

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mohamed Khider-Biskra

Faculté des Sciences et de la technologie

Département : Architecture

Ref :



جامعة محمد خيضر بسكرة

كلية العلوم والتكنولوجيا

قسم الهندسة المعمارية

المرجع

Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de :

Doctorat troisième cycle

Option : Architecture, Environnement et Patrimoine

**CARACTERISATION DU CONFORT THERMIQUE ESTIVAL DANS LES CHAMBRES DES
MALADES. CAS DES HOPITAUX DE BISKRA**

Présentée par :

Yasmina BESBAS

Soutenue publiquement le: 13/02/2019

Devant le jury composé de :

Pr. BENABBAS Moussadek	Président	Univ. De Biskra
Pr. ZEMMOURI Noureddine	Rapporteur	Univ. De Biskra
Pr. BRIMA Abdelhafid	Examineur	Univ. De Biskra
Dr. HAMOUDA Abida	Examinatrice	Univ. De Batna 1
Dr. BOUZAHER Soumia	Examinatrice	Univ. De Biskra

Remerciements et gratitude

- *Je tiens à exprimer tous mes remerciements à mon directeur de recherche Monsieur le professeur ZEMMOURI Nouredinne pour son suivi, sa disponibilité, son soutien, sa patience et ses orientations durant l'élaboration de cette recherche.*

Je tiens tout particulièrement à remercier :

- *Monsieur THIBAUD Jean-Paul, Directeur de Recherche CNRS, HDR et Professeur à L'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, pour m'avoir accueilli au sein du laboratoire Cresson et m'avoir aidé dans cette étude.*
- *Monsieur le professeur BOUTARFAIA Ahmed, Notre recteur à Université Mohamed Khider de Biskra ;*
- *J'exprime toute ma reconnaissance à Monsieur le professeur BENABBAS Moussadek pour avoir bien voulu accepter de présider le jury de cette thèse.*
- *J'adresse tous mes remerciements à Monsieur le professeur BRIMA Abdelhafid ainsi qu'à mes dames, Docteur HAMOUDA Abida et Docteur BOUZAHER Soumia, de l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'être le jury de cette thèse. Je les remercie pour le temps qu'ils ont consacré à ma recherche et pour leur participation scientifique à la soutenance.*
- *Madame ACQUIER Françoise, Chargée de ressources documentaires CNRS, pour m'avoir accueilli au centre de documentation du laboratoire Cresson à Grenoble. Françoise m'a apporté une grande aide dans mes recherches documentaires malgré la distance ;*
 - *Madame BITTAM Ferouze, Enseignante et spécialiste en sciences ;*
- *Madame BOUDOUNETTE Naima, Enseignante au département de français à Université Mohamed Khider de Biskra ;*
 - *Madame FILALI Aicha, Enseignante de français ;*
- *Dr. OTHMANI MARABOUT Soraya, docteur en psychologie, département des sciences sociales ;*
 - *Toute l'équipe du laboratoire LACOMOFA et je cite en particulier : Dr. MEZERDI Toufik ; Mr. KHADRAOUI Amine, Melle. AFREN Roumissa ; Mme. Zineddine Sara ; Mr. TEBARMACINE ISLLEM ; Mr. KHALLEF Nacer.*

Je ne pourrais finir sans remercier toute l'équipe d'enseignement et d'administration du département d'architecture de Biskra.

Reconnaissance

*Je souhaite remercier vivement les patients participants pour leurs contributions à
cette enquête;*

*Et je suis particulièrement reconnaissante de l'aide apportée par toute l'équipe
médicale de l'hôpital Hakim Saadan et la maternité de Biskra*

*Je pense aussi à tous ceux qui m'ont aidé pendant l'enquête et les campagnes de
mesures:*

Ma Sœur Soumya BESBAS- Doctorante en architecture, laboratoire LACOMOFA

MA Copine HAFSA ABDESSALAM Chef service à la maternité de Biskra.

Dédicaces

*Je remercie Allah le tout puissant de m'avoir donné la santé et la volonté
d'entamer et de terminer cette recherche.*

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents,

*Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés et le fruit de
vos innombrables sacrifices.*

Ma chère tante,

Que dieu la protège pour moi toujours

L'homme de ma vie, mon soutien et ma source de puissance,

Mon mari « Amine »

Mon petit ange « Fatima »

Mes chères sœurs « Soumya, Asma, Sara »

Mes belles sœurs « Asma, Imene, Salma, Nawal »

Ma belle famille

Tous les amis

Tous les collègues

Tous ceux qui me sont chers et proches

Je tiens à dédier ce travail à la catégorie la plus sensible de la

société, à ceux qui souffrent en silence, et malgré le

manque de tous les moyens de confort,

ils résistent sans jamais se

plaindre;

à tous les patients

avec un grand respect.

Résumé

Depuis l'indépendance jusqu'aujourd'hui, l'Algérie comme tout pays en développement s'efforce dans tous les domaines pour maintenir son statut parmi les nations. La mondialisation, l'industrialisation et l'immense développement technologique sont tous des chemins qui ont mené à la réalisation intense des constructions et des équipements publics à différentes échelles, secteurs, et de différents caractères ; dont l'objectif visé est souvent la quantité et la modernité des constructions sans penser à prendre en considération la qualité et le confort des usagers.

Parmi les équipements qui doivent être les plus confortables: les équipements sanitaires et les hôpitaux qui ne sont malheureusement soumis à aucune exigence réglementaire dans notre pays, aussi bien qu'ils n'assurent pour les patients aucun aspect de confort en général et de confort thermique en particulier. Ce problème épineux est plus ressenti dans le sud Algérien; par conséquent, il constitue une préoccupation majeure aux habitants de ces villes. D'ici, l'intérêt apporté à ce sujet a soulevé la problématique de cette recherche.

