



Quelles solutions pour des établissements de santé à consommation d'énergie annuelle inférieure à

100 kWh/m² ?

Rapport final

Convention ADEME 04 07 C0043

Référence ARMINES 41204

Référence CSTB DDD/PEB - 06.092 R

Sila Filfli, Dominique Marchio (Armines-CEP)

Jean-Marie Alessandrini, Emmanuel Fleury, Philippe Tournie (CSTB)

Pierre Damolis, Daniel Gourmez (Alto ingénierie)

Décembre 2007

SOMMAIRE

AVANT PROPOS.....	6
I. STATISTIQUES DU PARC DE BATIMENTS EN FRANCE	6
II. DESCRIPTION DES BATIMENTS TYPES.....	17
2.1 Typologie de bâtiments et des systèmes retenus	17
2.2 Bâtiment type 1 – Hôpital CHU	18
2.2.1 Description et découpage.....	18
2.2.2 Répartitions des surfaces - TYPE 1.....	18
2.2.3 Caractéristiques du bâtiment - TYPE 1.....	19
2.3 Bâtiment type 2 – Maison de retraite	21
2.3.1 Description et découpage.....	21
2.3.2 Répartitions des surfaces – TYPE 2	21
2.3.3 Caractéristiques du bâtiment - TYPE 2.....	22
III. CARACTERISTIQUES DES USAGES DES BATIMENTS	23
3.1 Profil d’occupation et de charges internes – TYPE 1.....	23
3.1.1 Bureaux, consultations et urgences.....	23
3.1.2 Laboratoires, restaurant, pharmacies et annexes des salles d’opérations	24
3.1.3 Salles d’opération.....	24
3.1.4 Chambres.....	25
3.1.5 Circulations.....	26
3.1.6 Sanitaires.....	26
3.2 Profil d’occupation et de charges internes – TYPE 2.....	26
3.2.1 Chambres.....	26
3.2.2 Soins	27
3.2.3 Salles communes.....	28
3.2.4 Restaurants.....	29
3.2.5 Circulations.....	29
3.2.6 Sanitaires.....	29
3.3 Récapitulatif des caractéristiques et des niveaux de valeurs envisagés	30
3.4 Scénarios de puisage d’eau chaude sanitaire	32
3.4.1 Hôpitaux.....	32
3.4.2 Maison de retraite	33
3.5 Températures de consigne (Type 1 et Type 2)	33
IV. MODELES ET CHOIX DE SYSTEMES	34
V. TYPE 1 : DEUX COMBINAISONS D’UNITES TERMINALES ET DEUX TYPES DE PRODUCTION DE FROID SONT ENVISAGEES.....	34
VI. TYPE 2 : DEUX COMBINAISONS D’UNITES TERMINALES ET UN TYPE DE PRODUCTION.....	34
6.1 Climatiseur individuel de type split	35
6.1.1 Intérêt de l’usage de systèmes Split pour des zones limitées d’une maison de retraite	35
6.1.2 Principe de modélisation.....	35
6.2 Centrale double flux hygiénique	36
6.3 Centrale à débit d’air constant.....	36
6.4 Système à ventilo convecteurs	37
6.5 Chaudière	37
6.6 Thermo-frigo-pompe.....	38
6.6.1 Intérêt des thermo-frigo-pompes dans les établissements de santé.....	38
6.6.2 Domaine technologique.....	38
6.6.3 Description générale	38
6.6.4 Description mathématique.....	40

6.6.5	<i>Demande de froid seul (mode 1)</i>	40
6.6.6	<i>Demande de chaud seul (mode 2)</i>	41
6.6.7	<i>Taux de charge de froid supérieur au taux de charge de chaud (mode 3)</i>	42
6.6.8	<i>Taux de charge de chaud supérieur au taux de charge de froid (mode 4)</i>	43
6.6.9	<i>Taux de charge de chaud égale au taux de charge de froid (mode 5)</i>	44
VII.	TRAITEMENT DE LA ZONE « CHAMBRES » - CALCUL DES BESOINS	45
7.1	Bâtiment type 1 – CHU	45
7.1.1	<i>Bâtiment de base</i>	45
7.1.2	<i>Bâtiment avec des paramètres modifiés (bâtiment moins étanche) – pour comparaison</i> 46	
7.2	Bâtiment type 2 - Maison de retraite	47
7.2.1	<i>Bâtiment de base</i>	47
7.2.2	<i>Maison de retraite – bâtiment modifié (bâtiment moins étanche) - pour comparaison</i>	48
VIII.	CALCUL DE BESOINS ET PRE DIMENSIONNEMENT	50
8.1	Fichier météo et consignes	50
8.2	Besoins de base - type 1 - CHU	52
8.3	Besoins de base - type 2 – Maison de retraite	54
IX.	DIMENSIONNEMENT DES SYSTEMES – BATIMENT TYPE 1 - CHU	55
9.1	Système 1A – GF + Ch – Météo de Trappes	55
9.1.1	<i>Dimensionnement des unités terminales</i>	55
9.1.2	<i>Dimensionnement du groupe frigorifique à condensation à air</i>	56
9.1.3	<i>Dimensionnement de la chaudière</i>	57
9.1.4	<i>Dimensionnement des paramètres des réseaux de distribution</i>	58
9.1.5	<i>Dimensionnement des éléments du système DAC</i>	58
9.1.6	<i>Caractéristique de batteries froide et chaude de la CTA DAC</i>	58
9.2	Système 1A –GF + Ch – Météo de Nice	58
9.2.1	<i>Dimensionnement du groupe frigorifique à condensation d'air</i>	58
9.2.2	<i>Dimensionnement de la chaudière</i>	59
9.3	Système 2A - THFP - Météo de Trappes	59
9.4	Etude de l'eau chaude sanitaire ECS	59
9.4.1	<i>Formules générales de calcul</i>	59
9.4.2	<i>Technique de production - Préparateurs semi-accumulation</i>	61
9.4.3	<i>Application au CHU de 300 lits</i>	61
X.	DIMENSIONNEMENT DU BATIMENT TYPE 2 – MAISON DE RETRAITE	63
10.1	Système 1 - GF + Ch - Trappes	63
10.2	Système 1 – GF + Ch Nice	63
10.3	Système 2 -Split - Trappes et Nice	63
XI.	PLAN D'EXPERIENCES	64
11.1	Plan d'expériences pour la solution VC - groupe frigorifique - chaudière à gaz	64
11.2	Plan d'expériences pour le système Split	64
11.3	Plan d'expériences pour la solution VC - thermo-frigo-pompe	64
XII.	RESULTATS TYPE 1 - CHU	65
12.1	Système 1A – GF + Ch	65
12.1.1	<i>Résultats annuels – hors S.OP</i>	65
12.1.2	<i>Meilleure combinaison en énergie payante (EER = 3,3 - η_{ch} = 0,98)</i>	66
12.1.3	<i>Effet des variables du système</i>	66
12.1.4	<i>Résultats des S.OP</i>	67
12.2	Système 2A – THFP	68
12.2.1	<i>Résultats annuels – hors S.OP</i>	68

12.2.2	<i>Meilleure combinaison en énergie payante (EER = 4 - COP = 5,5)</i>	69
12.2.3	<i>Effet des variables du système</i>	69
12.2.4	<i>Résultats des S.OP</i>	70
12.2.5	<i>Comparaison entre systèmes pour le bâtiment type 1 à Trappes et à Nice</i>	71
XIII.	RESULTATS TYPE 2 – MAISON DE RETRAITE	72
13.1	Système 1 - GF + Ch	72
13.1.1	<i>Résultats annuels</i>	72
13.1.2	<i>Meilleure combinaison en énergie payante (EER = 3,3 - η_{ch} = 0,98)</i>	73
13.1.3	<i>Effet des variables du système</i>	74
13.2	Système 2 - Split	74
13.2.1	<i>Résultats annuels</i>	74
13.2.2	<i>Meilleure combinaison en énergie payante (EER = 4,2 - COP = 4,5)</i>	75
13.2.3	<i>Effet des variables du système</i>	76
13.2.4	<i>Comparaison entre systèmes pour le bâtiment type 2 à Trappes et à Nice</i>	76
XIV.	CONCLUSIONS	77
XV.	REFERENCES	79
XVI.	ANNEXE 1 : CARACTERISTIQUES DES HOPITAUX ISSUES DE LEURS CAHIERS DE CHARGE ET DE LEURS PLANS	81
XVII.	ANNEXE 2 : DONNEES DE BASE POUR UN HOPITAL A CLERMONT FERRAND (63)	87
XVIII.	ANNEXE 3 : VERIFICATION DE COHERENCE D'OCCUPATION ENTRE LES ZONES (PRESENCE DU PERSONNEL DANS UNE ZONE SIGNIFIE ABSENCE DANS UNE AUTRE ZONE)	90
XIX.	ANNEXE 4 : DONNEES SUR TELEVISEURS A FAIBLE CONSOMMATION	91
XX.	ANNEXE 5 : CARACTERISTIQUES DES MAISONS DE RETRAITES ISSUES DE LEURS CAHIERS DE CHARGE ET DE LEURS PLANS	93
XXI.	ANNEXE 6 : REGULATION SIMPLIFIEE DE L'HUMIDITE RELATIVE DANS UNE ZONE	98

Avant propos

L'objectif de cette étude est de proposer des solutions pour réduire les consommations d'énergie dans le secteur des bâtiments de santé. Dans un premier temps, il est dressé un état du parc de bâtiments. Il sera par la suite étudié les consommations utilisant les meilleures solutions disponibles. Le but de l'étude - qui complète une étude précédente sur les bâtiments de bureaux - est de montrer qu'il est possible de concevoir des bâtiments consommant peu et de donner la possibilité à des maîtres d'ouvrages d'utiliser des solutions trouvées via l'utilisation du « guide des solutions ».

L'objectif visé en kWh/m² se rapporte à l'ensemble des consommations annuelles (éclairage, chauffage, refroidissement, bureautique, ECS et auxiliaires). Celles ci pouvant provenir de sources fossiles ou d'électricité, les consommations atteintes seront donc également évaluées en énergie primaire.

L'étude Objectif 100 n'a pas pour objectif l'optimisation technico économique pour proposer les meilleures solutions disponibles. Il s'agit avant tout de montrer que l'objectif peut techniquement être atteint.

I. STATISTIQUES DU PARC DE BATIMENTS EN FRANCE

Structuration du Parc

Le secteur de la santé représente, en 2001, 94 millions de m² et environ 21 TWh (en moyenne annuelle 225 kWh/m² -65% pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire, 5% pour la cuisson, 10% pour l'éclairage, 9% autres). Il existe en France 4203 établissements hospitaliers, ce qui représente une capacité d'accueil de 465 494 lits et 48019 places. Ils réalisent chaque année environ 120 millions d'hospitalisation. [3 & 8].

Chiffres

Le Tableau 1 représente un résumé des caractéristiques techniques de 149 centres hospitaliers en France.

Ces informations ont été récupérées auprès de l'association **Ingénieurs Hospitaliers de France (IHF)**. L'Annuaire National de l'Ingénierie Hospitalière et Biomédicale est une base de données constituée principalement des caractéristiques des installations et des équipements techniques et logistiques des établissements de santé. Cette base de données apporte également des informations sur :

- la composition des différents services techniques ou logistiques,
- l'activité des Etablissements,
- les budgets d'exploitation et d'investissements techniques et logistiques,
- les projets de construction, de restructuration et d'équipements remarquables,
- les actions, organisations ou concepts innovants développés ou en cours de mise en œuvre.

Elle permet ainsi à chaque établissement de santé de connaître les équipements des autres établissements et de constituer un premier état des lieux, afin de mettre en place une gestion de patrimoine.

Une fiche existe par centre hospitalier. Les informations fournies par centre varient. Les caractéristiques détaillées comportent :

- Caractéristiques générales : coordonnées,
- Capacités d'hébergements et activité (% d'occupation) de l'année précédente par type (médecine, chirurgie, obstétrique, moyen et long séjour, réadaptation fonctionnelle, retraite, cure médicale)
- Dépenses d'exploitation et d'investissement de l'année précédente

- Composition du service technique immobilier : présence technique (composition et effectifs du service : ingénieurs, adjoints techniques, techniciens courants forts, techniciens plomberie, techniciens chauffage-climatisation, techniciens serrurerie-menuiserie, techniciens peinture-maçonnerie, magasiniers, cadres ou agents administratifs)
- Composition du service technique biomédical : composition et effectifs du service : ingénieurs, adjoints techniques, contremaîtres et agents chefs
- Composition du service informatique
- Description des équipements techniques : équipements électrotechniques, transformateurs, groupes électrogènes, cogénération, onduleurs, appareils élévateurs et ascenseurs, téléphonie
- Equipements de sécurité, surveillance et prévention : détection incendie, installation de caméras, détecteurs anti-intrusion
- Installations thermiques : surface et volume habitable chauffé, puissance installée
- Installation de climatisation et de conditionnement d'air : surface habitable traitée, puissance installée
- Fluides médicaux : oxygène, etc...
- Consommations annuelles d'énergie et fluides : électricité, gaz, fioul, charbon azote, oxygène, hélium
- Equipements biomédicaux

On sélectionne parmi ces caractéristiques celles qui contribuent à la description d'une typologie.

Nombre des centres hospitaliers enquêtés 149

- Moyenne de lits par hôpital 686
- Nombre maximum de lits 2576
- Nombre minimum de lits 160

	Service immobilier	Service bio médical	Service total		Installation thermique	climatisation	consommation	
Moyenne par hôpital	27.3 pers	7.4 pers	30.1 pers	Moyenne de surface chauffée (m2) -- m2/lit	54915 m2 -- 77.8 m2/lit	14007 m2 -- 19.09 m2/lit	Elec	67 MWh/lit
maximum	112 pers	84 pers	168 pers	Moyenne du volume chauffé -- m3/lit	149420 m3 -- 208.9 m3/lit	38806 m3 -- 54.3 m3/lit	Gaz	313.6 MWh PCI/lit
minimum	1 pers	1 pers	1 pers	Moyenne du rapport (volume / surface)	2.78	2.84	Fioul	43 MWh PCI/lit
Moyenne par lit	0.04 pers/lit	0.01 pers/lit	0.045 pers/lit	Moyenne de puissance installée /m2	0.31 kW	0.25 kW		

Tableau 1 : Statistiques concernant 149 centres hospitaliers en France

Description du parc

Compte tenu de la spécificité du secteur et de la complexité des informations disponibles nous déclinons notre approche suivant trois aspects :

- Juridique
- Activité
- Disciplines médicales

Aspect juridique

Il est délicat de remonter du nombre d'établissements au nombre de bâtiments. Pour deux raisons principalement :

- Que l'on se situe dans le secteur public ou dans le secteur privé, on parlera respectivement d'entité juridique ou d'établissement. Ainsi, dans le public, une entité juridique représente-t-elle un ensemble d'établissements sur un territoire défini. Par exemple les hospices civils de Lyon ou l'assistance publique des hôpitaux de Paris représentent une seule entité juridique. Dans le secteur privé la notion d'établissement est plus précise, mais il existe des exceptions. Par exemple tous les hôpitaux de la croix rouge en France sont comptés comme un établissement. [8]
- Un même établissement peut disposer de plusieurs bâtiments parfois éclatés sur plusieurs sites.

Ainsi les 4203 établissements hospitaliers français correspondent à 1008 entités juridiques publiques et 2004 établissements privés.

D'un point de vue juridique les établissements ou entités juridiques peuvent être ventilés de la façon suivante :

Entité juridique publique (65% des lits)	Etablissements privés (35 % des lits)
<u>Centres hospitaliers régionaux</u> : ils assurent des soins spécialisés et des soins courants à la population proche	<u>Etablissements privés</u> sous dotation globale (<u>non lucratif</u>) _ 15% des lits
<u>Centres hospitaliers</u> : ce sont les plus nombreux ils assurent la majeure partie de la prise en charge	<u>Etablissements privés lucratifs</u> 20% des lits
<u>Hôpitaux locaux</u> : ils ont recours aux médecins généralistes. Ils assurent les fonctions d'accueil et de soins pour personnes âgées	

Tableau 2 : Répartition des lits entre les établissements publics et privés

La structure juridique et le statut du propriétaire de l'établissement sont un paramètre important pour définir les établissements. En effet, il apparaît que, suivant leur statut, les établissements sont spécialisés dans une activité et une discipline médicale. La connaissance de ce statut permet d'avoir des informations sur la taille attendue de l'établissement.

L'activité

Les activités sont définies en fonction de la durée du séjour des patients dans l'établissement et l'origine de leur venue. On distingue : l'hospitalisation à temps complet (moyens et longs séjours), l'hospitalisation partielle, les visites pour traitement et cures ambulatoires, les consultations externes et les urgences. La mesure de la capacité se fait :

- en lits pour l'hospitalisation complète
- en places pour l'hospitalisation partielle
- en boxs pour les urgences

La mesure de l'activité se fait en comptabilisant le nombre de journées d'hospitalisation et le nombre de séjours. Le Tableau 3 décrit chaque activité et le critère utilisé pour la mesurer.

Hospitalisation temps complet	Le patient passe au moins une nuit dans l'établissement, La capacité se mesure en nombre de lits ; l'activité se mesure en journées d'hospitalisation
Hospitalisation alternative	<ul style="list-style-type: none"> ◆ hospitalisation à temps partiel ◆ anesthésie et la chirurgie ambulatoire Dans ces deux cas, la capacité d'accueil est comptée en places. L'hospitalisation dure moins de 24 h. L'activité se mesure en nombre de séjours. <ul style="list-style-type: none"> ◆ hospitalisation à domicile
Traitements et cures ambulatoires	Ce sont des traitements itératifs qui durent en général une demi-journée. L'activité se mesure en séances. Entrent dans cette catégorie les séances de radiothérapie, de dialyse et de rééducation. La capacité se mesure en nombre de places et l'activité en nombre de passages.
Consultations externes	Ce sont des soins sans hébergement. Elles ne concernent que les établissements publics et les établissements privés non lucratifs.
Urgences	La capacité se mesure en boxs et l'activité se mesure en passage. Elles sont constituées d'une zone d'accueil et de boxs sous surveillance. Il existe différents niveaux dans les services d'urgences en fonction de la capacité d'accueil et de la spécialité médicale. On distingue les SAU : généraliste, les pôles spécialisés POSU et les unités de proximités (UPATOU).

Tableau 3 : Description des activités diverses dans un établissement de santé

La tendance actuelle est d'aller vers l'augmentation des séjours partiels, liée à l'augmentation de la chirurgie ambulatoire. Ainsi relève-t-on la fermeture de 74 600 lits et l'ouverture de 48 000 places d'hospitalisation à temps partiel et 4 200 places d'hospitalisation à domicile en dix ans.

Les disciplines médicales

Six disciplines médicales sont identifiées :

- La médecine générale
- La chirurgie
- L'obstétrique
- La psychiatrie
- Les soins de suite et de réadaptation
- Les soins de longue durée.

Dans les tableaux ci-dessous nous avons essayé de croiser les activités et les disciplines. On rappelle la capacité d'accueil et l'activité et la répartition de la capacité par statut juridique d'établissement (chiffres 2002):

Court séjour	médecine	1508 établissements dont 879 publics 114 058 lits dont plus de 92000 dans le public
	chirurgie	1259 établissements dont 650 privés lucratifs 95 358 lits dont 44000 dans le public et 40000 dans le privé lucratif
	obstétrique	685 dont 398 publics et 234 privés lucratifs 23090 lits dont 14000 dans le public. Environ 35 lits en moyenne par établissement.
	Total MCO	1841 établissements dont 891 publics et 732 privés lucratifs 232 506 lits dont 150000 dans le public, 21 000 dans le privé non lucratif, 60 000 dans les cliniques commerciales.

psychiatrie	553 dont 259 entités juridiques publiques 60794 lits dont 41 000 dans le public
Moyens séjours, Soins de suite et de réadaptation	1562 établissements dont 734 entités juridiques publiques et 501 établissements privés non lucratif 91000 lits dont 38000 dans le public et 31000 dans le public non lucratif
Longue durée	977 dont 841 entités juridiques publiques 81000 lits dont 74000 dans le public

Tableau 4 : Hospitalisation temps complet, 465 494 lits

		Hospitalisation partielle (y compris anesthésie et chirurgie ambulatoire) 48 019 places	Consultation externe 28 millions de consultations dans le public (confusion possible avec les urgences)	Urgences 13.7 millions de passages dans 614 unités autorisées
Court séjour	médecine	7715 places dont 5261 dans le public	principalement pour des suites d'hospitalisation ce secteur ne concerne que le public et le privé non lucratif	
	chirurgie	8320 places dont 6103 en privé commercial		
	obstétrique	940 places dont 900 dans le public		
	Total MCO	17 000 places dont 7500 dans le public et 7600 en privé commercial		
	psychiatrie	26000 places dont 21000 dans le public et 5000 dans le privé non lucratif		
	Soins de suite et de réadaptation	4627 places dont 2600 dans le privé non lucratif. Le traitement et cures ambulatoires regroupe les activités de dialyse, de radiothérapie et réadaptation fonctionnelle.		
	Longue durée	977 dont 841 entités juridiques publiques 81000 lits dont 74000 dans le public		

Tableau 5 : Croisement des activités et des disciplines médicales dans les établissements de santé

A partir de ces tableaux on peut retenir les éléments suivants :

Les établissements privés à but non lucratif ont majoritairement pour fonction d'assurer des séjours de moyenne durée. Une partie non négligeable d'entre eux assure des hospitalisations partielles en psychiatrie. Ces établissements assurent une bonne part des soins de suites et de réadaptation. **La taille moyenne de ces établissements est 99 lits.**

Les établissements privés commerciaux sont surtout spécialisés dans des actes chirurgicaux très précis. La majorité de ces établissements assure des séjours courts en hospitalisation complète. L'hospitalisation partielle en chirurgie est très développée. Ils assurent la majorité des séances de radiothérapie et de réadaptation en soins de suites et cures ambulatoires. **La taille moyenne des établissements est de 85 lits.**

Les établissements publics assurent toutes les disciplines et toutes les activités.

En hospitalisation complète, ils possèdent 65 % des lits. Ils sont présents dans toutes les disciplines, mais particulièrement en long séjours et en médecine pour les courts séjours.

En hospitalisation partielle le public est moins présent ; Il propose des places surtout en psychiatrie et il possède la majorité des places en médecine et en obstétrique.

Ils assurent la très grande majorité des consultations et quasiment toutes les urgences. **La taille moyenne d'un établissement en court séjour est 210 lits.**

Le Tableau 6 récapitule ces points :

statut	Activités attendues	Taille
Public	Urgence, psychiatrie, long séjour , moyen séjour, service de médecine ambulatoire , maternité, court séjour médecine , court séjour chirurgie, consultation externe	210 lits en court séjour
Privé non lucratif	Moyenne durée Hospitalisation partielle en psychiatrie, cure et traitement ambulatoire notamment dialyse	99 lits en court séjour
Privé lucratif	Court séjour en chirurgie Ambulatoire en chirurgie Cure et traitement ambulatoire en radiothérapie et réadaptation notamment	85 lits en court séjour

Tableau 6 : Taille moyenne d'un établissement de santé

L'organisation d'un établissement [1, 4, 5, 8]

L'architecture est construite autour du malade afin de le protéger des éléments externes et internes [1].

L'hôpital nécessite des équipements importants avec des technologies qui évoluent rapidement et qui nécessitent des changements environ tous les cinq ans. Il est alors délicat de construire des structures qui s'adaptent aux évolutions. [1]

L'organisation va se faire en fonction des liens fonctionnels entre les différentes zones de l'hôpital et la nécessité de séparer les flux de circulations [1].

On distingue les **flux suivants** ([1]) :

- La circulation médicale : malade couché/debout, Personnel médical, Circulation médicale de l'unité de soins est polyvalente
- La circulation de service : personnel, nourriture, linge, corps, déchets, réseaux techniques, matériels
- La circulation externe : visiteurs, admissions, consultants externes, personnel, urgences

Suivant l'organisation spatiale (nombre de couloirs, sens de circulation) les circuits peuvent être considérés comme uniquement « sale », uniquement « propre » ou alternativement « sale » ou « propre ».

Les circuits administratifs sont considérés neutres.

Dans les établissements ouverts ou semi pavillonnaires les circulations principales sont parallèles.

Selon la référence [8], le flux des patients est organisé à partir du plateau technique.

Les sources [4 & 5] présentent une petite vingtaine de fiches de renseignements dans lesquelles des ratios de surfaces sont disponibles.

Le pourcentage de circulation est surface utile/surface dans œuvre

L'observatoire a porté sur 74 opérations, nous rappelons (entre parenthèses) le nombre de cas. Les résultats exploités donnent les informations suivantes :

La part des circulations (calculée à partir du rapport SHO/SHU)

- La part des circulations est de 30 % dans le public et de 23% dans les établissements PSPH (22)
- Dans les laboratoires ou espace technique la surface des circulations est de 22.2% (3)
- Dans les pôles mère-enfant elle est de 35.4% (3)
- Et dans les autres cas de 33.3 %.(16)

A la lecture des sources [4 & 5] On retient un taux de circulation de 20 à 30% de la surface dans œuvre. La part des circulations est un peu plus grande dans le public. On distingue les **liaisons suivantes** [1] :

Juxtaposition	Proximité
Bloc opératoire/soins intensifs	Urgence/bloc opératoire
Urgence/réanimation	Urgence/radiodiagnostic
Urgence/radiodiagnostic*	Bloc opératoire//laboratoires centraux***
Stérilisation/bloc opératoire**	Laboratoires centraux/consultation externes***
	Radiodiagnostic/radiothérapie
	Administration/hall d'accès principal
	Physiothérapie/consultations externes
	Hôpital de jour/consultations
	Anesthésiologie/bloc opératoire
	Morgue/laboratoire***

Tableau 7 : Organisation architecturale d'un établissement

*Tolérance si les urgences possèdent leur propre salle de radiodiagnostic

**Les zones peuvent être superposées

***Les zones peuvent être plus éloignées s'il y a des liaisons mécaniques.

La tendance des vingt dernières années de construire des bâtiments compacts de 1000 à 1300 lits tend à disparaître au profit d'établissements de plus petites tailles, entre 200 et 400 lits, plus ouverts du type semi pavillonnaire. [1]

Selon la même source, la tendance est de séparer les zones hébergements des zones diagnostic et traitement. Mais le plateau technique est au centre de l'activité de l'hôpital. Les équipements et les lieux sont adaptés pour établir les diagnostics et pour soigner. [4, 5 & 8]

Il existe une **trame ou un module pour l'espace intérieur de l'hôpital. En France celle-ci est de 7,2 m dont 3,6 m pour la chambre.** [1]

La hauteur sous plafond (dalle) est un élément important, elle fluctue entre 3 et 4 m. Elle dépend de l'usage des locaux et de la présence de climatisation. Tableau 8 récapitule les hauteurs rencontrées pour quelques locaux [1]:

Usage\ventilation	Ventilation naturelle ou mécanique	Locaux climatisés
Chambre, couloir sanitaire	3 m	3.4m
Bloc opératoire		3.8 m (flux laminaire) 3.6 m (plafond filtrant)

Tableau 8 : Hauteurs des différents locaux dans un établissement

Les sources [4 & 5] propose des surfaces par lit

- La surface par lit est de 123 m² dans le public et de 87.5 m² dans le privé. (22)
- La surface par lit en construction neuve (hors laboratoires, pôles mère-enfant, urgence) est de 85m²/lit dans le public et de 77 m² par lit dans le privé (74)
- La surface par lit dans le pôle mère enfant est de 127.6m² (3)
- La surface par lit dans les autres cas est de 104.7m² (16)

La surface par lit dépend fortement de la présence d'un service d'urgences, de laboratoires et d'un pôle mère enfant. Elle varie dans les cas étudiés entre 80 et 130 m².

L'observatoire de la construction hospitalière fournit également des ratios SDO/SU sur la base de 96 opérations publiques et privées. Si on étudie quelques cas de cliniques et centres hospitaliers issues du rapport, on obtient un rapport entre 1.23 et 1.48 avec une moyenne à 1.39.

Le ratio SDO/lit a été évalué pour les opérations de 2005 par l'observatoire de la construction hospitalière à :

- 116 SDO /lit en MCO public (Médecine Chirurgie Obstétrique)
- 90 SDO/lit en MCO privé
- 105 en MCO global
- 59 en SSR (soins de suite et réadaptation)
- 71 en Psy

A rappeler que le ratio SDO/SU est défini comme :

SDO (Surface Dans Oeuvre) = SU (Surface Utile) + locaux techniques + circulations (horizontales et verticales) + niveaux intermédiaires (mezzanines, galeries, paliers) + cloisons fixes + coursives + espaces d'attente intégré aux circulations.

Le recoupement des différentes segmentations va nous permettre de mieux appréhender cette répartition des surfaces. Suivant les sources l'hôpital est segmenté en plusieurs zones. Dans le paragraphe précédent (Tableau 5), nous avons vu qu'à l'échelle du parc de bâtiment, la segmentation proposait une vision en fonction de l'activité et des disciplines médicales. La source [1], propose une segmentation et une description par discipline. Elle distingue :

Hébergement et unités de soins types	Services externes (consultations et urgences)	Services médico-techniques (radiodiagnostic, bloc opératoire, soins intensifs, laboratoires centraux)	Départements de physiothérapie (électrothérapie, gymnastique/kinésithérapie/ergothérapie/mécanothérapie/massage/pouliothérapie, hydrothérapie/fangothérapie/cryothérapie)
--------------------------------------	---	---	---

Tableau 9 : Segmentation par discipline médicale des services

L'observatoire de la construction hospitalière [4 & 5] a établi deux segmentations des établissements en fonction des différents usages. Il propose les répartitions suivantes de l'espace :

hébergement	Plateau technique	Logistique		Administration consultation	autre
		médicale	hôtelière		

Tableau 10 : Répartitions des zones principales dans un hôpital

Le plateau technique regroupe les zones suivantes :

- Le bloc opératoire,
- la salle d'accouchement,
- les salles d'anesthésie et de réveil,
- la réanimation,
- l'imagerie,
- la radiologie,
- les laboratoires et les analyses médicales.

	L'hébergement et les soins types	Les services externes	Les services médico-techniques	Les départements de physiothérapie
Segmentation [4 & 5]	Hébergement, logistique médicale et hôtelière, administration	Administration, consultation, logistique médicale et hôtelière (hébergement de jour)	Le plateau technique et la logistique médicale et autre (urgence), administration	Autre et logistique médicale. administration
Segmentation à l'échelle du parc	Hospitalisation complète (court et moyen séjour), médecine	Hospitalisation partielle, consultation	Hospitalisation complète et partielle, chirurgie et obstétrique, urgence	Hospitalisation partielle, soins de suite et de réadaptation

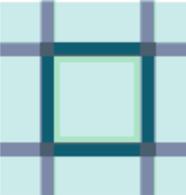
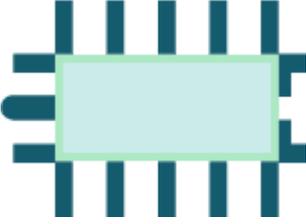
Dans ce regroupement :

- la psychiatrie et les longs séjours ne sont pas pris en compte,
- la distinction entre hospitalisation complète et partielle n'est pas forcément pertinente (les patients en consultation peuvent venir de l'extérieur ou des unités de soin).

Il apparaît que la segmentation proposée dans les documents [4 & 5] est insuffisante pour classer tous les locaux d'un établissement de santé. En revanche, elle peut aider à regrouper les locaux d'une même zone, dédiée à une discipline médicale, en fonction de leur usage.

Typologie architecturale [2 & 10]

La typologie suivante est reprise intégralement de la source [10]. Elle propose le regroupement des bâtiments hospitaliers en 9 types différents. Pour chaque type des bâtiments réels sont donnés en exemple. Actuellement il y a sur le site 45 bâtiments recensés. Il s'agit de bâtiments qui peuvent ne plus être en activité.

