématiques (mais elles peuvent être coûteuses si l'impact du vent n'a pas été considéré).

Pour les bâtiments de taille moyenne, la maintenance des protections solaires doit être étudiée afin d'en assurer la viabilité.

Références :

Profils d'utilisation de protections solaires représentatifs d'un comportement moyen de l'occupant. Mathias Coulon. CSTB. Février 2003.

SOMFY : <http://www.somfy.com/fr/index.cfm>

HAROL : <http://www.harol.be/frans/homefr.asp>

Helioscreen : <http://www.helioscreen.be>

Cible n° 5 : Ventilation

Contexte technique

Dans les établissements de santé, il existe des exigences pour la maîtrise de la contamination aéroportée. Celles-ci diffèrent selon les actes médicaux pratiqués. Ainsi, des zones à risques sont définies suivant une échelle allant de 1 à 4 (voir *Annexe 7*) :

- zone 4 : très hauts risques (Ex : néonatalogie, grands brûlés, immunodéprimés...);
- zone 3 : hauts risques (Ex : pédiatrie, soins intensifs, urgences...);
- zone 2 : risques modérés (Ex : rééducation, maternité, laboratoires...);
- zone 1 : risques faibles ou négligeables.

Les zones à risque 1 ne présentent pas d'exigences particulières hormis celles définies dans le Code du travail et dans le Règlement sanitaire départemental. A chacune des autres zones correspondent des exigences minimales en matières de :

- filtration de l'air ;
- taux de brassage ;
- caractéristiques du flux d'air ;
- surpression ou dépression du local.

Celles-ci sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Le guide sectoriel AICF « Bâtiment de soins » propose pour des zones d'hébergements des valeurs usuelles des quantités d'air neuf : 0,8 vol/h la nuit et 1,6 vol/h le jour.

Suivant le type d'activité exercée et la température opérative dans les différentes pièces, il peut être nécessaire de prévoir des systèmes d'humidification. Ces installations doivent faire l'objet d'une étude précise basée sur un « bilan de masse d'eau » des différents locaux.

Les zones concernées par le Code du travail et le Règlement sanitaire départemental ont, elles aussi, des valeurs minimales à respecter pour des raisons hygiéniques. Cela étant, dans ces locaux l'occupation peut être très variable. C'est pourquoi, il est proposé dans cette fiche de prévoir un système d'asservissement des débits à la présence (par exemple, pour la salle commune d'une maison de retraite).

Exigences Objectif 100

- CHU : Réduction au strict nécessaire des débits d'air neuf hygiénique
- Mise en œuvre d'une récupération d'énergie sur l'air extrait avec un échangeur d'efficacité 0,7
- Maison de retraite : Mise en place d'un capteur de CO₂ dans les salles communes, capteur de présence dans les chambres sauf si non climatisées en période de surchauffe

Zones	Risque 2	Risque 3	Risque 4	
Classe particulière	ISO 8	ISO 7	ISO 6	ISO 5
Taux de brassage	15 à 30 Vol/h	25 à 40 Vol/h	30 à 50 Vol/h	50 à 600 Vol/h
Taux de brassage dans le champ opératoire			25 à 40 Vol/h	
Diffusion de l'air	Flux turbulent non unidirectionnel	Plafond soufflant turbulent avec flux unidirectionnel ou non unidirectionnel	Flux laminaire ou flux unidirectionnel	
Filtration	Type dièdre avec dégagement coté sale			
- en centrale	F5 + F7 + F9	F5 + F7 + F9	F7 + F9 + F11	
- en salle	H13		U15	
- grille de reprise	F5	F5	F5	
Pression acoustique maxi en dB(A)	40	45	48	
Air neuf	- 6 Vol/h en fonctionnement et inoccupation - 15 Vol/h après désinfection et en présence de gaz anesthésiques inflammables			
Température	19 à 26 °C			
Humidité relative	45 à 65 %			
Surpression	ΔP entre 15 et 20 Pa / annexe (± 3 à 5 Vol/h suivant étanchéité)			
ΔT	soufflage / ambiance : 1 à 4 °C maximum			

Solutions techniques disponibles

Mesures à prendre dès la conception pour limiter les contaminations

Suivant les différentes zones à risque, les exigences en matière de ventilation ne sont pas les mêmes. Des schémas présents en annexe 7, montrent des systèmes de ventilation type à employer.

Mesures à prendre dès la conception pour limiter les contaminations :

- choix des matériaux afin de diminuer la colonisation bactérienne et de permettre un entretien facile ;
- circuits courts dans les réseaux de distribution d'eau, éviter les réservoirs, les boucles et les espaces morts ;
- systèmes de climatisation diminuant au minimum les risques infectieux : accès faciles pour l'entretien et le nettoyage, réduction des brouillards dans les tours de refroidissement, prises d'air neuf et fenêtres à distance suffisante des aэрoréfrigérants. L'installation des ces derniers doit d'ailleurs respecter une distance réglementaire les éloignant des prises d'air et des ouvertures du bâtiment ;
- pas de recyclage d'air.

Il est nécessaire d'ajouter une maintenance préventive régulière des installations, indispensable pour réduire ou éliminer le développement microbien.

Adaptation des débits dans les bureaux et les zones techniques

« Marche/Arrêt » des systèmes en fonction des horaires et des jours d'occupation du bâtiment (exemple : par horloge) ce qui ne garantit pas une adaptation à l'occupation réelle.

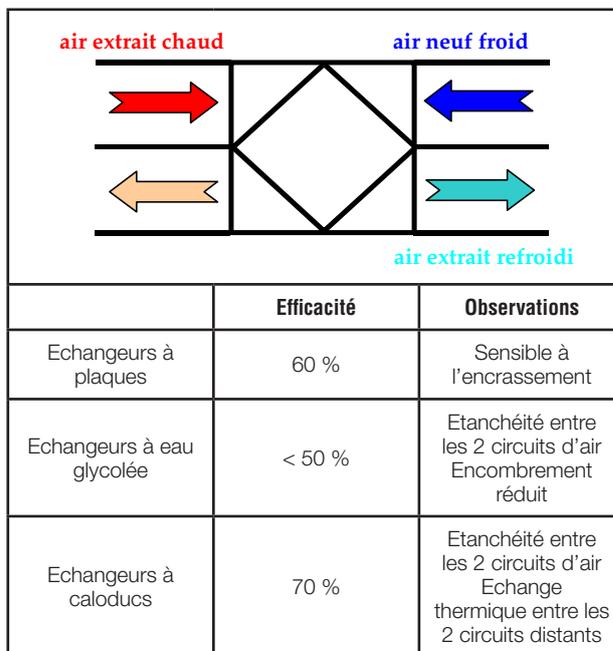
« Marche/Arrêt » des systèmes en fonction de l'occupation réelle du local : un système de ventilation spécifique est prévu pour assurer le débit d'air hygiénique pour ce local. Une sonde de présence peut être installée afin de ne faire fonctionner le système qu'en période d'occupation réelle du local. Une attention particulière doit être apportée à la mise en place de cette sonde (éviter les zones mortes : risque de non-ventilation) ainsi qu'à la sélection de sa sensibilité et de sa temporisation.

Modulation des débits en fonction de l'occupation du local et de son taux d'occupation. Une sonde de qualité d'air (?) est mise en place en complément de la sonde de présence afin de moduler le débit d'air neuf hygiénique en fonction du taux d'occupation réel du local (gestion adaptée aux salles communes).

La régulation de l'air neuf a un impact sur les appels de puissance thermique et sur les consommations d'énergie primaire.

Récupération de chaleur

Lorsque le local ventilé est doté d'un système de ventilation double flux, l'air vicié doit être évacué à l'extérieur du local. Les récupérateurs d'énergie (échangeurs) permettent de récupérer une partie de cette énergie comme le montre le schéma de principe suivant. L'encrassement, inévitable pour les parties en contact avec l'air pollué, peut réduire considérablement l'efficacité de l'appareil et augmenter la perte de charge. Plus celle-ci est élevée, plus la consommation électrique du ventilateur sera grande.



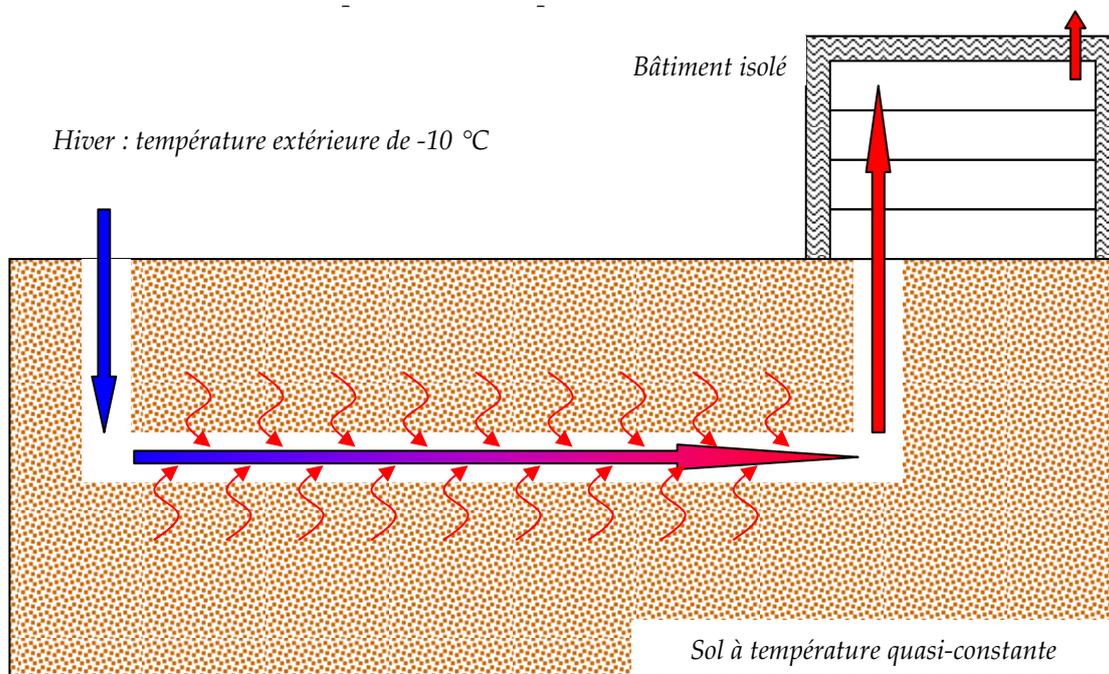
Puits climatique (Maisons de retraite)

Le sous-sol est une source importante d'énergie. A grande profondeur, c'est une source de chaleur directe. A faible profondeur, son utilisation directe n'est plus possible, mais il constitue néanmoins une source d'énergie (chaude ou froide) du fait de la stabilité de sa température.

Le principe du puits climatique est de faire transiter l'air extérieur dans des canalisations enterrées afin de le préchauffer en hiver et de le rafraîchir en été pour réduire la consommation énergétique du bâtiment et apporter un confort supplémentaire en période estivale. Il présente des risques de condensation et doit être « by-passé » en intersaison.

L'efficacité de ce système dépend très fortement de la surface des locaux à traiter ainsi que de la superficie du terrain utilisable pour la mise en place des canalisations.

7 La régulation par sonde de qualité d'air consiste à mesurer le taux de CO₂ dans l'ambiance (éventuellement par une mesure à la reprise) pour ajuster la quantité d'air neuf aux stricts besoins



Cette solution peut s'avérer pertinente dans le cas du traitement de la salle commune d'une maison de retraite (surface impliquée par la mise en œuvre des réseaux enterrés) avec une bonne filtration de l'air et un contrôle régulier de la qualité d'air.

Cas particulier des circulations

Les simulations réalisées montrent des risques importants de surchauffe dans les zones de circulation centrale. De par leur positionnement dans le bâtiment, ces zones sont peu déperditives. Par conséquent, les apports (éclairage, occupation...) génèrent rapidement des surchauffes. Il est donc important de prévoir lors de leur conception des possibilités de ventiler naturellement ces espaces (portes, fenêtres, etc.) permettant une ventilation traversante afin d'éviter ou tout au moins de limiter ces risques d'inconfort.

Comme il a été montré dans l'étude de sensibilité (cible orientation), il est nécessaire de prévoir une sur-ventilation dans les circulations d'un débit de 2 vol/h à Trappes et de 4 vol/h à Nice tout en contrôlant la qualité d'air.

Références :

Y. Mansouri. Conception des enveloppes de bâtiments pour le renouvellement d'air par ventilation naturelle en climats tempérés – Proposition d'une méthodologie de conception. Doctorat de l'école polytechnique de l'université de Nantes.

P. Hollmuller. Utilisation des échangeurs air/sol pour le chauffage et le rafraîchissement des bâtiments – Doctorat de l'université de Genève.

Uniclina. Guide « Traitement de l'air en milieu hospitalier »

GEA. « Classes de risques dans les salles d'opérations »

Quelques fournisseurs d'échangeurs air/air

Echangeur alternatif : GEA Happel.

Echangeur à caloduc : Ciat, Thereco, Delta - Air.

Cible n° 6 : Téléviseurs

Contexte technique

Dans les chambres des établissements de santé, les téléviseurs sont très présents et la tendance est à 1 poste par lit. Les consommations électriques de ces appareils peuvent être importantes.

Par ailleurs, des études récentes ont montré que les téléviseurs et leurs appareils annexes (lecteur DVD) ont des consommations en veille non négligeables. Il est donc important de s'intéresser à ces consommations « résiduelles ».

Le tableau suivant présente les puissances moyennes consommées (en W) par des téléviseurs neufs de différentes marques :

Diagonale	Etat	Tube cathodique	LCD	Plasma
≈ 38 cm	marche veille	50 W 3 W	42 W 2 W	- -
≈ 55 cm	marche veille	65 W 2W	63 W 1 W	- -
≈ 70 cm	marche veille	76 W 2 W	80 W 2 W	- -
≈ 80 cm	marche veille	102 W 1 W	136 W 1 W	- -
≈ 100 cm	marche veille	- -	216 W 2 W	290 W 1 W

Même si les constructeurs ont fait d'énormes progrès pour baisser les consommations en veille des téléviseurs, il reste encore des progrès à faire pour les équipements annexes qui restent la plupart du temps en veille (lecteur DVD, etc.). Il n'est pas rare de trouver certains de ces équipements qui consomment 10 W en veille.