L'étude s'est focalisée sur l'espace clé de l'hôpital qui est la chambre des malades, et elle a pour objectif de définir les causes qui provoquent l'inconfort thermique dans ces espaces sensibles. Notre tâche consiste à évaluer l'état de confort thermique des patients pendant la période de surchauffe, dans des services choisis préalablement et en se basant sur une enquête sociologique avec les médecins exerçant dans les hôpitaux de la ville de Biskra. L'enquête avec les patients, relève d'une approche sensible et s'appuie sur la perception des sujets qui font face à une certaine situation et réagissent à celle-ci. La méthode de cette enquête est construite sur un triptyque d'approches: qualitative (questionnaires), quantitatives (mesures) et observationnel (observation et entrevues) ; à partir desquels nous avons obtenu plusieurs résultats de natures variées.

L'objectif majeur de l'enquête est de comparer deux situations réelles de deux équipements hospitaliers conçus dans des périodes de temps différentes. L'étude comparative a été menée essentiellement pour déterminer le modèle architectural le plus confortable.

Les résultats qui ont montré à la fin une grande différence entre les deux bâtiments, ont été validés avec une simulation numérique à l'aide du logiciel TRNsys.

Mot clés : Confort thermique ; climat chaud et aride ; chambre de malade ; patients ; enquête in situ ; mesures physiques; observations de comportement; simulation.

Abstract

Since the independence until today, Algeria as any developing country is striving in all domains to maintain its status among the nations. Globalization, industrialization and immense technological development are all paths that have led to the intense realization of buildings and public facilities at different scales, sectors, and different characters; whose aim is often the quantity and modernity of buildings without thinking of taking into consideration of the quality and comfort of users.

Among the facilities that must be the most comfortable: sanitary facilities and hospitals which are unfortunately not subject to any regulatory requirements in our country, as well as they don't ensure any aspect of comfort in general and thermal comfort especially for the patients. This thorny problem is more felt in the south of Algeria; so, it constitutes a major concern to the inhabitants of these cities. From here, the interest brought to this subject was raised the problematic of this research.

The study focused on the key area of the hospital that is the patient room, and it aims to define the causes that cause thermal discomfort in these sensitive areas. Our task is to evaluate the thermal comfort of patients during the overheating period, in selected beforehand services based on a sociological survey with doctors practicing in hospitals in Biskra city. The survey with patients is a sensitive approach and relies on the subjects' perception that face a certain situation and react to it. The method of this survey was built on a triptych of approaches: qualitative (questionnaires), quantitative (measurements) and observational (observation and interviews); through which we obtained several results of various natures.

The main objective of the survey is to compare two real situations of two-hospital equipments designed in different periods. The comparative study was conducted primarily to determine the most comfortable architectural model.

The results that showed us in the end a big difference between the two buildings were validated with a numerical simulation using the software TRNsys.

Key-words: Thermal comfort; hot and arid climate; patient room; patients; in situ investigation; physical measurements; simulation.

ملخص

منذ الاستقلال وحتى يومنا هذا، تسعى الجزائر كأى دولة نامية في جميع المجالات للحفاظ على مكانتها بين الدول. إن العولمة و التصنيع والتطور التكنولوجي الهائل كلها مسارات أدت إلى الإنجاز المكثف للمباني و المرافق العامة على مستويات مختلفة و قطاعات كثيرة وعديدة والتي هدفها هو في كثير من الأحيان الكمية و الحداثة دون التفكير في الأخذ بعين الاعتبار لمعيار الجودة وراحة المستخدمين و من بين المرافق التي يجب أن تكون الأكثر راحة: المرافق الصحية والمستشفيات التي للأسف لا تخضع لأي متطلبات تنظيمية في بلدنا، كما أنها لا توفر أي جانب من الراحة بشكل عام و الراحة الحرارية بشكل خاص للمرضى. هذه المشكلة الشائكة تبدو أكثر شيوعا في جنوب الجزائر. لذلك، تشكل مصدر قلق كبير لسكان هذه المدن. من هنا، أثار الاهتمام بهذا الموضوع إشكالية هذا البحث. ركزت الدراسة على المجال الرئيسي في المستشفى وهو غرفة المرضى، وتهدف إلى تحديد العوامل التي تسبب عدم الراحة الحرارية في هذه المناطق الحساسة. مهمتنا هي تقييم الراحة الحرارية للمرضى خلالا لفترة الأكثر حرارة، في أجنحة مستشفيات مختارة بناء على مسح اجتماعي مع الأطباء العاملين في مستشفيات مدينة بسكرة. الاستطلاع مع المرضى هو نهج حساس ويعتمد على تصور الأشخاص الذين يواجهون حالة معينة ويتفاعلون معها. تم بناء طريقة هذا المسح على ثلاثية المقاربات: النوعية (الاستبيانات)، الكمية (القياسات) والمراقبة (الملاحظة والمقابلات)؛ من خلالها حصلنا على عدة نتائج من طبائع مختلفة. الهدف الرئيسي من المسح هو مقارنة حالتين حقيقتين لمستشفيات مصممين في فترتين زمنيتين مختلفتين. أجريت الدراسة المقارنة بهدف تحديد النموذج المعماري الأكثر راحة تم التحقق من صحة النتائج التي أظهرت لنا في النهاية فرق كبير بين المبنىين بواسطة محاكاة عددية باستخدام برنامج TRNsys.

الكلمات المفتاحية: الراحة الحرارية ، مناخ حار و جاف ، غرف المرضى، المرضى، التحقيق في الموقع، القياسات ، المحاكاة.