	<p>Hôpital type « hall » :</p> <p>Les églises hospitalières se dotent d'une salle commune (parfois plusieurs), de plan généralement rectangulaire, disposée perpendiculairement aux bâtiments religieux et caractérisée par une architecture monumentale. La vaste salle est parfois dotée d'un autel, à une de ses extrémités, pour que les malades puissent assister à l'office religieux depuis leur lit.</p>
	<p>Maison hospitalière</p> <p>Cette maison hospitalière, ou d'hospitalité, renoue avec la tradition d'accueil des plus déshérités. Installée le plus souvent dans le centre des villes, elle occupe parfois un îlot entier et s'organise, comme une grosse demeure urbaine, autour d'une cour centrale.</p>
	<p>Hôpital classique ou en damier</p> <p>En juxtaposant les salles communes, autour d'une chapelle unique, l'hôpital classique adopte de nouvelles formes morphologiques dont les caractéristiques sont : la présence d'une cour, des bâtiments formant une croix, une symétrie récurrente et une orthogonalité. La forme générale des édifices est cependant variable : carré simple ou cour rectangulaire, bâtiments en croix avec chapelle au centre, damier à plusieurs cours, qui constituent autant de variantes possibles.</p>
	<p>Palais hospitalier</p> <p>Souvent financé par des mécènes riches ou philanthropes, le palais hospitalier, par référence au « palais social », peut prendre la forme d'un petit château ou d'une riche villa. Il s'agit en général d'un corps de bâtiment d'aspect soigné avec ou sans ailes en retour. Accompagné de jardins et de petits pavillons qui complètent la composition, il est souvent construit en périphérie des villes.</p>
	<p>Hôpital en peigne</p> <p>Les salles communes se superposent, formant des pavillons clairement identifiés reliés entre eux par une galerie. Celle-ci ceinture souvent une cour centrale et forme le lien entre tous les bâtiments qui viennent s'y greffer, perpendiculairement ou parallèlement. Cette forme résulte directement d'une réflexion sur l'hygiène, la volonté d'une bonne ventilation, et la séparation des pathologies. L'hôpital s'organise le plus souvent en symétrie par rapport à l'axe entrée-chapelle.</p>
	<p>Hôpital pavillonnaire</p> <p>L'hôpital pavillonnaire découle directement de l'hôpital en peigne, poussant à l'extrême la recherche de séparation des pathologies et la volonté d'éviter les effets des contagions. Le complexe hospitalier, qui est dit éclaté, est composé de pavillons totalement séparés. La circulation entre les pavillons se fait parfois par des galeries souterraines qui assurent une liaison technique. La composition des jardins est aussi importante que celle des bâtiments et contribue aux soins.</p>
	<p>Hôpital monobloc</p> <p>L'hôpital se concentre en un seul bâtiment, caractérisé par la superposition des " pavillons " et des services. Les circulations convergent vers un unique pôle vertical. Ce système facilite le déplacement du personnel en réduisant les distances à parcourir, et accentue l'ensoleillement</p>

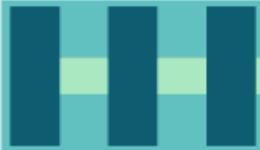
	et l'aération des chambres et des salles communes par l'orientation et l'élévation des bâtiments.
	<p>Hôpital tour sur socle</p> <p>Issu du modèle monobloc, cet hôpital opère une nouvelle séparation. La partie technique (blocs opératoires, imagerie médicale) de l'hôpital se concentre à la base du bâtiment, sur un plateau, tandis que l'hébergement se répartit sur les niveaux superposés de la tour. Les moyens techniques architecturaux permettent de construire de plus en plus haut.</p>
	<p>Hôpital polybloc</p> <p>Les blocs d'activités ou d'hébergement, constitué désormais de chambres doubles ou individuelles, se multiplient. L'hôpital s'organise autour d'une rue intérieure qui relie entre eux les différents pôles médicaux. Cette concentration horizontale crée des établissements denses, ramassés, homogènes et ouverts sur la ville. L'hôpital horizontal, ou hôpital-rue, correspond à une volonté d'humanisation de l'hôpital, qui passe par son intégration au site et son ouverture physique et scientifique sur la ville qui l'entoure.</p>

Tableau 11 : Typologie des établissements de santé en France

II. DESCRIPTION DES BATIMENTS TYPES

2.1 Typologie de bâtiments et des systèmes retenus

A partir des caractéristiques des bâtiments constitutifs du parc français, nous avons établi **deux types de bâtiments**. Le premier type correspond à un **hôpital de grande surface égale à 30 457 m²**. Le deuxième type correspond à une **maison de retraite d'une surface égale à 3900 m²**. Une deuxième étape intéresse les caractéristiques thermiques de l'enveloppe des bâtiments. Ces valeurs sont établies au regard de la réglementation thermique, notons que le but poursuivi n'est pas de « construire » un bâtiment réglementaire mais d'avoir des bâtiments à partir desquels il sera proposé des solutions d'amélioration. A partir de plans, et d'une représentation schématique du bâtiment, les caractéristiques géométriques – ratio de surface déperditive, ratio de surface vitrée, ... – ont été établies. Pour parfaire la description du bâtiment, les usages – profil d'occupation, gestion de l'éclairage – et les équipements installés – équipements de bureautique, éclairage – sont précisés.

Selon cette typologie, deux types seront simulés. Le premier représente un hôpital CHU et le deuxième une maison de retraite ou une clinique.

TYPE 1 – CHU compact, surface \approx 30 460 m², 300 lits \approx 1 lit / 100 m² (Ratio autour de la moyenne de la plage des ratios SDO /lit donnée dans le paragraphe précédent.

TYPE 2 – Maison de retraite, surface \approx 4000 m², 90 lits (Ratio dans la moyenne de SDO/lit)

Les catégories de locaux sont les suivantes :

- Bureaux, consultations et urgences
- Laboratoires, restaurants, pharmacies, annexes des salles d'opérations
- Salles d'opération
- Chambres
- Circulations
- Sanitaires
- Salles communes

Deux climats sont retenus : Trappes, Nice.

Pour tous les types de bâtiments, les données caractéristiques du bâti (inertie, isolation, facteurs solaires...) sont considérées comme optimisées d'après un jeu de simulations et les résultats d'un plan d'expériences obtenus lors d'une précédente étude portant sur les bureaux. [17]

2.2 Bâtiment type 1 – Hôpital CHU

2.2.1 Description et découpage

Il s'agit d'un hôpital de grande surface égale à 30 457 m².

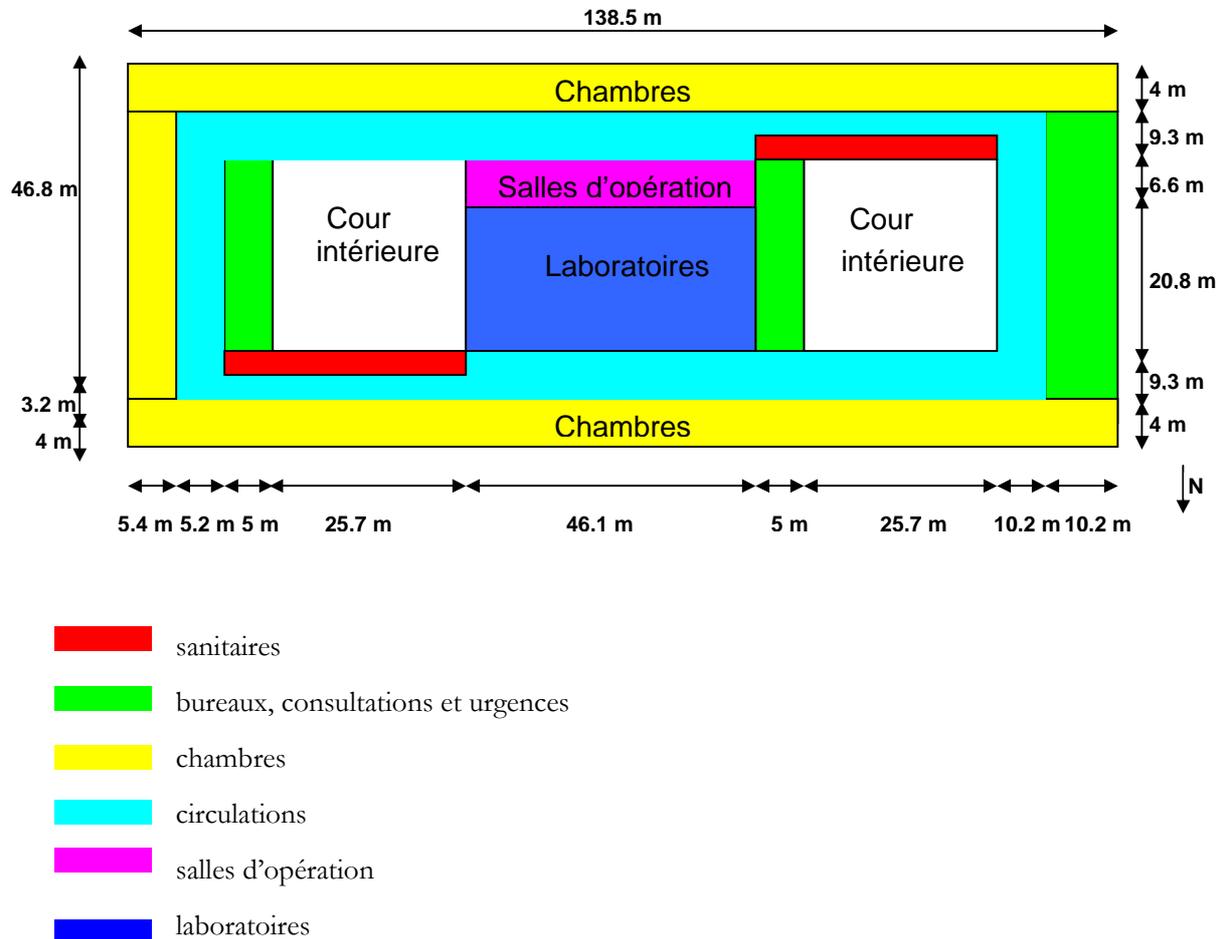


Figure 1 : Schéma du bâtiment type 1 – Hôpital CHU

2.2.2 Répartitions des surfaces - TYPE 1

- Bureaux, consultations et urgences : 3716 m²
- Laboratoires, restaurants, pharmacies, annexes des salles d'opérations : 4794.4 m²
- Salles d'opération : 1521.3 m²
- Chambres (≈ 300 lits): 6782 m²
- Circulations : 11770.8 m²
- Sanitaires : 1872.3 m²

⇒ La surface totale est de 30 457 m².

Le bâtiment est constitué de 5 étages identiques. La hauteur sous plafond est égale à 3 m. L'inertie est lourde. Le Tableau 12 résume le découpage géométrique du bâtiment par étage puis pour 5 étages. Le taux de surface par rapport à la surface totale est donné ainsi que le volume de chaque UTH.

UTH	Usage	Type locaux	Surface 1 étage	Surface 5 étages	% du total	volume
1	Bureaux, consultations et urgences	Entrée	743.2	3716	12.2	11148
2	Laboratoires, restaurants, pharmacies, annexes des salles d'opérations	Entrée	958.88	4794.4	15.7	14383.2
3	Salles d'opération	Entrée	304.26	1521.3	5	4563.9
4	Chambres	Entrée	532.4	2662	22.3	7986
5	Chambres	Entrée	532.4	2662		7986
6	Chambres	Entrée	291.6	1458		4374
7	Circulations	Intermédiaire	2345.16	11770.8	38.6	35312.4
8	Sanitaires	Extraction	374.46	1872.3	6.2	5616.9
Total			6091.36	30 457	100	91370.4

Tableau 12 : Découpage géométrique du bâtiment type 1

2.2.3 Caractéristiques du bâtiment - TYPE 1

UTH	Nb occ	Débit AN (m ³ /h)	Extraction (m ³ /h)	CTA (m ³ /h)	Eclairage (W)	Protections solaires	AI (W)
1	143	2502.5 **			37 160	Gestion « bureaux »- courbe caractéristique [0.14,0.32, 0.52], MP=2	27 870
2	479	86299.2		86299.2	47 944	Pas de P.S.	95 888
3	304	68458.5		68458.5	76 065	Pas de P.S.	45 639
4	333	5994		5994	26 620		18 634
5	333	5994		5994	26 620		18 634
6	182	3276		3276	14 580		10 206
7	0		2102.1		141 252	Pas de P.S.	0
8	0		400.4		11 234	Pas de P.S.	0

Tableau 13 : Valeurs caractéristiques par zone

** réduction de débit de 30% dans l'UTH1

On suppose par la suite que les surfaces vitrées représentent 27.5 % des surfaces verticales extérieures.

- Calcul des surfaces extérieures

HSP m	3	surfaces extérieures pour le bâtiment						
Surface m ²	30457	plafond	verticales opaques				Totales opaques	Totales baies verticales
Usage	UTH		N	S	E	O		
Bureaux, cons. et urgences	1	743.2	0	0	0	1096.2	1096.2	415.8
Labo., rest., phar., annexes des S.OP	2	958.8	0	0	312	0	226.2	85.8
Salles d'opération	3	304.2	0	0	99	0	71.7	27.2
Chambres	4	532.4	0	1996.5	0	0	1447.5	549
Chambres	5	532.4	1996.5	0	0	0	1447.5	549
Chambres	6	291.6	0	0	810	0	587.2	222.7
Circulations	7	2354.2	591	591	0	0	856.95	325.1
Sanitaires	8	374.5	385.5	385.5	0	0	558.9	212

Tableau 14 : Surfaces par zone

Les caractéristiques des baies et des protections solaires sont les suivantes :

Facteur solaire : 0.6/0.2 sans /avec protection solaire

Transmission lumineuse : 0.6/0.2 sans /avec protection solaire

Des masques éloignés sont ajoutés pour représenter les murs des cours intérieures.

2.3 Bâtiment type 2 – Maison de retraite

2.3.1 Description et découpage

Il s'agit d'une maison de retraite surface égale à 3917 m².

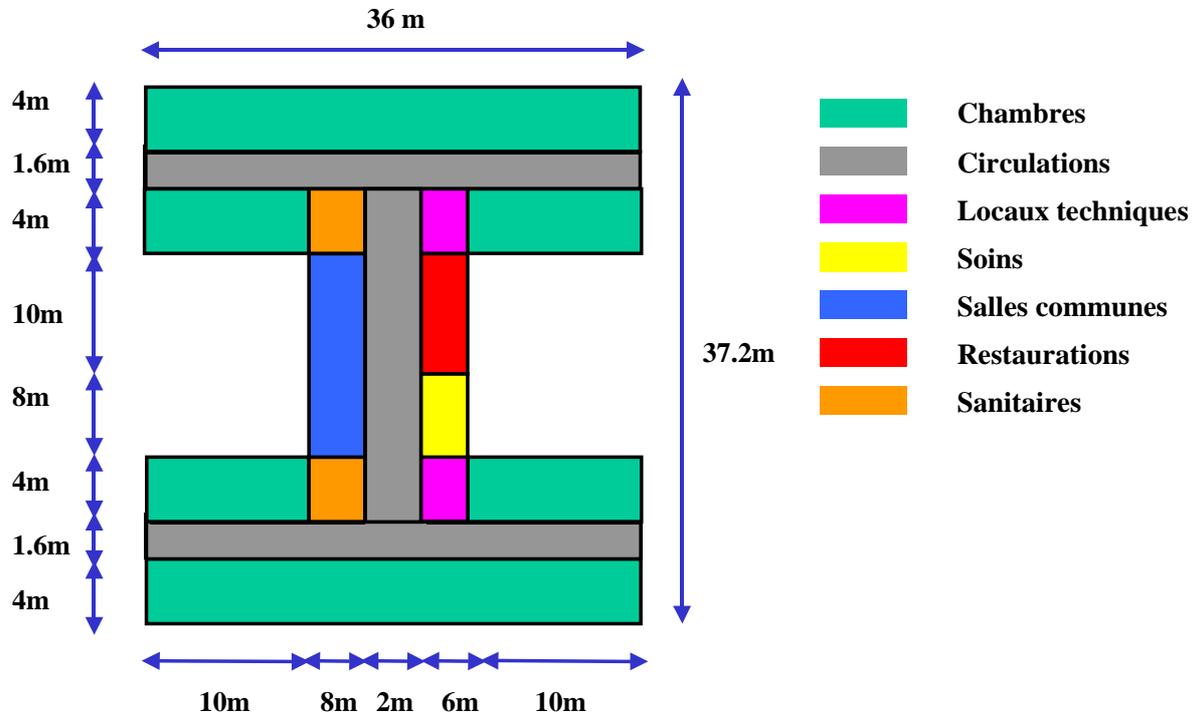


Figure 2 : Schéma du bâtiment type 2 – Maison de retraite

2.3.2 Répartitions des surfaces – TYPE 2

- Chambres : 1792 m² (90 lits)
- Circulations : 668.8 m²
- Locaux techniques : 192 m²
- Soins : 192 m²
- Salles communes : 576 m²
- Restaurants: 240 m²
- Sanitaires : 256 m²

⇒ La surface totale est de 3917 m².

Le bâtiment est constitué de 4 étages identiques. La hauteur sous plafond est égale à 3 m. L'inertie est lourde. Le Tableau 15 résume le découpage géométrique du bâtiment par étage puis pour 4 étages. Le taux de surface par rapport à la surface totale est donné ainsi que le volume de chaque UTH.

UTH	Usage	Type locaux	Surface 1 étage	Surface 4 étages	% du total	volume
1	Chambres	Entrée	224	896	45.8	2688
2	Chambres	Entrée	224	896		2688
3	Salles communes	Entrée	144	576	14.7	1728
4	Restaurants	Entrée	60	240	6.1	720
5	Soins	Entrée	48	192	4.9	576
6	Circulations	Intermédiaire	167.2	668.8	17.1	2006.4
7	Sanitaires	Extraction	64	256	6.5	768
Total			931.2	3917		11174.4

Tableau 15 : Découpage géométrique du bâtiment type 2

Nota : Les locaux techniques ne seront pas étudiés.(4.9% de la surface totale)

2.3.3 Caractéristiques du bâtiment - TYPE 2

UTH	Nb occ	Débit AN (m3/h)	Extraction (m3/h)	CTA reprise (m3/h)	Eclairage (W)	AI (W)
1	45	1620		1620	8960	2508.8
2	45				8960	2508.8
3	96	1728			6912	1152
4	48	864		864	2880	480
5	7	2304		2304	1920	3840
6	0		1294.5		8025.6	0
7	0		793.5		1536	0

Tableau 16 : Caractéristiques du bâtiment type 2

On suppose par la suite que les surfaces vitrées représentent 30 % des surfaces verticales extérieures.

- Calcul des surfaces extérieures

HSP m	3	surfaces extérieures pour le bâtiment						
surface m ²	3917	plafond	verticales opaques				Totales opaques verticales	Totales baies verticales
Usage	UTH		N	S	E	O		
Chambres	1	896	0	470.4	134.4	134.4	739.2	316.8
Chambres	2	896	470.4	0	134.4	134.4	739.2	316.8
Salles communes	3	144	0	0	0	151.2	151.2	64.8
Restaurants	4	60	0	0	84	0	84	36
Soins	5	48	0	0	67.2	0	67.2	28.8
Circulations	6	167.2	0	0	26.9	26.9	53.8	23
Sanitaires	7	64	0	0	0	0	0	0

Tableau 17 : Surfaces par zone du bâtiment type 2

Les caractéristiques des baies et des protections solaires sont les suivantes :

Facteur solaire : 0.6/0.2 sans /avec protection solaire

Transmission lumineuse : 0.6/0.2 sans /avec protection solaire

Des masques éloignés sont ajoutés pour représenter les murs de deux parties de bâtiment.

III. CARACTERISTIQUES DES USAGES DES BATIMENTS

Les caractéristiques des usages des bâtiments permettent de déterminer les apports internes de chaleur. Le nombre de personnes, les équipements de bureautique et la puissance d'éclairage sont définis par type de locaux selon la pratique de dimensionnement des bureaux d'étude. On définit ensuite des scénarios d'occupation et d'apports internes.

3.1 Profil d'occupation¹ et de charges internes – TYPE 1

3.1.1 Bureaux, consultations et urgences

Le taux d'occupation dans l'ensemble des locaux de cette zone est calculé de 1 personne pour 26 m² avec les hypothèses (personnel médical : 1 aide soignant/ 10 lits, 1 infirmière par 30 lits et 1 médecin pour 30 lits => 0.166 pers/lit). La valeur des apports internes est de 7.5 W/m².

Nous supposons qu'au mieux les bureaux sont occupés à 80% et que les apports internes sont au maximum de 80% de la valeur de dimensionnement. La Figure 3 et la Figure 4 représentent les profils d'occupation et d'apports internes (tous les jours de la semaine).

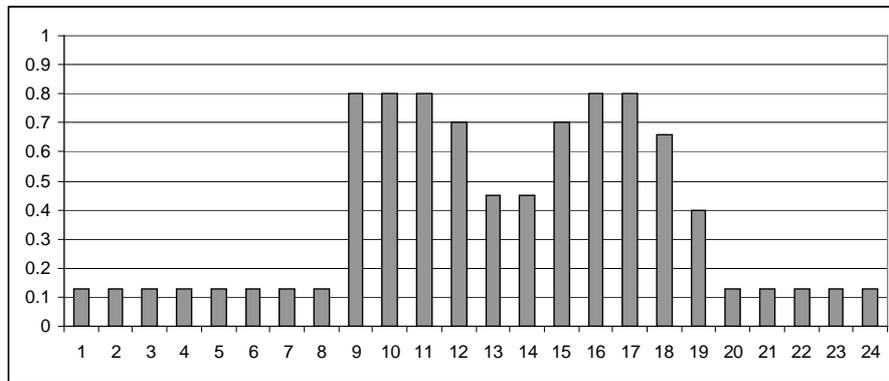


Figure 3 : Profil d'occupation dans les bureaux et consultations par rapport au maximum

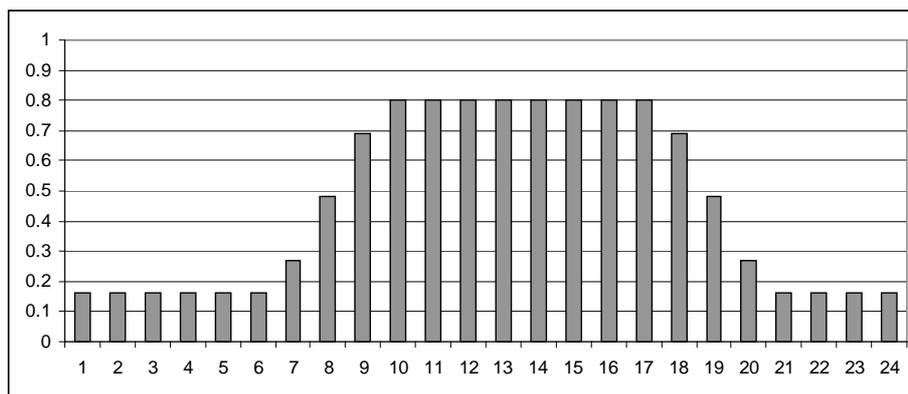


Figure 4 : Profil d'apports internes dans les bureaux et consultations par rapport au maximum

La puissance d'éclairage installée est de 10 W/m², le taux d'utilisation de l'éclairage est un résultat de calcul. Une gestion optimisée sera évaluée.

On considère 25 m³/h par personne avec 1 personne pour 26 m² pour le débit d'air neuf.

¹ Voir annexe 3 pour vérification de cohérence entre les zones où la présence du personnel signifie absence dans autres zones.

3.1.2 Laboratoires, restaurant, pharmacies et annexes des salles d'opérations

Les locaux techniques sont dimensionnés pour accueillir environ une personne par 10 m² (personnel technique et médical). La Figure 5 montre le profil d'occupation retenu du lundi au dimanche.

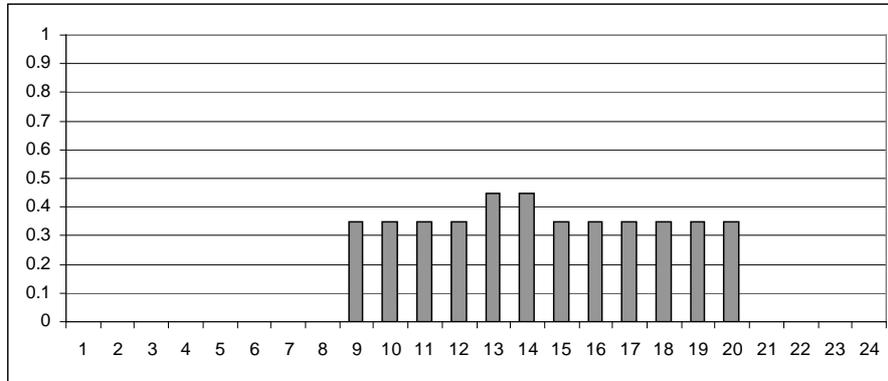


Figure 5 : Profil d'occupation dans les laboratoires par rapport au maximum

La puissance d'éclairage installée est de 10 W/m². (marche en permanence pendant l'occupation).

Le scénario des apports sensibles par les appareils électriques est présenté Figure 6 avec une puissance de 20 W/m² du lundi au dimanche en % de la puissance max.

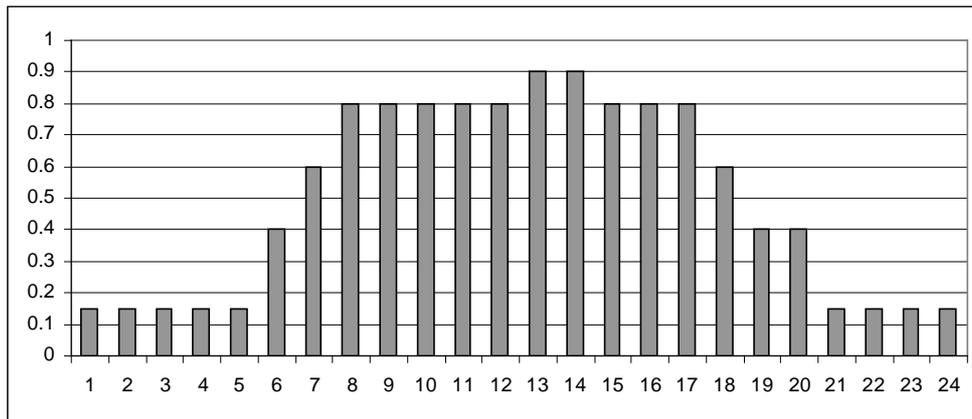


Figure 6 : Profil d'apports internes dont éclairage dans les laboratoires par rapport au maximum

Le débit de l'air neuf est de 6 vol/h. . On considère qu'il n'y a pas des protections solaires.

Nota : Il n'y a pas de cuisine.

3.1.3 Salles d'opération

Les salles d'opération sont dimensionnées pour accueillir environ 10 personne par 50 m² (personnel et malade, 10 personnes par salle). La Figure 7 montre le profil d'occupation retenu du lundi au dimanche en %.

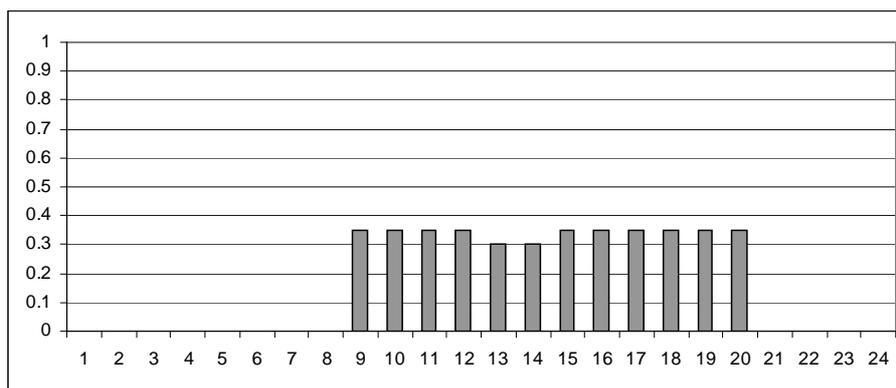


Figure 7 : Profil d'occupation dans les salles d'opération par rapport au maximum

La puissance d'éclairage installée est de 50 W/m², incluant le scyalitique (marche en permanence pendant l'occupation). Le scénario des apports sensibles par les appareils électriques est présenté Figure 8 avec une puissance de 30 W/m² du lundi au dimanche en % de la puissance max.

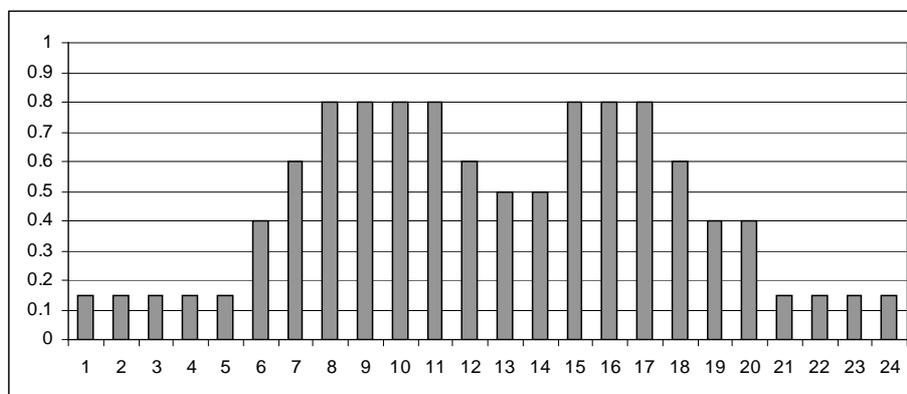


Figure 8 : Profil d'apports internes dont éclairage dans les salles d'opération par rapport au maximum

On considère un débit d'air neuf de 15 vol/h. On considère qu'il n'y a pas des protections solaires.

3.1.4 Chambres

Les chambres sont dimensionnées pour accueillir environ une personne par 8 m², donc environ 3 (2.83) personnes par chambre, 1 lit par chambre, en comptant les visiteurs et le personnel, la surface d'une chambre est environ 22.6 m² y compris les sanitaires). La Figure 9 montre le profil d'occupation retenu du lundi au dimanche.

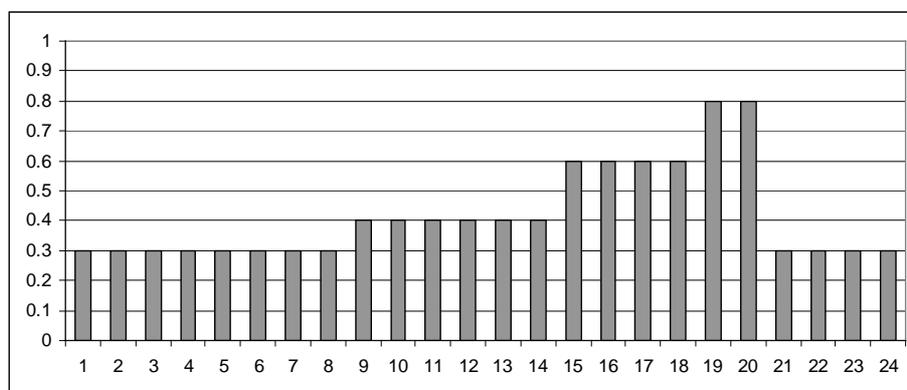


Figure 9 : Profil d'occupation dans les chambres par rapport au maximum

Le profil retenu concernant les visiteurs et le personnel soignant est issu d'hypothèses (3.1.1). La puissance d'éclairage installée est de 10 W/m².

Le scénario présenté Figure 10 comprend le profil d'éclairage ainsi que celui des apports sensibles par les appareils électriques (téléviseurs) avec une puissance² de 7 W/m² du lundi au dimanche par rapport à la puissance maximale.

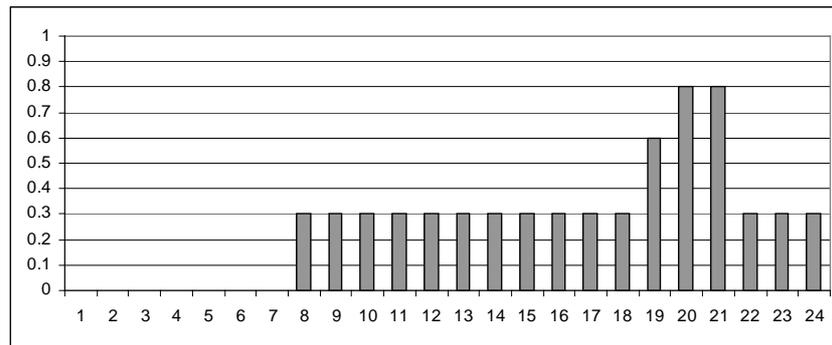


Figure 10 : Profil d'apports internes et d'éclairage dans les chambres par rapport au maximum

On a considéré 18 m³/h par personne. On étudie les températures intérieures pour adapter les solutions techniques au respect du confort.

Une étude de sensibilité est intégrée dans le guide des solutions montrant l'influence du scénario d'éclairage sur les consommations et les surchauffes.

3.1.5 Circulations

Nous ne considérons pas d'occupation dans les espaces de circulation, l'éclairage est en veille la nuit (5 %) et sa puissance installée est de 12 W/m².

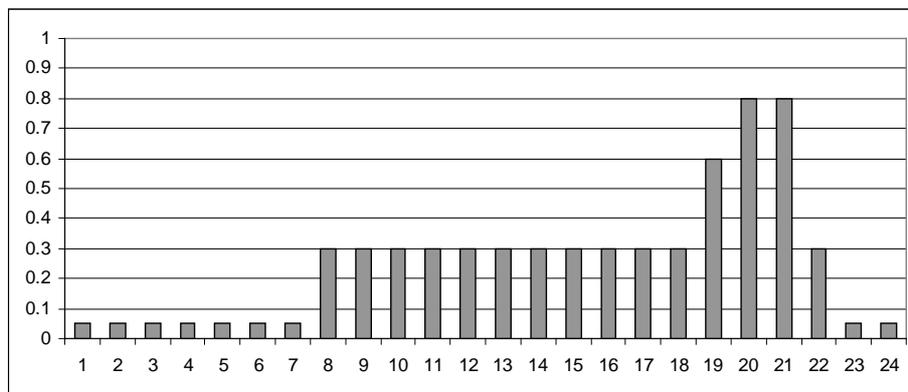


Figure 11 : Profil d'éclairage dans les circulations par rapport au maximum

3.1.6 Sanitaires

Nous ne considérons pas d'occupation dans les sanitaires, la puissance d'éclairage installée est de 6 W/m² (marche pendant deux heures par jour).

3.2 Profil d'occupation³ et de charges internes – TYPE 2

3.2.1 Chambres

Les chambres sont dimensionnées pour accueillir environ une personne par 20 m². La Figure 12 montre le profil d'occupation retenu du lundi au dimanche. (en comptant les visiteurs.)

² Voir Annexe 4

³ Référence annexe 5

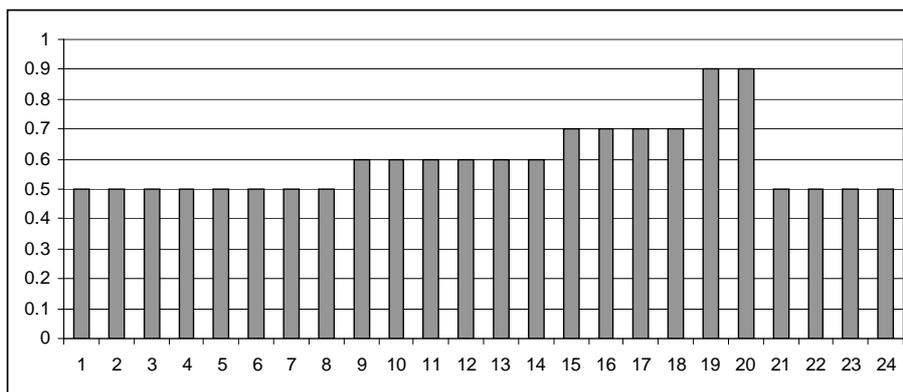


Figure 12 : Profil d'occupation dans les chambres par rapport au maximum

La puissance d'éclairage installée est de 10 W/m². Le scénario présenté Figure 13 comprend le profil d'éclairage ainsi que celui des apports sensibles par les appareils électriques (téléviseurs) avec une puissance de 2.8 W/m² du lundi au dimanche par rapport à la puissance maximale.