Exigences Objectif 100

55 cm – 163 W. Attention aux écrans LCD de grande dimension qui peuvent consommer plus que des écrans cathodiques.

Solutions techniques disponibles

Choix de la technologie employée

En chambre d'hôpital, les téléviseurs de petite taille (≤ 55 cm) sont les plus fréquents. Il est donc préférable d'employer des écrans LCD qui consomment moins d'énergie que des tubes cathodiques pour ces dimensions.

En revanche, dans les salles communes (pour les maisons de retraite, par exemple), si l'on désire installer un téléviseur de plus grande taille (≥ 70 cm), il est préférable d'employer un appareil à tube cathodique qui, lui, est moins gourmand en énergie.

Si l'on souhaite toutefois mettre en place des écrans de taille supérieure à 80 cm, il n'existe quasiment plus de tube cathodique sur le marché. L'utilisation d'un écran LCD s'impose. Attention toutefois à ne pas mettre en place un téléviseur à technologie plasma qui lui serait beaucoup plus énergivore.

Système de gestion des extinctions, mises en veille...

Les patients présents dans les chambres hospitalières ne sont pas forcément aptes à pouvoir éteindre leur téléviseur. Par conséquent, il est indispensable de choisir des appareils ayant de faibles consommations en veille (≤ 1 W).

En revanche, dans les maisons de retraite, il est souhaitable de sensibiliser les occupants à éteindre les téléviseurs, ainsi que les équipements annexes plutôt que de les laisser en veille.

Une des solutions fréquemment employées pour éteindre l'ensemble des équipements est de les centraliser sur un interrupteur soit par une installation fixe (Ex : interrupteurs encastrables dans les cloisons) soit par une installation amovible (Ex : blocs multiprises possédant un interrupteur). Pour que ce système soit envisageable, il faut se procurer des appareils qui gardent les informations de réglage en mémoire.

Références :

<http://www.philips.fr/>

<http://www.samsung.fr/>

<http://www.sony.fr/>

<http://www.toshiba.fr/>

Cible n° 7 : Eclairage

Contexte technique

L'éclairage des zones administratives comme des chambres peut être assuré de deux façons complémentaires, naturellement et artificiellement.

L'éclairage naturel

Il permet un éclairage gratuit des locaux et doit donc être recherché. Cependant, il est essentiellement variable et dépend :

- de la localisation ;
- de la date et de l'heure ;
- de l'environnement (masques) ;
- de l'architecture ;
- de l'orientation, de la position, de la surface et de l'inclinaison des prises de jour ;
- du choix des matériaux constitutifs des prises de jour ;
- des protections solaires.

L'étude de l'éclairage naturel d'un bâtiment doit prendre en compte les éléments suivants :

- la limitation des apports solaires qui constituent une charge de climatisation ;
- les risques d'éblouissement direct ou indirect ;
- les contrastes de luminances entre prises de jour et parois intérieures ;
- l'homogénéité de l'éclairage.

L'éclairage naturel n'a d'intérêt au plan énergétique que s'il est pris en compte dans la gestion de l'éclairage artificiel.

L'éclairage artificiel

- la puissance installée dépend notamment du niveau d'éclairage recherché et de l'efficacité des sources lumineuses et des luminaires ;
- la consommation d'électricité dépend de la puissance installée et de la gestion : prise en compte de la présence, de l'éclairage naturel.

Exigences Objectif 100

- Puissance installée (cf. *tableau ci-contre*)
- Zones Laboratoires, restaurants et pharmacies, hébergement : 10 W/m²
- Circulations : 12 W/m² (mise en veilleuse la nuit), sanitaires : 6 W/m² (asservissement à la présence)
- Utiliser des ballasts électroniques
- Dans les zones techniques telles que les blocs opératoires, l'éclairage est à adapter aux besoins (à définir avec les chirurgiens). Pour l'étude une valeur de 50 W/m² a été retenue.

Solutions techniques disponibles

Eclairage naturel

Chaque cas doit faire l'objet d'une étude particulière. On peut cependant dire que les parties éclairantes des façades éclairent d'autant plus en profondeur qu'elles sont situées en hauteur. Les éléments transparents en partie basse offrent une vue sur l'extérieur, mais contribuent très peu à l'éclairage naturel de la salle.

Eclairage artificiel

L'éclairage artificiel est étudié comme complément de l'éclairage naturel. L'installation peut être qualifiée par trois caractéristiques principales :

- le niveau d'éclairage qui exprime la quantité de lumière reçue sur une surface en lux. L'éclairage est déterminé par les agences de l'éclairage pour chaque type d'activité : bureau, sanitaires, chambres, salles d'opération, etc.

Type de local	Valeurs minimales d'éclairage (8)
Bureaux, restaurants et pharmacies	500 lux (9)
Chambres	100 lux à 300 lux
Salles d'attente	200 lux
Salles d'opération	500 lux à 1 000 lux

Ces valeurs sont issues de la norme NF EN 14464-1 – « éclairage des lieux de travail intérieurs » et très largement détaillées dans celle-ci. Il peut être important de souligner que l'éclairage au niveau de la table d'opération doit être de 10 000 lux.

- L'efficacité lumineuse des sources lumineuses (en lumens/Watt) qui permet de comparer facilement les sources entre elles. Le luminaire permet la répartition de la lumière dans l'espace : son rendement s'ajoute à celui de la lampe, il ne dépasse pas 0,7.

L'efficacité lumineuse d'une ampoule à incandescence est comprise entre 12 et 20 lm/W alors que celle des lampes fluorescentes est comprise entre 40 et 100 lm/W ;

- Le rendu des couleurs dont l'indice varie entre 60 et 100 indique l'aptitude d'une lampe à ne pas déformer l'aspect des objets éclairés. Pour avoir un bon rendu, l'indice de rendu des couleurs doit être supérieur à 75 ou 80.

A titre d'exemple, les luminaires fluo-compacts à haut rendement de type T5, T8 ou T10 avec enduit triphosphoré apparaissent des plus intéressants car ils diffusent une lumière « blanche » obtenue à partir de trois phosphores de terres rares émettant un maximum d'énergie dans le bleu, le vert et le rouge. L'optimisation des sources lumineuses permet donc de limiter les puissances électriques installées.

8. Source : Code du travail

9. Un éclairage de 350 lux apparaît suffisant (Cf. § Administration).

Pour l'éclairage fluorescent :

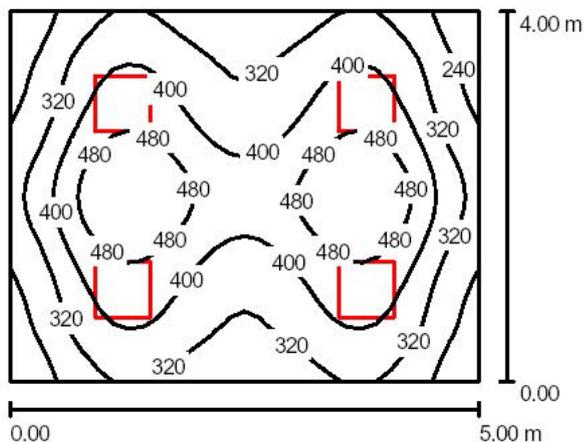
- les ballasts électroniques permettent de réduire de plus de 30 % les consommations électriques dues à l'éclairage des immeubles tertiaires par rapport aux ballasts anciens. C'est dans ce sens que la Commission européenne a adopté au mois de septembre 2000 la directive européenne 2000/55/CE visant le rendement énergétique des ballasts. Ils contribuent également au confort visuel, car ils permettent de supprimer l'effet de papillotement, et à l'augmentation de la durée de vie des tubes ;
- pour avoir la puissance électrique totale de l'installation d'éclairage, on multiplie la puissance des tubes par un coefficient pour tenir compte des ballasts électroniques. Ce coefficient, de l'ordre de 1,25 pour les tubes fluorescents 26 mm avec anciens ballasts, est de l'ordre de 1,10 pour le matériel de dernière génération.

Respect de l'exigence de puissance installée

Les bureaux et les locaux administratifs comportent des ordinateurs. Suivant la norme NF X 35-121, spécifique au travail sur écran de visualisation et clavier, l'éclairage général du local doit amener un éclairement moyen en service sur le plan de travail de 200 à 300 lux.

L'AFE spécifie, dans sa publication « recommandations relatives à l'éclairage intérieur des lieux de travail », les éclairements moyens à maintenir.

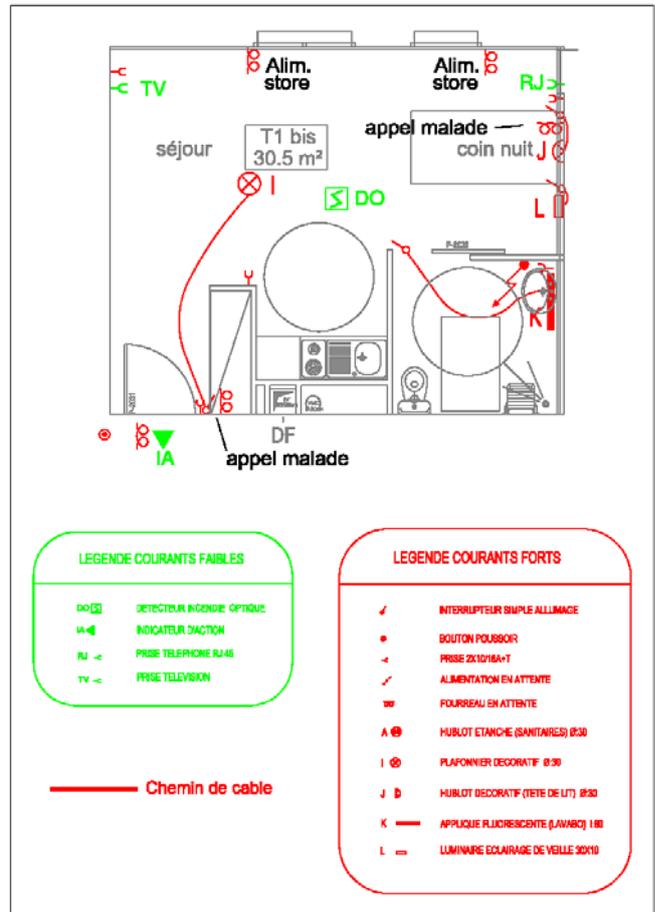
Pour traiter un bureau de 20 m², la mise en place de 4 luminaires comprenant chacun 3 tubes fluorescents de type T5 (puissance électrique unitaire de 14 W) permet d'obtenir un niveau d'éclairement satisfaisant comme le montre la cartographie suivante de l'éclairement obtenu en lux :



On obtient donc une puissance de $4 \times 3 \times 14 \times 1,25 \text{ W} = 210 \text{ W}$ pour 20 m² soit 10,5 W/m².

Hébergement en maison de retraite

Voici un plan présentant les installations électriques d'une chambre type rencontrée en maison de retraite. Notons que les équipements de cuisson sont négligés :



Afin de réaliser des économies d'énergie, les sources suivantes sont mises en place :

Type de lampe	Puissances associées
I : Lampe fluo compacte	4 x 36 W
J : Lampe fluo compacte	2 x 18 W
K : Tube fluorescent de type T5	18 W
L : Lampe fluo compacte ou LED	5 ou 2 W

Les sources définies dans ce tableau permettent d'obtenir un ratio de puissance électrique installée pour le poste « éclairage » de 6,7 W/m².

Pour atteindre des puissances installées de l'ordre de 10 W/m² et respecter les contraintes de niveau d'éclairement, d'éblouissement, d'hygiène, de sécurité et d'uniformité, il est recommandé d'opter pour des luminaires :

- encastrés de type downlight ;
- équipés d'optiques en aluminium de haute qualité ;
- à lampes fluocompactes ;
- placés au centre du plafond.

Par ailleurs, pour profiter au maximum de la lumière émise, il est préférable que les revêtements des murs, des plafonds et des sols soient les plus clairs possibles.

Dans le cas des luminaires muraux (typiquement pour la tête de lit), il est vivement conseillé :

- d'équiper les luminaires avec des lampes fluocompactes ou des tubes fluorescents de type T5 à ballasts électronique ;
- d'employer une qualité de diffuseur supérieure (par exemple polycarbonate prismatique ou à réfraction).

Hébergement en hôpital

Concernant les chambres hospitalières, l'accent est porté sur les 4 types d'éclairages suivants :

- de soins ;
- de lecture ;
- de veille ;
- d'ambiance et de circulation.

Hormis l'éclairage de veille, bien souvent, tous les autres éclairages sont concentrés sur les appliques situées en tête de lit. Les différentes contraintes tendent à privilégier les types d'éclairages suivants :

Ambiance	Indirect depuis la tête de lit	Tubes fluorescents ou lampes fluocompactes (2 x 54 W)
Lecture	Direct depuis la tête de lit	Tubes fluorescents ou lampes fluocompactes (1 x 39 W)
Soins	Les deux cumulés	Suivant technologie choisie ci-dessus
Veille	Veilleuses proches du sol	Lampes fluorescents 5 à 7 W ou même mieux, lampes à LED

Pour obtenir un meilleur rendement lumineux, il est préférable d'employer :

- un diffuseur de très grande efficacité lumineuse et d'une grande durabilité (par exemple polycarbonate prismatique ou à réfraction) ;
- des revêtements de couleur claire pour les murs et plafond.

Plateau technique

Les scialytiques utilisés dans les salles d'opération ne font pas l'objet de cette étude du fait qu'ils participent à l'ambiance souhaitée par les équipes soignantes lors des actes opératoires.

Durée de vie des lampes

La durée de vie des lampes n'est pas une donnée immuable et n'est qu'un des critères de sélection des appareils d'éclairage.

Cette durée de vie dépend de nombreux facteurs dont les principaux sont les suivants :

- le type de lampes ;
- le type d'alimentation (ballast électronique) ;
- les conditions externes d'installation (température, ventilation, chocs) ;
- l'utilisation (nombre d'allumages, variation de flux lumineux).

On parle souvent de durée de vie moyenne des lampes qui est une approche prenant en compte des critères « standard ».

On peut également prendre comme référence la durée de vie économique pour tenir compte de l'affaiblissement du flux lumineux dans le temps et pour envisager le remplacement des lampes avant qu'elles ne soient complètement hors d'usage.