Table des matières

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale.....	1
1. Contexte et enjeux.....	1
2. Développement et originalité	2
3. Méthodologie	3
4. Plan et contenu de la recherche	5

PARTIE THEORIQUE: ETAT DE L'ART

CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE **8**

1. Introduction.....	9
2. Aperçu sur les recherches du confort thermique.....	10
2.1. Evolution de la notion	10
2.2. Brève histoire de la recherche en confort thermique.....	11
3. Aperçu sur les recherches de l'architecture hospitalière.....	14
4. Aperçu sur les recherches du confort thermique à l'hôpital	16
5. Conclusion	25

CHAPITRE II : SUR L'AMBIANCE **26**

1. Introduction.....	27
2. Coup d'œil Philosophique	28
2.1. Généralité sur la notion d'ambiance.....	28
2.1.1. Définitions	28
2.1.2. Les éléments constitutifs d'une ambiance.....	29
2.1.3. Structure des renvois analogiques et place de l'ambiance	30
2.1.4. Concevoir une ambiance en architecture	30
2.1.5. Les échelles d'une ambiance	31
3. Ambiance thermique	32
3.1. Notions d'ambiances thermiques	32
3.1.1. Ambiance thermique chaude	32
3.1.2. Ambiance thermique froide.....	33
3.1.3. Ambiance thermique neutre	33

3.1.4. Lutte physiologique contre les ambiances thermiques chaudes et froides.....	34
4. Conclusion	35

CHAPITRE III : SUR LE CONFORT THERMIQUE ET LE CLIMAT 36

1. Introduction.....	37
2. Bref aperçu de la théorie	38
2.1. Le confort thermique : notion complexe	38
2.2. Caractérisation du confort thermique	39
2.3. Indices du confort thermique.....	39
2.3.1. Indice de vote moyen prévisible (PMV - Predicted Mean Vote).....	41
2.3.2. Le pourcentage prévisible d'insatisfaits (PPD - Predicted Percentage Dissatisfied)..	41
2.4. L'interaction entre les aspects du confort thermique	41
2.4.1. Aspect physiologique	41
2.4.2. Aspect physique	44
2.4.3. Aspect psychologique	48
2.5. Les modèles thermiques	50
2.5.1. Modèle physique	51
2.5.2. Modèle empirique	52
2.5.3. Modèle de base (Database)	52
2.5.4. Modèle Rationnel.....	52
2.5.5. D'autres modèles	52
2.6. Les approches du confort thermiques.....	53
2.6.1. L'approche analytique	53
2.6.2. L'approche adaptative	54
2.7. Normes et réglementation internationale	54
2.7.1. La normalisation ISO	54
2.7.2. Réglementation thermique en France.....	56
2.7.3. Les normes de ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers) aux États-Unis	57
2.8. La réglementation thermique en Algérie.....	58
3. La thermique du bâtiment	59
3.1. Les échanges avec l'environnement.....	59
3.1.1. Transfert thermique	59

3.1.2.	Déperditions thermiques	60
3.1.3.	Isolation thermiques	60
3.2.	Les facteurs architecturaux influençant le confort thermique à l'intérieur du bâtiment	60
3.2.1.	Les facteurs intrinsèques	61
3.2.2.	Les facteurs extrinsèques	63
4.	Confort thermique en climat chaud et aride	66
4.1.	Confort thermique et climat	66
4.2.	Caractérisation du confort thermique en climat saharien (chaud et aride).....	67
4.2.1.	Les caractéristiques des facteurs climatiques en climat chaud et aride)	68
4.2.2.	Les mesures de protections de confort thermique dans ce climat pénible (Chaud et aride) 72	
5.	Les troubles provoqués par la chaleur.....	76
6.	Conclusion	77

CHAPITRE IV : SUR LE CADRE GEOGRAPHIQUE ET CLIMATIQUE 78

1.	Introduction.....	79
2.	Classification des climats dans le monde.....	80
3.	Climat chaud et aride	80
3.1.	Signification de l'aridité	80
3.2.	Caractéristiques du climat chaud et aride.....	80
4.	A propos du climat en Algérie	81
4.1.	L'Algérie, un pays très riche	81
4.2.	Un climat varié.....	81
5.	La spécificité climatique du Biskra.....	83
5.1.	Biskra	83
5.2.	Climat.....	84
5.3.	Analyse et interprétation des données climatiques	84
5.3.1.	Température	85
5.3.2.	Humidité et précipitation.....	87
5.3.3.	Vents.....	87
5.3.4.	Ensoleillement et potentiel solaire	87
5.4.	Analyse bioclimatique du Biskra	88
5.4.1.	Les données climatiques de la ville de Biskra en 2018.....	88

5.4.2. Digramme de Givoni.....	89
5.4.3. Méthode de Mahoney.....	90
5.5. Synthèse de l'analyse bioclimatique	91
6. Conclusion	91

CHAPITRE V : SUR LE CORPUS D'ETUDE 92

1. Introduction.....	93
2. Architecture des bâtiments de santé et les usagers	94
2.1. Evolution typologique de l'architecture hospitalière	94
2.2. La complexité dans l'architecture hospitalière	97
2.3. Malade, patient, usager, quelle appellation ?	98
2.4. Définition et évolution typologique des chambres de malades à l'hôpital	98
2.5. Quelle configuration des chambres ?	102
2.6. Normes et standards pour la conception des chambres de malades	107
2.6.1. Les principaux types des chambres de malades	108
2.6.2. Les composants de la chambre des malades	109
3. Confort thermique estivale et climatisation à l'hôpital.....	112
3.1. Les seuils du confort thermique estival dans les chambres d'hôpital	112
3.2. Normes et réglementations internationales	113
3.3. Normes et réglementations nationales.....	114
3.4. La climatisation dans les établissements de santé	114
3.5. Incidence de la climatisation sur la santé des patients	115
3.6. Par rapport aux effets sur l'environnement.....	116
3.7. Eléments de la réglementation relative à la température de confort, la ventilation et la climatisation.....	116
4. Conclusion	117

PARTIE PRATIQUE: EXPERIMENTATION ET SIMULATION

CHAPITRE VI : EQUETE IN SITU 120

1. Introduction.....	121
2. Etat de l'art.....	122
2.1. L'enquête in situ dans la recherche qualitative entre dire et agir	122
2.2. Recensement en bref : l'enquête in situ dans les recherches du confort thermique	123