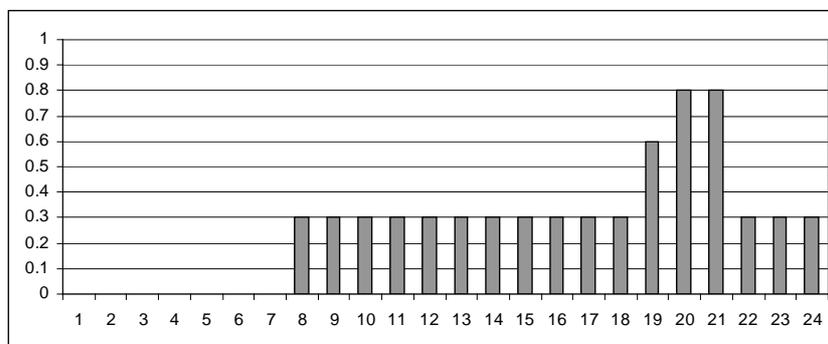


Figure 13 : Profil d'apports internes et d'éclairage dans les chambres par rapport au maximum

On a considéré 18 m³/h par personne et une personne par 20 m². On étudie les températures intérieures et on proposera en fonction des surchauffes des solutions techniques pour respecter le confort.

3.2.2 Soins

Les soins sont dimensionnés pour accueillir environ une personne par 30 m². La Figure 14 montre le profil d'occupation retenu du lundi au dimanche.

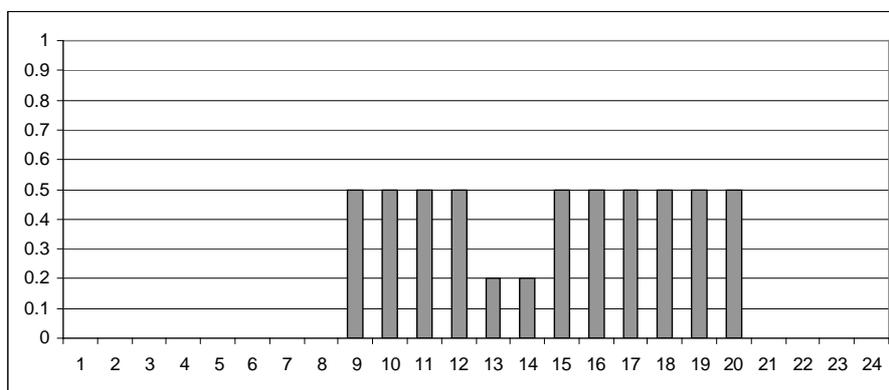


Figure 14 : Profil d'occupation dans les salles de soins par rapport au maximum

La puissance d'éclairage installée est de 10 W/m² (marche en permanence pendant l'occupation). Le scénario des apports sensibles par les appareils électriques est présenté Figure 15 avec une puissance de 20 W/m² du lundi au dimanche en % de la puissance max.

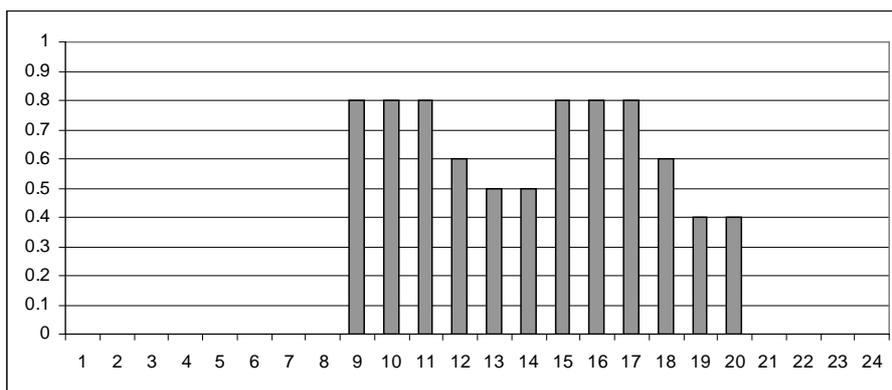


Figure 15 : Profil d’apports internes dont éclairage dans les salles de soins par rapport au maximum

On a considéré 6 vol/h par salle. Cette zone ne sera pas climatisée.

3.2.3 Salles communes

Ces salles sont dimensionnées pour accueillir environ 1 personne par 6 m². La Figure 16 montre le profil d’occupation retenu du lundi au dimanche en %.

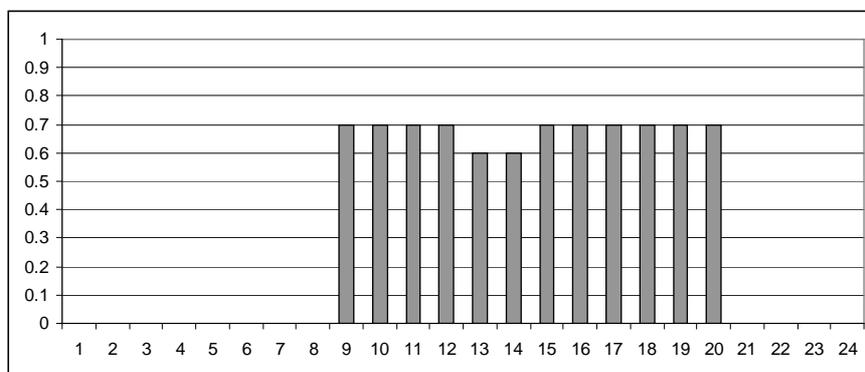


Figure 16 : Profil d’occupation dans les salles communes par rapport au maximum

La puissance d’éclairage installée est de 12 W/m² (marche en permanence pendant l’occupation). Le scénario des apports sensibles par les appareils électriques est présenté Figure 17 avec une puissance de 2 W/m² du lundi au dimanche en % de la puissance max.

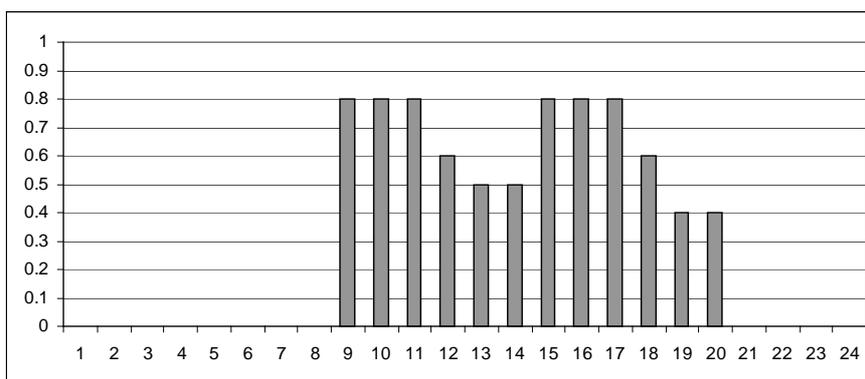


Figure 17 : Profil d’apports internes dans les salles communes par rapport au maximum

On a considéré 18 m³/personne et 1 personne par 6 m². Les protections solaires sont gérées comme dans les chambres.

3.2.4 Restaurants

On considère un taux d'occupation d'environ 1 personne par 5 m². La Figure 18 montre le profil d'occupation et d'apports internes dont éclairage retenu du lundi au dimanche en %.

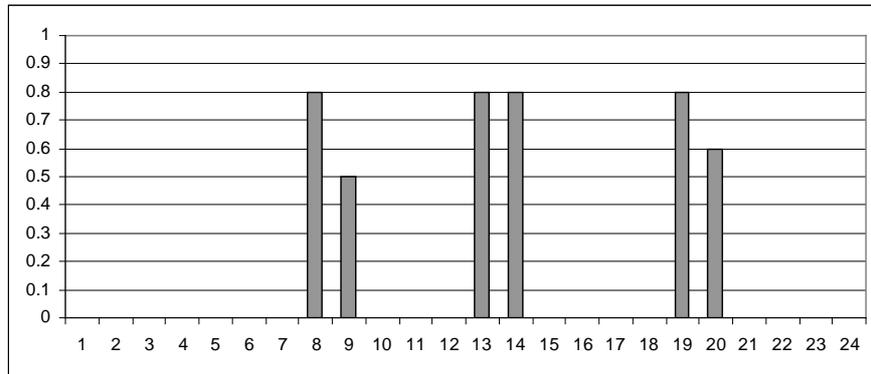


Figure 18 : Profil d'occupation et d'apports internes dont éclairage dans les restaurants

La puissance d'éclairage installée est de 12 W/m² (marche en permanence pendant l'occupation).

Le scénario des apports sensibles par les appareils électriques est présenté ci-dessous avec une puissance de 2 W/m² du lundi au dimanche en % de la puissance max.

On a considéré 18 m³/personne et 1 personne par 5 m².

Les protections solaires sont gérées comme dans les chambres.

Nota : il n'y a pas de cuisine.

3.2.5 Circulations

Nous ne considérons pas d'occupation dans les espaces de circulation, l'éclairage est en veille la nuit (10 %) et sa puissance installée est de 12 W/m².

3.2.6 Sanitaires

Nous ne considérons pas d'occupation dans les sanitaires, la puissance d'éclairage installée est de 6 W/m² (marche pendant deux heures par jour).

3.3 Récapitulatif des caractéristiques et des niveaux de valeurs envisagés

TYPE 1 - CHU compact					
Enveloppe					
Nb étages	5				
Surface utile	30354 m ²				
Hauteur sous plafond	3 m				
Orientation	Nord/Sud pour les chambres, Ouest pour les bureaux				
Coefficient d'absorption des parois	0.5				
U (W/m ² .K) parois opaques	0.4				
U (W/m ² .K) _ toitures	0.2				
U (W/m ² .K) _ baies	2				
Facteur solaire sans PS/avec PS	0.6/0.2				
Transmission lumineuse sans PS/avec PS	0.6/0.2				
Perméabilité (m ³ /h/m ² sous 4 Pa)	1.2				
Ratio de surface totale de parois déperditives (par rapport à la surface totale utile)	0.49				
Ratio de surface de parois verticales déperditives (par rapport à la surface totale utile)	0.29				
Ratio de surface de parois horizontales déperditives (par rapport à la surface totale utile)	0.2				
Pourcentage de baies vitrées (verticales) Par rapport à la surface totale verticale	27.5 %				
Inertie	Lourde				
Gestion des protections solaires	Gestion par l'occupant – gestion optimisée pour les bureaux				
Caractéristiques des zones					
	Pourcentage de surface par usage (par rapport à la surface totale utile)	Eclairage (W/m ²)	Apports internes (W/m ²)	Occupation	Taux d'air neuf ⁴
Bureaux, consultations et urgences	12.2	18 [10-18] [interrupteur + gradateur - interrupteur]	15 [7.5-15]	1 pers/26 m ²	25 m ³ /h par personne
Laboratoires, restaurants et pharmacies	15.8	10	20	1 pers/10 m ²	6 vol/h
Salles d'opérations	5	50	30	1 pers/10 m ²	15 vol/h
Circulations	38.5	12	0	0	Zone de transfert
Sanitaires	6.2	6	0	0	Zone d'extraction
Chambres	22.3	10	7	1 pers/8 m ²	18 m ³ /h par personne

Tableau 18 : Récapitulatif des caractéristiques du bâtiment type 1

⁴ La ventilation se fait par une centrale double flux pour les bureaux : On souffle dans les bureaux et on reprend dans les sanitaires en passant par les circulations. Pour les chambres, salles d'opérations et la zone laboratoires des centrales double flux soufflent et reprennent dans la même zone.

TYPE 2 – Maison de retraite					
Enveloppe					
Nb étages	4				
Surface utile	3917 m ²				
Hauteur sous plafond	3 m				
Orientation	Nord/Sud pour les chambres, Ouest pour les salles communes				
Coefficient d'absorption des parois	0.5				
U (W/m ² .K) parois opaques	0.4				
U (W/m ² .K) _ toitures	0.2				
U (W/m ² .K) _ baies	2				
Facteur solaire sans PS/avec PS	0.6/0.2				
Transmission lumineuse sans PS/avec PS	0.6/0.2				
Perméabilité (m ³ /h/m ² sous 4 Pa)	1.2				
Ratio de surface totale de parois déperditives (par rapport à la surface totale utile)	0.82				
Ratio de surface de parois verticales déperditives (par rapport à la surface totale utile)	0.57				
Ratio de surface de parois horizontales déperditives (par rapport à la surface totale utile)	0.25				
Pourcentage de baies vitrées (verticales) Par rapport à la surface totale verticale	30 %				
Inertie	moyenne				
Gestion des protections solaires	Gestion par l'occupant				
Caractéristiques des zones					
	Pourcentage de surface par usage (par rapport à la surface totale utile)	Eclairage (W/m ²)	Apports internes (W/m ²)	Occupation	Taux d'air neuf
Soins	4.9	10	20	1 pers/30 m ²	6 vol/h
Salles communes	14.8	12	2	1 pers/6 m ²	18m ³ /pers
Restaurants	6.1	12	2	1 pers/5 m ²	18m ³ /pers
Circulations	17	12	0	0	Zone de transfert
Sanitaires	6.6	6	0	0	Zone d'extraction
Chambres	45.7	10	2.8	1 pers/20 m ²	18 m ³ /h par personne

Tableau 19 : Récapitulatif des caractéristiques du bâtiment type 2

3.4 Scénarios de puisage d'eau chaude sanitaire⁵

3.4.1 Hôpitaux

Période	lundi à jeudi	vendredi samedi	dimanche
0 à 1h	0	0	0
1 à 2h	0	0	0
2 à 3h	0	0	0
3 à 4h	0	0	0
4 à 5h	0	0	0
5 à 6h	0.55	0.18	0.74
6 à 7h	0.41	0.76	0.87
7 à 8h	2.59	2.05	3.05
8 à 9h	2.73	2.85	4.79
9 à 10h	3.36	2.85	1.57
10 à 11h	1.27	1.69	0.91
11 à 12h	3.82	4.07	3.48
12 à 13h	1.05	0.58	0.52
13 à 14h	0.82	1.08	0.35
14 à 15h	0.59	0.43	0.44
15 à 16h	1.5	1.05	0.91
16 à 17h	1	1.3	0.83
17 à 18h	2	1.05	2.4
18 à 19h	1.91	3.46	2.26
19 à 20h	0.05	0.18	0.35
20 à 21h	0.27	0.43	0.22
21 à 22h	0.09	0	0.26
22 à 23h	0	0	0.04
23 à 24h	0	0	0
$\Sigma\alpha_i$	24	24	24

Besoins d'ECS en litres à 60 °C	
Chambres	50 à 60 par lit/jour
Cuisine avec lave-vaisselle	8 à 12 par repas

Tableau 20 : Valeurs recommandées pour l'évaluation des besoins d'ECS dans les hôpitaux

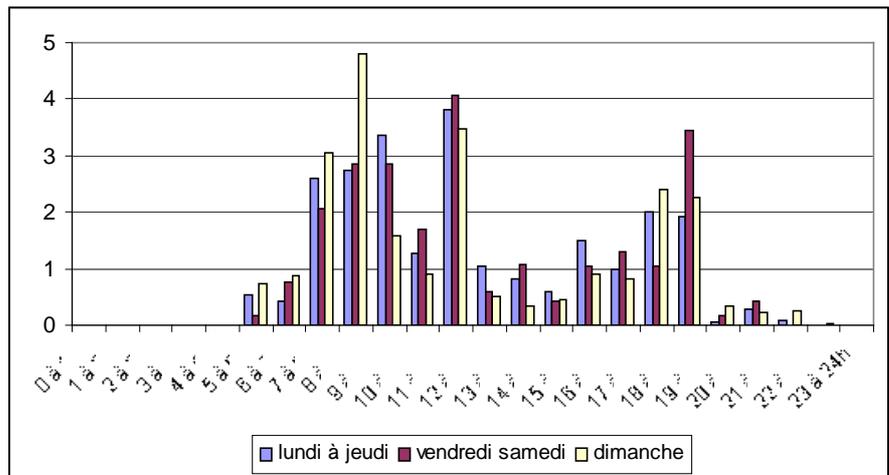


Figure 19 : Répartition horaire des besoins d'ECS dans les hôpitaux

La formule suivante s'applique aux valeurs données dans le Figure 19 : :

$$V_h = \frac{V_{pj}}{24}, (V_h)_i = \alpha_i \cdot V_h$$

V_{pj} : volume puisé au cours d'une journée

V_h : volume moyen horaire

V_{hi} : volume puisé pour une heure

α_i : coefficient multiplicateur sans dimension déterminé heure par heure

⁵ Guide n°3 de l'AICVF : l'eau chaude sanitaire dans les bâtiments résidentiels et tertiaires, conception et calcul des installations. Recommandation 02-2004 ECS, AICVF. Les installations d'Eau Chaude Sanitaire, Mode de calcul, Georges Baeckeroot, Editions Parisiennes.

3.4.2 Maison de retraite

Période	lundi à mardi	mercredi samedi dimanche	jeudi vendredi
0 à 1h	0	0	0
1 à 2h	0	0	0
2 à 3h	0	0	0
3 à 4h	0.2	0.17	0
4 à 5h	0.4	0.35	0.09
5 à 6h	0.6	0.7	0.45
6 à 7h	2.81	4.01	7.49
7 à 8h	2.61	2.27	2.85
8 à 9h	2.41	1.05	0.27
9 à 10h	2.41	0.52	0.36
10 à 11h	1	0.35	0.18
11 à 12h	0.6	0.7	0.36
12 à 13h	0.4	1.05	0.89
13 à 14h	0.2	0.17	0.18
14 à 15h	0.4	0.44	0.36
15 à 16h	0.4	0.26	0.18
16 à 17h	0.4	0.52	0.18
17 à 18h	0.4	0.61	0.36
18 à 19h	4.82	6.98	4.46
19 à 20h	2.01	0.7	3.39
20 à 21h	0.4	0.52	0.36
21 à 22h	0.8	0.7	0.54
22 à 23h	0.7	1.92	1.07
23 à 24h	0	0	0
$\Sigma \alpha_i$	24	24	24

Besoin d'ECS en litres à 60 °C		
Chambres		40 par lit/jour
Cuisine	Hors lave-v	3 à 5 par repas
	Avec lave-v	9 à 10 par repas

Tableau 21 : Valeurs recommandées pour l'évaluation de besoin d'ECS dans les maisons de retraite

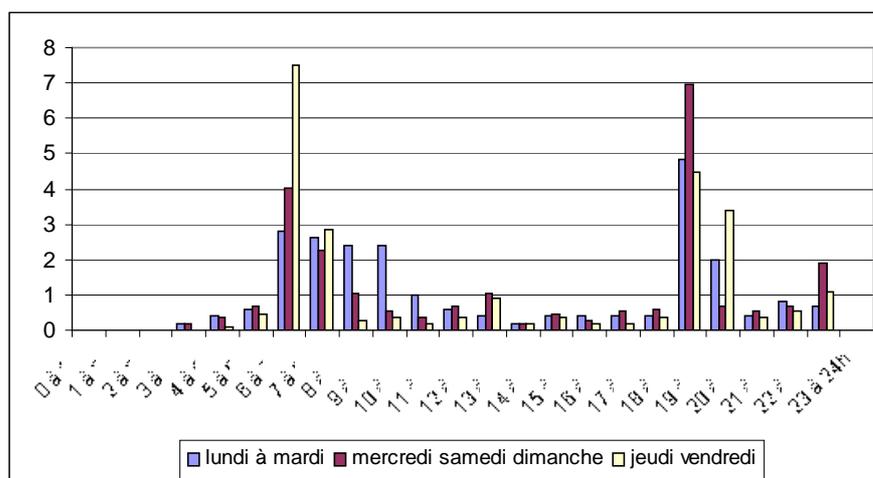


Figure 20 : Répartition horaire des besoins d'ECS dans les maisons de retraite

3.5 Températures de consigne (Type 1 et Type 2) ⁶

Les températures de consigne sont définies par type d'usage (si un système est installé dans la zone).

	Consigne en refroidissement (° C)	Consigne d'humidité relative (%)	Consigne en chauffage (° C)	Consigne d'humidité relative (%)
Bureaux, consultations et urgences, restaurants, salles communes	25	-	20	-
Laboratoires, pharmacies, soins, annexes des S.OP	26°C ± 1°C	55 % maximum	21°C ± 1°	HR non contrôlée
Salles d'opérations	19 ± 1	55 ± 10	20 ± 1	55 ± 10
Chambres	25 (26 pour le type 2)	-	20	-

Tableau 22 : Récapitulatif des consignes dans les différentes zones de deux types de bâtiments

⁶ Voir Annexe 2 et Annexe 5.

IV. MODELES ET CHOIX DE SYSTEMES

Consoclim, logiciel initialement conçu pour des bâtiments de bureaux, a dû être complété et modifié pour étudier les solutions relatives aux bâtiments de santé. Des nouveaux systèmes ont donc été modélisés, insérés dans le code et testés (voir rapport intermédiaire n°2 pour la description de ces modèles).

Principalement, on peut mentionner une modification du module d'occupation, de l'éclairage, des protections solaires et plusieurs pré processeurs pour faciliter et automatiser l'obtention des paramètres nécessaires aux simulations. Ajoutons l'introduction du module « eau chaude sanitaire » et de la thermo-frigo-pompe sur nappe phréatique.

Le cahier algorithmes de Consoclim 2006 [36] reprend en détail les fiches des modèles cités.

Dans le présent rapport final, on donne uniquement le principe de fonctionnement des systèmes retenus dans l'étude.

Pour chacun des 2 types de bâtiment, on ne conservera pour chaque climat qu'une solution constructive, celle de besoins minimum.

V. TYPE 1 : DEUX COMBINAISONS D'UNITES TERMINALES ET DEUX TYPES DE PRODUCTION DE FROID SONT ENVISAGEES.

Système 1A : Des **ventilo-convecteurs quatre tubes** dans toutes les zones sauf les salles d'opérations qui seront équipées d'un système DAC et les chambres. **Dans les chambres, des ventilo-convecteurs deux tubes** seront simulés en cas de non-climatisation. **En cas de besoin de rafraîchissement, on passera à des ventilo-convecteurs 4 tubes.**

La production est assurée par **groupe frigorifique + chaudière à gaz** (pour l'ECS aussi) **ou par thermo-frigo-pompe** (préchauffage ECS par récupération + batterie électrique) **Système 2A :**

Un plan d'expériences pour les paramètres du système est établi. Les valeurs haute et basse des paramètres sont les mêmes que dans l'étude bureaux.

Aucune unité terminale n'est prévue dans les zones de circulation et de sanitaires.

La part de la consommation servant à chauffer l'air neuf des salles d'opérations sera comptabilisée à part. (car elle ne peut pas entrer dans l'objectif de consommation, les besoins étant ceux d'un « process » - en particulier le renouvellement d'air très élevé a des incidences énergétiques qui doivent être isolées).

VI. TYPE 2 : DEUX COMBINAISONS D'UNITES TERMINALES ET UN TYPE DE PRODUCTION.

Système 2A : **VC deux tubes** (pas de rafraîchissement) **dans les chambres, et VC 4 tubes dans les salles communes.**

Système 2B : Idem à 2A avec des **systèmes splits** qui remplacent les VC 4 tubes dans les salles communes. La ventilation maintenue en marche la nuit contribue au « rafraîchissement naturel » des locaux grâce à la ventilation double flux.

La production est assurée par : groupe frigorifique avec chaudière à gaz (pour ECS aussi).

Le débit d'air neuf dans les salles communes rafraîchies est fixé en tenant compte de la moyenne du taux de présence ce qui suppose un détecteur de présence ou une sonde de pollution.

6.1 Climatiseur individuel de type split

6.1.1 Intérêt de l'usage de systèmes Split pour des zones limitées d'une maison de retraite

Comme pour l'hôpital, l'option envisagée est de limiter le nombre de zones rafraîchies. Les chambres des résidents doivent dans la majorité des cas se passer de système de rafraîchissement artificiel grâce à une bonne conception du bâtiment.

De ce fait, on prévoit uniquement une zone de repos rafraîchie. Dans ces conditions, pour des maisons de retraite de taille moyenne, des systèmes splits gainés peuvent parfaitement convenir. Ces appareils présentent aujourd'hui des efficacités frigorifiques EER de l'ordre de 5. Beaucoup existent en mode réversible. Ces solutions seront donc testées dans cette étude.

6.1.2 Principe de modélisation

Deux modes de fonctionnement existent dans ce modèle, mode production de froid et mode production de chaud (réversible). Il a pour but de calculer la puissance appelée au compresseur et les ventilateurs selon les besoins aux différentes conditions extérieures et intérieures. Le besoin est calculé d'après le modèle bâtiment. Voir détails dans [17].

Le modèle [36] tient compte des fonctionnements non nominaux et à charge partielle en représentant le cyclage des appareils à faible charge par l'introduction de la puissance de veille, le coefficient de charge partielle est :

$$K_{CP} = \frac{EER_{réel}}{EER_{nn}} = \frac{P_f / P_{ffl}}{P_a + P_{veille} / P_{afl}} = \frac{\tau}{\tau + \frac{P_{veille}}{P_{afl}}}$$

P_{afl} est la plus petite puissance de compresseur disponible. Dans le cas modélisé où il n'y a qu'un seul compresseur, il existe deux domaines pour décrire l'évolution de la charge partielle :

- le domaine entre un taux de charge nul et un taux de charge de référence égale à τ_{ref}
- le domaine entre τ_{ref} et le taux de charge de 100% - τ_{ref} est pris égal à 25% par défaut

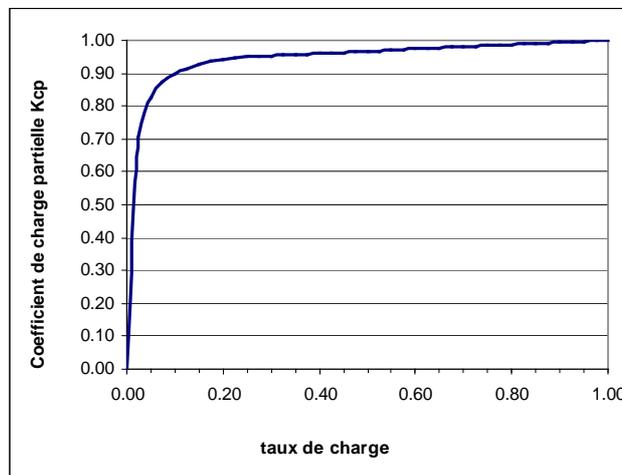


Figure 21 : Evolution du coefficient de charge partielle

Selon les documentations disponibles, la puissance des ventilateurs est intégrée à la puissance appelée. 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 comme nulle ce qui est légèrement optimiste. Le système Split est associé à une centrale de traitement d'air pour la ventilation.

6.2 Centrale double flux hygiénique

La centrale double flux hygiénique est destinée au renouvellement d'air de locaux traités par des systèmes à eau comme les ventilo-convecteurs et les systèmes à réfrigérant direct.

Elle est constituée :

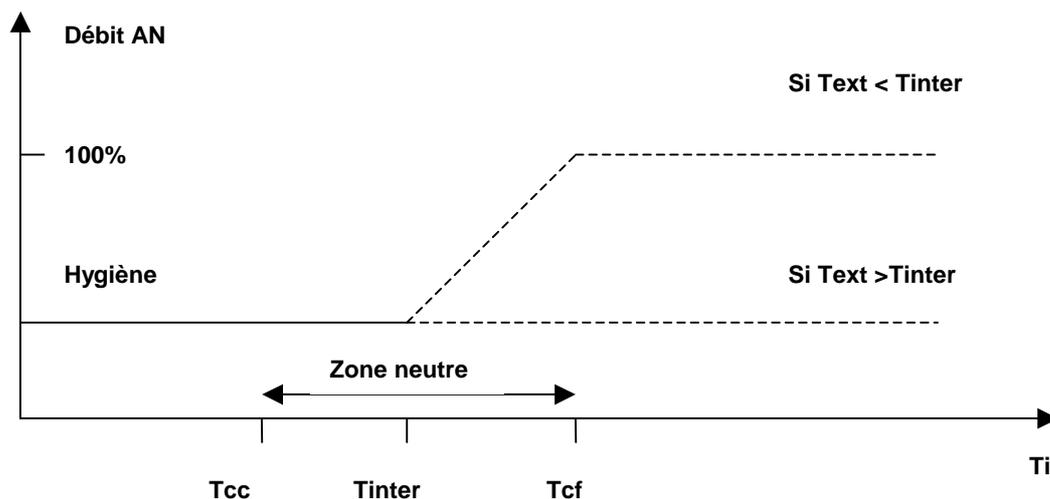
- d'un échangeur air / air,
- d'un humidificateur à vapeur (non utilisé dans nos simulations),
- d'un ventilateur de soufflage ainsi que d'un réseau aéraulique de soufflage,
- d'un ventilateur de reprise ainsi que d'un réseau aéraulique de reprise.

6.3 Centrale à débit d'air constant

La centrale à débits d'air soufflé et repris constants est destinée à ne traiter qu'une zone de bâtiment thermiquement homogène ; voir détails dans [36].

Elle est constituée :

- d'un registre de mélange permettant le fonctionnement en free cooling,
- d'un humidificateur à ruissellement ou à pulvérisation sans reliquat ou à vapeur (non utilisé dans nos simulations),
- d'un module de chauffage et de refroidissement,
- d'un ventilateur de soufflage ainsi que d'un réseau aéraulique de soufflage,
- d'un ventilateur de reprise ainsi que d'un réseau aéraulique de reprise.



Tcc : température de consigne en chauffage

Tcf : température de consigne en refroidissement

Figure 22 Mode de gestion du free cooling

6.4 Système à ventilo convecteurs

Les consignes en chauffage et en refroidissement T_{cC} et T_{cF} sont assorties de bandes proportionnelles représentatives d'un fonctionnement moyen sur une heure :

- pour la commande de la vanne en chaud et en froid, $BP_{ch_{eau}}$ et $BP_{fr_{eau}}$,
- pour la commande des ventilateurs à vitesse variable seulement $BP_{ch_{air}}$ et $BP_{fr_{air}}$ (bande proportionnelle nulle dans le cas étudié, à vitesse fixe).

Le modèle permet de représenter une équivalence de fonctionnement du ventilo-convecteur avec une régulation terminale.

Tableau des points de fonctionnement :

	0	T_{cC}	$T_{cC} +$ $BP_{ch_{eau}}$	$T_{cF} -$ $BP_{fr_{eau}}$	T_{cF}	40
	allure de soufflage fixe					
	$Q_{mech_{max}}$	$Q_{mech_{max}}$	0	0	$Q_{mefr_{max}}$	$Q_{mefr_{max}}$
Batterie : Bat	1	1	0	0	2	2

Tableau 23 : logique de fonctionnement des ventilo-convecteurs

Légende :

- Batt = 0 batteries non utilisées,
- Batt = 1 batterie de chauffage à eau en marche,
- Batt = 2 batterie de refroidissement en marche.

Fonctionnement économique des auxiliaires

En inoccupation et pour le mode froid seulement : s'il n'y a pas de besoin, alors le groupe frigorifique et les ventilateurs des unités intérieures sont arrêtés. En revanche, les pompes du circuit d'eau glacée sont en marche permanente.

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.

La même gestion est appliquée sur les ventilateurs du système DAC.

6.5 Chaudière

Le modèle de la chaudière consiste à calculer à partir des caractéristiques nominales sur PCI [base ATTITA, ref 37] les efficacités à 30 et 100 % de charge sur PCS pour les conditions de fonctionnement de la chaudière et les conditions d'ambiance.

Ensuite les pertes à 100, 30 et 0 % de charge sont calculées par interpolation linéaire entre ces valeurs en fonction de la puissance requise. Voir détails dans [36].

¹⁰ On calcule les pertes de charge et les puissances de ventilateurs selon les recommandations de l'AICVF « mise en œuvre des Centrales de Traitement d'Air ». [25]

6.6 Thermo-frigo-pompe

6.6.1 *Intérêt des thermo-frigo-pompes dans les établissements de santé*

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. D'autre part, 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 va être envisagée. 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 que nous avons retenu est la thermo-frigo-pompe fonctionnant sur nappe phréatique et qui conduit à des coefficients de performance élevés.

6.6.2 *Domaine technologique*

Le modèle développé permet de représenter un groupe frigorifique de production d'eau glacée à condensation par eau avec récupération de chaleur. Il permet notamment la prise en compte du fonctionnement à charge partielle du compresseur, ainsi que le fonctionnement du groupe hors des conditions nominales de températures de source. Les performances de refroidissement et de chauffage ou d'un fonctionnement mixte de l'unité à pleine charge dans des conditions non nominales de fonctionnement des températures de sources sont déterminées.

Ce modèle a été développé pour un groupe frigorifique refroidisseur de liquide pourvu d'un compresseur à pistons avec une condensation par eau. La modélisation de type polynomial rend son extension possible à d'autres types de compresseur.

6.6.3 *Description générale*

Les thermo-frigo-pompes permettent une récupération de chaleur variable suivant les besoins (nulle en été, partielle en mi-saison, totale en hiver). Cette chaleur est utilisée pour le chauffage des locaux et éventuellement pour le chauffage d'eau chaude sanitaire.