A titre d'exemple, quelques valeurs de durée de vie en fonction du type de lampe :

Type Lampe	Durée de vie	
	Moyenne	« Economique »
Fluorescentes avec ballasts électroniques	20 000 h	16 000 h
Fluo compactes avec ballasts électroniques	13 000 h	9 500 h
lodures métalliques (CDM-T)	12 000 h	6 000 h

Circulations

On rappelle que le scénario d'éclairage dans les circulations suppose une veille de nuit de 10 % et une puissance variable le jour en fonction de l'heure du jour. Une puissance d'éclairage à 80 % de la puissance installée pendant la nuit multiplierait par 2 la consommation d'éclairage annuelle des circulations (10,6 kWh/m²). (Consommation totale d'éclairage passant de 30,6 kWh/m² à 41,2 kWh/m².)

Références :

- AFE : « Les sources de lumière », Société d'édition LUX.
- AFE : « Vocabulaire de l'éclairage », 4^e édition, mars 1991.
- Ademe : « Bâtiments à hautes performances énergétiques : BUREAUX », Edition PYC, 1993.
- Ademe : « Bâtiments à hautes performances énergétiques : SANTE », Edition PYC, 1993.

Cible n° 8 : Réseau de distribution

Contexte technique

Le système de distribution (air ou eau) permet d'alimenter depuis la production centralisée l'ensemble des appareils terminaux du bâtiment. Pour des bâtiments de taille moyenne voire importante (supérieure à 2 000 m²), le linéaire des réseaux de distribution peut être important.

Par conséquent, deux paramètres apparaissent importants :

- la maîtrise des consommations des auxiliaires (voir *cible 11*) ;
- la réduction des pertes énergétiques liées au transport d'eau chaude ou glacée, d'air chaud ou froid dans un milieu à température ambiante voire extérieure.

Exigences Objectif 100

- Limitation des déperditions des réseaux hydrauliques à la classe 4 de la RT2005
- Réseaux aérauliques de perméabilité classe A.

Solutions techniques disponibles

Tracé des réseaux et pertes de charge

La maîtrise des consommations des auxiliaires passe d'abord par une optimisation des réseaux hydrauliques (distribution verticale placée en position centrale, appareils installés en faux-plafond dans les circulations, etc.) et aérauliques visant à obtenir les pertes de charge les plus faibles possibles.

L'utilisation du faux-plafond des circulations pour le transit des réseaux aérauliques et hydrauliques permet d'une part de répondre à cet objectif mais aussi de placer les éléments mobiles (vannes, registres, etc.) en dehors de la zone d'hébergement afin d'en faciliter la maintenance.

Réduction des pertes énergétiques

Pour réduire les pertes des réseaux hydrauliques, deux éléments sont à considérer :

- la différence de température entre le fluide transporté (eau chaude ou eau glacée) et la température ambiante. Pour réduire cet écart de température, il est nécessaire de privilégier des régimes d'eau chaude à basse température (40/35 °C) et des régimes d'eau glacée pas trop bas (8/13 °C voire 10/15 °C) et de limiter au minimum les réseaux extérieurs ; il est favorable de recourir à une loi d'eau (température de distribution, fonction de la température extérieure)

- la mise en place d'un calorifuge performant sur les réseaux hydrauliques. Cette isolation est systématiquement mise en place sur le réseau d'eau glacée afin d'éviter tout risque de condensation ; pour le réseau d'eau chaude, ce calorifuge permet d'éviter de chauffer des zones où le confort n'est pas requis (faux-plafond, trémies techniques, etc.) et également d'éviter des surchauffes éventuelles.

Selon la RT 2005, avec la classe 4, pour un diamètre de tuyauterie moyen de 40 mm, on peut atteindre une valeur de coefficient de perte linéique de 0,22 W/(m.K) par l'emploi d'un isolant d'une épaisseur/conductivité de :

- 24 mm / $\lambda = 0,03$ W/(m.K) ;
- 38 mm / $\lambda = 0,04$ W/(m.K) ;
- 58 mm / $\lambda = 0,05$ W/(m.K) ;
- 84 mm / $\lambda = 0,06$ W/(m.K).

De même, avec la classe 4, pour un diamètre de tuyauterie moyen de 30 mm, on peut atteindre une valeur de coefficient de perte linéique de 0,21 W/(m.K) par l'emploi d'un isolant d'une épaisseur/conductivité de :

- 19 mm / $\lambda = 0,03$ W/(m.K) ;
- 31 mm / $\lambda = 0,04$ W/(m.K) ;
- 49 mm / $\lambda = 0,05$ W/(m.K) ;
- 72 mm / $\lambda = 0,06$ W/(m.K).

Pour réduire les pertes des réseaux aérauliques, la mise en place de 25 mm ou de 50 mm de laine de verre suffit en raison de la faible différence de température entre l'air ambiant et l'air soufflé et du fait que cela constitue une réponse au problème de condensation.

Cible n° 9 : Production thermo-frigorifique

Contexte technique

Dans cette étude nous avons considéré une production de froid par groupe à compression électrique et une production de chaud par chaudière gaz. Ces choix correspondent aux solutions les plus classiques. Une solution thermo-frigo-pompe est aussi considérée.

En effet, les établissements de santé disposent d'une grande variété de zones intérieures : laboratoires équipés d'appareillage à forte dissipation de chaleur, zones de soins, blocs opératoires à consigne variable suivant leur spécialisation chirurgicale, chambres, etc. Dans cette diversité peuvent exister des besoins simultanés de chaud et de froid. Par ailleurs, contrairement aux bureaux, les quantités d'eau chaude sanitaire sont importantes et cette production d'ECS peut à elle seule justifier une récupération de chaleur sur des groupes frigorifiques.

C'est pour cette raison que la solution utilisant une thermo-frigo-pompe est appropriée. De telles machines permettent une production conjointe de chaud et de froid. La régulation passe continûment d'un fonctionnement « prioritairement chaud » avec récupération de froid à un fonctionnement « prioritairement froid » avec récupération de chaleur.

Le type de système retenu est la thermo-frigo-pompe fonctionnant sur nappe phréatique et qui conduit à des coefficients de performance élevés. Il est évident que cette solution n'est pas généralisable puisqu'elle requiert la présence de la ressource souterraine.

Nota : Les solutions réseaux de chaleur ou de froid n'ont pas été étudiées dans le cadre de cette étude.

Exigences Objectif 100

L'objectif de rendement de la production calorifique ⁽¹⁰⁾ est fixé à :

- rendement de 98 % sur PCI à pleine charge à une température moyenne de 70 °C ;
- rendement de 108 % sur PCI à charge partielle à une température moyenne de 30 °C.

L'objectif d'efficacité nominale de la production frigorifique ⁽¹¹⁾ EER est fixé à 3,3 (condensation à air).

Pour la thermo-frigo-pompe la valeur exigée est EER = 4

10 Au minimum il faudra respecter la valeur de référence de la réglementation RT2005 (à partir du 30/06/08)

à 70 °C, 100 % charge :

– $88,5 + 1,5 \log P_n$ si $P_n < 400$ kW

– 92,4 si $P_n > 400$ kW

à 40 °C, 30 % charge :

– $88,5 + 1,5 \log P_n$ si $P_n < 400$ kW

– 92,4 si $P_n > 400$ kW

11 Au minimum, nous avons considéré un EER de 1,9.

Solutions Production de Chaud

Chaudières à condensation :

Ces chaudières permettent d'obtenir les rendements demandés.

Le recours à des brûleurs modulants permet de les faire fonctionner en fonction de la demande et d'éviter des cycles de fonctionnement à plein régime (absorbés par le ballon tampon) suivi de périodes à l'arrêt (pertes à l'arrêt).

Pompes à chaleur :

– Air /eau

- la puissance chaude disponible sur une machine étant limitée, ces machines sont adaptées à des opérations de petite taille ;
- il est nécessaire de prévoir des machines multi-compresseurs afin d'adapter au mieux l'énergie produite aux besoins ;
- le dégivrage des batteries extérieures doit être fait par inversion de cycles plutôt que par l'utilisation de résistances électriques afin de bénéficier du COP de la machine ;
- ces machines sont dimensionnées sur leur puissance froide afin de ne pas pénaliser l'investissement ce qui nécessite de prévoir une puissance chaude d'appoint pour les jours les plus froids ;
- COP de 1,8 pour une température extérieure de -5°C et un régime d'eau de $45/40^{\circ}\text{C}$;
- COP de 2,9 pour une température extérieure de 7°C et un régime d'eau de $45/40^{\circ}\text{C}$.

– Eau / eau :

- le COP obtenu sur ces machines est très bon : 4,8 pour un régime d'eau chaude $40/45^{\circ}\text{C}$ et un régime d'eau à l'évaporateur $10/7^{\circ}\text{C}$ - conditions de la norme EN14511. Cependant, la consommation des auxiliaires extérieurs (pompes de captage, etc.) doit être intégrée au calcul de la performance ;
- comme précédemment, il est nécessaire de prévoir des machines multi-compresseurs afin d'adapter au mieux l'énergie produite aux besoins ;
- l'intérêt de ces machines est de permettre les transferts d'énergie d'un réseau hydraulique vers l'autre (dans le cas de la distribution 4 tubes). Dans ce cas de figure, la performance de la machine peut atteindre 6 (chaud + froid) ;

Cependant l'équilibre énergétique n'étant que rarement atteint, il faut prévoir une source énergétique d'appoint.

L'utilisation des ressources du sous-sol (nappe phréatique, pieux énergétiques, sondes géothermiques) permet de bénéficier de l'énergie stockée dans le sol ainsi que de la stabilité de sa température.

– Conditions de la norme EN14511-2 :

Mode chaud : Primaire $10/7^{\circ}\text{C}$ Secondaire : $40/45^{\circ}\text{C}$

Mode Froid : Primaire $30/35^{\circ}\text{C}$ Secondaire : $7/12^{\circ}\text{C}$

– A double condenseur :

- cette machine permet comme la pompe à chaleur à eau d'alimenter un réseau d'eau glacée et un réseau d'eau chaude et ainsi d'effectuer des transferts énergétiques ; la source énergétique d'appoint est l'air extérieur.

Cas particulier des « thermo-frigo-pompes » sur nappe :

L'utilisation d'une pompe à chaleur eau-eau permet une production simultanée de chaud et de froid (on parle de fonctionnement en « thermo-frigo-pompe »). Elle peut être valorisée par la mise en œuvre de réseaux de distribution d'eau chaude et d'eau glacée. L'énergie excédentaire (énergie chaude ou froide non utilisée pour les besoins du bâtiment) peut être alors évacuée sur la nappe aquifère.

L'utilisation de la nappe permet d'obtenir une température de source relativement stable et donc des performances optimales.

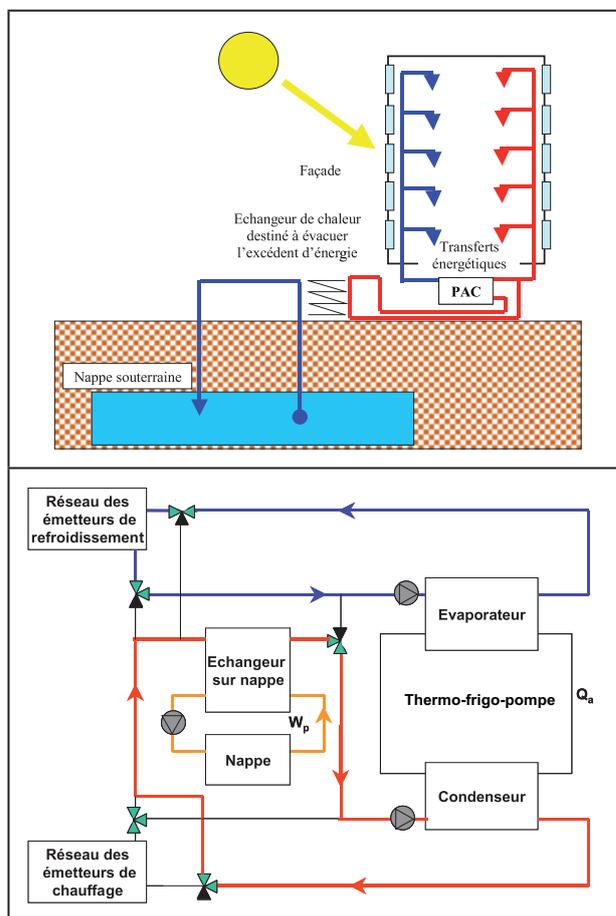


Figure 6 - Schéma de principe du fonctionnement en thermo-frigo-pompe sur nappe

La nappe n'est utilisée que pour évacuer l'énergie excédentaire (énergie chaude ou froide non utilisée pour les besoins du bâtiment) :

- Si besoins calorifiques > besoins frigorifiques, il y a « prélèvement » de chaleur sur la nappe (= abaissement de la température d'eau de nappe).
- Si besoins frigorifiques > besoins calorifiques, il y a rejet de chaleur sur la nappe (augmentation de la température d'eau de nappe).

Dans le cas « idéal » où il y a équilibre thermique (si les besoins de chaud et froid correspondent aux quantités d'énergies disponibles à l'évaporateur et au condenseur), ce type de production permet de fournir 6 kWh (cumul des énergies chaudes et froides) pour une consommation énergétique de 1 kWh électrique et la nappe n'est pas sollicitée.

La performance énergétique d'une telle installation est améliorée par le recours au rafraîchissement direct par l'eau de nappe.

Systèmes à évaporation directe (split, multisplit)

Cette solution permet d'assurer le rafraîchissement de locaux spécifiques. Dans le cas des maisons de retraite (bâtiment de type 2), elle peut être envisagée pour assurer le rafraîchissement des salles communes.

Une attention particulière doit être portée à la mise en œuvre des canalisations de fluide frigorigène. En effet, les fuites éventuelles sur le réseau se traduisent par une dégradation des performances et un effet néfaste sur l'environnement.

Références

Site internet www.atita.fr : références et caractéristiques de matériel.

Directive 92/42/CEE du Conseil, du 21 mai 1992, concernant les exigences de rendement pour les nouvelles chaudières à eau chaude alimentées en combustibles liquides ou gazeux.