2.3. Les différents types d'enquêtes utilisées dans les recherches de confort thermique	124
2.4. Classification des enquêtes in situ.....	124
2.4.1. Classification selon le mode d'échantillonnage	124
2.4.2. Classification selon l'étendue et la précision de mesures réalisées	125
2.5. Positionnement épistémologique.....	125
3. Investigation in situ sur les ambiances du confort thermique dans les chambres des malades à l'hôpital (Méthode et déroulement de l'enquête).....	127
3.1. Enquête sociologique auprès des médecins	127
3.2. L'univers de l'enquête et la population enquêtée (l'échantillon).....	128
3.3. Présentation des cas d'étude.....	129
3.3.1. Maternité	129
3.3.2. Service pneumologie	130
3.4. Période de l'enquête et climatologie	130
3.4.1. Méthode de design-day	130
3.4.2. Application de la méthode.....	131
3.5. Enquête de satisfaction auprès des patients.....	133
3.6. Protocole de l'enquête	133
3.6.1. Approche communicative	133
3.6.2. Approche observationnelle.....	136
3.6.2.1. Les observations	138
3.6.2.2. Les entrevues	138
3.7. La synchronisation de l'expérimentation	138
3.8. Préparation des données	139
4. Analyse et interprétation	139
4.1. Quantification de l'ambiance thermique par mesures physiques.....	140
4.2. Comparaison entre les mesures relevées et les normes internationales	144
4.3. Ambiance et paramètres général du confort thermique	146
4.3.1. Evaluation personnelle du climat général : Analyses des questionnaires	146
4.4. Evaluation personnelle du climat général : Analyses des observations et des entrevues ...	158
4.4.1. Notion de comportement.....	158
4.4.2. Analyse de comportements par observation des actions	158
4.5. Confort thermique adaptatif	171

5. Conclusion	172
CHAPITRE VII : ETUDE DES LIAISONS ENTRE LES VARIABLES	174
1. Introduction.....	175
2. Etude qualitative des échelles de vôtés de l’ambiance thermique	176
2.1. Les relations entre les échelles du confort thermique	176
2.2. Relations entre les vôtés et l’ambiance thermique	178
3. Etude des relations entre le perçu et le prévu.....	181
4. Etude de l’indice PMV.....	182
5. Les paramètres non thermiques.....	184
5.1. La configuration spatiale	184
5.2. Le control individualisé.....	185
5.3. Les ajustements personnels	189
5.4. Le sexe, l’âge, l’activité et l’état pathologique	189
6. Conclusion	190
CHAPITRE VIII: VALIDATION DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION	192
1. Introduction.....	193
2. À propos de la simulation	194
2.1. La simulation thermique dynamique.....	194
2.1.1. Concept de base.....	194
2.1.2. Principe.....	194
2.1.3. Les applications et les objectifs de la STD	194
2.1.3. Les limites de la STD.....	195
2.2. La simulation thermique comportementale	196
2.3. Logiciels de simulation thermique du bâtiment	196
2.3.1. Pléiades + Comfie	197
2.3.2. ArchiWIZARD.....	199
2.3.3. DesignBuilder.....	201
2.3.4. TRNsys Simulation Studio.....	202
3. Protocole de la simulation.....	205
3.1. Objectif de la simulation	205
3.2. TRNsys : critères de choix	205

3.3. Période de la simulation et climatologie	206
3.4. Modélisation géométrique	206
3.4.1. Modèle de la maternité	206
3.4.2. Modèle du service de pneumologie- hôpital Hakim Saadane	212
3.5. Définition des entrées et génération des fichiers de simulation (Inputs)	218
3.5.1. Composition des parois	220
3.6. Définitions des outputs	234
4. Interprétation des résultats	235
4.1. Réglage et paramètres	235
4.2. Résultats	238
4.2.1. Résultats de la maternité	238
4.2.2. Résultats du service de pneumo	246
5. Conclusion	254

CONCLUSION GENERALE 255

Conclusion générale	256
1. Résultats de la recherche	256
1.1. Résultats de l'étude qualitative	257
1.2. Résultats de l'étude observationnelle	257
1.3. Résultats de l'étude quantitative	258
1.4. Résultats de l'étude comparative	258
1.5. Résultats de la simulation	259
2. Limites de la recherche	259
2.1. La complexité de l'enquête par questionnaire	260
2.2. La synchronisation de l'enquête	260
2.3. La complexité dans les observations et les entrevues	260
3. Recommandations	261
3.1. Démarches pour améliorer le confort thermique d'été dans les bâtiments existants	261
3.2. Démarches pour améliorer le confort thermique d'été dans les bâtiments neufs	262
4. Perceptives et pistes de recherches à développer	262

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE 264

Annexes	277
Annexe I.....	278
Annexe II.....	278
Annexe III	285
Annexe IV.....	289
Annexe V.....	296
Annexe VI.....	298

Liste des figures

Chapitre I

Figure I. 1. Température opérative optimale pour l'été et l'hiver	20
---	----

Chapitre II

Figure II. 1. Éléments constitutifs des ambiances. Source : Hégron et Torgue 2010	29
Figure II. 2. Structure des renvois analogique et place de l'ambiance. Source : Augoyard	30
Figure II. 3. Un modèle de thermorégulation dans le corps humain. Source : Kenney, 2011.....	33