Cet ensemble est donc approprié partout où il y a besoin d'un groupe de production d'eau glacée et de chauffage ou eau chaude sanitaire simultanée : dans l'industrie, refroidissement de machines, etc. et chauffage des locaux et, dans le tertiaire, hôtellerie, hôpitaux (climatisation + eau chaude sanitaire). [20]

Le même principe de récupération s'applique au froid, un lien vers la nappe phréatique permet l'évacuation de froid quand la machine fonctionne pour assurer un besoin de chaud en l'absence de besoin de froid.

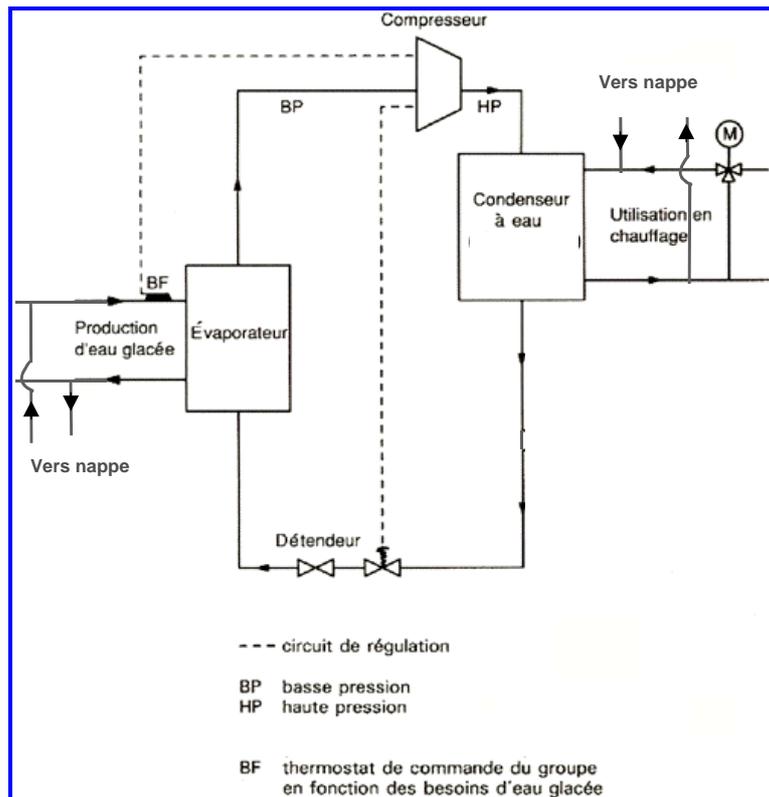


Figure 24 : Schéma général d'un système thermo-frigo-pompe [20]

Dans ce modèle, l'évacuation vers la nappe d'eau froide ou d'eau chaude (selon le mode de fonctionnement) est réalisé via un échangeur à plaques. Cinq modes de fonctionnement sont proposés pour un système thermo-frigo-pompe [21]. Le tableau suivant donne ces modes avec l'état de récupération de chaud ou de froid.

Mode	Description
1. Demande de froid seul	<ul style="list-style-type: none"> - groupe frigorifique en fonctionnement - régulation en fonction de la demande de froid - évacuation de la totalité de la puissance au condenseur vers la nappe phréatique
2. Demande de chaud seul	<ul style="list-style-type: none"> - groupe frigorifique en fonctionnement - régulation en fonction de la demande de chaud - évacuation de la totalité de la puissance frigorifique à l'évaporateur vers la nappe phréatique
3. Taux de charge de froid supérieur au taux de charge de chaud	<ul style="list-style-type: none"> - groupe frigorifique en fonctionnement - régulation en fonction de la demande de froid - utilisation de la totalité de la puissance frigorifique à l'évaporateur - utilisation de la puissance au condenseur pour la satisfaction des besoins - évacuation de la puissance au condenseur excédentaire vers la nappe phréatique
4. Taux de charge de chaud supérieur au taux de charge de froid	<ul style="list-style-type: none"> - groupe frigorifique en fonctionnement - régulation en fonction de la demande de chaud - utilisation de la totalité de la puissance au condenseur - utilisation de la puissance frigorifique à l'évaporateur nécessaires pour la satisfaction des besoins

	- évacuation de la puissance frigorifique excédentaire à l'évaporateur vers la nappe phréatique
5. Taux de charge de chaud égale au taux de charge de froid	- groupe frigorifique en fonctionnement - utilisation de la totalité de la puissance au condenseur et de la puissance frigorifique à l'évaporateur - aucune évacuation vers la nappe phréatique

Ces modes peuvent être classés selon trois catégories [20]. (Même chose pour le froid) :

- Récupération totale : la demande du circuit de chauffage est maximale. La totalité des calories est transmise au circuit de chauffage. Il faut noter que le rendement global du groupe est supérieur aux autres cas de fonctionnement.
- Récupération partielle : la demande du circuit de chauffage diminue, une partie seulement est récupérée, l'autre est évacuée vers la nappe.
- Sans récupération : les besoins de chauffage sont nuls. Le fonctionnement est celui d'un groupe d'eau glacée classique.

6.6.4 Description mathématique

Ce modèle caractérise le groupe frigorifique dans son ensemble par ses températures de source chaude et froide et permet d'obtenir la puissance appelée au compresseur ainsi que la puissance fournie. Le modèle polynomial est basé sur une équation de modélisation quadratique adimensionnelle établie à partir de l'expression du coefficient de performance théorique et d'une régression à partir des données constructeur.

La puissance appelée au compresseur, P_a , est calculée par un polynôme de deuxième degré en fonction de la température de l'eau à la sortie de la batterie intérieure, de la température d'entrée de l'eau sur la batterie extérieure et du rapport des puissances appelée et fournie au nominal. La puissance fournie en conditions non nominales a été modélisée d'une manière similaire.

6.6.5 Demande de froid seul (mode 1)

Modèle polynomial à pleine charge de froid en conditions non nominales

Dans le cas de la modélisation d'un groupe frigorifique de production d'eau glacée dans les bâtiments tertiaires, on fixe la température de réseau d'eau glacée (température de sortie de l'évaporateur T_{se}). De la même façon, la température d'entrée d'eau au condenseur est connue. La puissance frigorifique fournie par le groupe frigorifique est elle aussi déterminée à partir de la puissance utile sur les composants terminaux et des pertes de distribution.

Les équations de modélisation sont les suivantes :

$$\left(\frac{P_{aff}}{P_{ffi}}\right) = \left(\frac{P_a}{P}\right)_{nom} \cdot (1 + C_1 \cdot \Delta T + C_2 \cdot \Delta T^2) \quad (1)$$

$$\Delta T = \left(\frac{T_{ec}}{T_{se}}\right) - \left(\frac{T_{ec}}{T_{se, nom}}\right) \quad (2)$$

$$P_{ffi} = P_{nom} \cdot (1 + D_1 \cdot (T_{ec} - T_{ecn}) + D_2 \cdot (T_{se} - T_{sen})) \quad (3)$$

Les coefficients de régressions C_i et D_i sont déterminés par le module PREPGF à partir de 3 points de fonctionnement.

Dans le cas où la puissance frigorifique demandée pour répondre aux besoins est supérieure à la puissance frigorifique à pleine charge dans les conditions de fonctionnement considérées, la puissance fournie se limite à cette puissance disponible. Dans le cas où la puissance frigorifique demandée par le réseau est inférieure à la puissance frigorifique disponible, un fonctionnement à charge partielle est inclus. [22]

Fonctionnement à charge partielle

$$\frac{P_a}{P_{afl}} = K_{CP} \cdot \frac{P}{P_{ff}} + (1 - K_{CP}) \left(\frac{P}{P_{ff}} \right)^2 \quad (4)$$

Le coefficient K_{cp} permet de prendre en compte soit une amélioration, soit une dégradation de la performance de la machine à charge partielle. Le modèle doit être paramétré en incluant la consommation des auxiliaires dans le cas où la gestion n'est pas connue. [23]

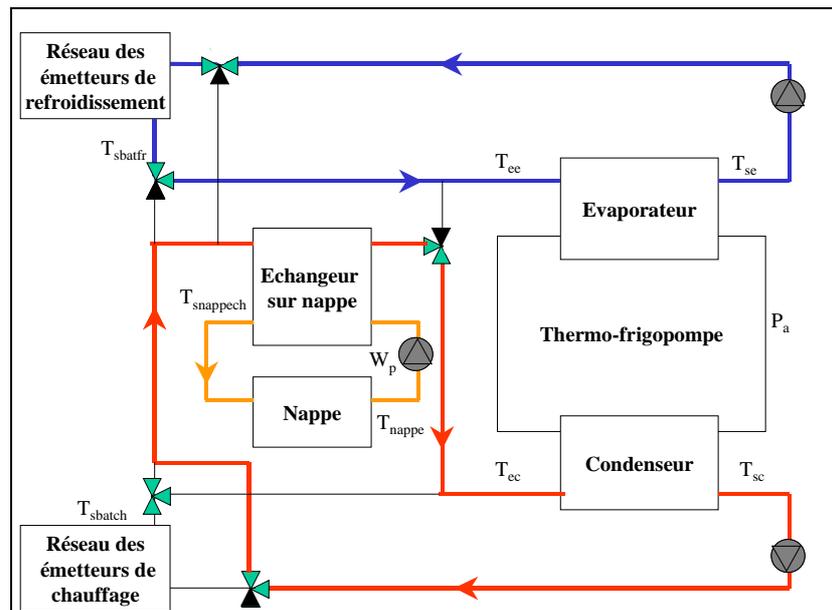


Figure 25 : Schéma de fonctionnement en mode « froid seul »

La puissance de chauffage au condenseur est évacuée totalement sur la nappe : $P_{nappe} = P_c = P_a + P_f$

La température à la sortie du condenseur est calculée : $T_{ec} = T_{sc} - P_c / (m_{ec} * C_{pec})$

On considère que le débit d'eau de nappe traversant l'échangeur est le résultat connu du dimensionnement.

6.6.6 Demande de chaud seul (mode 2)

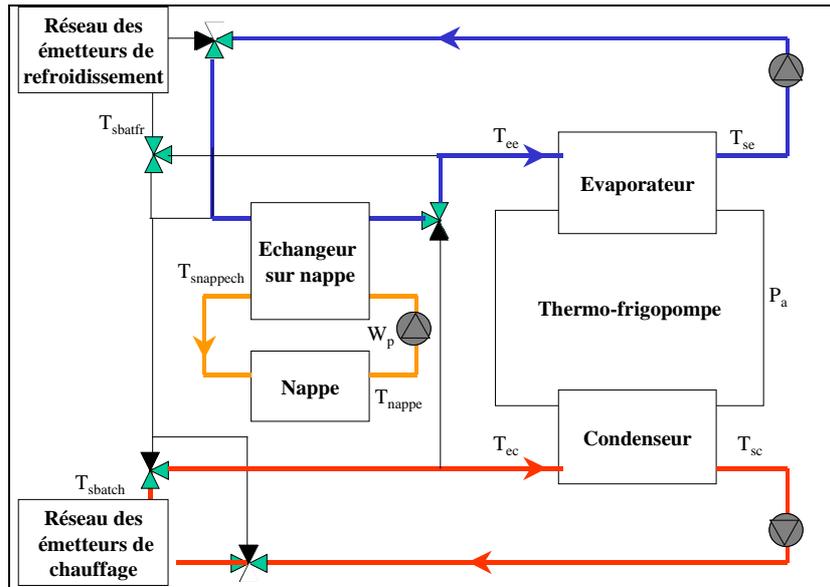


Figure 26 : Schéma de fonctionnement en mode « chaud seul »

En réalisant le bilan énergétique du cycle frigorifique, la puissance au condenseur est déterminée comme la somme de la puissance fournie à l'évaporateur et la puissance appelée au compresseur:

$$P_c = P_f + P_a \quad (5)$$

$$P_{cfl} = P_{ffl} + P_{afl} \quad (6)$$

P_{ffl} et P_{afl} sont calculées comme en 6.6.5. P_{cfl} s'en déduit. En considérant que le rapport $\frac{P_c}{P_{cfl}} \approx \frac{P_f}{P_{ffl}}$ ce qui est vrai quand K_{CP} est proche de 1 (ce qui est souvent le cas), on peut écrire l'équation suivante pour déduire la consommation à charge partielle en mode de « chaud seul ».

$$\frac{P_a}{P_{afl}} = K_{CP} \frac{P_c}{P_{cfl}} + (1 - K_{CP}) \left(\frac{P_c}{P_{cfl}} \right)^2 \quad (7)$$

6.6.7 Taux de charge de froid supérieur au taux de charge de chaud (mode 3)

C'est le besoin de froid qui régule le fonctionnement de machine

Calcul de la puissance absorbée : Idem au mode froid

Récupération partielle de chaud : B_{chaud} est donné d'après le module bâtiment ou/et ECS

Le complément est évacué vers la nappe : $P_{nappe} = P_f + P_a - B_{chaud}$

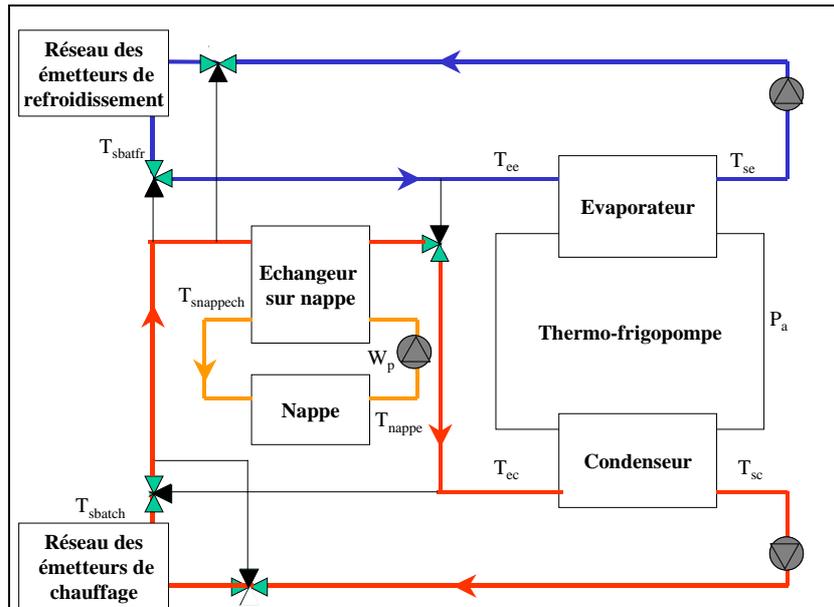


Figure 27 : Schéma de fonctionnement en mode « froid majoritaire »

6.6.8 Taux de charge de chaud supérieur au taux de charge de froid (mode 4)

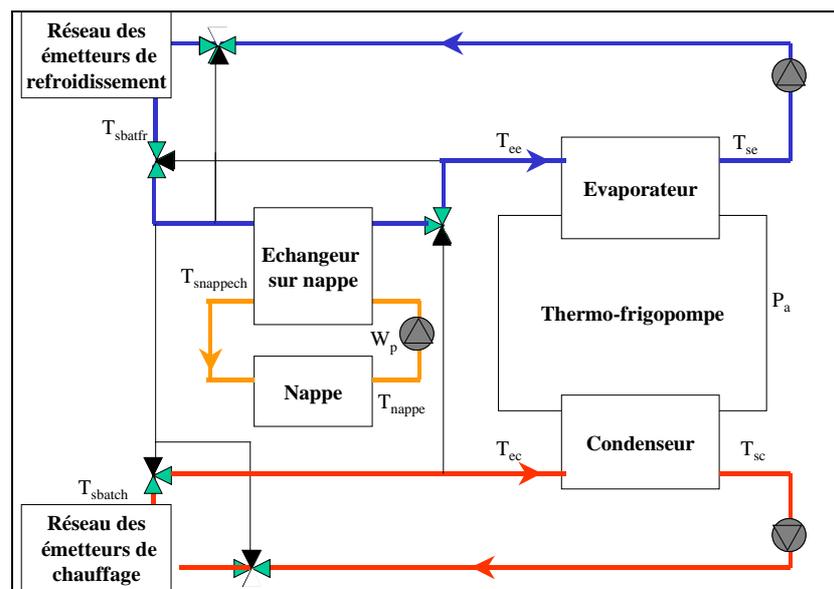


Figure 28 : Schéma de fonctionnement en mode « chaud majoritaire »

Calcul de la puissance absorbée : Voir mode chaud

Récupération partielle de froid : B_{froid} est donné d'après le module bâtiment

P_f fournie par le groupe connue $\Rightarrow P_{nappe} = P_f - B_{froid}$

6.6.9 Taux de charge de chaud égale au taux de charge de froid (mode 5)

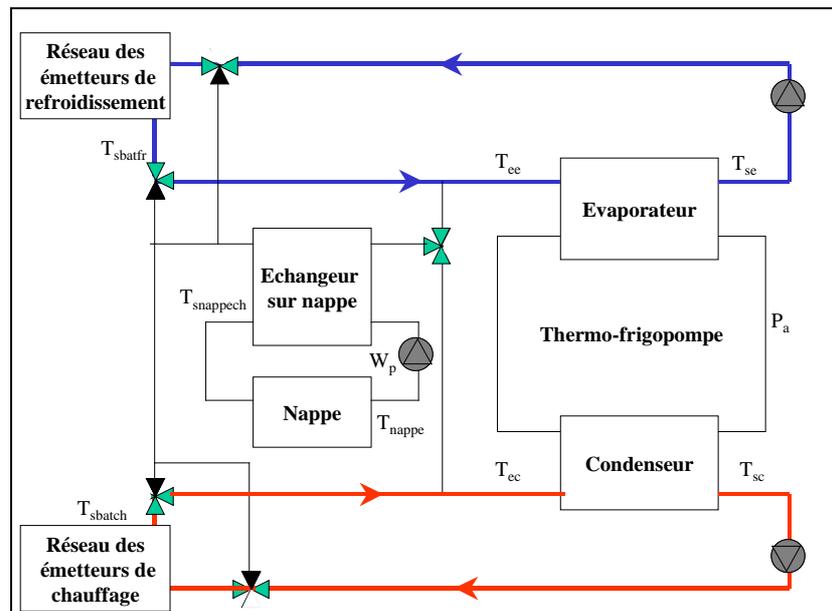


Figure 29 : Schéma de fonctionnement en mode « demandes égales »

Fonctionnement comme en mode froid. Aucune évacuation sur nappe.

VII. TRAITEMENT DE LA ZONE « CHAMBRES » - CALCUL DES BESOINS

7.1 Bâtiment type 1 – CHU

La possibilité de ne pas prévoir de rafraîchissement dans les chambres est étudié, 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.

D'après la précédente étude menée sur les bâtiments de bureaux, on a noté une différence dans les combinaisons constructives optimales entre Trappes et Nice. Cela concerne les paramètres de perméabilité et les transmittances thermiques des vitrages. Une perméabilité plus forte (bâtiment moins étanche), du point de vue strictement énergétique, est favorable à Nice car ce paramètre favorise un rafraîchissement naturel du bâtiment où les besoins de refroidissement sont majoritaires. Ceci empêche d'emprisonner la chaleur sachant que les demandes de refroidissement sont principalement dues aux apports internes des occupants, des équipements électriques et de l'éclairage. La même analyse s'applique aux caractéristiques thermiques des surfaces vitrées.

La même tendance peut s'appliquer à l'isolation thermique des parois opaques si on ne cherche qu'à diminuer les besoins de refroidissement. Or, l'objectif est d'optimiser la consommation totale : concevoir un bâtiment et ses solutions techniques afin de limiter les consommations énergétiques annuelles totales à moins de 100 kWh/m² tout en respectant le confort.

C'est pourquoi, il n'est pas envisagé de dégrader les paramètres du bâtiment entier uniquement pour favoriser les zones non rafraîchies. Il n'est d'ailleurs pas envisageable de conseiller au maître d'ouvrage de dégrader le niveau d'étanchéité du bâtiment du fait des conséquences au niveau hygiénique et de détérioration du bâti due à la condensation sur les parois. Il en est de même pour le niveau d'isolation ou les caractéristiques des vitrages.

Les caractéristiques des bâtiments de base ne seront donc pas changées par rapport à l'étude précédente portant sur les bureaux. On donnera à titre indicatif les gains sur la demande de rafraîchissement qu'on pourrait obtenir par la dégradation de quelques éléments.

La comparaison des deux solutions sera donnée en termes de dépassement de consigne dans les chambres non climatisées avec les données météo de la RT2000.

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).

7.1.1 Bâtiment de base

On donne ci après les dépassements de température dans les chambres par rapport à la température intérieure d'air : $T_i = 27$ °C. Ventilateurs CTA : 500 Pa, rendement = 0.7.

Les résultats qui suivent supposent une absence de possibilité d'ouverture de fenêtre ou de surventilation par l'intermédiaire des circulations (2 vol/h. à Trappes et 4 vol/h à Nice)

. Ils correspondent donc à des valeurs très majorantes 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.

- UTH Sud

	Nb d'heures	Valeur moyenne °C	Valeur maximale °C	Somme totale °C*h	Besoin annuel de chauffage kWh/m ²
Trappes	1035	1.8	7	1850	54
Nice	3384	4.2	9.5	14341	15

- UTH Nord

	Nb d'heures	Valeur moyenne °C	Valeur maximale °C	Somme totale °C*h	Besoin annuel de chauffage kWh/m ²
Trappes	556	1.2	4.7	656	63
Nice	2763	3.2	7.3	8815	24

- UTH Est

	Nb d'heures	Valeur moyenne °C	Valeur maximale °C	Somme totale °C*h	Besoin annuel de chauffage kWh/m ²
Trappes	1149	1.7	6.4	1934	48
Nice	3264	4.4	9.3	14538	16

Pas des dérives dans les circulations

Dans cette zone, aucun système de climatisation ou de chauffage n'est installé, **le rafraîchissement n'est possible que par l'utilisation de la sur ventilation naturelle.**

7.1.2 Bâtiment avec des paramètres modifiés (bâtiment moins étanche) – pour comparaison

- Dans les chambres :

(Valeurs non recommandables et à titre d'exemple dans le but d'étudier la sensibilité)

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.

Dépassements de température dans les chambres par rapport à Ti = 27 °C

- UTH Sud

	Nb d'heures	Valeur moyenne °C	Valeur maximale °C	Somme totale °C*h	Besoin annuel de chauffage kWh/m ²
Trappes	230	1.3	4.7	291	118
Nice	2135	2.4	6.4	5172	46

- UTH Nord

	Nb d'heures	Valeur moyenne °C	Valeur maximale °C	Somme totale °C*h	Besoin annuel de chauffage kWh/m ²
Trappes	84	1	3	83	127
Nice	1559	1.9	4.9	2978	60

- UTH Est

	Nb d'heures	Valeur moyenne °C	Valeur maximale °C	Somme totale °C*h	Besoin annuel de chauffage kWh/m ²
Trappes	200	1.1	4	224	106
Nice	2080	2.5	6	5305	46

Pas des dérives dans les circulations.

Bien que cette solution améliore les résultats, elle n'est pas recommandable, les dépassements sont toujours importants, ce qui amène à ne pas retenir cette solution en plus des arguments donnés précédemment. De plus, on constate que les besoins de chauffage à Trappes ont augmenté d'un facteur 2. Par la suite on retient donc le cas de base. Les résultats amènent également à retenir la solution de climatisation des chambres pour Nice et Trappes, les surchauffes dans celles ci étant très importantes (33°C). ?

Les résultats sont un bâtiment représentatif des hôpitaux français selon la typologie dressée. Néanmoins, il est possible qu'un bâtiment particulier ayant des spécificités au niveau de l'inertie, des conditions d'utilisation ou des conditions d'accès de soleil et d'air extérieur, ne soit pas équipé d'un système de rafraîchissement, spécifiquement que Consoclim, un outil destiné pour le calcul des consommations surestime légèrement les températures intérieures avec ce type d'inertie et d'isolation.

7.2 Bâtiment type 2 - Maison de retraite

7.2.1 Bâtiment de base

Simulation annuelle. Température de consigne en chauffage = 20 °C

Système parfait. Ventilateurs CTA : 500 Pa, rendement = 0.7

Dépassements par rapport à $T_i = 27\text{ °C}$

- UTH Sud

	Nb d'heures	Valeur moyenne °C	Valeur maximale °C	Somme totale °C*h	Besoin annuel de chauffage kWh/m ²
Trappes	1263	2.5	9.4	3171	77.3
Nice	3367	4.9	12.7	16535	25.3

- UTH Nord

	Nb d'heures	Valeur moyenne °C	Valeur maximale °C	Somme totale °C*h	Besoin annuel de chauffage kWh/m ²
Trappes	804	1.7	5.7	1377	85.5
Nice	2821	3.9	9.8	10989	35.7

- Circulations

	Nb d'heures	Valeur moyenne °C	Valeur maximale °C	Somme totale °C*h
Trappes	0	0	0	0
Nice	664	0.7	2.9	474.7

7.2.2 *Maison de retraite – bâtiment modifié (bâtiment moins étanche) - pour comparaison*

Simulation annuelle. Température de consigne de chaud = 20 °C, consigne de froid 100 °C.

Système parfait. Ventilateurs CTA : 500 Pa, rendement = 0.7

Protection solaires fermées, 30 m³/h au lieu de 18 m³/h dans les chambres.

Dépassements par rapport à $T_i = 27\text{ °C}$

- UTH Sud

	Nb d'heures	Valeur moyenne °C	Valeur maximale °C	Somme totale °C*h	Besoin de chauffage kWh/m ²
Trappes	984	2.3	8.4	2226	91
Nice	3184	4.3	11.7	13545	31.9

- UTH Nord

	Nb d'heures	Valeur moyenne °C	Valeur maximale °C	Somme totale °C*h	Besoin de chauffage kWh/m ²
--	-------------	-------------------	--------------------	-------------------	--

Trappes	588	1.6	4.9	912	99.5
Nice	2577	3.5	9	8923	42.9

- Circulations

	Nb d'heures	Valeur moyenne °C	Valeur maximale °C	Somme totale °C*h
Trappes	0	0	0	0
Nice	604	0.7	3	407

Des dérives des températures apparaissent dans les chambres dans les deux cas étudiés jusqu'à 39°C au Sud à Nice. Cela justifie au minimum le recours à la climatisation dans les salles communes. On retient le bâtiment de base avec 4 vol/h dans les circulations à Nice au lieu de 2.

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.

VIII. CALCUL DE BESOINS ET PRE DIMENSIONNEMENT

Les solutions constructives correspondantes à l'enveloppe et aux gestions du bâtiment sont issues de l'étude précédente – obj 100 bureaux.

8.1 Fichier météo et consignes

Le fichier météo construit d'après la méthode de AICVF [34], guide n°2 (répétition sur 4 semaines) est le fichier de base de dimensionnement. La France est découpée en trois zones pour les conditions d'été :

- Le Nord jusqu'à la Vendée, l'Allier et le Jura (zone A)
- Le Sud jusqu'à la Charente-Maritime, le Puy de Dome et l'Ain (zone C)

En été, la température extérieure de base varie au cours de la journée, et dépend de la zone climatique concernée. L'humidité spécifique extérieure de base est supposée constante au cours de la journée type d'été.

Heure	T (°C)			w (kg/kg as)		
	Zone A	Zone B	Zone C	Zone A	Zone B	Zone C
0	22	20.8	25	0.0112	0.0105	0.0112
1	20.7	19.8	23.7	0.0112	0.0105	0.0112
2	19.8	19	22.8	0.0112	0.0105	0.0112
3	19.2	18.5	22.2	0.0112	0.0105	0.0112
4	19	18.1	22	0.0112	0.0105	0.0112
5	19	18	22	0.0112	0.0105	0.0112
6	19.2	18	22.2	0.0112	0.0105	0.0112
7	19.7	18.2	22.7	0.0112	0.0105	0.0112
8	20.8	18.8	23.8	0.0112	0.0105	0.0112
9	22.6	19.7	25.6	0.0112	0.0105	0.0112
10	24.4	21	27.4	0.0112	0.0105	0.0112
11	26	22.4	29	0.0112	0.0105	0.0112
12	27.4	23.6	30.4	0.0112	0.0105	0.0112
13	28.4	24.6	31.4	0.0112	0.0105	0.0112
14	29.1	25.3	32.1	0.0112	0.0105	0.0112
15	29.6	25.7	32.6	0.0112	0.0105	0.0112
16	29.9	25.9	32.9	0.0112	0.0105	0.0112
17	30	26	33	0.0112	0.0105	0.0112
18	29.8	25.9	32.8	0.0112	0.0105	0.0112
19	29.1	25.7	32.1	0.0112	0.0105	0.0112
20	27.9	24.9	30.9	0.0112	0.0105	0.0112
21	26.4	23.9	29.4	0.0112	0.0105	0.0112
22	24.8	22.7	27.8	0.0112	0.0105	0.0112
23	23.2	21.7	26.2	0.0112	0.0105	0.0112

Tableau 49 : Températures et humidités extérieures de base d'été en France

Les températures de base d'hiver sont constantes pour la plage horaire et sont classées selon des différentes régions. On a retenu -10 °C, 1,6 g/kg pour Trappes et Mâcon et 0°C, 3,2 g/kg pour Nice. Ce qui implique que les données météo pour le calcul des besoins de dimensionnement seront équivalentes pour Trappes et Mâcon (même zone climatique d'été).

Heure	T (°C)		w (kg/kg as)	
	Trappes	Nice	Trappes	Nice
0	-10	0	0.0016	0.0032
1	-10	0	0.0016	0.0032
2	-10	0	0.0016	0.0032
3	-10	0	0.0016	0.0032
4	-10	0	0.0016	0.0032
5	-10	0	0.0016	0.0032
6	-10	0	0.0016	0.0032
7	-10	0	0.0016	0.0032
8	-10	0	0.0016	0.0032
9	-10	0	0.0016	0.0032
10	-10	0	0.0016	0.0032
11	-10	0	0.0016	0.0032
12	-10	0	0.0016	0.0032
13	-10	0	0.0016	0.0032
14	-10	0	0.0016	0.0032
15	-10	0	0.0016	0.0032
16	-10	0	0.0016	0.0032
17	-10	0	0.0016	0.0032
18	-10	0	0.0016	0.0032
19	-10	0	0.0016	0.0032
20	-10	0	0.0016	0.0032
21	-10	0	0.0016	0.0032
22	-10	0	0.0016	0.0032
23	-10	0	0.0016	0.0032

Tableau 50: Températures et humidités extérieures de base d'hiver en France

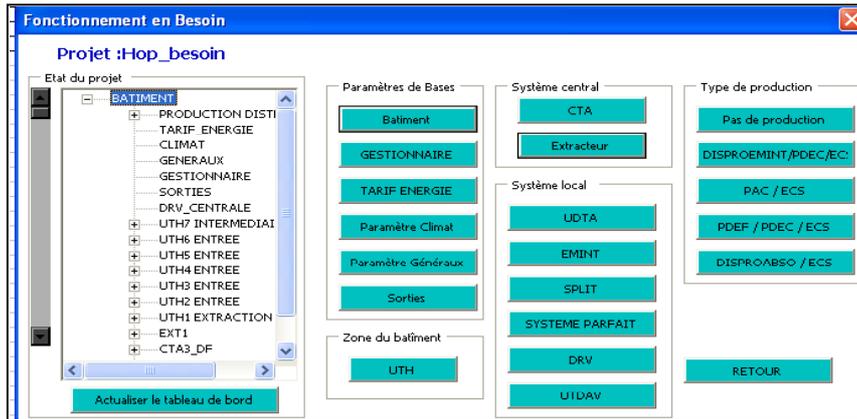
Les consignes de températures sont maintenues constantes (§ 2.2.3 et § en chaud, jour et nuit, en inoccupation égales à celles en occupation) pour éviter l'effet de la relance en chaud et en froid dans le dimensionnement.

Les températures d'eau de ville sont tirées du fichier météo annuel utilisé pour les simulations, celui de la RT2005. Elles sont données dans le Tableau 51.

<u>zone</u>	H1	H2	H3
<i>jan</i>	5.7	7.2	9.7
<i>fév</i>	5.7	7.2	9.7
<i>mars</i>	7	8.5	11
<i>avril</i>	9.2	10.7	13.2
<i>mai</i>	11.8	13.3	15.8
<i>juin</i>	14	15.5	18
<i>juillet</i>	15.3	16.8	19.3
<i>août</i>	15.3	16.8	19.3
<i>sep</i>	14	15.5	18
<i>oct</i>	11.8	13.3	15.8
<i>nov</i>	9.2	10.7	13.2
<i>déc</i>	7	8.5	11

Tableau 51 : Températures d'eau de ville de base en France

Le calcul des besoins consiste à intégrer à chaque UTH un système parfait « sans production thermofrigorifique».



8.2 Besoins de base - type 1 - CHU

Les besoins maximaux en W/m² sont donnés par UTH dans le Tableau 52 et Tableau 53 pour les deux régions climatiques : Trappes et Nice.

A Trappes, les besoins maximaux de **froid** et de **chaud** pour l'ensemble de l'hôpital sont de **30.3 W/m²** et **57.5 W/m²** respectivement.

UTH	Usage	Surface de l'UTH en m ²	Besoin de froid (W/m ²)	Besoin de chaud (W/m ²)
1	Bureaux, consultations et urgences (Ouest)	3716	35.2	11.9 ?
2	Laboratoires, restaurants, pharmacies, annexes des S.OP	4794.4	57.5	178.5 ?
3	Salles d'opération	1521.3	148.8	409.7 ?
4	Chambres (Sud)	2662	61.3	45.1 ?
5	Chambres (Nord)	2662	37.5	45.1 ?
6	Chambres (Est)	1458	43.8	39.3 ?
7	Circulations	11770.8	0	0
8	Sanitaires	1872.3	0	0

Tableau 52 : Besoins maximaux à Trappes – type 1 - CHU

À Nice, les besoins maximaux de **froid** et de **chaud** pour l'ensemble de l'hôpital sont de **37.5 W/m²** et **32.3 W/m²** respectivement. ?