Sites internet

CARRIER : <http://www.carrier.fr>

CIAT : <http://www.ciat.fr>

TRANE : <http://www.trane.com>

www.eurovent-certification.com : caractéristiques des groupes frigorifiques et des pompes à chaleur. EUROVENT fournit une « classification d'efficacité énergétique » permettant de « simplifier la sélection des meilleurs appareils pour chaque type de refroidisseur ». L'objectif fixé dans le cadre de cette étude correspond à un niveau EUROVENT Classe A.

Solutions Production de froid

Groupe frigorifique

A condensation par air, l'efficacité de ce type de production varie entre 2 et 3,5. L'objectif fixé exige donc les meilleurs appareils.

A condensation à eau : Cf. § précédent. Il est nécessaire d'optimiser le fonctionnement des auxiliaires (pompes, ventilateurs des dry-coolers) en privilégiant des systèmes à vitesse variable.

Thermo-frigo-pompe

Généralités :

En ce qui concerne les hôpitaux et les cliniques, il est nécessaire de prendre en compte les éléments suivants :

- le plateau technique nécessite de l'eau glacée tout au long de l'année ;
- du fait de la production d'eau chaude sanitaire, il est également nécessaire de disposer d'eau chaude en permanence ;
- les possibilités de transfert énergétique sont, par conséquent, importantes ;

- la production d'énergie doit pouvoir répondre à des contraintes importantes de secours qui conduisent souvent à un doublement des puissances installées.

La nature des émetteurs dépend des locaux à traiter avec une distinction forte entre le plateau technique (fort taux de renouvellement d'air et contrôle d'hygrométrie) et la zone d'hébergement (essentiellement des besoins de chauffage, rafraîchissement occasionnel).

Le système de thermo-frigo-pompe permet d'atteindre une consommation annuelle plus faible que le premier système. Ceci est dû au fait que le bâtiment a des besoins de nature diversifiés permettant ainsi de profiter au maximum de la récupération. Rappelons que la machine a un très bon EER nominal (EER = 4) avec un régime d'eau à l'évaporateur et au condenseur de 7 °C et 35 °C respectivement, le rejet (du froid ou du chaud) sur la nappe (température constante de 12 °C) est considéré toujours possible tout au long de l'année. La température de sortie d'échangeur sur nappe en rejet de « froid » est de 5 °C, contre 23 °C en rejet de « chaud ».

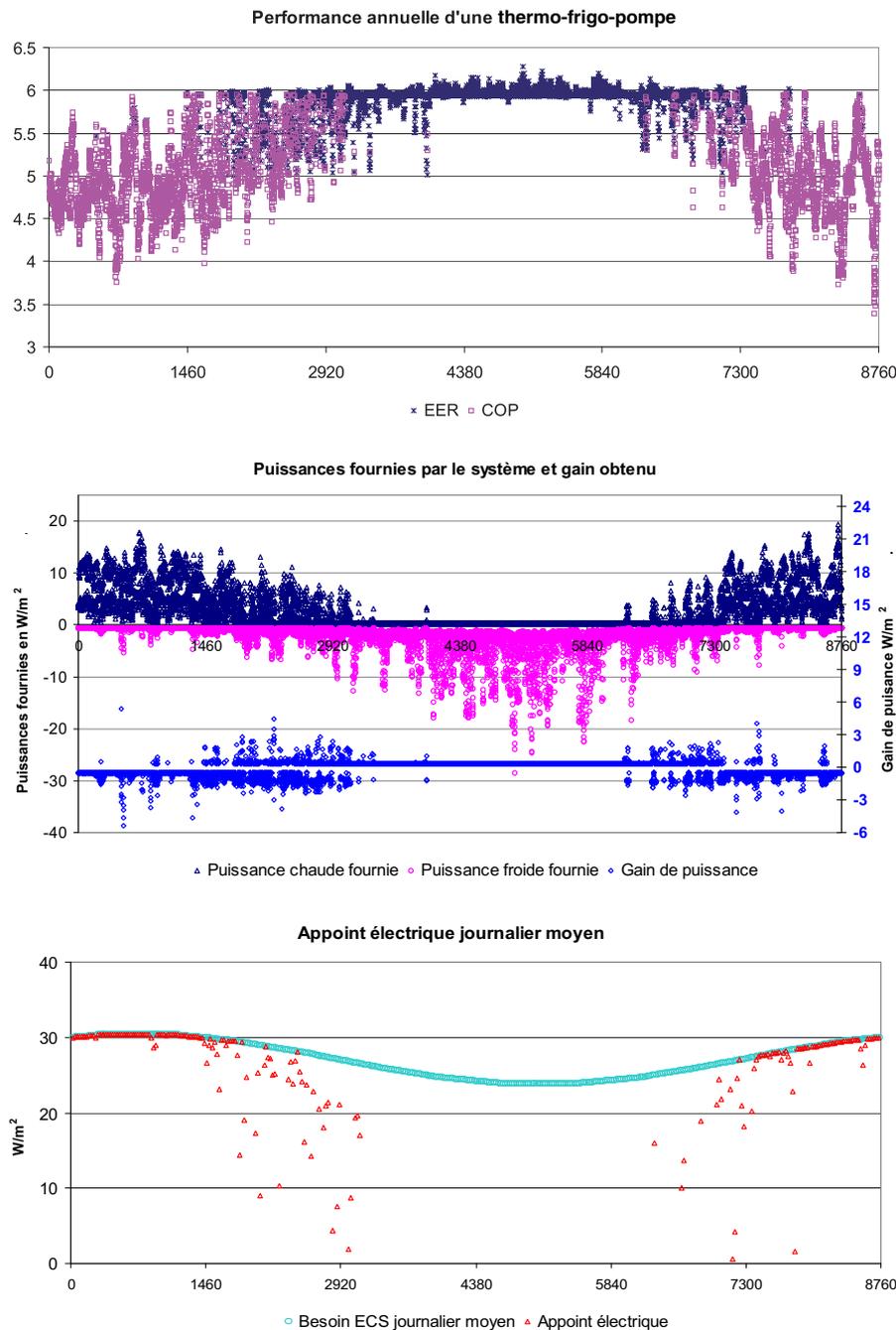


Figure 7 - Performance, évolution des puissances fournies, gain thermique et appoint électrique d'ECS d'un hôpital à Trappes

La figure 7 présente l'évolution du coefficient de performance au long de l'année. La machine est dimensionnée pour alimenter un hôpital. Le dimensionnement prend en compte les salles d'opération, mais les résultats présentés ne prennent pas en compte des puissances fournies à cette zone. Les conditions nominales de rafraîchissement permettent d'obtenir un EER élevé.

On remarque la capacité de récupération en mi-saison dans un bâtiment aux besoins diversifiés. La puissance récupérée est utilisée pour chauffer l'eau chaude sanitaire ce qui est confirmé par la diminution de l'appoint électrique de production d'ECS dans cette période.

Il faut noter que le calcul de l'EER ou du COP ne tient pas compte de la puissance des pompes (rejet sur nappe, et pompes de distribution).

En hiver et en été, les puissances fournies de rafraîchissement et de chauffage sont souvent gratuites.

Utilisation de la nappe aquifère :

Il est important d'avoir quelques ordres de grandeur pour mieux appréhender la manière d'utiliser les ressources aquifères dans un hôpital ou une clinique.

Pour les bâtiments de grande taille (en particulier les hôpitaux) :

- la puissance calorifique nécessaire est importante ce qui se traduit par un débit puisé important. Pour illustrer cela, 1MW chaud représente environ 100 m³/h ;
- la disponibilité de la totalité du débit requis pour assurer la totalité de la puissance calorifique n'est pas assurée ;
- des investissements importants sont à réaliser pour assurer la totalité du débit ;
- une demande d'autorisation est nécessaire en raison du dépassement du seuil de déclaration ; ce dernier point est annexe car ce type d'établissement est souvent soumis à autorisation pour d'autres motifs.

Compte tenu de son activité, il est important que le bâtiment possède des sources de secours. Ce secours peut être constitué par un autre type de production (chaufferie au gaz naturel + PAC) ou par un système « thermo-frigo-pompe » largement dimensionné alimenté en eau par plusieurs puits permettant d'assurer le bon fonctionnement de l'installation, même en cas de dysfonctionnement de l'un d'entre eux.

Préconisations :

Les puissances nécessaires au bâtiment permettent de définir le débit idéal. Néanmoins, si ce débit n'est pas disponible sur le site, l'utilisation de la nappe aquifère reste une solution intéressante du fait :

- de l'existence d'un secours ;
- du « surdimensionnement » fréquent des installations lié au calcul de déperditions dans les conditions de base sans tenir compte des apports.

Même si la puissance disponible sur la PAC est nettement insuffisante pour satisfaire la totalité des déperditions, son fonctionnement peut permettre de couvrir la plus grande partie des besoins (si le système a été dimensionné sur un régime d'eau basse température).

Références :

Site internet www.eurovent-certification.com

Cible n° 10 : Eau chaude sanitaire

Contexte technique

La question de l'eau chaude sanitaire (ECS) est un enjeu technique sensible dans le contexte hospitalier. La réflexion sur la gestion énergétique de la production doit prendre en compte la prévention des risques liés au développement de légionnelles. Ce critère est à considérer prioritairement parmi les spécificités des installations hospitalières que sont généralement la puissance et la complexité.

Dans ce contexte, la définition de l'installation se base en premier lieu sur une utilisation maîtrisée de l'eau chaude via une réflexion concernant :

- la légitimité des points de distribution d'ECS ;
- le choix d'une robinetterie adaptée ;
- le suivi des consommations par l'installation de compteurs.

La conception technique de l'installation permettra en second lieu d'optimiser les consommations via :

- une production adaptée au profil et à la localisation des puisages ;
- l'utilisation des sources chaudes récupérables des équipements du site : groupes frigorifiques, pompes à chaleur, etc. ;
- l'utilisation de l'énergie solaire thermique comme préchauffage ;
- une conception adéquate du réseau et notamment : l'isolation, le bouclage et les traitements associés.

Exigences Objectif 100

- Limitation des points de puisage aux zones concernées
- Utilisation d'une robinetterie mitigeuse adaptée réduisant les consommations par action mécanique, thermostatique ou électronique
- Isolation importante des réseaux (cf. valeurs page suivante)
- Récupération de chaleur sur la production frigorifique ou production solaire pour couvrir 40 % des besoins

Solutions techniques disponibles

Objectifs

Les consommations journalières indiquées pour des hôpitaux sont de l'ordre de 50 à 60 litres d'ECS à 60 °C ⁽¹²⁾ par lit, soit un besoin annuel ramené entre 30 kWh/m² et 35 kWh/m² en considérant 1 lit pour 36 m², hors pertes de bouclage. Les consommations journalières en maison de retraite sont de 40 litres d'ECS à 60 °C par lit soit un besoin annuel de 19 kWh/m² en considérant 1 lit pour 41 m², hors pertes de bouclage.

Une installation performante basée sur l'une, l'autre ou l'ensemble des solutions techniques ci-dessous peut permettre de limiter les besoins à 20 kWh/m².

12 Guide AICVF : ECS.

Les robinetteries adaptées à l'économie d'énergie

Pour les lavabos, le débit est la motivation du puisage bien plus que la température. L'usage de l'eau froide doit de fait être privilégié en utilisant des robinetteries adaptées. Les robinets possédant des positions eau froide par défaut doivent être privilégiés.

La maîtrise du débit peut être assurée par différents procédés :

- bouton-poussoir (dans les parties communes) ;
- butée pré-réglée séparant une zone économique d'une zone confort ;
- commande électronique.

Nota : les régulateurs de débit de type « mousseur » sont déconseillés dans les établissements hospitaliers. Ils sont un lieu privilégié de prolifération de légionnelles.

L'isolation des réseaux

La prévention du développement de légionnelles impose un stockage de l'eau chaude sanitaire à 60 °C avec une température de retour de bouclage supérieure à 55 °C. Ces températures d'utilisation relativement élevées imposent un calorifuge spécifique des réseaux. Le tableau suivant préconise des épaisseurs en mm pour un isolant de conductivité de 0,04 W/(mK) ⁽¹³⁾.

Référence DN	Diamètre extérieur (mm)	Diamètre intérieur (mm)
10	40	30
15	40	30
20	40	40
25	50	40
32	50	40
40	50	50
50	50	50
65	60	50
80	60	60

Dispositions particulières	Epaisseur d'isolant
Tuyaux pour les percements dans les planchers et les murs et pour les croisements	La moitié des exigences ci-dessus
Tuyauteries dans la dalle entre locaux chauffés	6 mm

Dans le cas de sujets à risque de brûlure (personnes âgées, établissements spécialisés, etc.) des mélangeurs doivent être prévus.

De même les ballons de stockage doivent être calorifugés d'autant que la température d'eau est élevée. Pour un stockage à 60 °C, on comptera 14 cm d'isolant de conductivité 0,04 W/mK pour un ballon de 2 000 litres.

13 Traduit de la norme belge NBN D30-041 d'après le programme Energie + diffusé par l'Université catholique de Louvain

La production de base instantanée ou semi-instantanée

Le caractère permanent du type de puisage des établissements de santé pousse au choix d'une production de type instantanée ou semi-instantanée. Suivant la capacité du bâti, elle pourra être centralisée ou semi-centralisée afin de limiter les longueurs de réseaux et les risques de bras morts.

Dans le cas d'une production par chaudières à condensation, il est préférable de rendre autonome la production d'ECS sur une chaudière traditionnelle afin de ne pas dégrader le rendement global de l'installation.

Récupération de chaleur sur production frigorifique ou solaire

La récupération sur les groupes froids

Les établissements de santé sont généralement munis d'une production frigorifique pour le rafraîchissement des blocs. La chaleur disponible au condenseur peut permettre un préchauffage valorisable de l'ECS (figure 8).

Le graphique suivant est issu de l'étude du cas d'une polyclinique. Il illustre le propos précédent en présentant l'énergie calorifique récupérable sur les groupes froids ainsi que les besoins en chaleur ECS (diagramme bleu) et chauffage (diagramme jaune). Dans ce cas, la récupération calorifique dépasse les besoins de l'ECS. Les compresseurs des groupes sont de fait susceptibles de préchauffer l'eau à une température de 40 °C environ.

Des équipements de l'installation type buanderie, restauration et préchauffage lissant le profil peuvent justifier d'un échange direct et instantané entre l'eau froide et le circuit de refroidissement du condenseur. Dans les autres cas, il peut s'avérer nécessaire de récupérer cette énergie via un volume de stockage situé sur le circuit de refroidissement du groupe.