Chapitre III

Figure III. 1. Thermorégulation végétative, comportementale et technique.....	44
Figure III. 2. Les modèles simples du comportement thermique des vêtements. Modèle à un seul paramètre : l'isolement thermique. Parsons, 2003. Source : Moujalled .B, 2007.	46
Figure III. 3. Les modèles simples du comportement thermique des vêtements. Modèle à deux paramètres : l'isolement thermique et la résistance à l'évaporation. Parsons, 2003. Source : Moujalled .B, 2007.....	46
Figure III. 4. Exemple d'un échange des données thermiques entre un mannequin "Newton" et Le logiciel "ManikinPC".....	51
Figure III. 5. Ancien mannequin en cuivre utilisé pour la mesure des propriétés thermo-physiologiques des ensembles de vêtements prêt-à-porter.....	51
Figure III. 6. Coefficient de forme « Cf » pour différentes morphologies de bâtiments. Source : Tiberiu, 2008	61
Figure III. 7. Schéma représentatif des facteurs ayant un impact sur le confort thermique. Source : auteur..	65
Figure III. 8. Répartition énergétique des longueurs d'ondes du rayonnement électromagnétique.	68
Figure III. 9. Le spectre lumineux	69
Figure III. 10. L'absorption, la réflexion et la diffusion de la radiation solaire par.....	69
Figure III. 11. Diagramme psychrométrique montrant l'importance de l'humidité dans la détermination des limites et zones de Confort thermique. Source : (DAOUD 2006).....	71
Figure III. 12. Impact de la forme, la taille et la proximité d'autres volumes sur la compacité de formes simples. Source : (Liébard et De Herdel 2005)	73
Figure III. 13. Les trois types de ventilation. a : par effet de cheminée, b : transversale, c : hybride.....	75
Figure III. 14. Refroidissement par technique des puits canadien.....	75
Figure III. 15. Refroidissement par technique adiabatique	75
Figure III. 16. Disposition conseillée des pièces. Source : Salomon et Bedel 1999	76

Chapitre IV

Figure IV. 1. Situation de l'Algérie	81
Figure IV. 2. Zones climatiques d'hiver.....	82
Figure IV. 3. Zones climatiques d'été.....	83
Figure IV. 4. La ville de Biskra.....	83
Figure IV. 5. Situation de la ville de Biskra.....	83
Figure IV. 6. Données météorologiques mensuelles de Biskra pendant la période 2000-2015, tirée d'info climat (station météorologique de Biskra).....	85

Figure IV. 7. Données météorologiques de température mensuelles de Biskra pendant la période 2000-2015, tirée d'info climat (station météorologique de Biskra).....	86
Figure IV. 8. Données météorologiques de précipitation mensuelles de Biskra pendant la période 2000-2015, tirée d'info climat (station météorologique de Biskra).....	86
Figure IV. 9. Données météorologiques de précipitation de Biskra pendant la période 2000-2015, tirée d'info climat (station météorologique de Biskra).....	87
Figure IV. 10. Données climatiques de Biskra en 2018. Source : https://fr.meteovista.be	88
Figure IV. 11. Données climatiques de Biskra en 2018. Source : https://fr.meteovista.be	88
Figure IV. 12. Données climatiques de Biskra en 2018. Source : https://fr.meteovista.be	89

Chapitre V

Figure V. 1. Vu en plan de l'hôpital L'Asclépieion de l'Epidaure. Source : Revue de l'architecture d'aujourd'hui N°150.....	94
Figure V. 2. Antique centre grec de traitement	94
Figure V. 3. Vu en plan d'un espace de traitement intégré dans un monastère. Source : Revue de l'architecture.....	94
Figure V. 4. Vu en plan d'Abbye de Saint Gall.....	94
Figure V. 5. Vu en plan du complexe mosquée-hôpital turquie Kulliye d'Edirne. Source : Revue de l'architecture d'aujourd'hui N°150.....	95
Figure V. 6. Le complexe mosquée-hôpital turquie Kulliye d'Edirne construit par Bayazid II.....	95
Figure V. 7. Hopital Saint Louis de Paris. Source, Tenon, Mémoires sur les hôpitaux de Paris, 1788	95
Figure V. 8. Hôpital Edouard-Herriot - Plan d'ensemble. Source : d'après le plan général de la ville de Lyon.	96
Figure V. 9. Hôpital Edouard Herriot, Lyon.....	96
Figure V. 10. Hôpital Boucicaut 1897, conçu par les architectes Legros, père et fils.	96
Figure V. 11. Gravure. Salle de malades de l'hôtel-Dieu au XVIe siècle. Source : Fernand, Catherine. 2000 ..	99
Figure V. 12. Salle de malades lors de l'épidémie de Choléra en 1832	99
Figure V. 13. Salle de malades individuelle dans la maison hospitalière Le Sanatorium de Saint-Feyre. 1906	100
Figure V. 14. Le bâtiment principal de la Maison Hospitalière, 822 Barracks St. 1900	100
Figure V. 15. Le Palais réquisitionné en salle	100
Figure V. 16. Salle des Gardes au Palais.	100
Figure V. 17. Plan de RDC d'hôpital Edouard Herriot (1912).....	101
Figure V. 18. Exemple montrant la distribution et la configuration des salles des malades dans l'hôpital de type bloc.....	101
Figure V. 19. Plan représentatif d'une chambre de malades proposé par Isadore Roenfield. 1952	103
Figure V. 20. Plan représentatif d'une chambre de malades privée proposé par Erikson. 1951	103
Figure V. 21. Plan de 2eme étage d'hôpital woodland memorial. Exemple représentatif de la chambre double	104
Figure V. 22. Regroupement des chambres des malades dans le plan d'hôpital Somerville (1974-1977).	104
Figure V. 23. Regroupement des chambres des malades dans le plan d'hôpital Bezirksspital (1981-1988) de Schwarzenburg, Switzerland.....	105
Figure V. 24. Concept de la chambre en forme de coin dans le plan prototype proposé par Hartman and Malino.	105
Figure V. 25. Les chambres de Charles Canu au centre hospitalier à vire en France (1991-1994).	106
Figure V. 26. Les différents plans d'l'hôpital Hermann de Houston (1995-1997).	106