UTH	Usage	Surface de l'UTH en m²	Besoin de froid (W/m²)	Besoin de chaud (W/m²)
1	Bureaux, consultations et urgences (Ouest)	3716	40.2	4.4
2	Laboratoires, restaurants, pharmacies, annexes des S.OP	4794.4	77.3	105.1
3	Salles d'opération	1521.3	192.5	228.6
4	Chambres (Sud)	2662	63.9	30.5
5	Chambres (Nord)	2662	47.5	30.5
6	Chambres (Est)	1458	53.7	26.2
7	Circulations	11770.8	0	0
8	Sanitaires	1872.3	0	0

Tableau 53 : Besoins maximaux à Nice – type 1 – CHU

D'après les besoins obtenus selon les conditions de dimensionnement, on constate :

- Les besoins de froid dans les chambres sont importants et particulièrement pour celles orientées au sud.
- Cela provient de l'occupation continue avec un taux d'occupation élevé, l'éclairage et les apports internes. De ce fait, ces chambres doivent être climatisées.
- Les besoins de chauffage sont extrêmement faibles dans les bureaux.
- Les besoins de chauffage sont extrêmement forts (spécialement à Trappes) dans les salles d'opération du fait du volume d'air neuf.

8.3 Besoins de base - type 2 – Maison de retraite

Les besoins maximaux en W/m^2 sont donnés par UTH dans le tableau suivant pour les deux régions climatiques : Trappes et Nice.

A Trappes, les besoins maximaux de **froid** et de **chaud** pour l'ensemble du bâtiment sont de **11.2 W/m^2** et **48.7 W/m^2** respectivement.

UTH	Usage	Surface de l'UTH en m^2	Besoin de froid (W/m^2)	Besoin de chaud (W/m^2)
1	Chambres	896	0	66.2
2	Chambres	896	0	66.2
3	Salles communes	576	76.4	64.9
4	Restaurants	240	0	77.9
5	Soins	192	0	168.1
6	Circulations	668.8	0	0
7	Sanitaires	256	0	0

Tableau 54 : Besoins maximaux à Trappes – type 2 – maison de santé

A Nice, les besoins maximaux de **froid** et de **chaud** pour l'ensemble de l'hôpital sont de **13 W/m^2** et **29.7 W/m^2** respectivement.

UTH	Usage	Surface de l'UTH en m^2	Besoin de froid (W/m^2)	Besoin de chaud (W/m^2)
1	Chambres	896	0	46.2
2	Chambres	896	0	46.2
3	Salles communes	576	88.1	39.8
4	Restaurants	240	0	48.4
5	Soins	192	0	104.4
6	Circulations	668.8	0	0
7	Sanitaires	256	0	0

Tableau 55 : Besoins maximaux à Nice – type 2 – maison de santé

IX. DIMENSIONNEMENT DES SYSTEMES – BATIMENT TYPE 1 - CHU

9.1 Système 1A – GF + Ch – Météo de Trappes

Production : GF condensation à air + chaudière à gaz (chauffage + ECS)

Unités terminales: VC 4 tubes + DAC dans les S.OP

On expose les principes de dimensionnement pour les différents composants de systèmes divers.

Les besoins sont rappelés dans le Tableau 56 :

Zone	Surface (m ²)	Besoin maximum en froid (kW)	Besoin maximum en chaud (kW)	Maximum somme des besoins de froid (W)	Ratio besoins de froid (W/m ²)	Maximum somme des besoins de chaud (W)	Ratio besoins de chaud (W/m ²)
UTH1 : Bureaux, consultations et urgences	3716	- 131	44		-35.2		11.9
UTH 2 : Lab., rest., phar., annexes des S.OP	4794.4	- 275	856		-57.5		178.5
UTH 3: Salles d'opération	1521.3	- 226	623		-148.8		409.7
UTH 4: Chambres	2662	- 163	120		-61.3		45.1
UTH 5: Chambres	2662	- 64	57		-37.5		45.1
UTH 6: Chambres	1458	- 76	82		-43.8		39.3
UTH 7: Circulations	11770.8	0.0	0.0		0.0		0.0
UTH 8: Sanitaires	1872.3	0.0	0.0		0.0		0.0
	30457	- 960	1820	-922		1752	

Tableau 56: Résultats des besoins dans les différentes zones et pour le bâtiment

On notera que les puissances surfaciques sont tout à fait limitées grâce aux choix constructifs. Seuls les blocs opératoires présentent des puissances importantes. C'est pourquoi, leurs consommations seront données séparément.

9.1.1 Dimensionnement des unités terminales

On choisit les unités terminales dans un catalogue type de matériel.

- Régime d'eau froide 7/12 °C
- Régime d'air été 27 °C, 50 % HR
- Régime d'eau chaude 90/70 °C
- Régime d'air hiver 19 °C

- Puissance en froid à vitesse moyenne
- Puissance sensible en froid à vitesse moyenne
- Puissance en chaud à vitesse moyenne

	haut	moyen	bas
Débit m ³ /h	1330	940	690
Puissance frigorifique (W)	8020	6050	4640
Puissance sensible (W)	5780	4290	3270
Puissance calorifique (W)	7800	6380	5260
Puissance absorbée par le moteur du ventilateur (W)	180	123	100
Puissance frigorifique moins ventilateur (W)	7840	5927	4540

Tableau 57: Caractéristiques des unités terminales retenues

Ayant le besoin sensible de l'UTH, on considère la température de soufflage nominale en refroidissement des ventilo-convecteurs (14 °C) pour calculer le débit d'air nécessaire. Pour obtenir le nombre de ventilo-convecteurs, on retient les performances à vitesse moyenne, en retranchant la puissance du ventilateur. On compare ensuite la puissance en chaud (avec puissance des ventilateurs) disponible avec le besoin en chaud. Si le besoin est supérieur, c'est le mode chaud qui devient dimensionnant.

	Besoins sensibles froid (kW)	Ti consigne froid (°C)	Débit d'air (kg/s)	Débit d'air (m ³ /h)	Nombre de VC	Puissance en mode chaud (kW)	Besoins chaud (kW)
UTH1 : Bureaux, consultations et urgences	131	25	11.6	34520	37	241	44
UTH 2 : Lab., rest., pharmacies, annexes des S.OP	290	25	24.5	72723	78	507	856
UTH 4: Chambres	194	25	14.5	43111	46	299	120
UTH 5: Chambres	138	25	8.9	26335	29	189	120
UTH 6: Chambres	76	25	5.7	16857	18	117	57
UTH 7: Circulations	0		0	0	0	0	0
UTH 8: Sanitaires	0		0	0	0	0	0

Tableau 58 : Débit d'air pour chaque UTH et nombre des ventilo-convecteurs correspondant

Les ventilo convecteurs sont ensuite paramétrés grâce aux pré processeurs de ConsoClim.

9.1.2 Dimensionnement du groupe frigorifique à condensation à air

A partir de la puissance sensible issue du calcul des besoins (le maximum des sommes de puissance par UTH: 922 kW), on approxime la puissance totale P_t (pas de consigne en humidité) pour le dimensionnement: 1230 kW. Une étude de sensibilité a montré qu'en climat métropolitain on peut ajouter 20 à 30 % de puissance pour la déshumidification. On ajoute aussi les puissances des ventilateurs qui sont à compenser.

Le débit d'eau « glacée » est déduit du régime choisi (7/12 °C par exemple)

$$C_e \cdot \dot{m}_e \cdot (t_{se} - t_{ee}) = P_t$$

C_e dépend du taux de glycol. Pour de l'eau $C_e = 4180 \text{ J/kg.K}$

P_t kW	C_e J/kg.K	t_{ee} °C	t_{se} °C	\dot{m}_e kg/s
1250	4180	7	12	66.36

On choisit alors un groupe frigorifique :

		Calcul	Groupe retenu
puissance frigorifique nominale	P_f (kW)	1250	1442
EER			3.1
puissance absorbée nominale (compresseur)	P_a (kW)		432
débit nominal d'eau	\dot{m}_e (kg/s)	59	69
puissance ventilateur du condenseur	~1/45 puissance au condenseur)	27	31
débit d'air au condenseur (l/s)			82000

Tableau 59 : Caractéristiques principales du groupe frigorifique retenu

Le pré processeur PREPGF permet alors de calculer les caractéristiques du groupe qui sont nécessaires à Consoclim.

9.1.3 Dimensionnement de la chaudière

Les besoins de chauffage étant connus : 1753 kW (Tableau 52), on choisit une chaudière dans le catalogue ATITA : www.rt2000-chauffage.com/chaudiere/index.htm

Avec le régime choisi (90/70 °C) le débit d'eau est déduit par : $C_e \cdot \dot{m}_e \cdot (t_{ee} - t_{se}) = P_c$

P_c (kW)	C_e (J/kg.K)	t_{ee} (°C)	t_{se} (°C)	\dot{m}_e (kg/s)	Chaudière choisie
1753	4180	90	70	22.56	25.1 m³/s

PARAMETRES CHAUDIERE		http://www.rt2000-chauffage.com/chaudiere/index.htm
$P_{\text{chaudnom100}}$	2100	Puissance nominale de la chaudière à 100 % (kW)
$T_{\text{chaudnom100}}$	70	Température de test à 100 % de charge (°C)
$\text{Eff}_{\text{chaudnomPCI100}}$	0.925	Efficacité de la chaudière à $T_{\text{chaudnom100c}}$
$T_{\text{chaudnom30}}$	50	Température de test à 30 % de charge (°C)
$\text{Eff}_{\text{chaudnomPCI30}}$	0.955	Efficacité de la chaudière à $T_{\text{chaudnom30}}$

Tableau 60 : Caractéristiques de la chaudière dans Consoclim

9.1.4 Dimensionnement des paramètres des réseaux de distribution

Des modules automatisés permettent ensuite de dimensionner les réseaux d'eau et d'air ainsi que les pompes et ventilateurs¹⁰ correspondant.

L_{er} (m)	V (m ³ /h)	ΔP_{rat} (Pa)	h_m	WP_{rat} (W)	Ratio pompe (W/m ²)	ΔP chaudière (Pa)	ΔP unité terminale (Pa)
208	90.30	41625	0.85	1228	0.04	3500	7000

Tableau 61: Caractéristiques du réseau de chauffage

L_{er} (m)	V (m ³ /h)	DP_{rat} (Pa)	h_m	WP_{rat} (W)	Ratio pompe (W/m ²)	DP chaudière (Pa)	DP unité terminale (Pa)
208	248.40	80125	0.85	6504	0.21	42000	7000

Tableau 62: Caractéristiques du réseau de refroidissement

	CTA 1	CTA 2	CTA 3 (DAC)	CTA 4
Débit m ³ /s	0.695	23.97	45.4	4.24
Perte de charge (Pa)	510	510	600	510
Puissance (kW)	0,83	26,4	58,9	4.65

Tableau 63 : Caractéristiques principales du réseau distribution aéraulique

9.1.5 Dimensionnement des éléments du système DAC

Ayant le besoin sensible de l'UTH, on considère la température de soufflage nominale en refroidissement de 14 °C pour calculer le débit d'air nécessaire. Ce qui implique :

	Besoins sensibles froid (kW)	Ti consigne froid (°C)	Débit d'air (kg/s)	Débit d'air (m ³ /h)	Besoins chaud (kW)	débit eau-régime 7 – 12 (kg/s)	Qtot (kW)
UTH 3: Salles d'opération	226	19	44	132 000	624	12.5	374

9.1.6 Caractéristique de batteries froide et chaude de la CTA DAC

On utilise les pré processeurs de Consoclim PREPROC pour la batterie froide et PREPHC pour la batterie chaude afin de tirer les caractéristiques nécessaires pour Consoclim.

9.2 Système 1A –GF + Ch – Météo de Nice

On présente uniquement les résultats essentiels pour Nice.

9.2.1 Dimensionnement du groupe frigorifique à condensation d'air

		Calcul	Groupe retenu
puissance frigorifique nominale	P_f (kW)	1669	1673

EER			3.26
puissance absorbée nominale (compresseur)	P_a (kW)		467
débit nominal d'eau	m_e (kg/s)	79.9	80
puissance ventilateur du condenseur	~1/45 puissance au condenseur)	37.1	46
débit d'air au condenseur (l/s)			95 700

Tableau 64 : Caractéristiques principales du groupe frigorifique retenu

9.2.2 Dimensionnement de la chaudière

PARAMETRES CHAUDIERE		
$P_{\text{chaudnom100}}$	1120	Puissance nominale de la chaudière à 100 % (kW)
$T_{\text{chaudnom100}}$	70	Température de test à 100 % de charge (°C)
$\text{Eff}_{\text{chaudnomPCI100}}$	0.921	Efficacité de la chaudière à $T_{\text{chaudnom100c}}$
$T_{\text{chaudnom30}}$	40	Température de test à 30 % de charge (°C)
$\text{Eff}_{\text{chaudnomPCI30}}$	0.952	Efficacité de la chaudière à $T_{\text{chaudnom30}}$

Tableau 65 : Caractéristiques de la chaudière retenue

9.3 Système 2A - THFP - Météo de Trappes

Cette fois, la production est assurée par une thermo-frigo-pompe permettant chauffage, rafraîchissement et récupération de chaleur pour la production d'ECS (avec appoint électrique). Les unités terminales restent des VC 4 tubes et une centrale DAC dans les blocs opératoires. Le principe de dimensionnement des unités terminales est identique au système 1A. le régime d'eau glacée est de 7/12 °C, tandis que le régime de chaud est de 40/45 °C.

C'est la production d'eau glacée qui détermine a priori la puissance de la thermo-frigo-pompe. Au cas où la puissance calorifique requise serait plus importante que la puissance disponible au condenseur du groupe sélectionné, le dimensionnement est modifié afin de satisfaire cette puissance. (sélection d'un nouveau groupe d'après les catalogues constructeurs)

		Calcul	Machine retenue
puissance frigorifique nominale	P_f (kW)	1508.94	1514
EER			3.83
puissance absorbée nominale (compresseur)	P_a (kW)		364
débit nominal d'eau	m_e (kg/s)	2.20	72.2

Tableau 66 : Caractéristiques principales de la thermo-frigo-pompe retenue - Trappes

Pour la pompe de puisage, on calcule le débit maximal en modes froid et chaud, pour deux régimes d'eau dans les deux modes avec une température de nappe supposée constante (12°C). La réglementation sur la température de rejet (28°C au maximum) et sur le débit (au-delà de 80 m³/h) ne sont pas pris en compte dans le modèle.

9.4 Etude de l'eau chaude sanitaire ECS

9.4.1 Formules générales de calcul

Une production d'ECS bien dimensionnée doit être toujours capable de fournir l'eau chaude pour laquelle elle a été conçue, sans chute sensible de la température de distribution, mais aussi sans surpuissance ou surcapacité. Elle doit produire :

- sur 24 heures la quantité d'ECS totale « Q_i totale » nécessaire au bâtiment dans laquelle elle est installée,
- la quantité d'ECS du bâtiment nécessaire pendant la tranche horaire de puisage maximal, la plus importante de la journée : « Tranche de δt heure »,
- la quantité d'ECS « instantanée » nécessaire pendant les x minutes (10 minutes ou plus) de débit de pointe maximale journalière pour le bâtiment dans lequel elle est installée. [35]

Dans Consoclim [36], on ne cherche pas à représenter la gestion de production de l'ECS mise en place. On ne s'intéresse qu'au potentiel de récupération de chaleur au condenseur des thermo-frigo-pompes. On détermine un majorant de l'énergie récupérable qui suppose de garder une capacité d'accumulation pour les rejets de chaleur de la production.

D'autre part, sachant que le niveau de température requise (45 ou 50 °C) est obtenu au moyen d'un appoint, la température de condensation suit les conditions de fonctionnement de la thermo-frigo-pompe.

Un scénario horaire sur une semaine et un scénario hebdomadaire sur une année permettent de définir les paramètres dont dépend le puisage de l'ECS. On définit alors :

$$\text{Taux}_{\text{util_ECS}} = \text{Taux}_{\text{util_ECS (hor)}} * \text{Taux}_{\text{util_ECS (hebd)}}$$

avec :

$\text{Taux}_{\text{util_ECS}}$: taux d'utilisation de l'ECS au pas horaire,

$\text{Taux}_{\text{util_ECS (hor)}}$: taux d'utilisation horaire sur une semaine type,

$\text{Taux}_{\text{util_ECS (hebd)}}$: correction hebdomadaire de $\text{Taux}_{\text{util_ECS (hor)}}$ pour tenir compte des vacances ou d'une évolution de l'activité par exemple.

On définit par ailleurs la consommation nominale journalière [37], $C_{\text{ecs,oc}}$, qui est la valeur maximale consommée dans une journée. La consommation au fil du temps pour chaque journée réelle est déterminée comme suit :

$$F_{\text{ecs}} = \text{Taux}_{\text{util_ECS}} * C_{\text{ecs,oc}}$$

Remarque : sur une journée la somme des $\text{Taux}_{\text{util_ECS (hor)}}$ peut être inférieure ou égale à 1 selon que la consommation du jour est inférieure ou non à la consommation journalière nominale.

La température de l'eau au point de puisage doit être toujours inférieure à 60 °C (55 °C à 60 °C). Dans les chambres d'hôpitaux cette température ne doit pas dépasser 45 °C.

Quel que soit le système de production d'ECS choisi, la puissance maximale nécessaire à la production sera : $P_{\text{inst}} \text{ (kW)} = (T_s - T_e) / 800 * (Q - Q_c) / \delta t$

Q_c capacité de stockage en litres

Q besoin d'eau chaude minimal, en litres, nécessaire durant la période δt

T_s température de départ ECS

T_e température d'entrée de l'eau de ville

Quel que soit le procédé de production d'ECS, il existera toujours un couple « puissance du préparateur P_{ECS} (kW) _ capacité tampon Q_c (litres) ». En particulier si la capacité est égale à 0, le système sera du type « instantané » d'une puissance P_{ECS} (kW) maximale égale à P_{inst} .

Plus la capacité tampon sera importante, plus faible sera la puissance du préparateur d'ECS.

A la limite, si la capacité tampon est égale à la consommation journalière, le préparateur peut disposer de 24 heures pour réchauffer tout son volume d'eau.

9.4.2 *Technique de production - Préparateurs semi-accumulation*

Afin de pouvoir récupérer de l'énergie sur le condenseur de la thermo-frigo-pompe, une capacité d'accumulation est nécessaire. Dans le modèle, nous adoptons l'hypothèse optimiste que les ballons peuvent à tout moment absorber les rejets. Le réservoir tampon d'un tel système est dimensionné pour être suffisant pour fournir à lui seul la totalité des besoins de la pointe maximale journalière (pointe des 10 min), sans utiliser la puissance de l'appoint.

Besoins journaliers d'ECS Q_j (litres) de N modules d'une installation (module = 1 lit pour les hôpitaux et les maisons de retraite) appelant chacun une quantité Q_m (litres/j).

$$Q_j = \sum Q_m \times N \times K$$

$K = 1.28$ pour une température de 45°C (1 pour 55°C).

La probabilité que tous les points de puisage appellent l'ECS simultanément à un instant donné est nulle. Un coefficient de minoration, appelé coefficient de simultanéité S, permet de calculer un débit de pointe d'ECS proche de la réalité. Il évite le sur dimensionnement inutile de l'installation.

Pour les bâtiments de santé : $S = \frac{1}{(N-1)^{0.2i}}$ $i = \frac{N-1}{N+1}$, $S = 0.25$ mini

Pendant la tranche maximale de δt heures, on a 78% de la consommation journalière (hôpitaux). Le calcul de la durée de la tranche maximale est effectué avec les formules suivantes :

$$T = \frac{N^{0.878}}{(N+1)^{0.7}} \text{ avec } \delta t = 2 \text{ heures maxi}$$

- Puissance d'un préparateur SA, si l'on impose une capacité de Q_c .SA litres

$$P.SA(kW) = 0.0523 \times [(0.78 \times Q_m \times N) - Q_c.SA] / \delta t + \text{recyclage}$$

- Capacité d'un préparateur SA, si l'on impose une puissance de P.SA (kW) hors recyclage

$$Q_c.SA = 0.78 \times Q_m \times N - ((P.SA \times \delta t) / 0.0523)$$

9.4.3 *Application au CHU de 300 lits*

ECS 45 °C

$$i = 299/301, S = 1/(299^{0.2i}), S = 0.32$$

$$Q_j = (300 \times 60) \times 1.28 = 23040 \text{ litres/jour (60 litres/lit)}$$

$$\text{Débit instantané sur 10 minutes : } Q(10 \text{ min}) = 0.39 \times Q_j \times S = 2895 \text{ litres}$$

$$Q_{inst} (l/h) = 17372 \text{ m}^3/h$$

$$\delta t = 2 \text{ heures}$$

Si on impose un réservoir de 10000 litres, la puissance nécessaire du préparateur sera de :

$P_{SA} = 193 \text{ kW} + \text{recyclage}$

Si l'on impose une puissance maximale de 250 kW, la capacité de tampon nécessaire sera de : $Q_{c,SA} = 7820 \text{ litres}$

X. DIMENSIONNEMENT DU BATIMENT TYPE 2 – MAISON DE RETRAITE

La même méthode de dimensionnement est appliquée au bâtiment type 2. On donne seulement les caractéristiques des composants principaux

10.1 Système 1 - GF + Ch - Trappes

VC 4 tubes dans les salles communes, VC 2 tubes dans les chambres. Groupe frigorifique – chaudière à gaz.

		Calcul	Groupe retenu
puissance frigorifique nominale	P_f (kW)	44.1	49
EER			2.59
puissance absorbée nominale (compresseur)	P_a (kW)		17.7
débit nominal d'eau	m_e (kg/s)	2.11	2.34
puissance ventilateur du condenseur	~1/45 puissance au condenseur)	0.98	1.2
débit d'air au condenseur (l/s)			3780

Tableau 67 : Caractéristiques principales du groupe frigorifique retenu

PARAMETRES CHAUDIERE		
$P_{\text{chaudnom100}}$	187000	Puissance nominale de la chaudière à 100 % (W)
$T_{\text{chaudnom100}}$	70	Température de test à 100 % de charge (°C)
$\text{Eff}_{\text{chaudnomPCI100}}$	0.978	Efficacité de la chaudière à $T_{\text{chaudnom100c}}$
$T_{\text{chaudnom30}}$	30	Température de test à 30 % de charge (°C)
$\text{Eff}_{\text{chaudnomPCI30}}$	1.075	Efficacité de la chaudière à $T_{\text{chaudnom30}}$

Tableau 68 : Caractéristiques de la chaudière retenue

10.2 Système 1 – GF + Ch Nice

Même groupe frigorifique mais de puissance nominale : 57 kW

Chaudière à condensation de 115 kW gaz

10.3 Système 2 -Split - Trappes et Nice

Climatiseurs Splits dans les salles communes, VC 2 tubes dans les chambres. Chaudière à gaz

	maxi	mini
Débit m ³ /h	1330	940
Puissance frigorifique (W)	8020	6050
Puissance sensible (W)	5780	4290
Puissance calorifique (W)	7800	6380

Tableau 69 : Climatiseur retenu

XI. PLAN D'EXPERIENCES

11.1 Plan d'expériences pour la solution VC - groupe frigorifique - chaudière à gaz

La méthode des plans d'expériences est utilisée et permet, en un nombre optimisé de calculs, de quantifier les effets des variables d'entrée et les interactions entre ces variables sur les résultats.

Le modèle par lequel on veut modéliser les sorties (sous forme polynomiale) doit être défini a priori. Le modèle choisi influence directement le type de plan. Dans notre cas, un modèle ne prenant pas en compte les auto-corrélations, mais permettant de quantifier l'interaction entre variables semble bien adapté. Deux niveaux sont choisis par variable, le niveau moyen plus la variation et le niveau moyen moins la variation, et les calculs sont effectués pour tous les cas. Les variables étant centrées et réduites, elles varient d'un niveau bas, -1, à un niveau haut, +1. On retient donc comme variables du plan d'expériences :

	Rendement chaudière sur PCI	EER [19]	Rendement pompes et ventilateurs	Isolation de réseau ¹¹
niveau (+1)	Valeur de réglementaire référence[24] à 70°C, 100% charge <ul style="list-style-type: none"> • 84 + 2 logP_n si P_n < 400 kW 89,2 si P_n >400 kW • à 50°C, 30% charge 83 + 2 logP_n si P_n < 400 kW 88,2 si P_n >400kW 	2	0,50	Classe 2 (0,28 W/m.K)
niveau (-1)	chaudière à condensation 0,98 (à 70°C) 1,08 (à 30 °C)	3,3	0,85	Classe 6 (0,14 W/m.K)

Tableau 70 : Variables du plan d'expériences du système 1A

L'isolation du réseau permet de limiter les déperditions vers des locaux non chauffés. Il a été considéré que 20 % des pertes étaient non récupérées.

11.2 Plan d'expériences pour le système Split

	COP	EER [16]
niveau (+1)	1,95	1,8
niveau (-1)	4,5	4,2

Tableau 71 : Variables du plan d'expériences du système Split

11.3 Plan d'expériences pour la solution VC - thermo-frigo-pompe

	COP	EER	Rendement pompes et ventilateurs	Isolation de réseau
niveau (+1)		2	Idem Tableau 70	
niveau (-1)	5,5	4		

¹¹ Le coefficient d'échange linéique est choisi selon les exigences de la RT2000 sur l'isolation des réseaux de distribution (hors volume chauffé) pour le chauffage qui correspond à une isolation d'au moins classe 2.

XII. RESULTATS TYPE 1 - CHU

12.1 Système 1A – 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.

12.1.1 Résultats annuels – hors S.OP

La consommation totale est totalement indépendante des consommations des salles d'opérations. L'ECS n'est pas inclus dans la consommation totale, elle est donnée à part. **La consommation est toujours exprimée par m² du bâtiment sauf contre indication.**

- Trappes

EER	Aux.	Rend. chaud	Isol. réseau	Chauf. (gaz)	Raf.. (élec.)	Aux. Réseau	Aux. locaux	Aux. CTA	AI	Ecl.	Conso tot (sans ECS)	Conso tot(sans ECS) en EP	ECS (gaz)
-1	-1	-1	-1	34.7	8.3	2.2	6.2	8.1	11.9	30.6	101.9	208.0	10.9
-1	-1	1	-1	42.4	8.3	2.2	6.2	8.1	11.9	30.6	109.6	215.7	13.3
1	-1	-1	-1	34.7	16.5	2.2	6.2	8.1	11.9	30.6	110.2	229.3	10.9
-1	1	-1	-1	31.5	9.2	3.8	10.3	13.7	11.9	30.6	110.9	236.4	10.9
-1	-1	-1	1	42.8	9.3	2.2	6.2	8.1	11.9	30.6	111.0	218.8	10.8
1	-1	1	-1	42.4	16.5	2.2	6.2	8.1	11.9	30.6	117.8	237.0	13.3
-1	1	1	-1	38.5	9.2	3.8	10.3	13.7	11.9	30.6	117.9	243.4	13.3
-1	1	-1	1	39.7	10.2	3.8	10.3	13.7	11.9	30.6	120.1	247.2	10.8
1	1	-1	-1	31.5	18.4	3.8	10.3	13.7	11.9	30.6	120.1	260.2	10.9
1	-1	-1	1	42.8	18.7	2.2	6.2	8.1	11.9	30.6	120.4	242.9	10.8
-1	-1	1	1	52.3	9.3	2.2	6.2	8.1	11.9	30.6	120.5	228.3	13.2
1	1	1	-1	38.5	18.4	3.8	10.3	13.7	11.9	30.6	127.1	267.1	13.3
-1	1	1	1	48.5	10.2	3.8	10.3	13.7	11.9	30.6	128.9	256.0	13.2
1	-1	1	1	52.3	18.7	2.2	6.2	8.1	11.9	30.6	129.9	252.4	13.2
1	1	-1	1	39.7	20.5	3.8	10.3	13.7	11.9	30.6	130.3	273.6	10.8
1	1	1	1	48.5	20.5	3.8	10.3	13.7	11.9	30.6	139.1	282.4	13.2

Tableau 72 : Consommations en kWh/m²/an à Trappes – bâtiment type 1

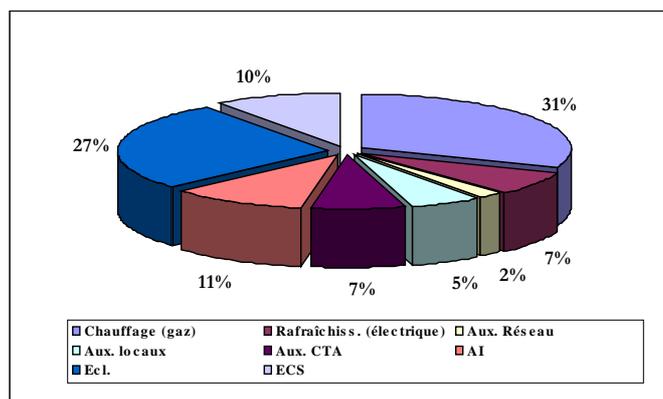
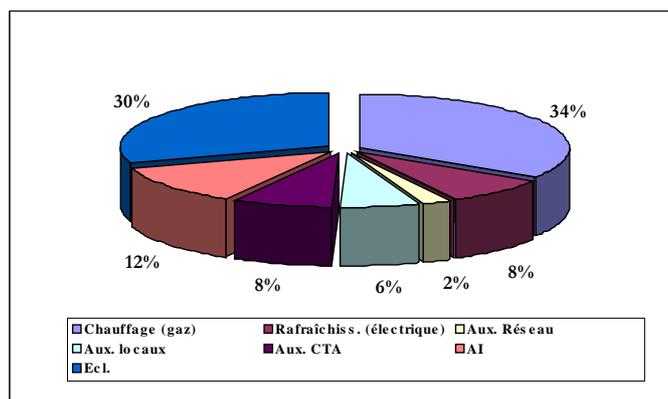
- Nice

EER	Aux.	Rend. chaud	Isol. réseau	Chauf. (gaz)	Raf.. (élec.)	Aux. Réseau	Aux. locaux	Aux. CTA	AI	Ecl.	Conso tot (sans ECS)	Conso tot(sans EC) en EP	ECS (gaz)
-1	-1	-1	-1	13.0	16.7	2.7	6.5	8.1	11.9	30.1	89.0	209.1	9.8
-1	-1	1	-1	16.0	16.7	2.7	6.5	8.1	11.9	30.1	91.9	212.0	12.0
-1	-1	-1	1	19.6	17.5	2.7	6.5	8.1	11.9	30.1	96.4	217.7	9.7
-1	1	-1	-1	11.4	17.8	4.6	10.8	13.7	11.9	30.1	100.3	240.9	9.8
-1	-1	1	1	24.1	17.5	2.7	6.5	8.1	11.9	30.1	100.9	222.2	11.9
-1	1	1	-1	13.9	17.8	4.6	10.8	13.7	11.9	30.1	102.9	243.5	12.0
1	-1	-1	-1	13.0	33.4	2.7	6.5	8.1	11.9	30.1	105.7	252.2	9.8
-1	1	-1	1	18.1	18.5	4.6	10.8	13.7	11.9	30.1	107.7	249.5	9.7
1	-1	1	-1	16.0	33.4	2.7	6.5	8.1	11.9	30.1	108.6	255.1	12.0
-1	1	1	1	22.1	18.5	4.6	10.8	13.7	11.9	30.1	111.8	253.5	11.9

1	-1	-1	1	19.6	35.0	2.7	6.5	8.1	11.9	30.1	113.9	262.8	9.7
1	1	-1	-1	11.4	35.5	4.6	10.8	13.7	11.9	30.1	118.1	286.7	9.8
1	-1	1	1	24.1	35.0	2.7	6.5	8.1	11.9	30.1	118.3	267.3	11.9
1	1	1	-1	13.9	35.5	4.6	10.8	13.7	11.9	30.1	120.7	289.3	12.0
1	1	-1	1	18.1	37.0	4.6	10.8	13.7	11.9	30.1	126.2	297.2	9.7
1	1	1	1	22.1	37.0	4.6	10.8	13.7	11.9	30.1	130.3	301.3	11.9

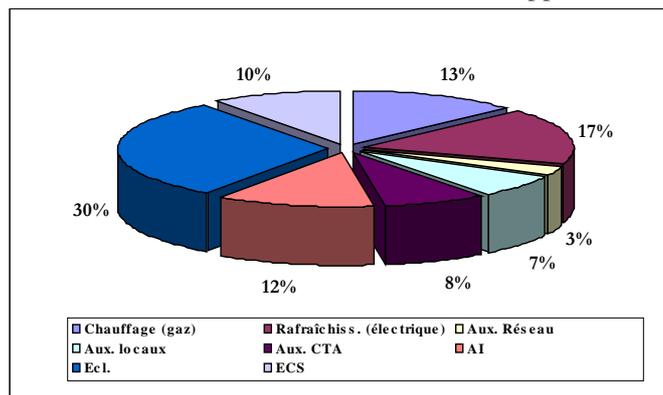
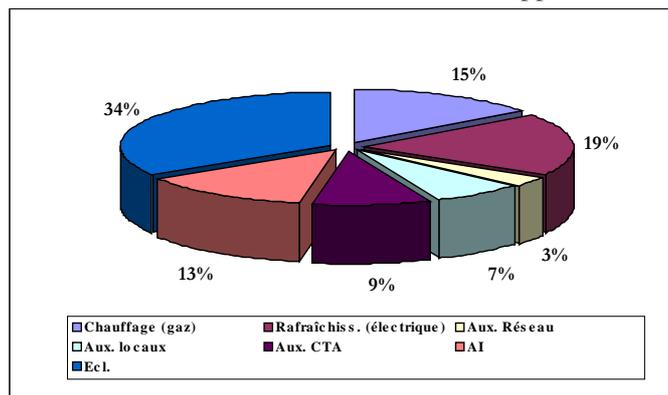
Tableau 73: Consommations en kWh/m²/an à Nice – bâtiment type 1

12.1.2 Meilleure combinaison en énergie payante (EER = 3,3 - η_{ch} = 0,98)



Sans ECS –101.9 kWh/m²/an - Trappes

Avec ECS – 112.8 kWh/m²/an - Trappes

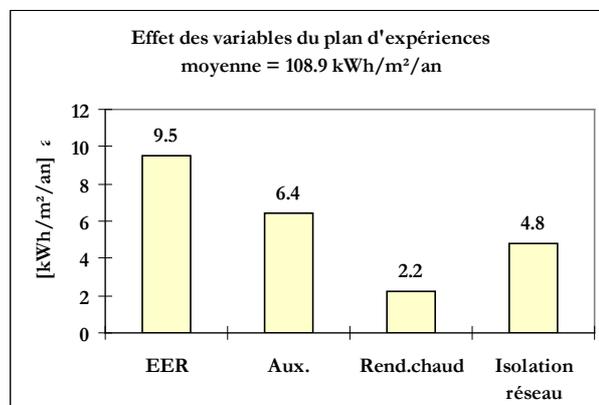
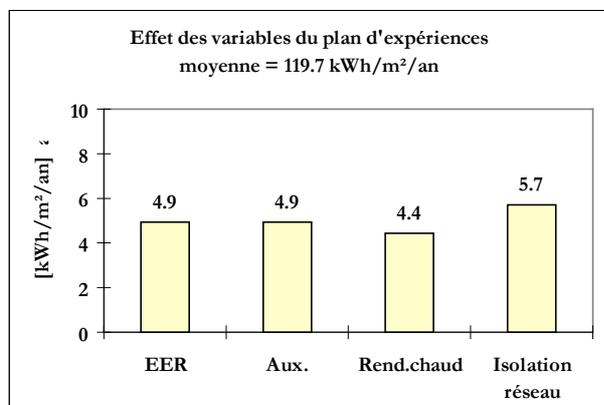


Sans ECS – 89kWh/m²/an - Nice

Avec ECS –98.8 kWh/m²/an - Nice

Figure 36 Répartition des consommations annuelles - meilleure solution à Trappes – bâtiment type 1

12.1.3 Effet des variables du système



Sans ECS – Trappes

Sans ECS - Nice

Figure 37 Effet des variables du plan d'expériences du système

12.1.4 Résultats des S.OP

Par m² du bâtiment – les S.OP représentent 5% de la surface totale.