Les aspects stable et conséquent de la consommation d'ECS des établissements de santé font des installations solaires des solutions adaptées. Elles nécessitent cependant des surfaces et des stockages très importants ainsi qu'une vigilance particulière quant au risque de développement de légionnelles.

Sur la base d'un degré de couverture de l'ordre de 40 %, il faut compter environ 1,2 m² capteurs/lit et 60 litres/lit de volume d'accumulation.

Exemple : Hôpital de 850 lits ; pour 40 % de couverture

– Surface exposée sud nécessaire = 1 000 m² ;

– Stockage = 50 m³.

Le stockage solaire hors saison estivale peut régulièrement avoisiner les températures de prolifération des légionnelles. Le risque de contamination du réseau de distribution par le stockage solaire est totalement écarté en découplant les ballons du réseau par un échangeur. Le stockage tient lieu de réserve énergétique au primaire, il permet de préchauffer l'eau sanitaire sous forme instantanée.

Références

Architecture et climat : <http://www-energie.arch.ucl.ac.be>

Guide AICVF n°4 : « L'eau chaude sanitaire dans les bâtiments résidentiels et tertiaires ».

Chaud Froid Plomberie n° 660 – septembre 2003.

« Les installations d'Eau Chaude Sanitaire. Mode de calcul »

- Editions Parisiennes - Georges BAECKROOT.

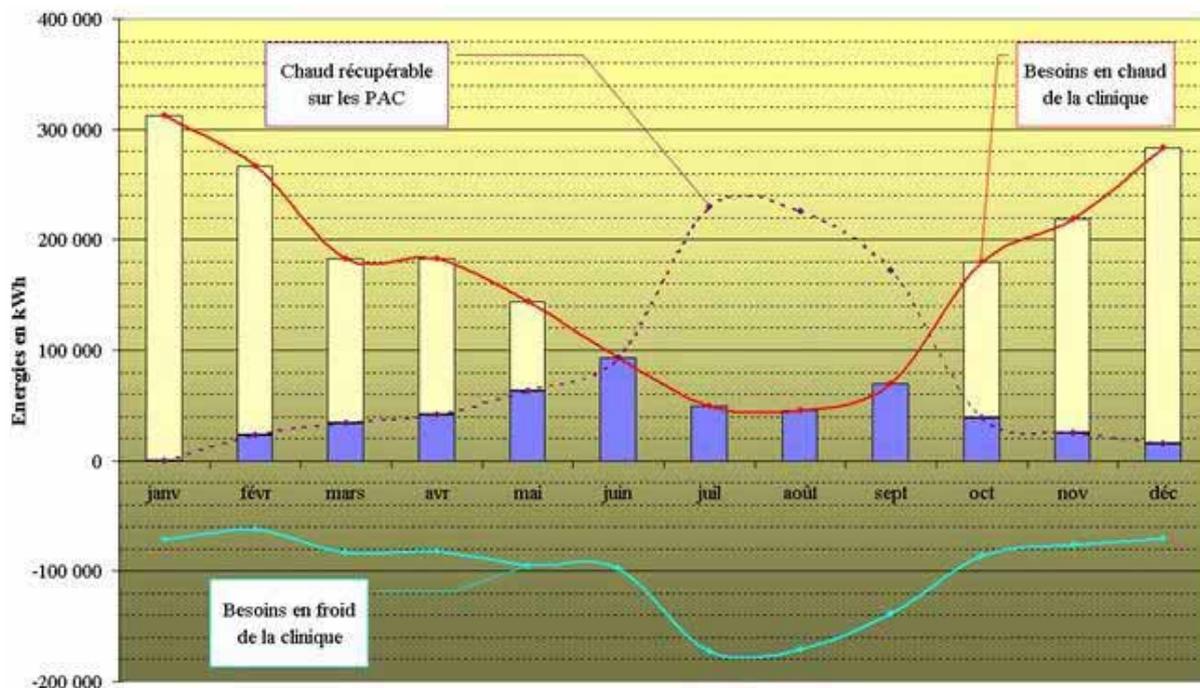


Figure 8 – Le préchauffage par énergie solaire (les gains ne sont pas cumulables)

Cible n° 11 : Auxiliaires

Contexte technique

Le fonctionnement des auxiliaires passe trop souvent inaperçu. Pourtant ceux-ci fonctionnent parfois sans raison ce qui entraîne une consommation d'électricité (ventilateurs et pompes) qui peut atteindre 40 % de la consommation totale du bâtiment.

Exigences Objectif 100
– Rendement des ventilateurs de 0,87
– Pompes de circulation présentant un rendement global de 0,75 au moins (rendement électrique de 0,9 et rendement hydraulique de 0,83)

Solutions techniques disponibles

Rendement des ventilateurs

Les ventilateurs sont une des principales sources de consommation d'électricité ; une attention particulière doit donc être apportée à leur sélection. De plus, il convient d'éviter le surdimensionnement des moteurs électriques.

	Rendement
A aubes inclinées vers l'arrière (réaction)	75 à 85 %
A aubes inclinées vers l'avant (action)	60 à 75 %

Rendement des pompes

Le rendement hydraulique est environ de 60 %. Néanmoins, quelques pompes présentent des rendements hydrauliques de l'ordre de 85 %. Le rendement électrique d'une pompe est d'environ 90 %.

L'association européenne Europump promeut un étiquetage de l'efficacité énergétique allant de G (pompe d'efficacité médiocre) à A (pompe d'excellente efficacité). Le gain en énergie est accru par le recours à la vitesse variable.

Une pompe classée A consomme environ 60 % d'énergie de moins qu'une pompe moyenne installée actuellement en Europe *i.e.* une pompe classée D ou E.

Variation de signal électrique

La variation de vitesse s'applique essentiellement aux installations de pompage et de ventilation. Elle s'est « démocratisée » ces dernières années ; accessible financièrement (les fabricants de pompes intègrent de plus en plus systématiquement des variateurs sur leur produits), elle est indéniablement rentable et confère aux installations un comportement dynamique optimisé, contribuant de plus à l'augmentation des durées de vie.

Références :

Rapport du département of energy DOE, caractéristiques des systèmes de chauffage, ventilation, climatisation. <http://www.eren.doe.gov/buildings/documents/>

DOE/IEA Commercial Buildings Energy Consumption Survey Octobre 1998, DOE/EIA-0625 (95)

Article CVC, N° 11, novembre 2000, page 10, dossier consommation des pompes, ventilateurs par D.Westphalen, S.Koszalinski

Annexe 1

Exigences minimales considérées dans l'étude

Le tableau ci-dessous présente les exigences minimales à respecter lorsqu'il n'est pas nécessaire d'atteindre les cibles pour l'objectif de consommation fixé. Ces sont les valeurs les moins exigeantes utilisées dans notre étude.

Distribution ⁽¹⁴⁾	0,28 W/(m.K)
Production froid	Groupe frigorifique : EER = 1,9 Thermo-frigo-pompe : EER = 4
Production chaud	Valeurs RT
Split	EER = 1,8 – COP = 1,95
Auxiliaires	Rendement = 0,525

Exigences minimales à satisfaire

14 Avec la classe 2, de la RT2005 pour un diamètre de tuyauterie moyen de 30 mm, on peut atteindre la valeur de coefficient de perte linéique de 0.28 W/(m.K) par l'emploi d'un isolant d'une épaisseur/conductivité de :

- 11 mm / $\lambda = 0,03$ W/m.K ;
- 17 mm / $\lambda = 0,04$ W/m.K ;
- 25 mm / $\lambda = 0,05$ W/m.K ;
- 36 mm / $\lambda = 0,06$ W/m.K.

Annexe 2

Conditions de simulation

Les données ci-après sont les valeurs des paramètres non déterminées dans les cibles ou les valeurs minimales. Il convient en effet de s'en rapprocher pour respecter les exigences de consommation. Des scénarios d'occupation, d'apports internes, d'éclairage ou de puisage d'eau chaude sanitaire sont adoptés pour chaque zone (cf. *rapport final*).

Occupation (hôpitaux)

- 1 personne / 26 m² dans la zone « bureaux, consultations et urgences »
- 1 personne / 10 m² dans la zone « laboratoires, restaurants et pharmacies »
- 1 personne / 10 m² dans la zone « salles d'opérations »
- 2 personnes / 8 m² dans la zone « chambres » avec un taux d'occupation de 50 % hors horaires de visite

Occupation (maison de retraite)

- 1 personne / 30 m² dans la zone « soins »
- 1 personne / 6 m² dans la zone « salles communes »
- 1 personne / 5 m² dans la zone « restaurants »
- 1 personne / 20 m² dans la zone « chambres »

Consignes de température

Chauffage :

- 20 °C dans les zones « bureaux, consultations et urgences », « chambres »
- 20 °C en occupation, 16 °C en inoccupation dans la zone « laboratoires, restaurants et pharmacies »
- 19 °C dans la zone « salles d'opération », RH = 55 % ± 10

Froid :

- 25 °C dans les zones « bureaux, consultations et urgences », « chambres »
- 26 °C dans les chambres de maisons de retraite
- 25 °C en occupation, arrêt en inoccupation dans la zone « laboratoires, restaurants et pharmacies »
- 21 °C dans la zone « salles d'opération », RH = 55 % ± 10

Air neuf hygiénique (hôpitaux) :

- 25 m³/h par personne dans la zone « bureaux, consultations et urgences »
- 6 vol/h dans la zone « laboratoires, restaurants et pharmacies »
- 15 vol/h dans la zone « salles d'opération »
- 18 m³/h par personne dans la zone « chambres »

Air neuf hygiénique (maison de retraite) :

- 6 vol/h dans la zone « soins »
- 18 m³/h dans la zone « salles communes », « restaurants », « chambres »

Apports internes (hôpitaux) :

- 7,5 W/m² dans la zone « bureaux, consultations et urgences »
- 20 W/m² dans la zone « laboratoires, restaurants et pharmacies »
- 30 W/m² dans la zone « salles d'opération »
- 7 W/m² dans la zone « chambres »

Apports internes (maison de retraite) :

- 20 W/m² dans la zone « soins »
- 2 W/m² dans la zone « salles communes »
- 2 W/m² dans la zone « restaurants »
- 2,8 W/m² dans la zone « chambres »

Besoins d'ECS en litres à 60 °C :

- hôpital : 50 à 60 par lit/jour
- maison de retraite : 40 par lit/jour

Perméabilité :

- 1,2 m³/(h.m²) sous 4 Pa

Inertie :

- lourde ⁽¹⁵⁾

Les inerties prises en compte sont des inerties faible et lourde au sens des règles Th-I. Les caractéristiques en sont les suivantes :

	Inertie faible	Inertie lourde
Cm / Aplancher (kJ/K/ m ² de plancher)	110	260
Am / Aplancher (m ² / m ² de plancher)	2,5	3

Avec

Cm = capacité calorifique du local en (kJ/K)

Am = la surface d'échange équivalente des parois lourdes avec l'ambiance en (m²).

Les règles Th-I définissent différents modes de détermination de l'inertie. On s'y reportera pour des projets particuliers.

Ces règles définissent en particulier une approche forfaitaire dont nous reproduisons ci-après les éléments utiles.

L'inertie est faible si deux parois verticales par niveau sont lourdes.

L'inertie est très lourde si le plancher haut ou bien les parois verticales sont lourdes.

15 Au maximum, nous avons considéré une inertie faible.

Les appréciations des parois sont les suivantes :

– définition du « plancher haut lourd » :

- plancher sous toiture (terrasse, combles perdus, rampant lourd) : béton plein de plus de 8 cm isolé par l'extérieur et sans faux plafond (*),
- sous face de plancher intermédiaire : béton plein de plus de 15 cm sans isolant et sans faux plafond (*).

() Ne sont considérés que les faux plafonds possédant une lame d'air non ventilée ou faiblement ventilée (moins de 1 500 mm² d'ouverture par m² de surface), couvrant plus de la moitié de la surface du plafond du niveau considéré.*

– définition du « plancher bas lourd » :

- face supérieure de plancher intermédiaire avec un « revêtement sans effet thermique » :

béton plein de plus de 15 cm sans isolant,
chape ou dalle de béton de 4 cm ou plus sur entrevous lourds (béton, terre cuite), sur béton cellulaire armé ou sur dalles alvéolées en béton,

- plancher bas avec isolant thermique en sous face avec un « revêtement sans effet thermique » :

béton plein de plus de 10 cm d'épaisseur,
chape ou dalle de béton de 4 cm ou plus sur entrevous lourds (béton, terre cuite), sur béton cellulaire armé ou sur dalles alvéolées en béton,
dalle de béton de 5 cm ou plus sur entrevous en matériau isolant ;

– définition d'une « paroi verticale lourde » :

Un niveau de bâtiment possède une paroi verticale lourde si elle remplit l'une ou l'autre des conditions suivantes :

- lorsque la surface de mur est au moins égale à 0,9 fois la surface de plancher (maisons individuelles), mur de façade et pignon isolés par l'extérieur avec à l'intérieur :

béton plein (banché, bloc, préfabriqué) de 7 cm ou plus,

blocs perforés en béton 10 cm ou plus,

bloc creux béton 11 cm ou plus,

brique pleine ou perforée 10,5 cm ou plus,

- murs extérieurs à isolation répartie de 30 cm minimum, avec un cloisonnement réalisé en blocs de béton, en brique plâtrière enduite ou en carreaux de plâtre de 5 cm minimum ou en béton cellulaire de 7 cm minimum,

- ensemble de doublage intérieur des murs extérieurs et de cloisonnements, de 5 cm minimum réalisé en blocs de béton, brique enduite ou carreaux de plâtre,

- lorsque la taille moyenne de locaux est inférieure à 30 m² (bâtiments d'habitation, bureaux), mur cloisonnement intérieur lourd, réalisé en :

béton plein de 7 cm minimum,

blocs de béton creux ou perforés de 10 cm minimum,

brique pleine ou perforée de 10,5 cm minimum,

autre brique de 15 cm minimum avec un enduit plâtre sur chaque face.

Annexe 3

Systèmes de traitement

Les trois fiches Annexes qui suivent ne présentent pas d'objectifs à atteindre mais plutôt des « règles de bonne conduite » à suivre.