Figure V. 27. Chambre individuelle.....	108
Figure V. 28. Chambre de 3 et chambre de 6 lits.....	108
Figure V. 29. Chambre à deux lits.....	108
Figure V. 30. Chambre à quatre lits.....	108
Figure V. 31. Chambre à deux lits avec sanitaire (a gauche) ; chambre individuelle avec sanitaire (a droite).	108
Figure V. 32. Chambre à deux lits avec sanitaire et bureau de control.....	108
Figure V. 33. Chambre à trois lits avec sanitaire.....	108
Figure V. 34. . Chambre individuelle avec sanitaire.....	109
Figure V. 35. Chambre à deux lits avec sanitaire.....	109
Figure V. 36. Chambre à quatre lits avec sanitaire.....	109
Figure V. 37. Trois types de chambre individuelle spacieuse avec sanitaire.....	109
Figure V. 38. Plan type d'une chambre des malades avec équipement.....	110
Figure V. 39. Exemples de la disposition 1.....	110
Figure V. 40. Exemples de la disposition 2.....	111
Figure V. 41. Exemples de la disposition 3.....	111

Chapitre VI

Figure VI. 1. Principe de sélection de l'échantillon.....	127
Figure VI. 2. Résultats de l'enquête sociologique avec les médecins concernant les catégories des patients les plus sensibles à l'ambiance thermique.....	128
Figure VI. 3. Plan et coupes de l'établissement hospitalier spécialisé en gynécologie obstétrique, pédiatrie et chirurgie pédiatrique de Biskra.....	129
Figure VI. 4. Vues et situation de l'établissement hospitalier spécialisé en gynécologie obstétrique, pédiatrie et chirurgie pédiatrique de Biskra.....	129
Figure VI. 5. Plan, coupes, situation et vue d'hôpital Hakim Saadane de Biskra, service pneumologie.....	130
Figure VI. 6. Shéma représentant la moyenne des températures de juin à Biskra pendant la période 2000-2015.....	131
Figure VI. 7. Shéma représentant la moyenne des températures de juillet à Biskra pendant la période 2000-2015.....	131
Figure VI. 8. Shéma représentant la moyenne des températures de juillet à Biskra pendant la période 2000-2015.....	132
Figure VI. 9. Shéma représentatif de la période la plus chaude à Bisra selon les résultats de la dernière quinze années.....	132
Figure VI. 10. La prise des mesures à l'aide de l'appareil Testo 480.....	135
Figure VI. 11. Appareil de mesures Testo 480.....	135
Figure VI. 12. Les différentes sondes.....	135
Figure VI. 13. Variations de températures ambiantes mesurées à l'aide de Testo 480.....	140
Figure VI. 14. Variations de températures ambiantes mesurées à l'aide de Testo 480 Chambres Ouest.....	141
Figure VI. 15. Variations de températures ambiantes mesurées à l'aide de Testo 480. Chambres Est.....	141
Figure VI. 16. Variations de températures ambiantes mesurées à l'aide de Testo 480. Chambres Ouest.....	142
Figure VI. 17. Mesures in situ de la moyenne d'humidité relative de la période du 07/07/2016 – 29/07/2016	143

Figure VI. 18. Mesures in situ de la moyenne d'humidité relative de la période du 08/07/2016 – 30/07/2016	143
Figure VI. 19. Mesures in situ de la vitesse de l'air de la période du 07/07/2016 – 29/07/2016	144
Figure VI. 20. Mesures in situ de la vitesse de l'air de la période du 08/07/2016 – 30/07/2016	144
Figure VI. 21. Schéma représentatif des températures ambiantes dans les chambres sans climatisation ...	145
Figure VI. 22. Schéma représentatif des températures ambiantes dans les chambres avec climatisation....	145
Figure VI. 23. Evaluation personnelle de la température dans les chambres est de la maternité pendant la période matinale (conditions naturelles sans climatisation)	146
Figure VI. 24. . Evaluation personnelle de la température dans les chambres ouest de la maternité pendant la période matinale (conditions naturelles sans climatisation)	146
Figure VI. 25. Evaluation personnelle de la température dans les chambres est de la maternité pendant les périodes après-midi et nuit (conditions avec climatisation)	146
Figure VI. 26. Evaluation personnelle de la température dans les chambres ouest de la maternité pendant les périodes après-midi et nuit (conditions avec climatisation)	147
Figure VI. 27. Evaluation personnelle de la température dans les chambres est du service pneumologie pendant la période matinale (conditions naturelles sans climatisation).....	147
Figure VI. 28. Evaluation personnelle de la température dans les chambres est du service pneumologie pendant la période matinale (conditions naturelles sans climatisation).....	147
Figure VI. 29. Evaluation personnelle de la température dans les chambres est de la maternité pendant les périodes après-midi et nuit (conditions avec climatisation)	147
Figure VI. 30. Evaluation personnelle de la température dans les chambres ouest de la maternité pendant les périodes après-midi et nuit (conditions avec climatisation)	148
Figure VI. 31. Votes de préférences /votes de satisfaction en ce qui concerne la température ambiante dans les chambres est et ouest de la maternité pendant la période matinale (conditions sans climatisation)	148
Figure VI. 32. Votes de préférences /votes de satisfaction en ce qui concerne la température ambiante dans les chambres est de la maternité pendant la période matinale (conditions avec climatisation).....	149
Figure VI. 33. Votes de préférences /votes de satisfaction en ce qui concerne la température ambiante dans les chambres ouest de la maternité pendant la période matinale (conditions avec climatisation)	149
Figure VI. 34. Votes de préférences /votes de satisfaction en ce qui concerne la température ambiante dans les chambres est et ouest du service pneumologie pendant la période matinale (conditions sans climatisation)	150
Figure VI. 35. Votes de préférences /votes de satisfaction en ce qui concerne la température ambiante dans les chambres est du service pneumologie pendant la période matinale (conditions avec climatisation)	150
Figure VI. 36. Votes de préférences /votes de satisfaction en ce qui concerne la température ambiante dans les chambres ouest du service pneumologie pendant la période matinale (conditions avec climatisation)	150
Figure VI. 37. Evaluation personnelle de la vitesse de l'air dans les chambres est du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie).....	151
Figure VI. 38. Evaluation personnelle de la vitesse de l'air dans les chambres ouest du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie).....	151
Figure VI. 39. Evaluation personnelle de la vitesse de l'air dans les chambres est du service pneumologie à hôpital Hakim Saadane	152
Figure VI. 40. Evaluation personnelle de la vitesse de l'air dans les chambres ouest du service pneumologie à hôpital Hakim Saadane.....	152
Figure VI. 41. Evaluation personnelle d'humidité relative dans les chambres est du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie).....	153