- **Trappes :**

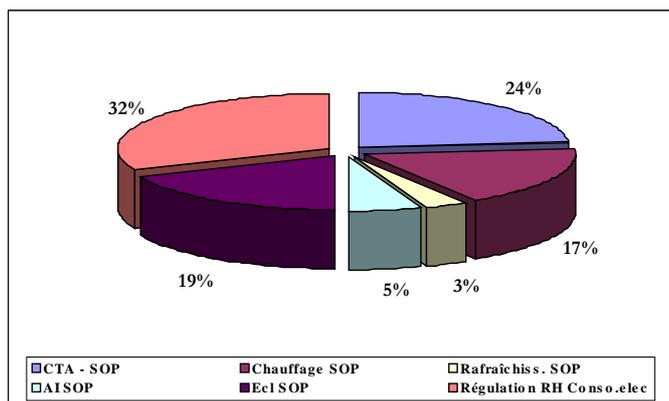
EER	Aux.	Rend. chaud	Isol. réseau	CTA - S.OP	Chauffage S.OP	Raf. S.OP	AI S.OP	Ecl S.OP	conso. Eau (l/m ²)	Régulation RH Conso. élec	Conso tot S.OP
-1	-1	-1	-1	13.9	10.3	2.0	3.2	10.9	23.1	18.50	81.9 1639 ramenée à la surface des S.Op
-1	-1	1	-1	13.9	12.2	2.0	3.2	10.9			
1	-1	-1	-1	13.9	10.3	4.0	3.2	10.9			
-1	1	-1	-1	23.6	7.3	2.6	3.2	10.9			
-1	-1	-1	1	13.9	10.2	2.0	3.2	10.9			
1	-1	1	-1	13.9	12.2	4.0	3.2	10.9			
-1	1	1	-1	23.6	8.6	2.6	3.2	10.9			
-1	1	-1	1	23.6	7.2	2.5	3.2	10.9			
1	1	-1	-1	23.6	7.3	5.1	3.2	10.9			
1	-1	-1	1	13.9	10.2	3.9	3.2	10.9			
-1	-1	1	1	13.9	12.0	2.0	3.2	10.9			
1	1	1	-1	23.6	8.6	5.1	3.2	10.9			
-1	1	1	1	23.6	8.5	2.5	3.2	10.9			
1	-1	1	1	13.9	12.0	3.9	3.2	10.9			
1	1	-1	1	23.6	7.2	5.1	3.2	10.9			
1	1	1	1	23.6	8.5	5.1	3.2	10.9			

Tableau 74: Consommations annuelles des S.OP en kWh/m² à Trappes – bâtiment type 1

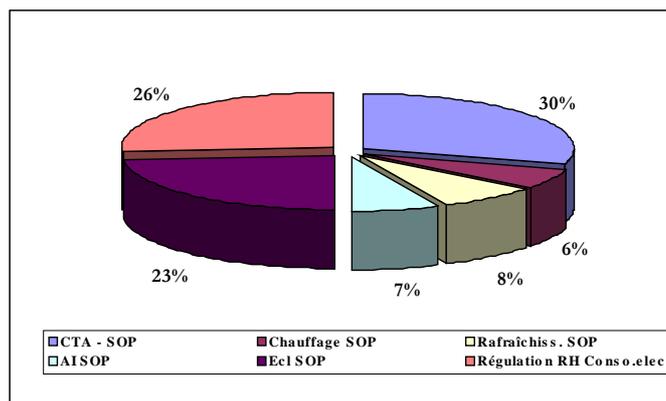
- **Nice :**

EER	Aux.	Rend. chaud	Isol. réseau	CTA - S.OP	Chauffage S.OP	Raf. S.OP	AI S.OP	Ecl S.OP	conso. Eau (l/m ²)	Régulation RH Conso. élec	Conso tot S.OP
-1	-1	-1	-1	13.9	2.8	3.6	3.2	10.9	15.5	12.4	62.3 1247 ramenée à la surface des S.OP
-1	-1	1	-1	13.9	3.3	3.6	3.2	10.9			
-1	-1	-1	1	13.9	2.8	3.6	3.2	10.9			
-1	1	-1	-1	23.6	2.1	4.4	3.2	10.9			
-1	-1	1	1	13.9	3.2	3.6	3.2	10.9			
-1	1	1	-1	23.6	2.4	4.4	3.2	10.9			
1	-1	-1	-1	13.9	2.8	7.2	3.2	10.9			
-1	1	-1	1	23.6	2.1	4.4	3.2	10.9			
1	-1	1	-1	13.9	3.3	7.2	3.2	10.9			
-1	1	1	1	23.6	2.4	4.4	3.2	10.9			
1	-1	-1	1	13.9	2.8	7.2	3.2	10.9			
1	1	-1	-1	23.6	2.1	8.7	3.2	10.9			
1	-1	1	1	13.9	3.2	7.2	3.2	10.9			
1	1	1	-1	23.6	2.4	8.7	3.2	10.9			
1	1	-1	1	23.6	2.1	8.7	3.2	10.9			
1	1	1	1	23.6	2.4	8.7	3.2	10.9			

Tableau 75: Consommations annuelles des S.OP en kWh/m² à Nice – bâtiment type 1



Trappes - 80.04 kWh/m²/an



Nice - 66.39 kWh/m²/an

Figure 38 : Répartition des consommations annuelles des S.OP– bâtiment type 1

12.2 Système 2A – THFP

Thermofrigopompe 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.

12.2.1 Résultats annuels – hors S.OP

La consommation totale est totalement indépendante des consommations des salles d'opérations. L'ECS n'est pas inclus dans la consommation totale, elle est donnée à part.

• Trappes

EER	Aux.	Isol. réseau	Chauf. (élec.)	Raf.. (élec.)	Aux. Réseau	Aux. locaux	Aux. CTA	AI	Ecl.	Conso tot (sans ECS)	Conso tot (sans ECS) en EP	ECS (élec)
-1	-1	-1	4.7	2.6	6.5	6.2	8.1	11.9	30.6	70.5	181.8	4.9
-1	-1	1	5.1	3.0	6.5	6.2	8.1	11.9	30.6	71.2	183.8	4.7
1	-1	-1	11.0	6.2	6.5	6.2	8.1	11.9	30.6	80.3	207.2	4.7
1	-1	1	11.8	7.1	6.5	6.2	8.1	11.9	30.6	82.1	211.7	4.5
-1	1	-1	4.1	3.2	11.0	10.3	13.7	11.9	30.6	84.8	218.8	4.4
-1	1	1	4.5	3.6	11.0	10.3	13.7	11.9	30.6	85.6	220.8	4.2
1	1	-1	9.7	7.6	11.0	10.3	13.7	11.9	30.6	94.7	244.3	4.1
1	1	1	10.4	8.6	11.0	10.3	13.7	11.9	30.6	96.4	248.8	4.0

Tableau 76 : Consommations en kWh/m²/an à Trappes – bâtiment type 1

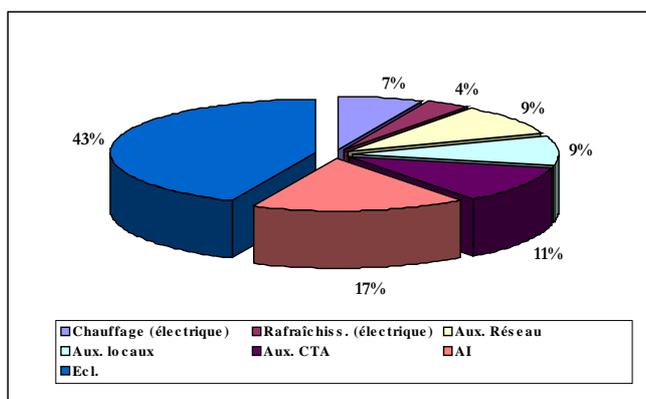
• Nice

EER	Aux.	Isol. réseau	Chauf. (élec.)	Raf. (élec.)	Aux. Réseau	Aux. locaux	Aux. CTA	AI	Ecl.	Conso tot (sans ECS)	Conso tot (sans ECS) en EP	ECS (élec)
-1	-1	-1	1.0	6.3	6.5	6.2	8.1	11.9	30.1	70.0	180.7	1.5
-1	-1	1	1.1	6.8	6.5	6.2	8.1	11.9	30.1	70.7	182.3	1.4
1	-1	-1	2.3	14.8	6.5	6.2	8.1	11.9	30.1	79.8	205.9	1.4
1	-1	1	2.4	16.1	6.5	6.2	8.1	11.9	30.1	81.3	209.7	1.2
-1	1	-1	0.7	7.3	11.0	10.3	13.7	11.9	30.1	85.0	219.3	1.1
-1	1	1	0.8	7.8	11.0	10.3	13.7	11.9	30.1	85.6	220.9	0.9
1	1	-1	1.6	17.0	11.0	10.3	13.7	11.9	30.1	95.6	246.7	0.9
1	1	1	1.7	18.4	11.0	10.3	13.7	11.9	30.1	97.1	250.5	0.7

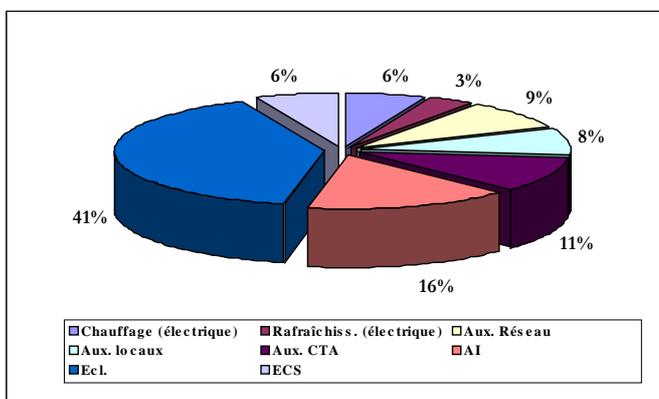
Tableau 77: Consommations en kWh/m²/an à Nice – bâtiment type 1

Meilleures valeurs : EER = 4 - COP = 5,5

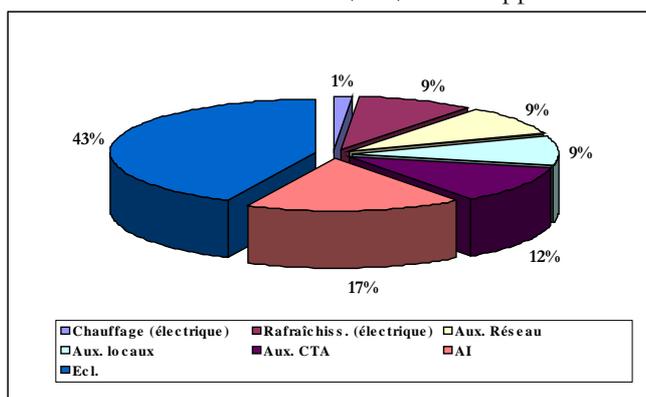
12.2.2 Meilleure combinaison en énergie payante (EER = 4 - COP = 5,5)



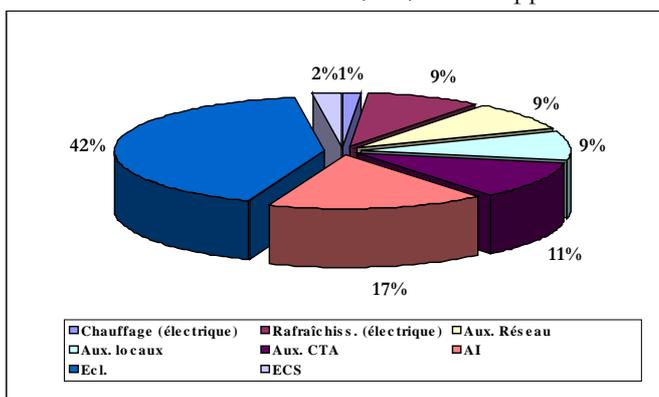
Sans ECS –70.5 kWh/m²/an - Trappes



Avec ECS –75.3 kWh/m²/an - Trappes



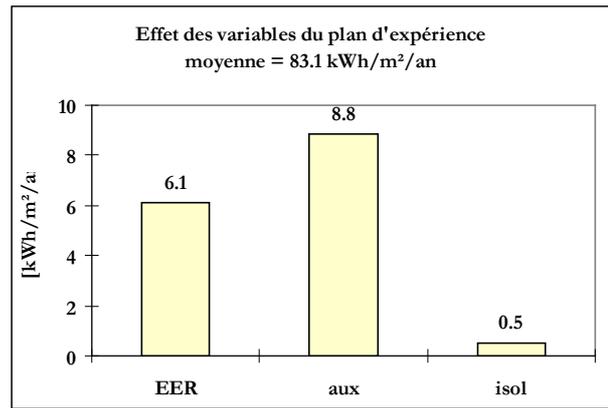
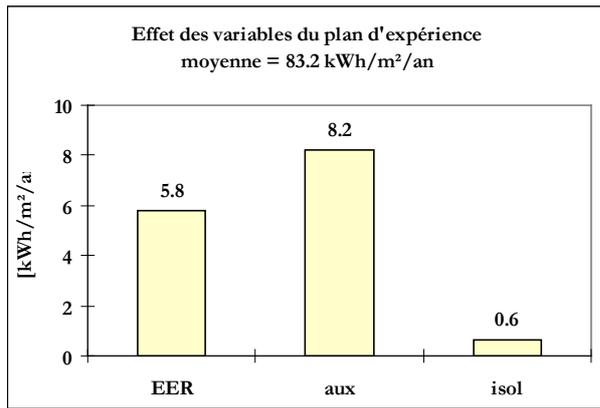
Sans ECS –70 kWh/m²/an - Nice



Avec ECS –71.5 kWh/m²/an - Nice

Figure 39 Répartition des consommations annuelles - meilleure solution à Trappes – bâtiment type 1

12.2.3 Effet des variables du système



Sans ECS – Trappes

Sans ECS - Nice

Figure 40 Effet des variables du plan d'expérience du système

12.2.4 Résultats des S.OP

Par m² du bâtiment – les S.OP représentent 5% de la surface totale.

• Trappes :

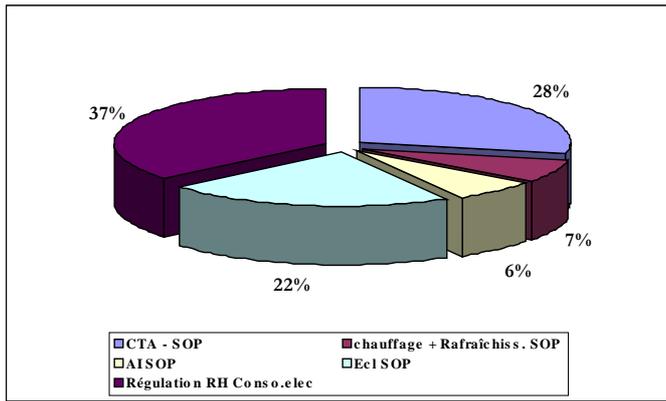
EER	Aux.	Isol. réseau	CTA - S.OP	Chauffage + Raf. S.OP	AI S.OP	Ecl S.OP	conso. Eau (l/m²)	Régulation RH Conso. élec	Conso tot S.OP
-1	-1	-1	13.9	3.4	3.2	10.9	23.1	18.5	71.4 1430 ramenée à la surface des S.Op
-1	-1	1	13.9	2.6	3.2	10.9			
1	-1	-1	13.9	8.0	3.2	10.9			
1	-1	1	13.9	6.2	3.2	10.9			
-1	1	-1	23.6	3.5	3.2	10.9			
-1	1	1	23.6	2.7	3.2	10.9			
1	1	-1	23.6	8.2	3.2	10.9			
1	1	1	23.6	6.4	3.2	10.9			

Tableau 78: Consommations des S.OP en kWh/m²/an à Trappes – bâtiment type 1

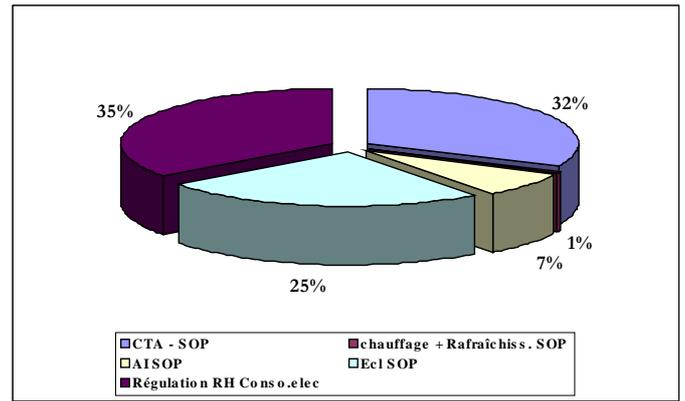
• Nice :

EER	Aux.	Isol. réseau	CTA - S.OP	Chauffage + Raf. S.OP	AI S.OP	Ecl S.OP	conso. Eau (l/m²)	Régulation RH Conso. élec	Conso tot S.OP
-1	-1	-1	13.9	0.3	3.2	10.9	19.2	15.40	62.9 1256 ramenée à la surface des S.Op
-1	-1	1	13.9	0.1	3.2	10.9			
1	-1	-1	13.9	0.7	3.2	10.9			
1	-1	1	13.9	0.6	3.2	10.9			
-1	1	-1	23.6	0.7	3.2	10.9			
-1	1	1	23.6	0.7	3.2	10.9			
1	1	-1	23.6	1.7	3.2	10.9			
1	1	1	23.6	1.7	3.2	10.9			

Tableau 79: Consommations des S.OP en kWh/m²/an à Nice – bâtiment type 1



Trappes – 71.4 kWh/m²/an



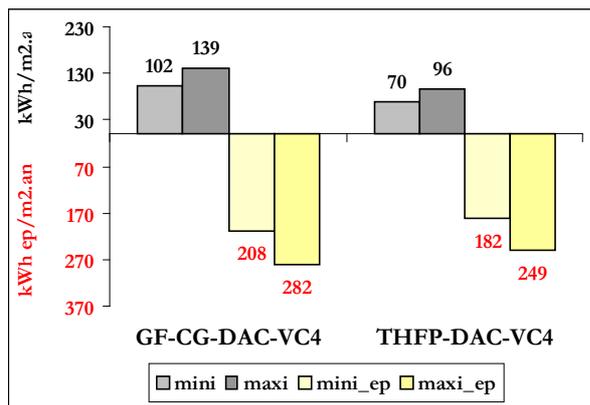
Nice - 62.9 kWh/m²/an

Figure 41 : Répartition des consommations annuelles des S.OP– bâtiment type 1

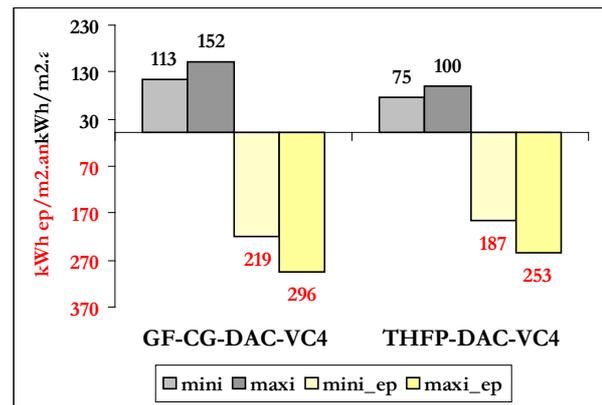
12.2.5 Comparaison entre systèmes pour le bâtiment type 1 à Trappes et à Nice

Pour les histogrammes, deux genres sont proposés : sans / avec la consommation de production d'ECS .

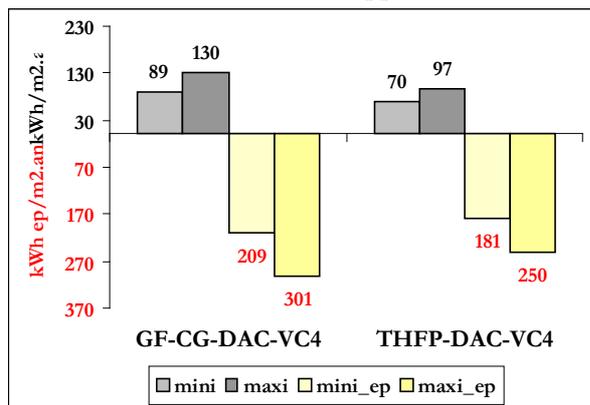
Les histogrammes suivants comparent en énergie payante et primaire les deux systèmes retenus dans le bât type 1.



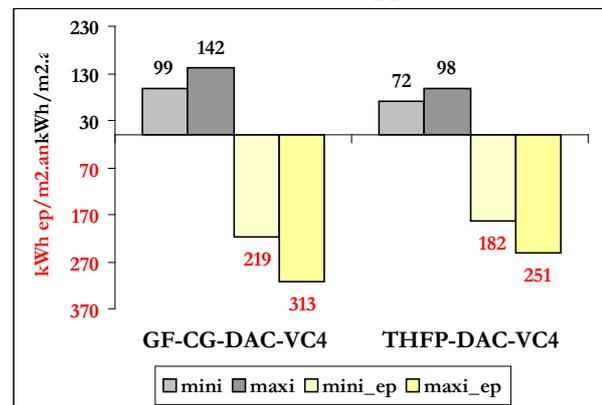
Sans ECS - Trappes



Avec ECS - Trappes



Sans ECS - Nice



Avec ECS - Nice

Figure 42 : Comparaison entre systèmes pour le bâtiment type 1 à Trappes et à Nice

XIII. RESULTATS TYPE 2 – MAISON DE RETRAITE

13.1 Système 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. Les salles communes représentent 14.7 % de la surface totale. Les résultats sont présentés par rapport au m² du bâtiment.

13.1.1 Résultats annuels

L'ECS n'est pas incluse dans la consommation totale, elle est donnée à part.

- Trappes

EER	Aux.	Rend. chaud	Isol. réseau	Chauf. (gaz)	Raf.. (élec.)	Aux. Réseau	Aux. locaux	Aux. CTA	AI	Ecl.	Conso tot (sans ECS)	Conso tot (sans ECS) en EP	ECS (gaz)
-1	-1	-1	-1	68.4	1.3	0.4	3.6	4.1	4.2	25.6	107.6	169.6	17.7
1	-1	-1	-1	68.4	2.6	0.4	3.6	4.1	4.2	25.6	108.9	173.0	17.7
-1	1	-1	-1	66.1	1.4	0.6	6.1	7.0	4.2	25.6	111.0	181.9	17.7
1	1	-1	-1	66.1	2.8	0.6	6.1	7.0	4.2	25.6	112.4	185.5	17.7
-1	-1	-1	1	74.4	1.4	0.4	3.6	4.1	4.2	25.6	113.7	175.8	17.5
1	-1	-1	1	74.4	2.8	0.4	3.6	4.1	4.2	25.6	115.1	179.5	17.5
-1	1	-1	1	72.2	1.5	0.6	6.1	7.0	4.2	25.6	117.1	188.2	17.5
1	1	-1	1	72.2	3.0	0.6	6.1	7.0	4.2	25.6	118.6	192.1	17.5
-1	-1	1	-1	82.6	1.3	0.4	3.6	4.1	4.2	25.6	121.8	183.8	21.4
1	-1	1	-1	82.6	2.6	0.4	3.6	4.1	4.2	25.6	123.2	187.2	21.4
-1	1	1	-1	79.9	1.4	0.6	6.1	7.0	4.2	25.6	124.8	195.7	21.4
1	1	1	-1	79.9	2.8	0.6	6.1	7.0	4.2	25.6	126.2	199.4	21.4
-1	-1	1	1	89.9	1.4	0.4	3.6	4.1	4.2	25.6	129.2	191.3	21.3
1	-1	1	1	89.9	2.8	0.4	3.6	4.1	4.2	25.6	130.6	194.9	21.3
-1	1	1	1	87.2	1.5	0.6	6.1	7.0	4.2	25.6	132.2	203.3	21.3
1	1	1	1	87.2	3.0	0.6	6.1	7.0	4.2	25.6	133.7	207.2	21.3

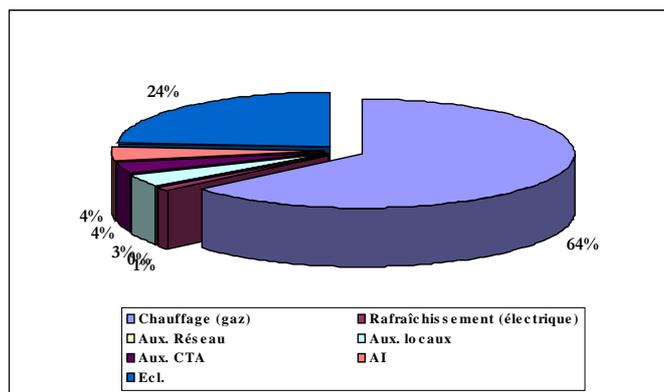
Tableau 80 : Consommations en kWh/m²/an à Trappes – bâtiment type 2

• Nice

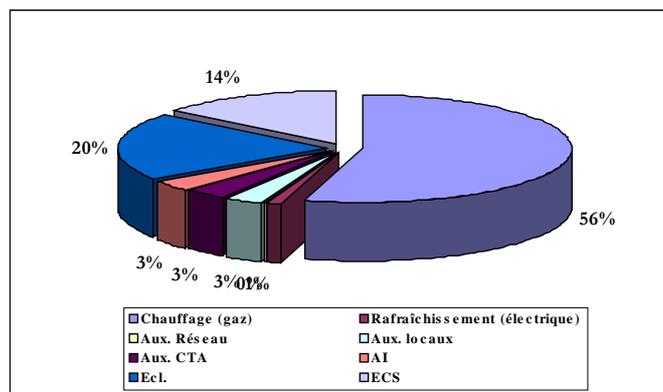
EER	Aux.	Rend. chaud	Isol. réseau	Chauf. (gaz)	Raf. (élec.)	Aux. Réseau	Aux. locaux	Aux. CTA	AI	Ecl.	Conso tot (sans ECS)	Conso tot (sans ECS) en EP	ECS (gaz)
-1	-1	-1	-1	27.1	2.7	0.3	3.1	4.1	4.2	25.6	67.1	130.2	13.7
1	-1	-1	-1	27.1	5.3	0.3	3.1	4.1	4.2	25.6	69.8	137.1	13.7
-1	1	-1	-1	26.1	2.8	0.6	5.1	7.0	4.2	25.6	71.4	142.9	13.7
-1	-1	1	-1	33.1	2.7	0.3	3.1	4.1	4.2	25.6	73.0	136.1	16.7
-1	-1	-1	1	33.1	2.8	0.3	3.1	4.1	4.2	25.6	73.2	136.5	13.5
1	1	-1	-1	26.1	5.7	0.6	5.1	7.0	4.2	25.6	74.2	150.2	13.7
1	-1	1	-1	33.1	5.3	0.3	3.1	4.1	4.2	25.6	75.7	143.0	16.7
1	-1	-1	1	33.1	5.6	0.3	3.1	4.1	4.2	25.6	76.0	143.7	13.5
-1	1	1	-1	31.9	2.8	0.6	5.1	7.0	4.2	25.6	77.1	148.6	16.7
-1	1	-1	1	32.1	3.0	0.6	5.1	7.0	4.2	25.6	77.5	149.2	13.5
1	1	1	-1	31.9	5.7	0.6	5.1	7.0	4.2	25.6	80.0	155.9	16.7
-1	-1	1	1	40.3	2.8	0.3	3.1	4.1	4.2	25.6	80.4	143.8	16.5
1	1	-1	1	32.1	6.0	0.6	5.1	7.0	4.2	25.6	80.5	156.9	13.5
1	-1	1	1	40.3	5.6	0.3	3.1	4.1	4.2	25.6	83.2	151.0	16.5
-1	1	1	1	39.2	3.0	0.6	5.1	7.0	4.2	25.6	84.6	156.3	16.6
1	1	1	1	39.2	6.0	0.6	5.1	7.0	4.2	25.6	87.6	164.0	16.6

Tableau 81: Consommations en kWh/m²/an à Nice – bâtiment type 2

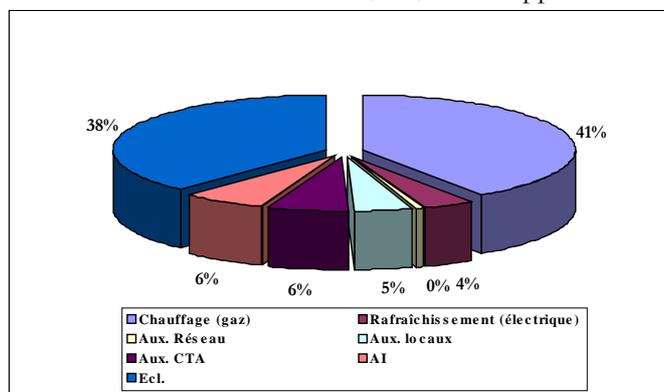
13.1.2 Meilleure combinaison en énergie payante (EER = 3,3 - $\eta_{ch} = 0,98$)



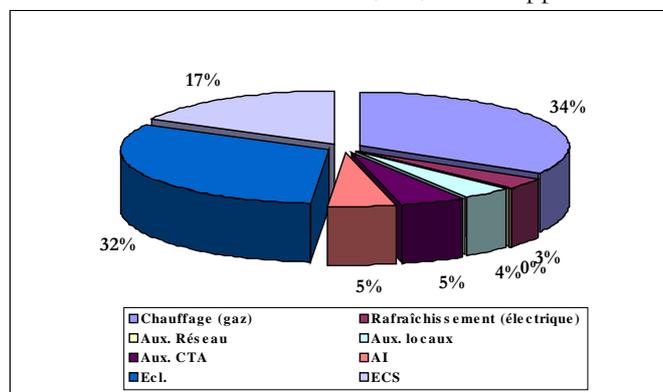
Sans ECS – 107.6 kWh/m²/an - Trappes



Avec ECS – 125.3 kWh/m²/an - Trappes



Sans ECS – 67.1 kWh/m²/an - Nice



Avec ECS – 80.8 kWh/m²/an - Nice

Figure 43: Répartition des consommations annuelles - meilleure solution à Trappes – bâtiment type 2

13.1.3 Effet des variables du système

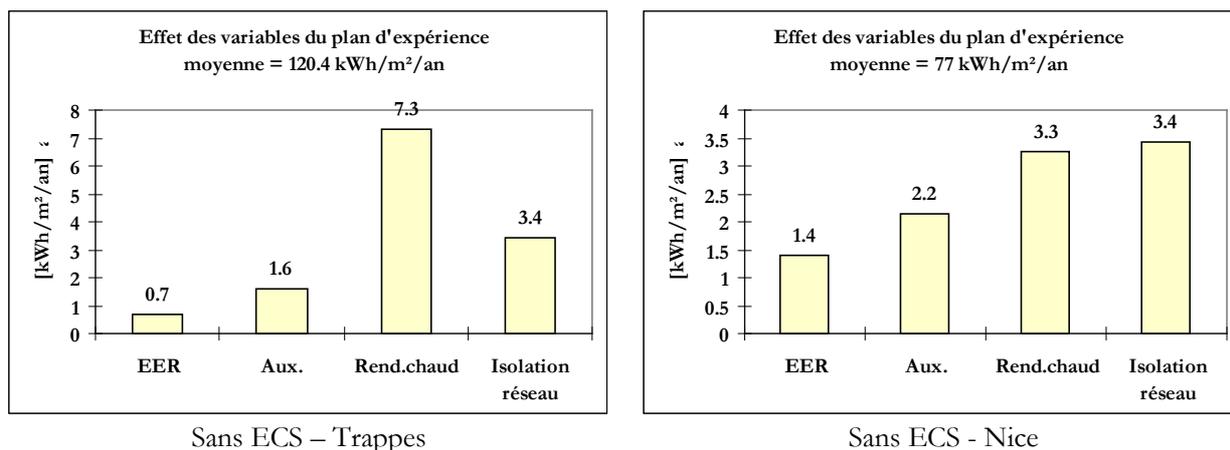


Figure 44 : Effet des variables du plan d'expérience du système

13.2 Système 2 - Split

Système Split pour les salles communes + chaudière à gaz CG pour la production (pour l'ECS aussi)

VC 2 tubes ailleurs.