Préambule :

Différents types d'appareils terminaux ont été envisagés dans le cadre de l'étude « Objectif 100 ».

La description précise des systèmes modélisés est fournie dans le rapport final Objectif 100.

Avant d'avoir recours au rafraîchissement mécanique, il est bon de s'interroger sur les températures atteintes sans rafraîchissement en été. Cette question est d'autant plus pertinente que les bâtiments retenus sont « optimisés » (protections solaires, faibles apports d'éclairage).

Pour la zone « hébergement », la mise en place d'une ventilation double flux permet non seulement de réduire les consommations énergétiques liées au traitement de l'air neuf, mais aussi de proposer une source de rafraîchissement (ventilation double flux rafraîchie). En fonction du niveau de confort requis, le débit d'air hygiénique peut être augmenté afin d'offrir une capacité de rafraîchissement plus importante. Si cette solution s'avère insuffisante, le recours aux solutions actives devient nécessaire.

Ventilo-convecteur

Présentation générale :



Exemple ventilo-convecteur carrossé (doc. GEA HAPPEL)

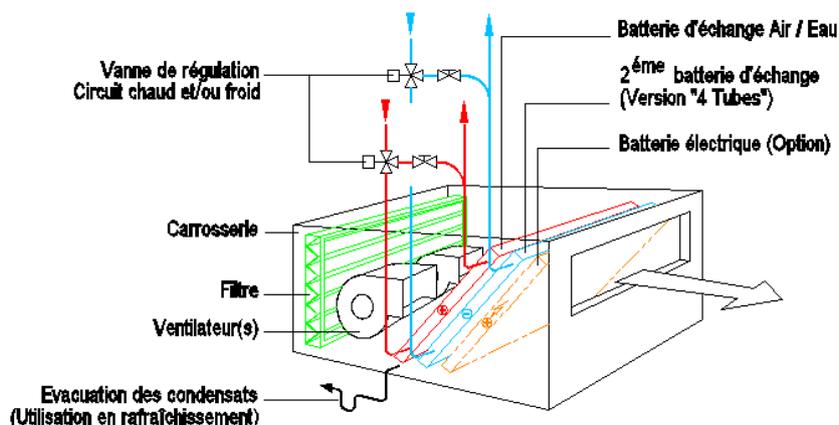


Figure 9 – Schéma de principe d'un ventilo-convecteur

Ventilo-convecteur « 2 tubes »

L'appareil comporte une seule batterie d'échange eau/air et est raccordé à un réseau de distribution (chaud ou froid).

Ventilo-convecteur « 2 tubes 2 fils » : appareil équipé d'une batterie électrique.

Ventilo-convecteur « 4 tubes »

L'appareil comporte 2 batteries d'échange eau/air (une batterie chaude et une batterie froide) raccordées à 2 réseaux de distribution.

Cette solution plus coûteuse en termes d'investissement permet une régulation indépendante par locaux.

Les consommations électriques liées à ce système sont induites par le ventilateur de soufflage.

Usuellement, les ventilo-convecteurs sont dimensionnés en moyenne vitesse voire en petite vitesse pour des raisons acoustiques. Par conséquent, en période d'occupation, le fonctionnement en petite vitesse sera suffisant la plupart du temps.

Le fonctionnement du ventilateur doit être asservi aux besoins afin d'éviter des consommations inutiles.

De même, en période d'inoccupation, la mise en place d'une température de réduit se traduit par des besoins quasiment inexistantes en dehors des phases de relance (passage du mode réduit au mode confort). Par conséquent, l'asservissement horaire du ventilateur et des pompes du circuit d'eau glacée permet d'éviter un fonctionnement inutile.

En mode de chauffage et en inoccupation, s'il n'y a pas de besoin, les ventilateurs des unités intérieures sont arrêtés, mais la chaudière reste en veille et les pompes du circuit d'eau chaude sont en marche.

Centrale de traitement d'air à débit constant (DAC)

Cette solution est seulement envisagée pour le traitement des zones de restauration ou locaux techniques car elle est adaptée aux locaux « monozone ». De telles centrales sont aussi prévues pour la préparation d'air neuf hygiénique dans les autres zones. Les consommations électriques liées à ce système sont induites par les ventilateurs de soufflage et d'extraction. Cette centrale assure également le renouvellement d'air des locaux. Par conséquent, le ventilateur fonctionne en permanence durant la période d'occupation.

En hiver, il est nécessaire de récupérer de l'énergie sur l'air extrait afin de préchauffer l'air neuf. En été voire en mi-saison, la centrale d'air peut fonctionner en tout air neuf afin de rafraîchir les locaux (free cooling). Il est possible, en fonction de l'inertie du bâtiment de faire de la ventilation nocturne afin d'accumuler des frigorifiques la nuit pour en bénéficier la journée durant la période d'occupation.

La sonde de température située à la reprise doit être doublée d'une sonde de température située dans le local afin d'obtenir des températures fiables durant les arrêts des ventilateurs de la centrale.

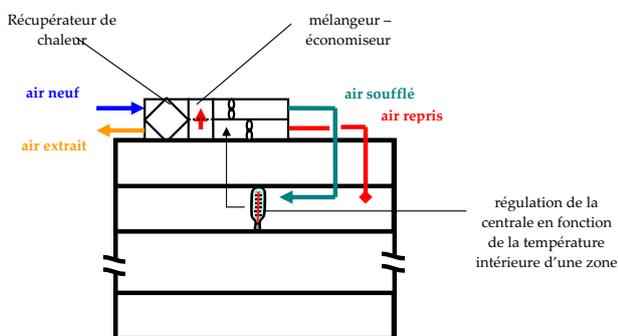


Figure 10 – Schéma de principe d'une centrale de traitement à débit d'air constant

Centrale DAC associée avec un système de distribution à induction (spilotair)

Le principe est de prétraiter un débit d'air plus important que le débit d'air hygiénique de souffler sur un système à induction afin d'assurer le traitement terminal du local, comme le montre le schéma ci-dessous.

Cette solution permet :

- de supprimer les bac et les réseaux de condensats dans les locaux à traiter ;
- de supprimer les ventilateurs des appareils terminaux ; néanmoins, une partie de ces consommations se retrouvent sur les centrales de traitement d'air ;
- de bénéficier du fait de l'importance du débit d'air primaire de l'intérêt du free cooling voire de la ventilation nocturne.

Néanmoins, cela implique :

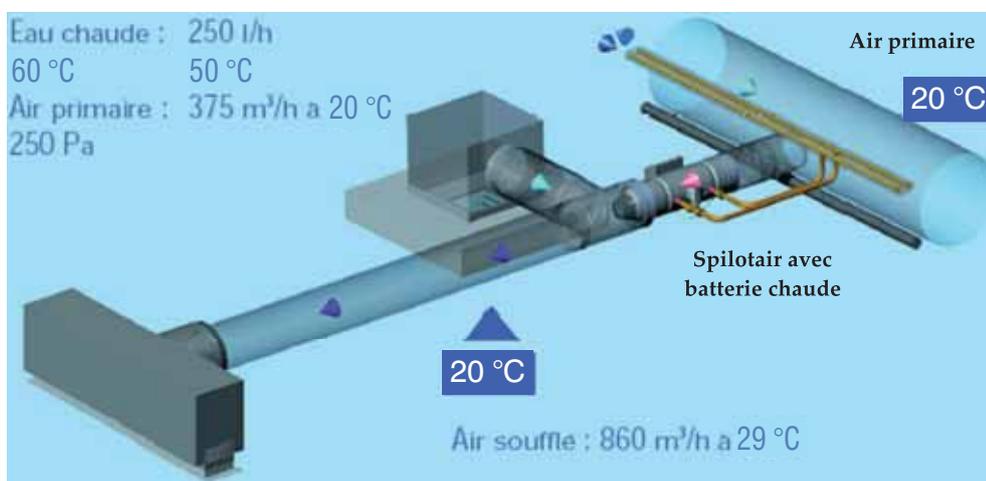
- de mettre en place des récupérateurs à grande efficacité sur les centrales de traitement d'air tout en s'assurant de l'absence de mélange entre l'air extrait et l'air neuf ;
- de choisir des ventilateurs à haut rendement du fait des débits importants et des pressions élevées requises au bon fonctionnement du système à induction.

Du point de vue des consommations d'auxiliaires, cette solution transfère des consommations de ventilateurs terminaux vers des consommations centralisées.

Split

Le climatiseur fonctionne uniquement pendant les heures d'occupation en mode rafraîchissement. En mode de chauffage il assure le réduit de chauffage à 15°C. Lors de l'arrêt du système, on considère la puissance appelée nulle ce qui est légèrement optimiste. Le système split est associé à une centrale de traitement d'air pour la ventilation.

Les solutions « split » équipées de compresseurs à vitesse variable permettent d'obtenir à la fois un bon confort est un niveau de consommation faible.



Principe de fonctionnement du Spilotair

Annexe 4

Influence de la régulation et de la Gestion Technique sur les consommations

Lors des opérations préalables à la réception, le maître d'ouvrage demande au maître d'œuvre de contrôler et valider auprès de l'installateur les choix de réglage afin de s'assurer de la parfaite adéquation de l'installation au programme et schémas de régulation.

Il appartient donc au concepteur de sensibiliser l'installateur puis le metteur au point à l'intérêt que peuvent présenter ces schémas pour améliorer l'efficacité des installations.

Organes de régulation

Capteurs (organes de mesure : sonde de température, compteurs, etc.) et actionneurs (vannes, « vanne de courant », pompes, etc.) doivent être juste dimensionnés pour s'adapter au comportement dynamique des installations. Leurs courbes de réponse devront précisément être vérifiées afin de prévenir toute dérive.

Modes de régulation

Pour un chauffage (rafraîchissement) à eau chaude ou à air chaud (froid) ⁽¹⁶⁾ la puissance est proportionnelle à l'écart de température et au débit. Ainsi pour régler la puissance on agira soit sur le débit (débit variable, température constante) soit sur la température (débit constant, température variable). Pour cela la régulation agira sur des vannes deux ou trois voies, au départ ou au retour, en mélange ou en répartition. Pour que l'installation fonctionne correctement et soit efficace il y a lieu de veiller à adopter des schémas cohérents, les plus simples possibles, qui seront ainsi les plus économiques tant sur le plan des investissements, qu'en termes de résultats d'exploitation.

16 Au détail près que l'hygrométrie a une importance particulière pour le rafraîchissement

Loi d'eau

La loi d'eau consiste – pour des productions centralisées utilisant l'eau comme fluide caloporteur – à ajuster la température de départ d'eau en fonction de la température extérieure afin de réduire les pertes de distributions et d'améliorer le fonctionnement et les performances des productions. Ceci lorsque les conditions d'exploitation le permettent (donc lorsqu'il n'y a pas d'obligation à maintenir une température de départ ou de soufflage constante).

Influence des consignes

La température de reprise peut servir d'indicateur pour les systèmes qui fonctionnent en mélange ; elle nécessite cependant des précautions au niveau de l'implantation de la sonde (influences du rayonnement des gaines : l'isolation est recommandée), des modes de fonctionnement (la régulation ne devient effective que lorsque l'équipement est en marche, et elle nécessite qu'il n'y ait pas de coupure de la ventilation), du type de local et de l'efficacité de la diffusion dans ce dernier (il faut s'assurer qu'il n'y a pas de phénomène de stratification).

Comme indiqué précédemment, les simulations sont élaborées avec les consignes de base suivantes pour les chambres (hôpital) : 25 °C en refroidissement et 20 °C en chauffage.

On présente l'effet d'un décalage de la consigne de 20 °C à 22 °C en chauffage puis à 24 °C (en gardant la consigne de froid à 25 °C) par rapport aux consignes de base à Trappes puis à Nice.

A Trappes, on remarque une augmentation de 13 % (resp. 31 %) de la consommation annuelle de chauffage pour une augmentation de deux degrés (resp. quatre degrés) de la consigne de chauffage (Tc).

L'impact sur la consommation totale est de 4,3 % (10,5 % respectivement), les autres consommations sont presque inchangées.

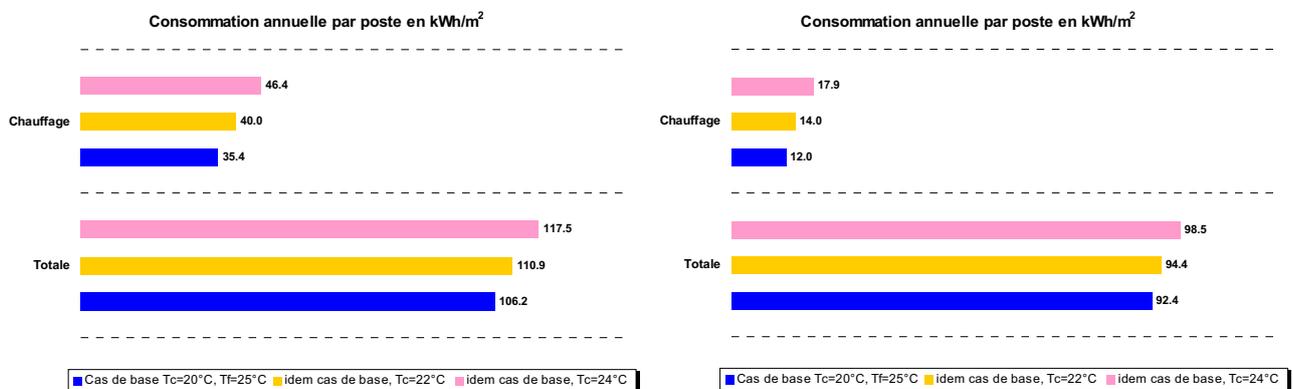


Figure 17 – Impact de la température de consigne sur la consommation annuelle à Trappes (à gauche) et à Nice (à droite) - CHU

A Nice, on remarque une augmentation de 16 % (resp. 49 %) de la consommation annuelle de chauffage pour une augmentation de deux degrés (resp. quatre degrés) de la consigne de chauffage (Tc).

L'impact sur la consommation totale est de 2,1 % (6,6 % respectivement), les autres consommations sont presque inchangées.

Mise en réduit

La mise en réduit qui peut comprendre plusieurs niveaux – inoccupation courte, inoccupation longue – diminue les consommations. Ces modes sont programmables au niveau des thermostats ou d'une unité de gestion centralisée et peuvent s'envisager dans les zones administratives et dans certains locaux techniques.