Figure VI. 42. Evaluation personnelle d'humidité relative dans les chambres ouest du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie).....	154
Figure VI. 43. Evaluation personnelle d'humidité relative dans les chambres est du service pneumologie à hôpital Hakim Saadane.....	154
Figure VI. 44. Evaluation personnelle d'humidité relative dans les chambres ouest du service pneumologie à hôpital Hakim Saadane.....	155
Figure VI. 45. Evaluation personnelle de la qualité de l'air dans les chambres est du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie).....	156
Figure VI. 46. Evaluation personnelle de la qualité de l'air dans les chambres ouest du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie).....	156
Figure VI. 47. Evaluation personnelle de la qualité de l'air dans les chambres est du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie).....	157
Figure VI. 48. Evaluation personnelle de la qualité de l'air dans les chambres ouest du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie).....	157
Figure VI. 49. Principe de l'approche adoptée pour l'analyse des comportements	159
Figure VI. 50. Evaluation personnelle du courant d'air dans les chambres est du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie).....	161
Figure VI. 51. Evaluation personnelle du courant d'air dans les chambres ouest du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie).....	161
Figure VI. 52. Degrés d'importances des paramètres de l'ambiance thermique, lumineuse et acoustique d'après les sujets dans les chambres du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie).....	161
Figure VI. 53. Degrés d'importances des paramètres de la forme et de l'espace d'après les sujets dans les chambres du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie).....	161
Figure VI. 54. Degrés d'importances des paramètres de l'ambiance thermique, lumineuse et acoustique d'après les sujets dans les chambres du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie).....	163
Figure VI. 55. Degrés d'importances des paramètres de l'ambiance thermique, lumineuse et acoustique d'après les sujets dans les chambres du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie).....	163
Figure VI. 56. Evaluation personnelle de l'exposition au soleil et la pénétration de la lumière naturelle d'après les sujets dans les chambres du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie).....	165
Figure VI. 57. Evaluation personnelle de la position des ouvertures d'après les sujets dans les chambres du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie).....	165
Figure VI. 58. Degrés d'importances des paramètres de l'ambiance thermique, lumineuse et acoustique d'après les sujets dans les chambres de Hakim Saadane (Service de pneumologie)	166
Figure VI. 59. Degrés d'importances des paramètres de l'ambiance thermique, lumineuse et acoustique d'après les sujets dans les chambres de Hakim Saadane (Service de pneumologie)	166
Figure VI. 60. Evaluation personnelle du fonctionnement de la climatisation d'après les sujets dans les chambres du service maternité.....	166
Figure VI. 61. Evaluation personnelle du fonctionnement de la climatisation d'après les sujets dans les chambres de Hakim Saadane (Service de pneumologie)	166
Figure VI. 62. Possibilité de control individualisé des différents éléments dans les chambres du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie)	167
Figure VI. 63. Les résultats possibles des modifications apportées par les sujets du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie).....	168
Figure VI. 64. Possibilité de control individualisé des différents éléments dans les chambres de Hakim Saadane (Service de pneumologie)	168

Figure VI. 65. Les résultats possibles des modifications apportées par les sujets de Hakim Saadane (Service de pneumologie)	169
Figure VI. 66. Valeurs de PMV calculés pour les sujets de la maternité (Service de chirurgie obstétrique et de pédiatrie)	171
Figure VI. 67. Valeurs de PMV calculés pour les sujets de Hakim Saadane (Service de pneumologie)	172

Chapitre VII

Figure VII. 1. Relation entre les échelles du confort thermique dans le bâtiment neuf (service de chirurgie obstétrique de la maternité)	176
Figure VII. 2. Relation entre les échelles du confort thermique dans le bâtiment ancien (service pneumologie à Hôpital Hakim Saadane).	178
Figure VII. 3. Résultat de la régression linéaire des votes de sensations sur la température opérative T_o (°C)	179
Figure VII. 4. Pourcentage de satisfaction thermique (ST) en fonction de la température opérative (T_o)	180
Figure VII. 5. Comparaison entre la sensation (perçue) et l'indice PMV (prévu) en fonction de la température opérative dans les conditions de climatisation.....	181
Figure VII. 6. Comparaison entre la sensation (perçue) et l'indice PMV (prévue) en fonction de la température opérative dans les conditions naturelles.....	182
Figure VII. 7. Résultat de la régression logistique de l'indice PMV sur la température opérative T_o (°C).	183
Figure VII. 8. Résultat de la régression logistique de l'indice PMV sur la température opérative T_o (°C).	183
Figure VII. 9. Pourcentage de la satisfaction vis-à-vis la température ambiante dans les deux types de chambre.....	184
Figure VII. 10. Résultats des régressions logistiques dans le bâtiment ancien.....	188
Figure VII. 11. Distribution des votes des hommes et des femmes concernant leurs sensations thermiques.	190

Chapitre VIII

Figure VIII. 1. Saisie graphique par niveau- Pléiades + Comfie.....	197
Figure VIII. 2. Visualisation en 3D- Pléiades + Comfie.....	197
Figure VIII. 3. Importation de la maquette numérique à partir du SketchUp	199
Figure VIII. 4. Interface 3D- DesignBuilder	201
Figure VIII. 5. Rendu 3D réaliste et visitable- DesignBuilder	201
Figure VIII. 6. Importation du fichier .idf de la 3D à partir du SketchUp	203
Figure VIII. 7. Plan RDC du service maternité	206
Figure VIII. 8. Détail d'une chambre au service de la maternité.....	206
Figure VIII. 9. Coupe de la maternité	206
Figure VIII. 10. Vue générale (extérieure) du modèle de la maternité surSketchUpmaternité	207
Figure VIII. 11. Modèle virtuel d'un secteur composé de 8 chambres (zones) du service maternité	207
Figure VIII. 12. Modélisation d'une chambre (zone)	208
Figure VIII. 13. Ensemble des chambres (zones).....	208
Figure VIII. 14. Modélisation des protections solaires.....	209
Figure VIII. 15. Définir les parois intérieures	209
Figure VIII. 16. Définir les types des portes	210
Figure VIII. 17. Définir les cloisons adjacentes.....	210
Figure VIII. 18. Définir les murs extérieurs	211