13.2.1 Résultats annuels

L'ECS n'est pas inclus dans la consommation totale, elle est donnée à part.

- Trappes

EER	Aux.	Rend. chaud	Isol. réseau	Chauf. (gaz)	Chauf. (élec.)	Raf. (élec.)	Aux. Réseau	Aux. locaux	Aux. CTA	AI	Ecl.	Conso tot (sans ECS)	Conso tot (sans ECS) en EP	ECS (gaz)
-1	-1	-1	-1	63.0	0.9	1.7	4.1	0.1	2.5	4.2	25.6	100.5	164.1	17.6
1	-1	-1	-1	63.0	0.9	1.7	4.1	0.1	2.5	4.2	25.6	100.5	164.1	17.6
1	1	-1	-1	61.1	0.9	1.7	7.0	0.2	4.2	4.2	25.6	103.2	174.2	17.7
-1	1	-1	-1	61.1	0.9	1.7	7.0	0.2	4.2	4.2	25.6	103.2	174.2	17.7
1	-1	-1	1	69.5	0.8	1.8	4.1	0.1	2.5	4.2	25.6	106.8	170.5	17.5
-1	-1	-1	1	69.5	0.8	1.8	4.1	0.1	2.5	4.2	25.6	106.8	170.5	17.5
1	1	-1	1	67.6	0.8	1.8	7.0	0.2	4.2	4.2	25.6	109.6	180.6	17.5
-1	1	-1	1	67.6	0.8	1.8	7.0	0.2	4.2	4.2	25.6	109.6	180.6	17.5
1	-1	1	-1	76.5	0.9	1.7	4.1	0.1	2.5	4.2	25.6	114.0	177.6	21.4
-1	-1	1	-1	76.5	0.9	1.7	4.1	0.1	2.5	4.2	25.6	114.0	177.6	21.4
1	1	1	-1	74.3	0.9	1.7	7.0	0.2	4.2	4.2	25.6	116.4	187.4	21.4
-1	1	1	-1	74.3	0.9	1.7	7.0	0.2	4.2	4.2	25.6	116.4	187.4	21.4
1	-1	1	1	84.3	0.8	1.8	4.1	0.1	2.5	4.2	25.6	121.7	185.3	21.3
-1	-1	1	1	84.3	0.8	1.8	4.1	0.1	2.5	4.2	25.6	121.7	185.3	21.3
1	1	1	1	82.1	0.8	1.8	7.0	0.2	4.2	4.2	25.6	124.1	195.1	21.3
-1	1	1	1	82.1	0.8	1.8	7.0	0.2	4.2	4.2	25.6	124.1	195.1	21.3

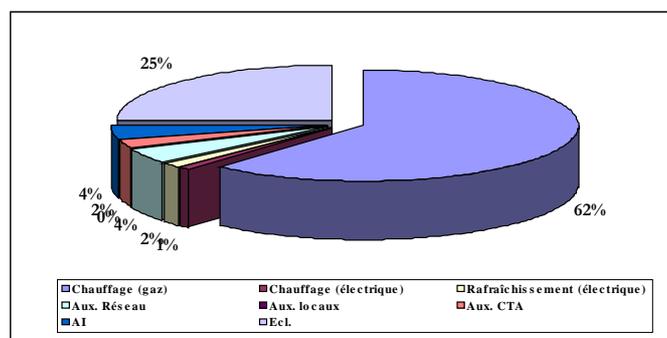
Tableau 82 : Consommations en kWh/m²/an à Trappes – bâtiment type 2 – Maison de retraite

• Nice

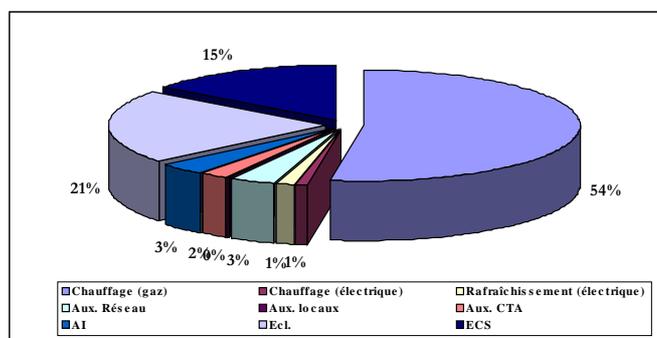
EER	Aux.	Rend. chaud	Isol. réseau	Chauf. (gaz)	Chauf. (élec.)	Raf. (élec.)	Aux. Réseau	Aux. locaux	Aux. CTA	AI	Ecl.	Conso tot (sans ECS)	Conso tot (sans ECS) en EP	ECS (gaz)
-1	-1	-1	-1	27.0	0.1	3.7	4.1	0.1	2.5	4.2	25.6	63.6	130.9	15.9
1	-1	-1	-1	27.0	0.1	3.7	4.1	0.1	2.5	4.2	25.6	63.6	130.9	15.9
1	-1	1	-1	30.4	0.1	3.7	4.1	0.1	2.5	4.2	25.6	66.9	134.2	17.9
-1	-1	1	-1	30.4	0.1	3.7	4.1	0.1	2.5	4.2	25.6	66.9	134.2	17.9
1	1	-1	-1	25.8	0.0	3.8	7.0	0.1	4.2	4.2	25.6	67.0	141.7	15.9
-1	1	-1	-1	25.8	0.0	3.8	7.0	0.1	4.2	4.2	25.6	67.0	141.7	15.9
1	-1	-1	1	32.9	0.0	3.9	4.1	0.1	2.5	4.2	25.6	69.4	137.1	15.8
-1	-1	-1	1	32.9	0.0	3.9	4.1	0.1	2.5	4.2	25.6	69.4	137.1	15.8
1	1	1	-1	29.0	0.0	3.8	7.0	0.1	4.2	4.2	25.6	70.2	144.9	17.9
-1	1	1	-1	29.0	0.0	3.8	7.0	0.1	4.2	4.2	25.6	70.2	144.9	17.9
1	1	-1	1	31.8	0.0	3.9	7.0	0.1	4.2	4.2	25.6	72.9	147.9	15.8
-1	1	-1	1	31.8	0.0	3.9	7.0	0.1	4.2	4.2	25.6	72.9	147.9	15.8
1	-1	1	1	37.0	0.0	3.9	4.1	0.1	2.5	4.2	25.6	73.5	141.2	17.7
-1	-1	1	1	37.0	0.0	3.9	4.1	0.1	2.5	4.2	25.6	73.5	141.2	17.7
1	1	1	1	35.8	0.0	3.9	7.0	0.1	4.2	4.2	25.6	76.8	151.9	17.7
-1	1	1	1	35.8	0.0	3.9	7.0	0.1	4.2	4.2	25.6	76.8	151.9	17.7

Tableau 83: Consommations en kWh/m²/an à Nice – bâtiment type 2 – Maison de retraite

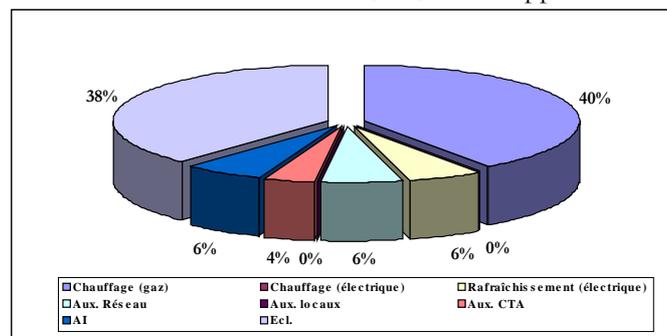
13.2.2 Meilleure combinaison en énergie payante (EER = 4,2 - COP = 4,5)



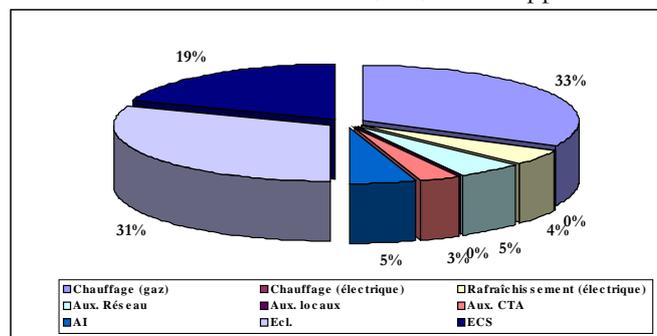
Sans ECS – 100.5 kWh/m²/an - Trappes



Avec ECS – 118.1 kWh/m²/an - Trappes



Sans ECS – 63.6 kWh/m²/an - Nice



Avec ECS – 79.5 kWh/m²/an - Nice

Figure 45 : Répartition des consommations annuelles - meilleure solution à Trappes – bâtiment type 2

13.2.3 Effet des variables du système

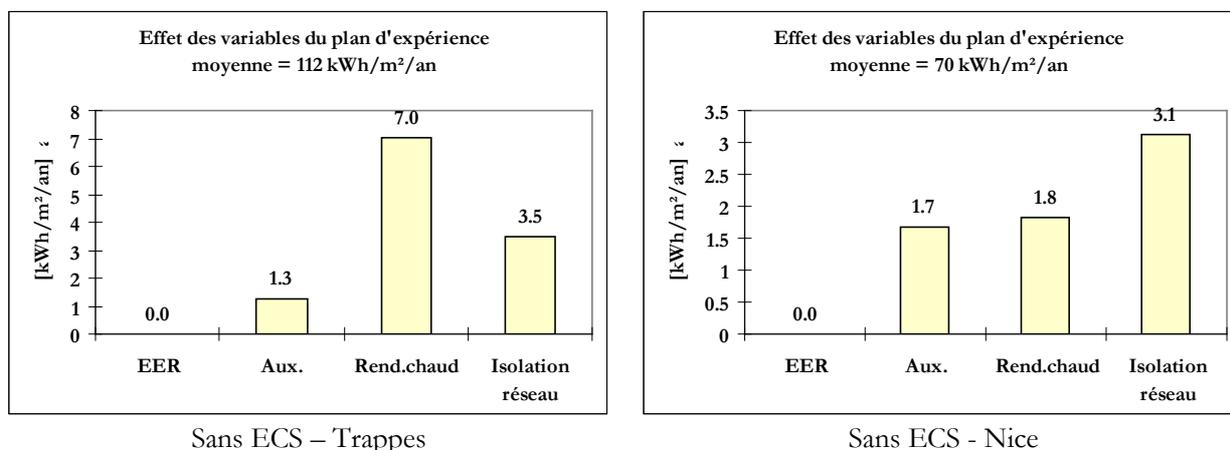


Figure 46 : Effet des variables du plan d'expérience du système

13.2.4 Comparaison entre systèmes pour le bâtiment type 2 à Trappes et à Nice

Pour les histogrammes, deux genres sont proposées : sans / avec la consommation de production d'ECS . Les histogrammes suivants comparent en énergie payante et primaire les deux systèmes retenus dans le bâtiment type 2.

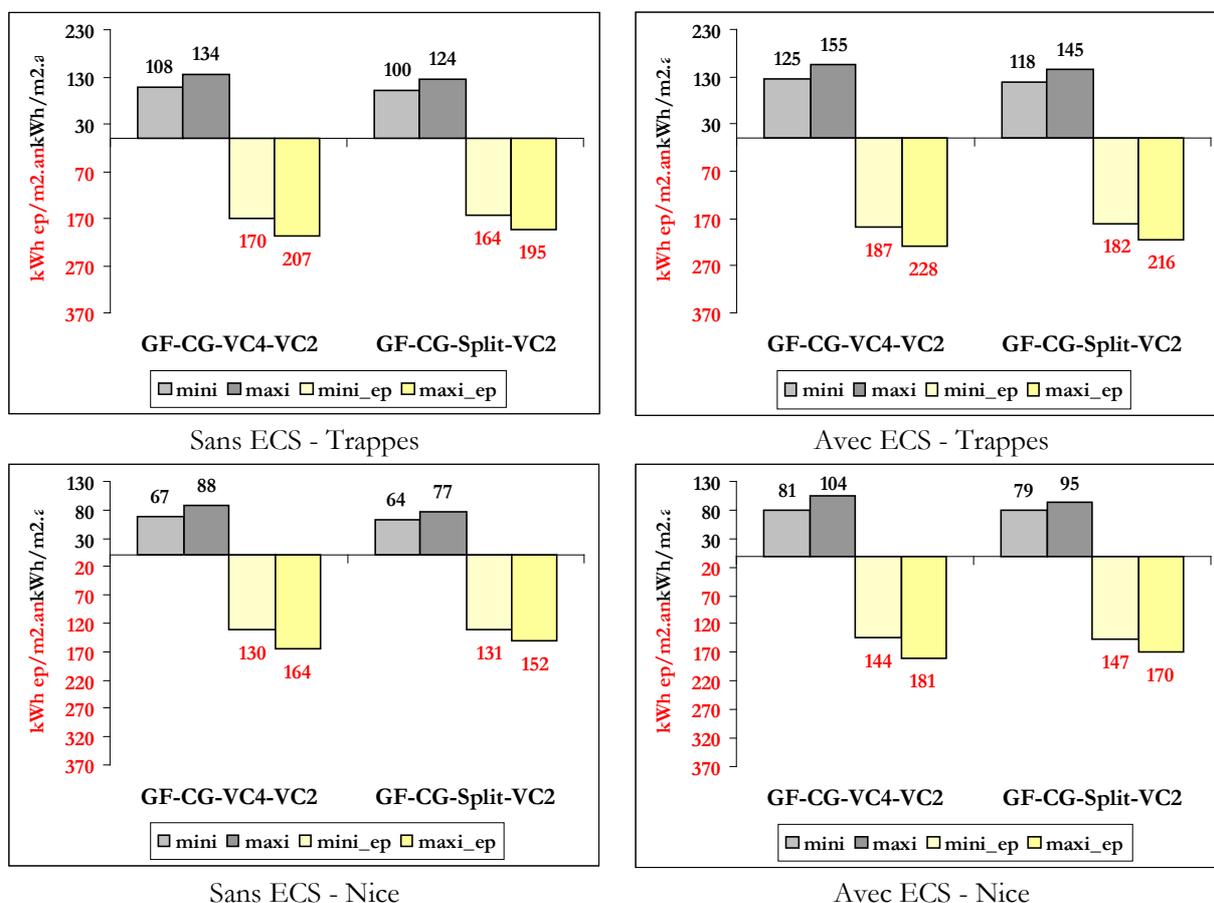


Figure 47 : Comparaison entre systèmes pour le bâtiment type 2 – maison de santé à Trappes et à Nice

XIV. CONCLUSIONS

L'étude a permis d'étudier l'état du parc de bâtiments de santé et de dresser une typologie représentative de ce parc. Les caractéristiques des usages des bâtiments et les différents scénarios sont définis par type de locaux selon la pratique de dimensionnement des bureaux d'étude.

La particularité de certaines zones dans les hôpitaux a nécessité la modification de l'outil de calcul. Consoclim, logiciel initialement conçu pour des bâtiments de bureaux, a dû être complété et modifié pour étudier les solutions relatives aux bâtiments de santé. Des nouveaux systèmes ont donc été modélisés, insérés dans le code et testés.

L'étude a montré qu'il est relativement **difficile d'atteindre l'objectif de consommation annuelle de 100 kWh/m²** en CHU si on intègre l'eau chaude sanitaire. L'objectif peut être atteint à Nice plus facilement qu'à Trappes. La consommation totale est donnée hors des salles d'opérations (celles-ci s'apparentant au « process » et ayant des consommations très élevées explicables par les débits d'air neuf – jusqu'à 1600 kWh/m² de surface de salle d'opération ce qui conduit à 80 kWh/m² de surface totale). Les consommations d'ECS sont données à part ; on notera leur importance dans ce type de bâtiment. La consommation est toujours exprimée en kWh par m² de bâtiment total. Les valeurs les plus faibles avec une solution prévoyant Groupe frigorifique et chaudière à condensation (EER = 3,3 - η_{ch} = 0,98) sont données ci-dessous.

	Chauf. (gaz)	Raf.. (élec.)	Aux. Réseau	Aux. locaux	Aux. CTA	AI	Ecl.	Conso tot (sans ECS)	Conso tot (sans ECS) en EP	ECS (gaz)
Trappes	34.7	8.3	2.2	6.2	8.1	11.9	30.6	101.9	208.0	10.9
Nice	13.0	16.7	2.7	6.5	8.1	11.9	30.1	89.0	209.1	9.8

La question du rafraîchissement des chambres des hôpitaux a été traitée. Il n'apparaît pas possible dans des bâtiments de grande hauteur sans ouverture des fenêtres de s'en passer. On remarquera qu'à Trappes les consommations majoritaires sont les consommations d'éclairage (30%), de chauffage et d'ECS.

La **meilleure solution est le recours à une thermo-frigo-pompe** (EER = 4 - COP = 5,5), ce qui montre l'importance de la récupération dans un bâtiment très diversifié en termes d'usage et donc de besoins. Souvent on a une production gratuite de chauffage et de récupération importante pour le préchauffage de l'ECS.

	Chauf. (élec.)	Raf.. (élec.)	Aux. Réseau	Aux. locaux	Aux. CTA	AI	Ecl.	Conso tot (sans ECS)	Conso tot (sans ECS) en EP	ECS (appoint élec)
Trappes	4.7	2.6	6.5	6.2	8.1	11.9	30.6	70.5	181.8	4.9
Nice	1.0	6.3	6.5	6.2	8.1	11.9	30.1	70.0	180.7	1.5

Pour les maisons de retraite ou de santé, il n'a pas été prévu de rafraîchissement des chambres mais uniquement des salles communes. La consommation correspondante est très faible (1 kWh/m²). Là encore, on notera que la consommation d'ECS est un des postes majeurs dans ce type de bâtiment.

Avec la solution de ventilo convecteurs alimentés par groupe frigorifique et chaudière à condensation (EER = 3,3 - η_{ch} = 0,98), les résultats sont les suivants :

	Chauf. (gaz)	Raf.. (élec.)	Aux. Réseau	Aux. locaux	Aux. CTA	AI	Ecl.	Conso tot (sans ECS)	Conso tot (sans ECS) en EP	ECS (gaz)
Trappes	68.4	1.3	0.4	3.6	4.1	4.2	25.6	107.6	169.6	6.3
Nice	27.1	2.7	0.3	3.1	4.1	4.2	25.6	67.1	130.2	4.8

Avec la solution de climatiseur split (EER = 4,2 - COP = 4,5), les résultats sont très légèrement meilleurs du fait que nous avons retenu un appareil à très hautes performances. Cependant, on remarquera que ramenées à la surface totale du bâtiment, la consommation du climatiseur est à peu près négligeable :

	Chauf. (gaz)	Chauf. (élec.)	Raf.. (élec.)	Aux. Réseau	Aux. locaux	Aux. CTA	AI	Ecl.	Conso tot (sans ECS)	Conso tot (sans ECS) en EP	ECS (gaz)
Trappes	63.0	0.9	1.7	4.1	0.1	2.5	4.2	25.6	100.5	164.1	6.3
Nice	27.0	0.1	3.7	4.1	0.1	2.5	4.2	25.6	63.6	130.9	5.6

Un guide de solutions techniques et des recommandations adressées aux maîtres d'ouvrage complète ce rapport et donne les niveaux de consommations selon les choix techniques des caractéristiques des systèmes.

XV. REFERENCES

- [1] Hôpitaux par Pierre Michel, Techniques de l'ingénieur, traité construction, C4 095
- [2] Patrimoine hospitalier à travers l'Europe, un dilemme entre restructuration ou désaffectation, Pierre Louis LAGET, conservateur du patrimoine, service régional de l'inventaire, direction régionale des affaires culturelles du Nord-Pas-de-Calais. InSitu, n°3, printemps 2003- Territoires d'inventaire.
<http://www.culture.gouv.fr/culture/revue-inv/insitu3/v3/text/v3.pdf>
- [3] Observatoire des recompositions hospitalières, Edouard Couty Directeur de l'hospitalisation et de l'organisation des soins
<http://www.recomposition-hospitaliere.net/>
- [4] Observatoire de la construction hospitalière, premiers traitements sur 22 opérations publiques et privées, réalisation de l'observatoire : PERIGEE S.A, Hopital 2007, mission nationales d'appui à l'investissement hospitalier, 16 décembre 2003
http://www.mainh.sante.gouv.fr/Documents/observatoire_de_la_construction_hospitaliere_dec_2003.pdf
- [5] Observatoire de la construction hospitalière, premier traitements sur 53 opérations publiques et privées, mission nationales d'appui à l'investissement hospitalier, 01 juillet 2004.
http://www.mainh.sante.gouv.fr/Documents/observatoire_de_la_construction_hospitaliere_juill_2004.pdf
- [6] Investissements immobiliers : la baromètre, Les notes de la MAINH, n°3, ministère de la santé, de la famille et des personnes handicapées, lundi 6 janvier 2004.
<http://www.mainh.sante.gouv.fr/Documents/Les%20NOTES%20n%3.pdf>
- [7] Typologie des bâtiments tertiaires, secteur résidences pour personnes âgées, Jean Christophe ESCUDIE, Rofaïda LAHRECH, Pierre RICHARD, CSTB, Juin 1996, rapport ENEA/AGE-96.071RS, diffusion restreinte.
- [8] Projet de loi de financement de la sécurité sociale pour 2005, chapitre 3 les acteurs et les structures
- [9] site internet des ingénieurs hospitaliers de France. Il y a une base de données avec les caractéristiques techniques des établissements notamment sur les systèmes, les puissances appelées et les consommations annuelles par fluide de l'an passé. <http://www.ihf.fr/chu/>
- [10] site Internet du programme de recherche européen présent et avenir du patrimoine hospitalier européen. <http://europaphe.aphp.org/fr/home.html>
- [12] Guides Sectoriels de l'ADEME et de l'AICVF : « Santé »
- [13] Mode d'emploi du logiciel Papter, Description des bâtiments types,2002.
- [14] Rapport de stage de Kathleen Hannon, Consommation des bâtiments tertiaires en Europe, Ecole des Mines de Paris, 2001.
- [15] Note de synthèse. Profils d'utilisation de protections solaires représentatifs d'un comportement moyen de l'occupant. M.Coulon, 2003
- [16] Valeurs de COP et de EER retenues sur la base des données de certification d'EUROVENT 2005

- [17] Quelles solutions pour des bâtiments tertiaires climatisés à moins de 100kWh/m²/an ? Rapport Final. Description des bâtiments types. Contrat ARMINES/ADEME. Septembre 2005
- [18] Centrale à débit d'air variable. Fiche algorithme.
- [19] Valeurs minimales et maximales issues de "Central air-conditioning systems efficiency : analysis of a few factors. Jérôme Adnot, Dominique Marchio, Julie Saba"
- [20] Technique de l'ingénieur – base documentaire : génie énergétique, chauffage et rafraîchissement par systèmes thermodynamiques
- [21] Chaud froid plomberie N° 660 – septembre 2003.
- [22] Cahiers algorithmes de Consoclim 2005
- [23] Chaud froid plomberie N° 652 – décembre 2002.
- [24] Arrêté du 29 novembre 2000, article 22
- [25] recommandation. Mise en œuvre des Centrales de Traitement d'Air. AICVF 03 – 2005.
- [26] Roger Casari. "Guide de conception des installations de climatisation et de conditionnement d'air industriel". Guide n°10 de l'AICVF 1998.
- [34] Calcul des charges de climatisation et conditionnement de l'air », guide n°2 de l'AICVF, R. CADIERGUES, coordinateur, 1998
- [35] Les installations d'Eau Chaude Sanitaire. Mode de calcul. Editions Parisiennes. Georges BAECKROOT.
- [36] Cahier des algorithmes Consoclim, version 2005
- [37] L'eau chaude sanitaire dans les bâtiments résidentiels et tertiaires », guide n°4 de l'AICVF, G. OLIVE et A. TRIBOULET, coordination, 1991

XVI. ANNEXE 1 : CARACTERISTIQUES DES HOPITAUX ISSUES DE LEURS

CAHIERS DE CHARGE ET DE LEURS PLANS

PGS 187 lits							
		surface	type	occupation	éclairage	informatique	apports divers
Zone 1	Zone d'hébergement orientée à l'Est	2 083 m ²	CHA	1 p / chambre 2 p / chambre double	10 W/m ²		
Zone 2	Zone d'hébergement orientée à l'Ouest	1 301 m ²	CHA	1 p / chambre 2 p / chambre double	10 W/m ²		
Zone 3	Salles de réunions du dernier étage	107 m ²	ADM	1 p / 3,5 m ²	15 W/m ²		
Zone 4	Bureaux des infirmières et des médecins, consultations de radiologie	309 m ²	ADM	1 p / local	15 W/m ²	150 W / pers.	
Zone 5	Nurserie	99 m ²	LAB		10 W/m ²		
Zone 6	Zone d'hébergement pour le service maternité	106 m ²	CHA	1 p / chambre 2 p / chambre double	10 W/m ²		
Zone 7	Echographie	119 m ²	LAB	1 p / local	20 W/m ²		
Zone 8	Salles d'accouchement	138 m ²	S.OP	3 p / salle	15 W/m ²		
Zone 9	Salles de réveil	361 m ²	S.OP	27	20 W/m ²		
Zone 10	Soins intensifs	115 m ²	S.OP	1 p / local	10 W/m ²		
Zone 11	Salles d'opération septiques (9 salles)	253 m ²	S.OP	10 p / salle	20 W/m ²		petit scialytique : 750 W + appareils divers : 300 W + gros scialytique : 1000 W + bistouris électrique : 900 W pour chaque salle
Zone 12	Salles d'opération aseptiques (13 salles)	463 m ²	S.OP	10 p / salle	20 W/m ²		petit scialytique : 750 W + appareils divers : 300 W + gros scialytique : 1000 W + bistouris électrique : 900 W pour chaque salle
Zone	Stérilisation	117 m ²	S.OP	4	10		autoclaves : 2 x 58

13					W/m ²		kW + 16 kW
Zone 14	Ambulatoire	119 m ²	CHA	1 p / local	10 W/m ²		
Zone 15	Radiologie	152 m ²	LAB	2 p / salle	15 W/m ²		
Zone 16	Salles de restauration	280 m ²		160	15 W/m ²		
Zone 17	Bureaux administratifs orientés à l'Ouest	230 m ²	ADM	1 p / 15 m ²	15 W/m ²	150 W / pers.	
Zone 18	Bureaux administratifs orientés à l'Est	284 m ²	ADM	1 p / 15 m ²	15 W/m ²	150 W / pers.	
Zone 19	Accueil	373 m ²	ADM	1 p / 7 m ²	15 W/m ²		
Zone 20	Cuisine	432 m ²		8	10 W/m ²		
Zone 21	Circulations autour des salles d'opération	2 507 m ²	CIR	-	20 W/m ²		
Zone 22	Circulations autour des zones d'hébergement	1 327 m ²	CIR	-	5,5 W/m ²		
Zone 23	Circulations	2 892 m ²	CIR	-	5,5 W/m ²		
Zone 24	Locaux techniques	304 m ²		-			50 kW
	Surface totale :	14 471 m²					
	bureaux, consultations (y compris urgences)	1 303 m ²	9.7%				
	laboratoires	370 m ²	2.7%				
	salles d'opération	1 447 m ²	10.8%				
	chambres	3 609 m ²	26.8%				
	circulations et sanitaires	6 726 m ²	50.0%				

NCN 297 lits							
			type	occupation	éclairage	informatique	apports divers
Zone 1	Chambres d'hospitalisation à temps complet situées au Sud	1 190 m ²	CHA	1 p / 18 m ²	10 W/m ²		
Zone 2	Chambres d'hospitalisation à temps complet situées au Nord, à l'Est et à l'Ouest	3 033 m ²	CHA	1 p / 18 m ²	10 W/m ²		
Zone 3	Diverses chambres d'hospitalisation	1 417 m ²	CHA	1 p / 18 m ²	10 W/m ²		
Zone 4	Soins intensifs	168 m ²	S.OP	1 p / 18 m ²	10 W/m ²		
Zone 5	Consultations	2 372 m ²	ADM	1 p / 12 m ²	15 W/m ²	150 W / pers.	
Zone 6	Ambulatoire	763 m ²	CHA	1 p / 18 m ²	10 W/m ²		
Zone 7	Chambres d'hospitalisation de jour	410 m ²	CHA	1 p / 18 m ²	10 W/m ²		
Zone 8	Centre de formation	382 m ²	ADM	1 p / 3,5 m ²	15 W/m ²		
Zone 9	Administration	530 m ²	ADM	1 p / 12 m ²	15 W/m ²	150 W / pers.	
Zone 10	Salles d'opération (au nombre de 16)	784 m ²	S.OP	1 p / 10 m ²	25 W/m ²		petit scialytique : 750 W + appareils divers : 300 W + gros scialytique : 1000 W + bistouris électrique : 900 W pour chaque salle
Zone 11	Annexes des salles d'opération	2 286 m ²	CIR	1 p / 30 m ²	20 W/m ²		
Zone 12	Stérilisation	391 m ²	S.OP	1 p / 30 m ²	20 W/m ²		
Zone 13	Médecine nucléaire	651 m ²	LAB	1 p / 12 m ²	15 W/m ²		
Zone 14	Accueil, admission	274 m ²	ADM	1 p / 12 m ²	15 W/m ²	150 W / pers.	
Zone 15	Scanners, IRM	105 m ²	LAB	1 p / 10 m ²	20 W/m ²		
Zone 16	Radiologie	385 m ²	LAB	1 p / 10 m ²	20 W/m ²		25 W/m ²
Zone 17	Annexes de l'imagerie médicale	565 m ²	LAB	1 p / 30 m ²	20 W/m ²		
Zone 18	Accueil ambulances et SAMU	345 m ²	ADM	1 p / 12 m ²	15 W/m ²		

Zone 19	Bunkers (au nombre de 5)	283 m ²	LAB	1 p / bunker	15 W/m ²		30 kW/bunker
Zone 20	Annexes de la radiothérapie	425 m ²	LAB	1 p / 30 m ²	20 W/m ²		
Zone 21	Pharmacie, réserve	375 m ²	LAB	1 p / 100 m ²	5,5 W/m ²		
Zone 22	Restaurant, self	341 m ²		1 p / 1,7 m ²	15 W/m ²		
Zone 23	Hall d'entrée	670 m ²	CIR	1 p / 7 m ²	15 W/m ²		
Zone 24	Circulations des niveaux 1 à 5	4 986 m ²	CIR	-	5,5 W/m ²		
Zone 25	Circulations du niveau 0	1 343 m ²	CIR	-	5,5 W/m ²		
	Surface totale :	24 472 m²					
	bureaux, consultations (y compris urgences)	3 903 m ²	16.2 %				
	laboratoires	2 788 m ²	11.6 %				
	salles d'opération	3 238 m ²	13.4 %				
	chambres	6 813 m ²	28.2 %				
	circulations et sanitaires	7 390 m ²	30.6 %				

MAT lits							
				occupation	éclairage	informatique	apports divers
Zone 1	Hébergement orienté à l'Ouest	671 m ²	CHA	37	10 W/m ²		
Zone 2	Hébergement orienté au Nord Est	825 m ²	CHA	38	10 W/m ²		
Zone 3	Hébergement orienté au Sud	974 m ²	CHA	40	10 W/m ²		
Zone 4	Hébergement orienté à l'Est	645 m ²	CHA	35	10 W/m ²		
Zone 5	Hébergement orienté au Nord Ouest	688 m ²	CHA	36	10 W/m ²		
Zone 6	Ambulatoire et hospitalisation de jour	550 m ²	CHA	38	10 W/m ²		
Zone 7	Chimiothérapie	100 m ²	LAB	9	15 W/m ²		
Zone 8	Salles de travail	222 m ²	S.OP	16	20 W/m ²		petit scialytique : 750 W + appareils divers : 300 W pour chaque salle
Zone 9	Nursérie	82 m ²	LAB	22	10 W/m ²		
Zone 10	Salle des nouveaux-nés	60 m ²	LAB	8	10 W/m ²		

Zone 11	Salles de réunion	105 m ²	ADM	21	15 W/m ²		
Zone 12	Bureaux administratifs, bureaux des infirmières	720 m ²	ADM	70	15 W/m ²	150 W / pers.	
Zone 13	Local autocomm	20 m ²		-	-		
Zone 14	Locaux rafraîchis : morgue, local déchets, ...	161 m ²		-	10 W/m ²		
Zone 15	Cuisine	235 m ²		5	10 W/m ²		
Zone 16	Restaurant	172 m ²		75	15 W/m ²		
Zone 17	Locaux de radiologie : échographie, IRM, radiologie, ...	291 m ²	LAB	20	20 W/m ²		90 kW
Zone 18	Salles d'opération hyper-aseptiques (4 salles)	156 m ²	S.OP	16	20 W/m ²		petit scialytique : 750 W + appareils divers : 300 W + gros scialytique : 1000 W + bistouris électrique : 900 W pour chaque salle
Zone 19	Salles d'opération aseptiques (4 salles)	169 m ²	S.OP	16	20 W/m ²		petit scialytique : 750 W + appareils divers : 300 W + gros scialytique : 1000 W + bistouris électrique : 900 W pour chaque salle
Zone 20	Salles d'opération septiques et endoscopie (6 salles)	193 m ²	S.OP	22	20 W/m ²		petit scialytique : 750 W + appareils divers : 300 W pour chaque salle
Zone 21	Zone de stérilisation	205 m ²	S.OP	5	10 W/m ²		autoclaves : 12,6 kW
Zone 22	Salle de réveil	264 m ²	S.OP	22	20 W/m ²		

Zone 23	Circulations autour des salles d'opération	790 m ²	CIR	3	20 W/m ²		
Zone 24	Circulations, dégagements, sanitaires de la zone centrale	2 117 m ²	CIR	8	5,5 W/m ²		
Zone 25	Circulations, dégagements, sanitaires de la zone hébergement	2 931 m ²	CIR	22	5,5 W/m ²		
	Surface totale :	13 346 m²					
	bureaux, consultations (y compris urgences)	825 m ²	6.5%				
	laboratoires	533 m ²	4.2%				
	salles d'opération	1 209 m ²	9.5%				
	chambres	4 353 m ²	34.1 %				
	circulations et sanitaires	5 838 m ²	45.8 %				

XVII. ANNEXE 2 : DONNEES DE BASE POUR UN HOPITAL A CLERMONT FERRAND (63)

Conditions extérieures de base

Le programme préconise de retenir 35°C 40 % HR pour les conditions de base maximales estivales.