Gestion Technique

La gestion technique permet de suivre les consommations d'énergie et d'ajuster les consignes, de programmer les commandes (marche/arrêt), de contrôler le comportement des grandeurs réglées, de disposer d'un état d'alarmes, et par extension d'une aide à la gouvernance, à la maintenance.

Le choix du système doit être mené sur la base des critères d'interopérabilité des systèmes, d'ouvertures des protocoles et de pérennité pour permettre l'adaptation aux évolutions techniques.

En l'absence de gestion technique, ces opérations peuvent être réalisées à l'aide d'horloge ou de thermostat programmable.

Annexe 5

Développement durable et Haute Qualité Environnementale

La Qualité Environnementale des Bâtiments est l'aptitude de ses caractéristiques intrinsèques (parcelle, bâtiment, équipement) à satisfaire les exigences suivantes :

- maîtrise des impacts sur l'environnement extérieur ;
- création d'un environnement intérieur confortable et sain.

Ces exigences s'expriment au travers de 14 « cibles », groupées en 4 familles : éco construction, éco gestion, confort et santé.

La cible n° 4 traitant de la gestion de l'énergie (famille éco gestion) a pour objectif la réduction des consommations d'énergie primaire, le recours aux énergies renouvelables et le choix d'énergies peu polluantes. Cela s'exprime notamment par un travail sur l'enveloppe pour réduire les besoins de chaleur et de froid et par l'amélioration de l'efficacité des équipements énergétiques dans le respect des conditions de confort.

Le présent guide peut s'inscrire dans le cadre général du développement durable ⁽¹⁷⁾ pour lequel la démarche HQE® (Haute Qualité Environnementale) apporte une réponse pertinente pour le secteur du bâtiment, en considérant à la fois le management de projet et les performances environnementales.

En effet, il explicite des moyens architecturaux et techniques permettant d'améliorer la performance énergétique des bâtiments de santé par une action tant sur l'enveloppe que sur les systèmes et les équipements.

Il constitue alors une aide précieuse, principalement au niveau de la cible n° 4, aux acteurs de la construction entreprenant une démarche HQE®. Dans ce cadre, les aspects énergétiques sont à inclure dans une démarche de conception intégrée et transversale, en incluant d'autres préoccupations propres à la qualité environnementale, par exemple l'entretien-maintenance pour la pérennité des performances, les différentes composantes du confort, la préservation de la santé, le choix intégré des produits et systèmes, la gestion de l'eau, la gestion du chantier.

La cible n° 4 de la démarche HQE (Gestion de l'énergie) a pour objectif de garantir l'efficacité énergétique du bâtiment et de ses équipements, de recourir à des énergies renouvelables, tout en assurant des conditions de confort et de santé optimales à l'occupant. Cet objectif est atteint grâce à un travail sur l'ensemble des thèmes explicités dans les fiches précédentes.

Les autres cibles de la démarche HQE permettent d'aller plus loin dans le respect de l'environnement en permettant par exemple :

- de réduire les débits de fuite rejetés au réseau d'eaux pluviales grâce à l'emploi de matériaux perméables qui favorisent l'hydrologie naturelle du site (toitures végétalisées : surfaces de parking engazonnées, etc.) ;
- de réduire la consommation d'eau potable grâce à la mise en œuvre de dispositifs hydro économes et de systèmes de réutilisation des eaux de pluie pour arrosage des espaces verts par exemple ;
- de réduire les impacts des matériaux de construction sur l'environnement et la santé des occupants en favorisant l'emploi de peintures, d'isolants et de revêtements de sols performants sur ce plan ;
- de réduire les nuisances et pollutions générées lors de la phase chantier grâce à la mise en œuvre d'une charte chantier propre.

Maîtrise des impacts sur l'environnement	
Famille n° 1 Eco-construction	Famille n° 2 Eco-gestion

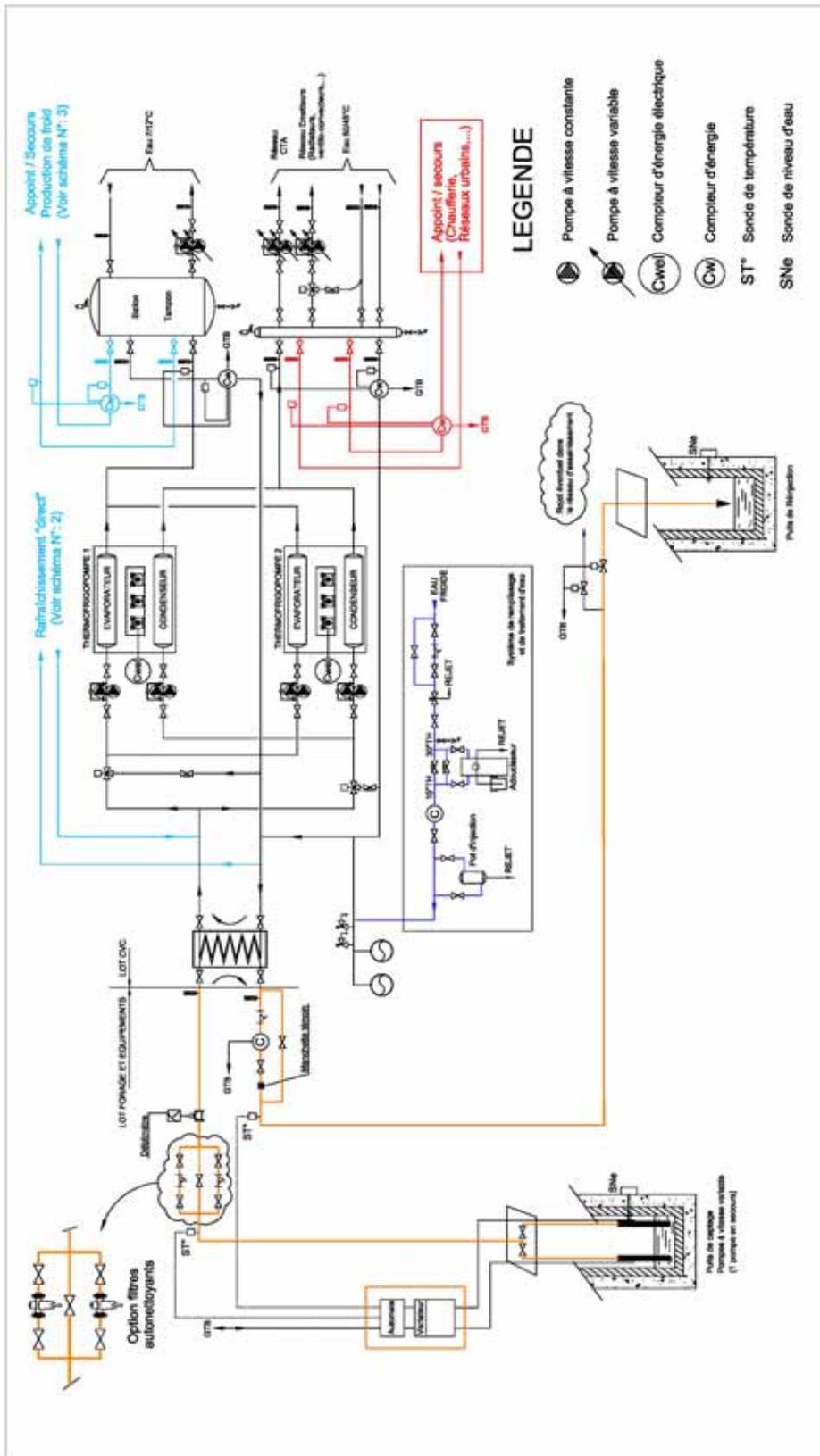
Création d'un environnement intérieur satisfaisant	
Famille n° 3 Confort	Famille n° 4 Santé

17 Le développement durable est un mode de développement permettant de répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs.

Annexe 6

Schémas relatifs aux solutions pompes à chaleur sur nappe

Schéma 1 – « Nappe assurant la totalité des besoins – Solutions 2 PAC »



NAPPE ASSURANT LA TOTALITE DES BESOINS - SOLUTION 2 PAC

OBJECTIF 100 SANTE

ALTO Industrie
7, Allée DEWITON
77420 CHAMPS-SUR-MARNE
Tél: 01 64 08 18 50
Fax: 01 64 08 17 20
Email: alto@alto-ingenierie.fr



Juin 2006

Annexe 7

Ventilation des salles d'opération

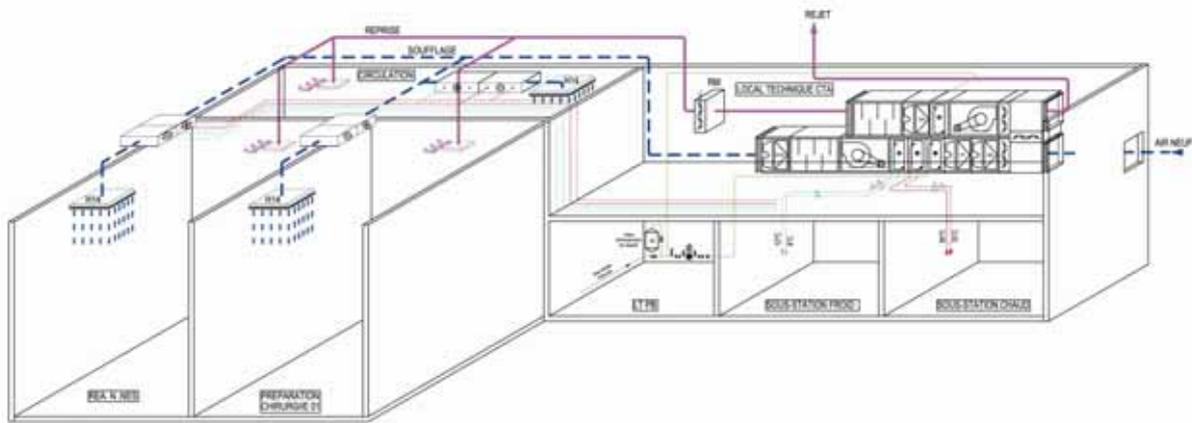
Zones à risque 1 :

Les zones de classe de risque 1 présentent des risques faibles ou négligeables. De ce fait, il n'est pas nécessaire de prévoir de mesures particulières hormis celles prévues dans le Code du travail et dans le Règlement départemental sanitaire (RDS).

Zones à risque 2 :

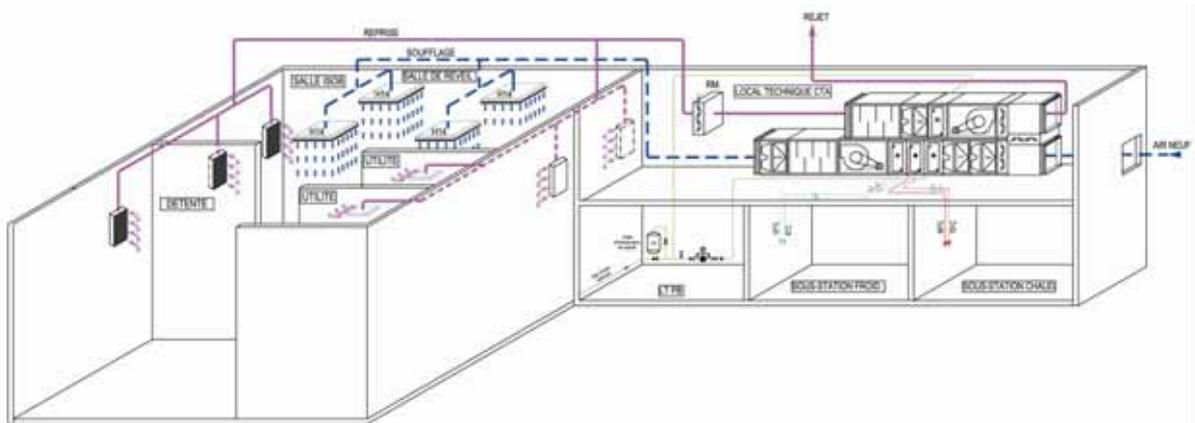
Les zones de classe de risque 2 présentent des risques modérés. Cela peut être le cas, par exemple, de la rééducation, de la maternité, des laboratoires ou des locaux présentés ci-dessous comme illustrations :

Cas particulier des locaux annexes :



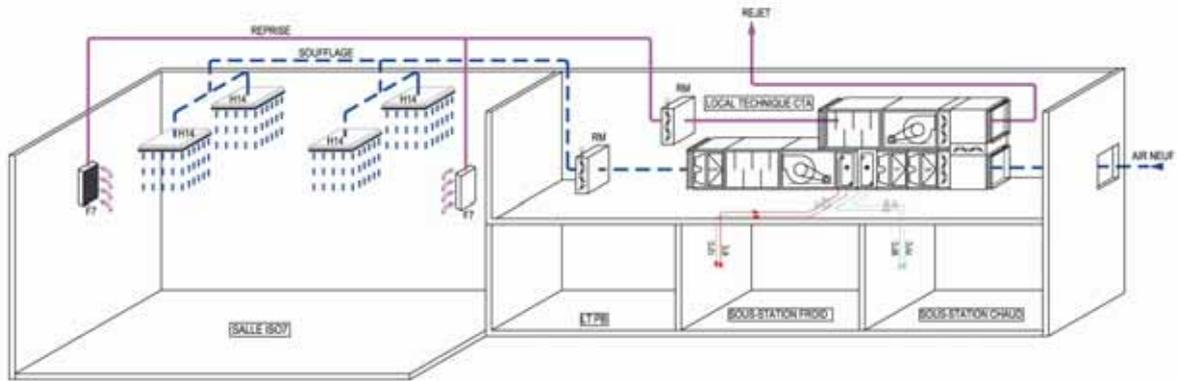
Traitement des locaux annexes de risque 2

Cas particulier de la salle de réveil :



Salle de réveil (SSPI) - (15 Vol/h mini)

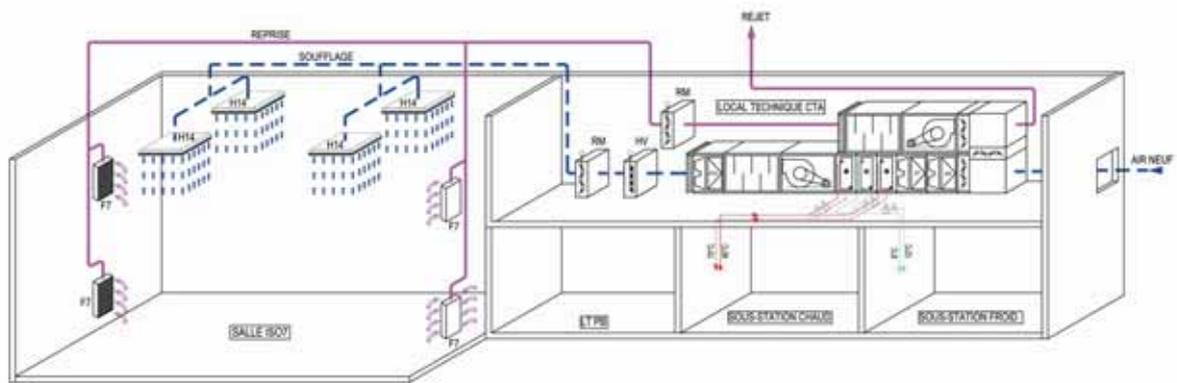
Cas particulier de l'arsenal stérile :



Arsenal stérile risque 2 (15 Vol/h mini)

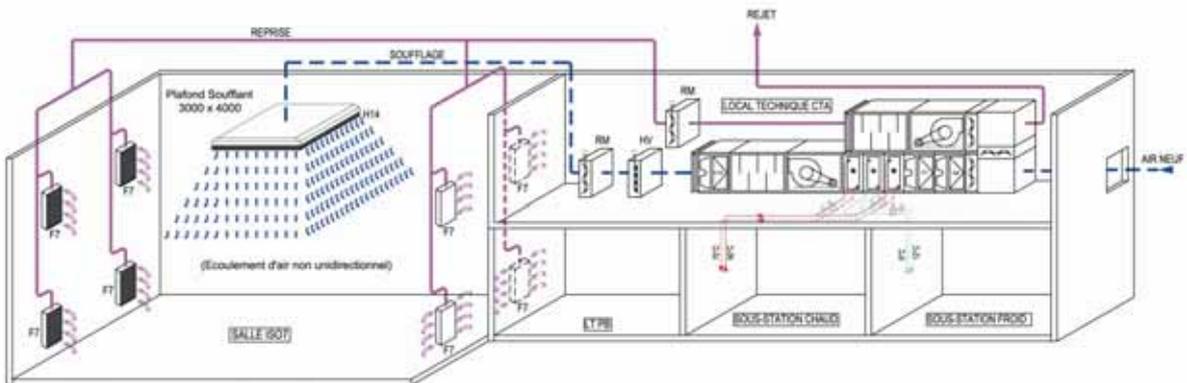
Zones à risque 3 :

Les zones de classe de risque 3 présentent des hauts risques. Cela peut être le cas, par exemple, de la pédiatrie, des soins intensifs ou des urgences.



Salle d'opération risque 3 - ISO7 (30 Vol/h mini)

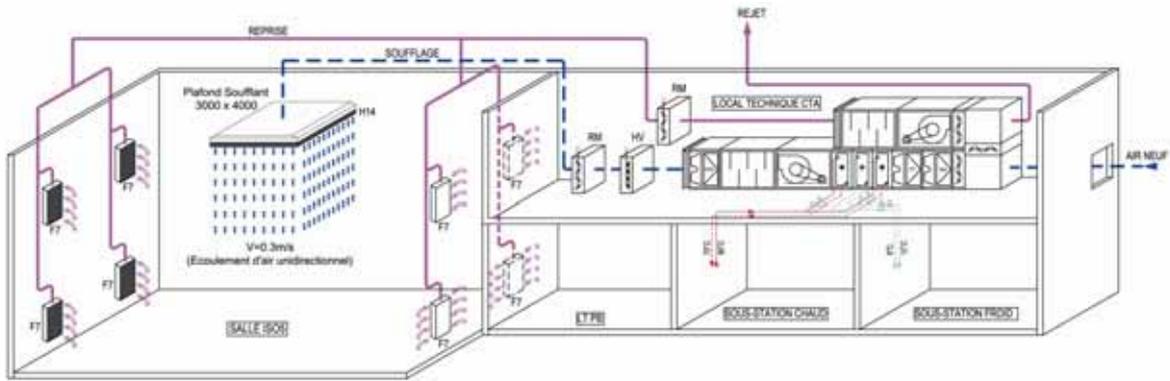
Variante du mode de diffusion :



**Salle d'opération risque 3 - ISO7 (30 Vol/h mini)
(Variante plafond soufflant)**

Zones à risque 4 :

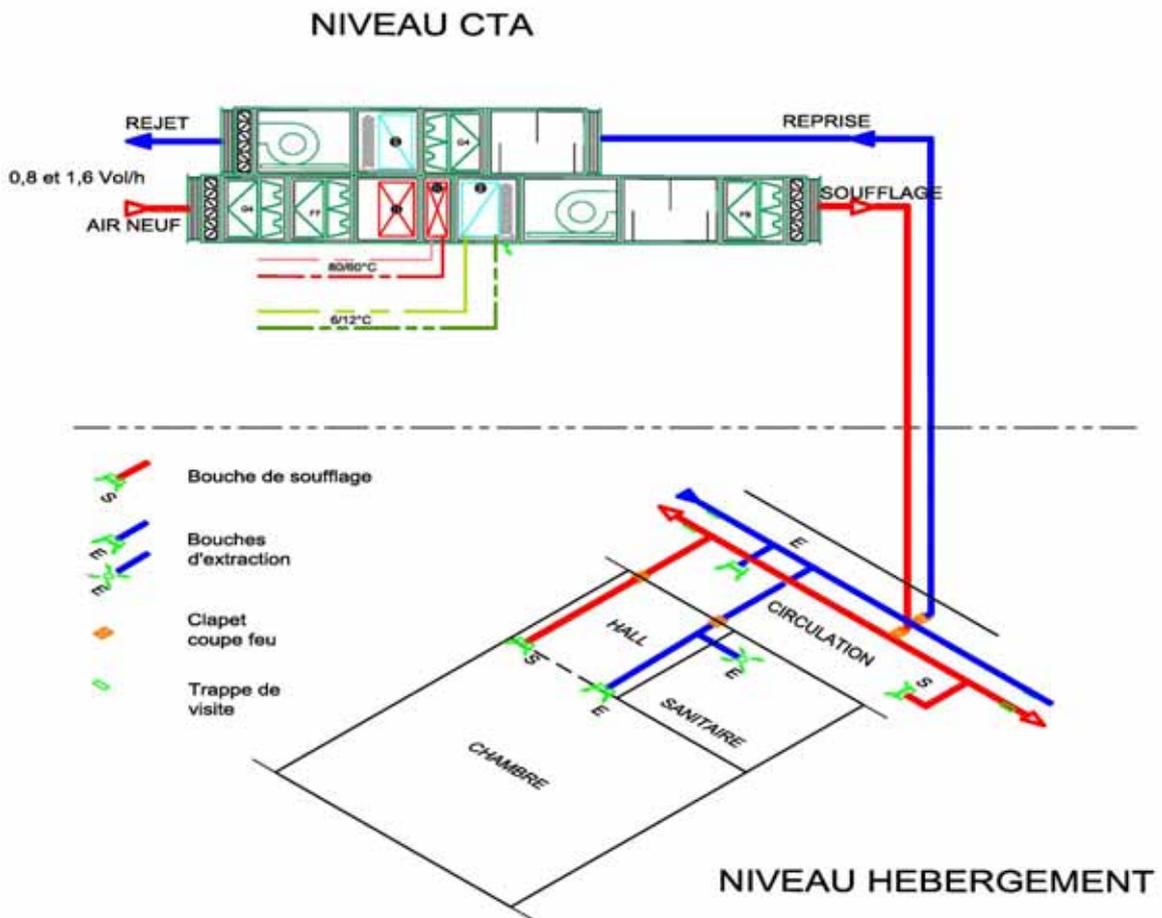
Les zones de classe de risque 4 présentent de très hauts risques. Cela peut être le cas, par exemple, de la néonatalogie, des grands brûlés ou des immunodéprimés.



Salle d'opération risque 4 - ISO5 (50 Vol/h mini)

Hébergement :

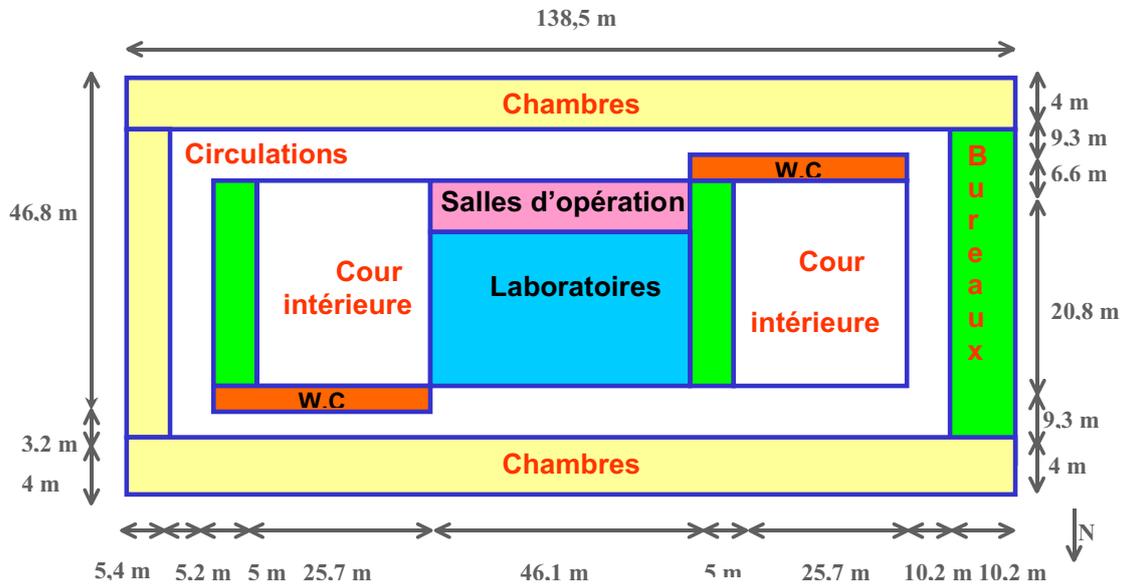
L'exemple suivant montre un système de ventilation double flux dans les chambres. La reprise de l'air soufflé peut se faire en partie dans les locaux humides annexes et dans la chambre en fonction du taux de renouvellement d'air choisi.



Annexe 8

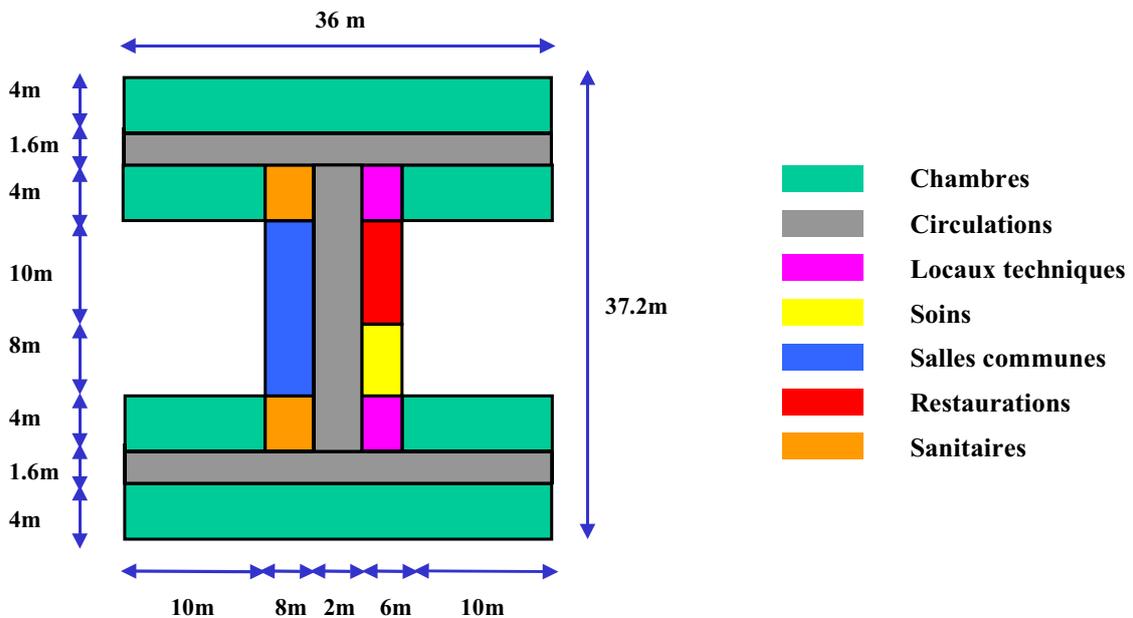
Caractéristiques géométriques des bâtiments types

Le bâtiment de type 1 – Hôpital de grande surface CHU ~ 300 lits - Caractéristiques géométriques



Plan et découpage du bâtiment 1 – hôpital CHU

Le bâtiment de type 2 – Maison de retraite ~ 90 lits - Caractéristiques géométriques



Plan et découpage du bâtiment 2 – Maison de retraite

Récapitulatif des caractéristiques géométriques des bâtiments types – Bâtiments de santé

Type de bâtiment	1	2
Surface totale utile	30 450 m ²	3 900 m ²
Hauteur sous plafond	3 m	
Orientation	nord/sud pour les chambres, ouest pour les bureaux	nord/sud pour les chambres, ouest pour les salles communes
Ratio de surface par usage (par rapport à la surface totale utile)		
Bureaux, consultations et urgences	0,12	-
Laboratoires, restaurants et pharmacies	0,16	-
Salles d'opération	0,05	-
Circulations	0,39	0,17
Sanitaires	0,06	0,06
Chambres	0,22	0,46
Salles communes	-	0,15
Restaurants	-	0,06
Soins	-	0,05
Locaux techniques	-	0,05
Ratio de surface de parois déperditives (par rapport à la surface totale utile)		
Totale	0,49	1,25
Parois verticales (opaques et vitrées)	0,29	0,67
Toiture	0,20	0,58
Baies vitrées (verticales)	0,08 (27,5 % de la surface verticale)	0,20 (30 % de la surface verticale)

Caractéristiques générales des bâtiments de santé

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