Les conditions extérieures mentionnées pour Clermont Ferrand par les logiciels reconnus et agréés par le CSTB sont de 31°C 40 % environ.

Le relevé de Météo France joint au programme fait apparaître :

- Une température maximale de 40,7°C
- Une température extérieure à 30°C durant 16 jours par an dont 12 en juillet et en août

Ce relevé ne permet pas d'analyser les hygrométries absolues et relatives.

Afin de ne pas augmenter exagérément la production frigorifique nous avons retenu pour les conditions extérieures estivales les valeurs de 35°C et 35 % HR.

Toutefois, le dimensionnement des groupes frigorifiques sera réalisé par une température extérieure sèche de 37°C avec une garantie de fonctionnement en marche dégradée jusqu'à une température sèche extérieure de 45°C.

Les caractéristiques du site retenues pour dimensionner les installations de traitement climatiques des locaux sont donc les suivantes :

- Latitude : 46° Nord
- Altitude des installations : 401 m
(par rapport au niveau de la mer) :
- Hiver température sèche : - 12°C
Humidité relative : 95 % HR
- Eté température sèche : 35°C
Hygrométrie relative : 35 % HR
écart diurne : 14°C
- Zones climatiques corrigées
 - Eté : Eb
 - Hiver : H1
- Classe d'exposition au bruit : BR2

Conditions intérieures à garantir

Les conditions à garantir dans les différents locaux sont celles définies ci-après :

<ul style="list-style-type: none"> • <u>Locaux conditionnés</u> <ul style="list-style-type: none"> - Salles d'opérations, risques 3 et 4 - Réanimation nouveaux nés • <u>Locaux climatisés (sans contrôle d'hygrométrie hivernal)</u> <ul style="list-style-type: none"> - Salles d'opérations, risque 2 - Locaux annexes des salles <ul style="list-style-type: none"> - Salles de réveil - Réanimations - Unités de soins continus ou intensifs, néonatalogie <ul style="list-style-type: none"> - Salles d'endoscopie - Salles d'IRM et de scanner - Locaux annexes du bloc, des unités de soins continus ou intensifs, des réanimations. <ul style="list-style-type: none"> - Laboratoires - Stérilisation - Imagerie conventionnelle - Salles techniques des explorations non invasives et d'investigations cliniques <ul style="list-style-type: none"> - Pharmacie - Urgences pédiatriques - Salles de travail et d'accouchement - Salles de préparation et de présentation des corps du service mortuaire 	<p>19°C à 25°C \pm 1° 55% HR \pm 10% 30°C + 1° - 40 % HR + 10 %</p> <p>19°C à 25°C \pm 1° 55% HR \pm 10%</p> <p>(Hiver 22°C \pm 1° 50% HR \pm 10% (Eté 25°C \pm 1° 55% HR \pm 10%</p> <p>Hiver 22°C \pm 1°C 40% HR minimum Eté 26°C \pm 1° 55% HR maximum</p> <p>Hiver 21°C \pm 1°C HR non contrôlée Eté 26°C \pm 1° 55% HR maximum</p> <p>17°C maximum toutes saisons</p>
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Locaux rafraîchis</u> <ul style="list-style-type: none"> - Hospitalisation - Hospitalisation ambulatoire et de courte durée • <u>Locaux ventilés avec de l'air rafraîchi</u> <ul style="list-style-type: none"> - Locaux et bureaux communs aux pôles <ul style="list-style-type: none"> - Consultations - Locaux annexes des salles d'exploration fonctionnelle - Locaux annexes des services climatisés • <u>Locaux ventilés</u> <ul style="list-style-type: none"> - Hall, accueil, admissions - Rue 	<p>Eté - 5°C/extérieur</p> <p>Hiver 22°C minimum</p> <p>21°C minimum 22°C minimum 22°C minimum 20°C minimum</p> <p>20°C minimum 18°C minimum</p>

- Circulations générales	21°C minimum
- Locaux logistiques communes de l'hospitalisation	20°C minimum
- Locaux techniques	10°C minimum
- Ateliers – Garages	15°C minimum

Apports internes

Eclairage : 5W /100 lux d'éclairage

Spécifique :

- | | |
|---|---------------------|
| • scialytique | 700 W |
| • salle d'opération | 2 000 W |
| • salle de surveillance post-opératoire | 30 W/m ² |
| • soins intensifs - réanimation | 200 W/lit |
| • salles d'exams spécialisés | 20 W/m ² |
| • échographie/endoscopie | 1 500 W |
| • radiologie | 800 W |
| • bureautique | 15 W/m ² |

Taux de renouvellement d'air neuf

Les locaux seront ventilés par des systèmes fonctionnant tout air neuf suivant des taux résultant :

- des minimum imposés pour la réglementation,
- des débits à mettre en oeuvre pour combattre les apports de chaleur internes lorsque l'utilisation de recycleurs locaux sans filtration haute efficacité n'est pas admissible (blocs opératoires et locaux protégés).

Nota : les locaux classés à risques bactériologiques nécessitant des taux de brassage importants recevront des équipements spécifiques fonctionnant en recyclage.

XVIII. ANNEXE 3 : VERIFICATION DE COHERENCE D'OCCUPATION ENTRE LES ZONES (PRESENCE DU PERSONNEL DANS UNE ZONE SIGNIFIE ABSENCE DANS UNE AUTRE ZONE)

	chambres (ratio)	nombre des personnes	labo. (ratio)	nombre des personnes	salles d'opération (ratio)	nombre des personnes	bureaux (ratio)	nombre des personnes	somme (pers)
0 à 1h	0.3	254.33	0	0.00	0	0.00	0.13	18.58	273
1 à 2h	0.3	254.33	0	0.00	0	0.00	0.13	18.58	273
2 à 3h	0.3	254.33	0	0.00	0	0.00	0.13	18.58	273
3 à 4h	0.3	254.33	0	0.00	0	0.00	0.13	18.58	273
4 à 5h	0.3	254.33	0	0.00	0	0.00	0.13	18.58	273
5 à 6h	0.3	254.33	0	0.00	0	0.00	0.13	18.58	273
6 à 7h	0.3	254.33	0	0.00	0	0.00	0.13	18.58	273
7 à 8h	0.3	254.33	0	0.00	0	0.00	0.13	18.58	273
8 à 9h	0.4	339.10	0.35	167.93	0.35	106.26	0.8	114.34	728
9 à 10h	0.4	339.10	0.35	167.93	0.35	106.26	0.8	114.34	728
10 à 11h	0.4	339.10	0.35	167.93	0.35	106.26	0.8	114.34	728
11 à 12h	0.4	339.10	0.35	167.93	0.35	106.26	0.7	100.05	713
12 à 13h	0.4	339.10	0.45	215.91	0.3	91.08	0.45	64.32	710
13 à 14h	0.4	339.10	0.45	215.91	0.3	91.08	0.45	64.32	710
14 à 15h	0.6	508.65	0.35	167.93	0.35	106.26	0.7	100.05	883
15 à 16h	0.6	508.65	0.35	167.93	0.35	106.26	0.8	114.34	897
16 à 17h	0.6	508.65	0.35	167.93	0.35	106.26	0.8	114.34	897
17 à 18h	0.6	508.65	0.35	167.93	0.35	106.26	0.66	94.33	877
18 à 19h	0.8	678.20	0.35	167.93	0.35	106.26	0.4	57.17	1010
19 à 20h	0.8	678.20	0.35	167.93	0.35	106.26	0.13	18.58	971
20 à 21h	0.3	254.33	0	0.00	0	0.00	0.13	18.58	273
21 à 22h	0.3	254.33	0	0.00	0	0.00	0.13	18.58	273
22 à 23h	0.3	254.33	0	0.00	0	0.00	0.13	18.58	273
23 à 24h	0.3	254.33	0	0.00	0	0.00	0.13	18.58	273

XIX. ANNEXE 4 : DONNEES SUR TELEVISEURS A FAIBLE CONSOMMATION

Source : document publié au JO des Communautés européennes "définissant les critères écologiques pour l'attribution du label écologique communautaires aux téléviseurs" :

http://europa.eu.int/eur-lex/pri/fr/oj/dat/2002/1_087/1_08720020404fr00530056.pdf

Résumé :

La consommation en mode de veille passive du téléviseur doit être égale à 1 Watt.

Pour un téléviseur équipé d'un récepteur/décodeur numérique intégré, la consommation en mode veille active doit être égale à 9 Watt.

IRE_{on} : Indice de rendement énergétique en mode marche active.

IRE_{on} = P_{on} / P_{on,bn} IRE doit être inférieur à 65%.

P_{on} : Consommation d'énergie mesurée du téléviseur en mode marche.

P_{on,bn} : Consommation d'énergie de base usuelle du téléviseur en mode marche.

$P_{on,bn} = 16 + 16 * dni + (0,75 * format * taillécran + chiffre * 33 + 0,38 * surfécran) / 0,825$

Avec :

- *Chiffre = 1 pour téléviseur à traitement numérique du balayage d'image, 0 pour les autres.*
- *Format = 0,8 pour écran normal (4/3) et 0,87 pour écran large (16:9).*
- *Taillécran représente la diagonale de l'écran en cm.*
- *Surfécran = superficie de l'écran en dm² soit :*
- *taillécran * taillécran * 0,48 / 100 pour écran normal (4:3)*
- *taillécran * taillécran * 0,427 / 100 pour écran large (16:9)*
- *Dni = 1 pour téléviseur équipé d'un décodeur numérique intégré, 0 pour les autres.*

Application numérique :

Téléviseur « normal », diagonale = 38 cm sans décodeur numérique

P_{on,bn} = 46,8 Watt Si IRE_{on} < 65% on obtient P_{on} = 30 Watt.

http://www.sharp.fr/produits/televiseurs_lcd_4_3/lc13sh1e_spec.html

Exemple représentatif des téléviseurs présent dans chambre d'hôpitaux

- SHARP type LC-13SH1E (Ecran = 33 cm) :

Consommation en mode de marche = 55 W ,

Consommation en veille = 0,9 W

- (Ecran = 38 cm) :

Consommation en mode de marche = 59 W ,

Consommation en veille = 0,9 W

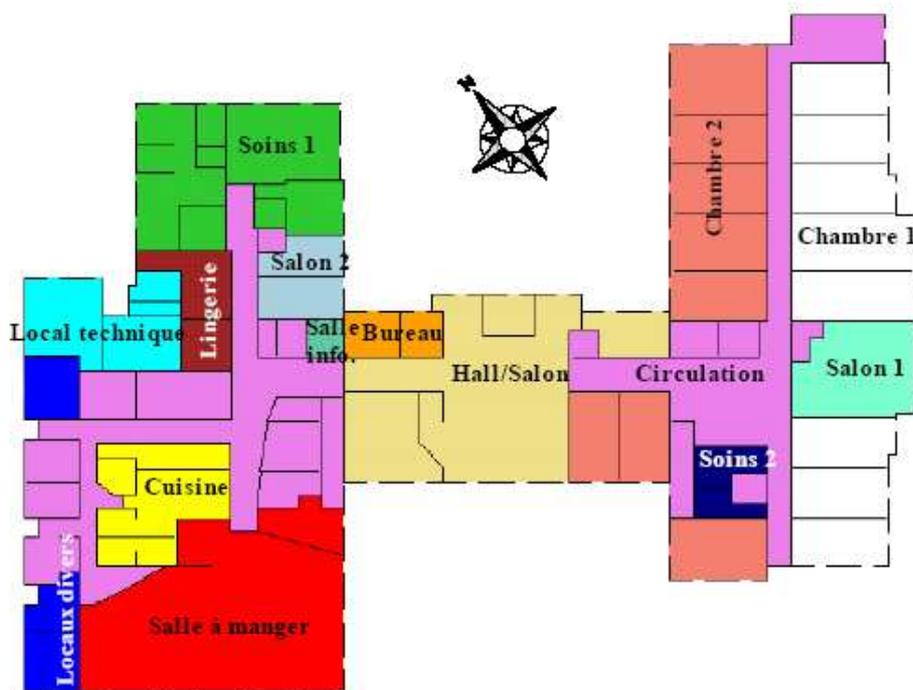
XX. ANNEXE 5 : CARACTERISTIQUES DES MAISONS DE RETRAITES ISSUES DE LEURS CAHIERS DE CHARGE ET DE LEURS PLANS

Répartition des surfaces :

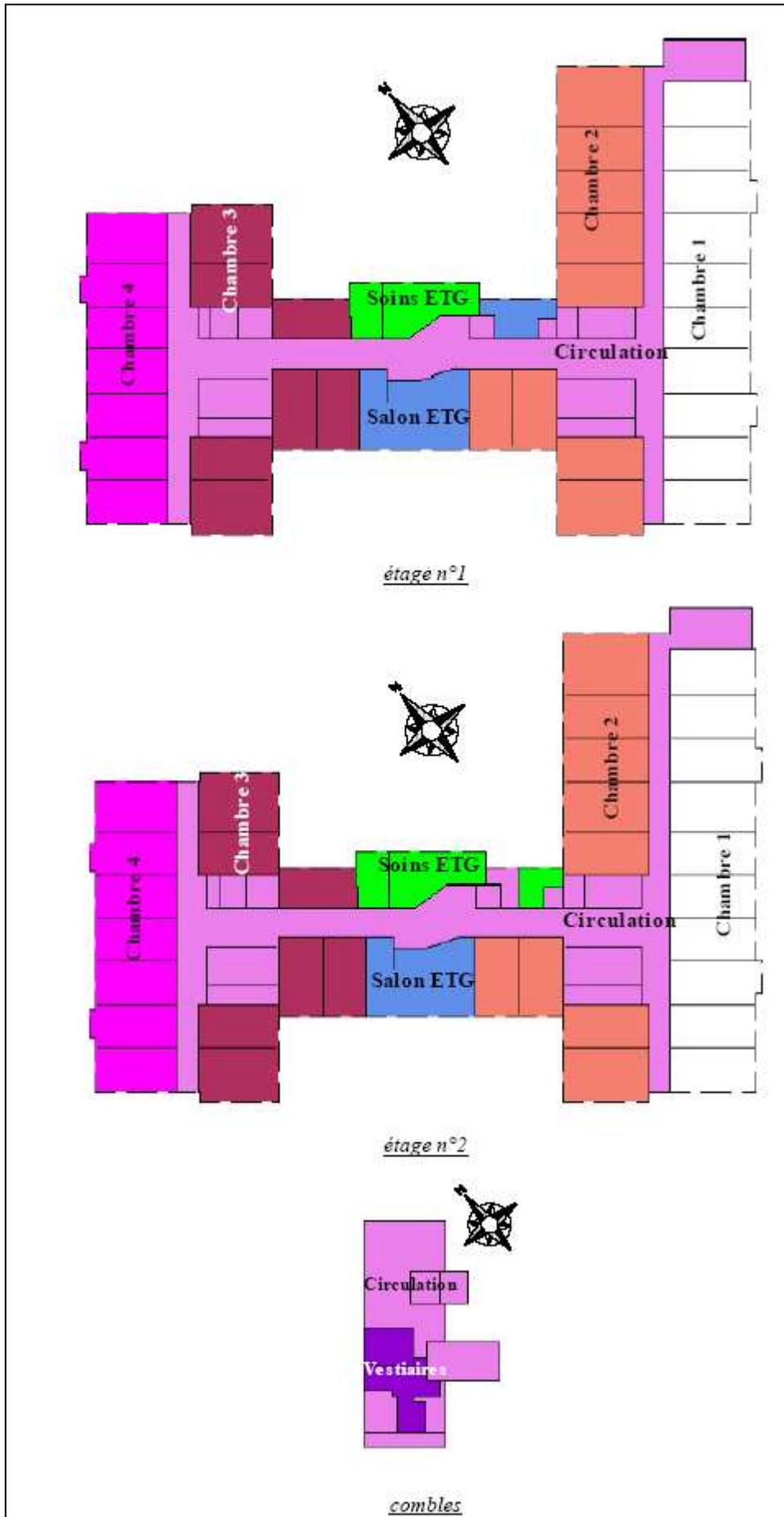
Zone 1	Bureau RDC (secrétariat, direction)	21 m ²
Zone 2	Chambre 1	655 m ²
Zone 3	Chambre 2	625 m ²
Zone 4	Chambre 3	312 m ²
Zone 5	Chambre 4	302 m ²
Zone 6	Circulation	1 118 m ²
Zone 7	Cuisine RDC	63 m ²
Zone 8	Hall/salon RDC	184 m ²
Zone 9	Lingerie RDC	31 m ²
Zone 10	Local technique (garage, chaufferie, ...)	60 m ²
Zone 11	Locaux divers (laverie, service mortuaire, ...)	43 m ²
Zone 12	Salle informatique RDC	7 m ²
Zone 13	Salle à manger RDC	184 m ²
Zone 14	Salon 1 RDC	50 m ²
Zone 15	Salon 2 RDC (fumeur, lieu de culte)	30 m ²
Zone 16	Salon ETG	112 m ²
Zone 17	Soins 1 RDC	125 m ²
Zone 18	Soins 2 RDC	20 m ²
Zone 19	Soins ETG	78 m ²
Zone 20	Vestiaires COMBLES	30 m ²

Surface totale : **4 050 m²**

Positionnement des différentes zones :



rez-de-chaussée



Maison de retraite BORDEROUGE à TOULOUSE (82 lits)						
Désignation	Surface	Code	Occupation	Eclairage	Apports divers	
Bureau RdC (secrétariat, direction)	21 m ²	ADM	1 p / 8 m ²	12 W/m ²		
Chambre 1	655 m ²	CHA	1 p / chambre	10 W/m ²	50 W/chambre (TV)	
Chambre 2	625 m ²	CHA	1 p / chambre	10 W/m ²	50 W/chambre (TV)	
Chambre 3	312 m ²	CHA	1 p / chambre	10 W/m ²	50 W/chambre (TV)	
Chambre 4	302 m ²	CHA	1 p / chambre	10 W/m ²	50 W/chambre (TV)	
Circulations	1 118 m ²	CIR	-	5,5 W/m ²		
Cuisine RdC	63 m ²	AUT	1 p / 20 m ²	5,5 W/m ²		
Hall / salon RdC	184 m ²	SAL	1 p / 7 m ²	12 W/m ²		
Lingerie RdC	31 m ²	AUT	1 p / 20 m ²	5,5 W/m ²		
Locaux techniques (garage, chaufferie, ...)	60 m ²	AUT	-			
Locaux divers (laverie, service mortuaire, ...)	43 m ²	AUT	1 p / 20 m ²	5,5 W/m ²		
Salle informatique RdC	7 m ²	ADM	1 p / 3,5 m ²	12 W/m ²	300 W (2 postes)	
Salle à manger RdC	184 m ²	AUT	1 p / 2 m ²	12 W/m ²	100 W (1 TV) + 50 W (1 lecteur de DVD) + 50 W (Hi-fi)	
Salon 1 RdC	50 m ²	SAL	1 p / 7 m ²	12 W/m ²		
Salon 2 RdC	30 m ²	SAL	1 p / 7 m ²	12 W/m ²		
Salon étage	112 m ²	SAL	1 p / 7 m ²	12 W/m ²		
Soins 1 RdC	125 m ²	SOI	1 p / 35 m ²	12 W/m ²		
Soins 2 RdC	20 m ²	SOI	1 p / 35 m ²	12 W/m ²		
Soins étage	78 m ²	SOI	1 p / 35 m ²	12 W/m ²		
Vestiaires combles	30 m ²	AUT	-	5,5 W/m ²		
Surface totale :	4 050 m²					
Bilan						
Désignation	Code	Surface	%			
Bureaux, consultations (y compris urgences)	ADM	28 m ²	0.7%			
Salons	SAL	376 m ²	9.3%			
Soins	SOI	223 m ²	5.5%			
Chambres	CHA	1 894 m ²	46.8%			
Circulations et sanitaires	CIR	1 118 m ²	27.6%			
Divers	AUT	411 m ²	10.1%			
		4 050 m²	100.0%			

Maison de retraite EDILYS à RENNES (57 chambres)						
Les chiffres donnés sont les valeurs de SHOB (Surface Hors Oeuvre Brut)						
	Désignation	Surface	Code	Occupation	Eclairage	Apports divers
SOUS-SOL	Gymnastique(compris rangement)	43 m ²	COM	1p / 5 m2	10 W / m2	-
	Oratoire /Chambre mortuaire	27 m ²	TECH	-	-	
	Local Déchets sanitaires	7 m ²	TECH	-	-	
	Local Transformateur	18 m ²	TECH	-	-	
	Local linge propre / Buanderie	18 m ²	TECH	-	-	
	Local Linge Sale	6 m ²	TECH	-	-	
	Local Technique Chauffage	21 m ²	TECH	-	-	
	Local Technique TGBT	12 m ²	TECH	-	-	
	Local Entretien	9 m ²	TECH	-	-	
	Bagagerie	6 m ²	TECH	-	-	
	Vestiaires et Sanitaires	80 m ²	DIV	-	5 W / m2	
	Local Poubelles	12 m ²	TECH	-	-	
	Dégagement monte-malade	16 m ²	CIR	-	5 W / m2	
	Circulations et escaliers	30 m ²	CIR	-	5 W / m2	
	Sous-Total SOUS-SOL	304 m²				
RDC	Sas hall d'entrée	6 m ²	CIR	-	5 W / m2	
	Hall d'entrée / Attente	53 m ²	CIR	-	5 W / m2	
	Salon de coiffure	11 m ²	COM	1p / 5 m2	10 W / m2	
	Soins / Infirmiers	13 m ²	SOI	1p / 5 m2	10 W / m2	
	Balnéothérapie	12 m ²	SOI	1p / 5 m2	10 W / m2	
	Accueil de jour	44 m ²	ADM	1p / 8 m2	10 W / m2	
	Sanitaires	17 m ²	DIV	-	10 W / m2	
	Circulation et Escaliers	45 m ²	CIR	-	5 W / m2	
	Accueil / Secrétariat	15 m ²	ADM	1p / 5 m2	10 W / m2	
	Direction	16 m ²	ADM	1p / 8 m2	10 W / m2	
	Salle à Manger Personnel	19 m ²	DIV	1p / 5 m2	10 W / m2	
	Salle à Manger / Détente	174 m ²	COM	1p / 8 m2	10 W / m2	
	Cuisine	55 m ²	TECH	-	-	
	Locaux poubelles	6 m ²	TECH	-	-	
	Local Poubelles	7 m ²	TECH	-	-	
Local comptage d'eau	7 m ²	TECH	-	-		
Sous-Total RDC	498 m²					
R+1	Appartements type T1(3 unités)	80 m ²	HEB	1p / Appartement	10 W / m2	50 W / Appartement
	Appartements type T1 bis(7 unités)	222 m ²	HEB			
	Appartements type T2(2 unités)	105 m ²	HEB			

	Salle informatique	18 m ²	COM	1p / 5 m2	10 W / m2	1 kW
	Activité des résidents	46 m ²	COM	1p / 5 m2	10 W / m2	
	Dégagement	49 m ²	CIR	-	5 W / m2	
	Bibliothèque	18 m ²	COM	1p / 5 m2	10 W / m2	
	Sous-Total R+1	538 m²				

	Désignation	Surface	Code	Occupation	Eclairage	Apports divers
ETAGE COURANT	Appartements type T1(3 unités)	80 m ²	HEB	1p / Appartement	10 W / m2	50 W / Appartement
	Appartements type T1 bis(7 unités)	222 m ²	HEB			
	Appartements type T2(2 unités)	105 m ²	HEB			
	Activité des résidents	82 m ²	COM	1p / 5 m2	10 W / m2	
	Dégagement	49 m ²	CIR	-	5 W / m2	
	Sous-Total ETAGE COURANT	538 m²				
R+5	Appartements type T1(9 unités)	187 m ²	HEB	1p / Appartement	10 W / m2	
	Activité des résidents	36 m ²	COM	1p / 5 m2	10 W / m2	
	Cuisine	9 m ²	COM	1p / 5 m2	10 W / m2	
	Sanitaires	6 m ²	DIV	-	-	
	Dégagement	49 m ²	CIR	-	5 W / m2	
	Sous-Total R+5	287 m²				
	SOUS-SOL	304 m ²				
	RDC	498 m ²				
	R+1	538 m ²				
	R+2	538 m ²				
	R+3	538 m ²				
	R+4	538 m ²				
	R+5	287 m ²				
		3 243 m²				
Bilan						
	Administration	ADM	75 m ²	2.3%		
	Locaux de soins	SOI	25 m ²	0.8%		
	Locaux communs	COM	601 m ²	18.5%		
	Hebergement	HEB	1 815 m ²	56.0%		
	Divers (Sanitaires, vestiaires,...)	DIV	122 m ²	3.8%		
	Circulations et sanitaires	CIR	385 m ²	11.9%		
	Locaux techniques	TECH	220 m ²	6.8%		
			3 243 m²	100.0%		

XXI. ANNEXE 6 : REGULATION SIMPLIFIEE DE L'HUMIDITE RELATIVE DANS UNE ZONE

Vu la nécessité de respecter une consigne d'humidité relative de l'air intérieure dans des zones spécifiques (comme les salles d'opérations dans un hôpital), cette note résume le processus de comptabilisation des puissances supplémentaires nécessaires à maintenir cette consigne dans Consoclim.

La consigne est définie comme par un domaine de $\pm 10\%$ de l'humidité visée. HR_{cons} appartient à $[HR_{consbasse}, HR_{conshaute}]$

Le calcul habituel est effectué dans Consoclim, on obtient les conditions à l'intérieur de la zone. Trois cas sont possibles :

Cas 1

$$HR_{consbasse} < HR_{cal} < HR_{conshaute}$$

Pas de modifications.

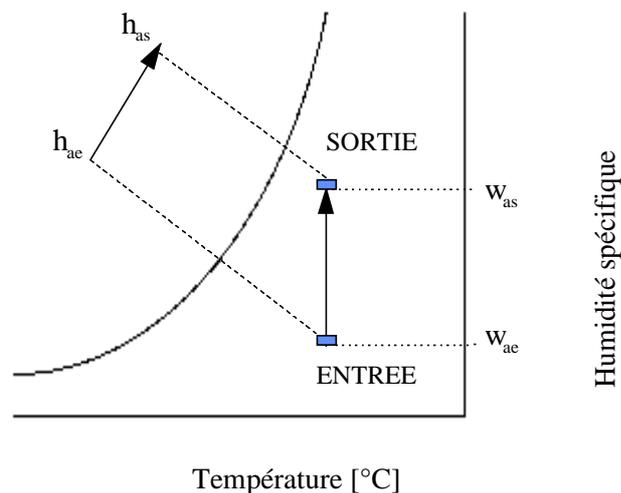
Cas 2

Si $HR_{cal} < HR_{consbasse} \rightarrow$ humidification par injection de vapeur pour atteindre le point (T_{cons}, HR_{cons}) . On calcule ensuite la puissance électrique consommée pour la production de vapeur par le même module.

HR_{cal} : Humidité relative calculée

HR_{cons} : Humidité relative de consigne

Les transformations subies par l'air sont représentées dans le diagramme de l'air humide ci-après:

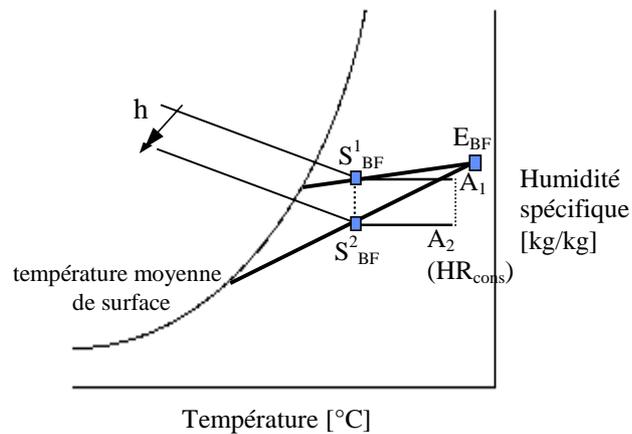


Cas 3

Si $HR_{cal} > HR_{conshaute} \rightarrow$ déshumidification. La régulation de l'humidité de l'air dans ce cas peut être réalisée par l'application de différentes méthodes. Comme la modélisation de régulation détaillée n'est pas un objectif de Consoclim et pour simplifier le plus possible (éviter d'itérer ou de recalculer le point de soufflage ou de varier le débit d'air ou le régime d'eau, etc...), on propose de prendre en compte uniquement la puissance supplémentaire nécessaire à la déshumidification.

Selon la réglementation thermique, si le processus de déshumidification comporte un chauffage supplémentaire il est obligatoire que la chaleur soit récupérée au condenseur, elle n'est donc pas à comptabiliser.

On estime que la puissance supplémentaire à ajouter, n'est que la puissance de déshumidification. Cela est représenté par $\dot{m}_s [h(S_{BF}) - h(E_{BF})]$ sur le diagramme de l'air humide :



Implémentation dans Consoclim

Sans tenir compte ni de la diffusion à travers les parois ni de la migration de l'humidité dans les matériaux, on peut formuler en régime établi la teneur en vapeur d'eau, w_{int} , à l'intérieur d'un local de la manière suivante :

$$w_{int} = w_s + PE / \dot{m}_s$$

w_s humidité de l'air soufflé kg/kg.as

PE production ou élimination interne kg/s

\dot{m}_s débit de renouvellement kg/s

Dans notre cas, w_{int} est la valeur moyenne sur le pas de temps (on ne fait pas une grosse erreur en prenant la valeur moyenne)

On obtient

$$\Delta w_{eau} = \Delta w_{int} * \dot{m}_s$$

Avec :

$$\dot{m}_s = Q_{ma_{eicq}} + Q_{ma_{bra}} + Q_{ma_{sysou}} \quad (\text{voir ConsoClim module UTH})$$

$$\Delta w_i = w_{i_{cons}} - w_{int_{moy}}$$

Exemple :

Si on veut diminuer l'humidité de 2g et que les débits ayant transité sont égaux à 2000 m³/h :

$$\Delta w_{eau} = - 0.002 * 2000 = -4 \text{ kg}$$

$w_{int_{moy}}$ est l'humidité spécifique moyenne sur le pas de temps dans l'UTH calculée par Hygrobat avant toute action spécifique sur l'humidité.

Il faut donc modifier le module HYGROBAT [36] pour calculer l'humidité moyenne intérieure, voir page suivante.

Consommation d'eau

$$C_{eauHUM} = (\max(0; \Delta_{eau}) \cdot 3600) \cdot (1+0.05) \quad \text{kg/h}$$

Consommation électrique

$$P_{elecHUM} = (\Delta_{eau} \cdot (1+0.05)) \cdot [c_{peau} (T_{vaporisation} - T_{ville}) + h_{fg}]$$

$$P_{elecDESHUM} = (\Delta_{eau} \cdot (1+0.05)) \cdot [h_{fg}]$$

Nota :

On considère :

- que la vapeur est injectée à la température de vaporisation,
- qu'il y a 5% de pertes comme dans INJVAP [36]
- qu'il y a les mêmes pertes dans le processus de déshumidification.

Complément du modèle HYGROBAT : Bilan hydrique d'une zone

Considérons une zone thermique homogène de volume V, dont l'air est à température T_i et humidité spécifique w_{int} . Dans ce volume transitent différents débits d'air (m_1, m_2, m_n), correspondant à la perméabilité, au système de traitement d'air, au système de renouvellement d'air... De plus du fait de l'occupation ou de process il y a une production, P, de vapeur d'eau.

Le bilan hydrique de la zone s'écrit, en faisant abstraction de toute inertie hygroscopique :

$$\rho \cdot V \cdot (dw_{int}/dt) = m_1 (w_1 - w_{int}) + m_2 (w_2 - w_{int}) + \dots + m_n (w_n - w_{int}) + P$$

$$w_{int} = \frac{\sum_i m_i \cdot w_{intprev} - P - \sum_i m_i \cdot w_i}{\sum_i m_i} \cdot e^{-\frac{\sum_i m_i \cdot t}{\rho \cdot V}} + \frac{P + \sum_i m_i \cdot w_i}{\sum_i m_i}$$

w_{int} est l'humidité spécifique en fin de pas de temps

Cette valeur doit être passée au pas suivant avec la température de masse.

On peut aussi déterminer l'humidité moyenne sur le pas de temps, égale à :

$$w_{intmoy} = \frac{1}{\Delta t} \cdot \int_0^t w_{int} \cdot dt$$

$$w_{intmoy} = \frac{\sum_i m_i \cdot w_{intprev} - P - \sum_i m_i \cdot w_i}{\sum_i m_i} \cdot \frac{\sum_i m_i}{\sum_i \rho \cdot V} \cdot e^{-\frac{\sum_i m_i \cdot t}{\rho \cdot V}} + \frac{P + \sum_i m_i \cdot w_i}{\sum_i m_i}$$

Ce qui donne

Avec :

V m^3

kg a.s/ m^3 ah

m kga.s/s

w kg/kgas

P kg/s

t s (le pas de temps, t, est égal à 3600 s)