Figure VIII. 19. Nomination des zones (chambres).....	211
Figure VIII. 20. Organization des zones selon SketchUp	212
Figure VIII. 21. Plan RDC du service pneumologie.....	212
Figure VIII. 22. Coupe d'une chambre du service pneumologie	212
Figure VIII. 23. Chambre typique du service pneumologie	212
Figure VIII. 24. Vue générale (extérieure) du modèle de service pneumologie sur SketchUp.....	213
Figure VIII. 25. Modèle virtuel d'un secteur composé de 8 chambres (zones) du service pneumologie	213
Figure VIII. 26. Modélisation d'une chambre (zone)	214
Figure VIII. 27. Modélisation des protections solaires.....	214
Figure VIII. 28. Modélisation des protections solaires (les pérgolas).....	215
Figure VIII. 29. Définition de parois intérieures	215
Figure VIII. 30. Définition des types des parois.....	216
Figure VIII. 31. Définition des cloisons adjacentes	216
Figure VIII. 32. Définition des murs extérieurs	217
Figure VIII. 33. Nomination et organisation des chambres (zones)	217
Figure VIII. 34. Enregistrement des données sous format idf	218
Figure VIII. 35. Interface du "Trnsys simulation Studio"	218
Figure VIII. 36. Intégration du fichier climatique	219
Figure VIII. 37. Passage au "TRNBuild".....	219
Figure VIII. 38. Les différentes grandeurs acquises à TRNBuild.....	220
Figure VIII. 39. Définition des différentes couches des murs extérieurs.....	221
Figure VIII. 40. Les couches des murs adjacents	222
Figure VIII. 41. Les couches des murs cloisons.....	223
Figure VIII. 42. Les couches du sol.....	224
Figure VIII. 43. Les couches du plafond.....	224
Figure VIII. 44. Les couches des murs extérieurs.....	225
Figure VIII. 45. Les couches des murs adjacents	226
Figure VIII. 46. Les couches des murs cloisons.....	227
Figure VIII. 47. Les couches du sol.....	227
Figure VIII. 48. Les couches du plafond.....	228
Figure VIII. 49. Les paramétrés des fenêtres	229
Figure VIII. 50. Les paramétrés des fenêtres 1.....	230
Figure VIII. 51. Les paramétrés des fenêtres 2.....	230
Figure VIII. 52. Définition des infiltrations.....	231
Figure VIII. 53. Définition des infiltrations.....	231
Figure VIII. 54. Définition des facteurs du confort	232
Figure VIII. 55. Représentation des propriétés des zones.....	232
Figure VIII. 56. Photos réalistes montrant les distributions des lampes dans les chambres de la maternité.	233
Figure VIII. 57. Paramètres de l'occupation et de l'équipement dans les chambres de la maternité	233
Figure VIII. 58. Photos réalistes montrant les distributions des lampes sur les murs dans une chambre au service pneumo.....	234
Figure VIII. 59. Paramètres de l'occupation et de l'équipement dans les chambres du service pneumo.....	234
Figure VIII. 60. Les outputs de la simulation.....	235
Figure VIII. 61. Interface Trnsys simulation studio	235
Figure VIII. 62. La liaison entre les outputs et les axes.....	236

Figure VIII. 63. La liaison entre les données dimatiques et les axes	236
Figure VIII. 64. Paramètres et réglages des axes.....	237
Figure VIII. 65. Définition de la période de simulation	237
Figure VIII. 66. Les chambres choisies pour la simulation.....	238
Figure VIII. 67. Variations de la température ambiante par rapport à la température extérieure du mois de juillet dans la chambre 01 (orientation Est)	238
Figure VIII. 68. Variations de la température ambiante par rapport à la température extérieure du mois de juillet dans la chambre 03 (orientation Est)	239
Figure VIII. 69. Variations de la température ambiante par rapport à la température extérieure du mois de juillet dans la chambre 02 (orientation Ouest).....	240
Figure VIII. 70. Variations de la température ambiante par rapport à la température extérieure du mois de juillet dans la chambre 04 (orientation Ouest).....	241
Figure VIII. 71. Résultats du PMV dans la chambre 01 (orientation Est)	242
Figure VIII. 72. Résultats du PMV dans la chambre 03 (orientation Est)	243
Figure VIII. 73. Résultats du PMV dans la chambre 02 (orientation Ouest).....	244
Figure VIII. 74. Résultats du PMV dans la chambre 04 (orientation Ouest).....	245
Figure VIII. 75. Les chambres choisies pour la simulation.....	246
Figure VIII. 76. Variations de la température ambiante par rapport à la température extérieure du mois de juillet dans la chambre 01 (orientation Est)	246
Figure VIII. 77. Variations de la température ambiante par rapport à la température extérieure du mois de juillet dans la chambre 03 (orientation Est)	247
Figure VIII. 78. Variations de la température ambiante par rapport à la température extérieure du mois de juillet dans la chambre 02 (orientation Ouest).....	248
Figure VIII. 79. Variations de la température ambiante par rapport à la température extérieure du mois de juillet dans la chambre 04 (orientation Ouest).....	249
Figure VIII. 80. Résultats du PMV dans la chambre 01 (orientation Est)	250
Figure VIII. 81. Résultats du PMV dans la chambre 02 (orientation ouest)	251
Figure VIII. 82. Résultats du PMV dans la chambre 03 (orientation est)	252
Figure VIII. 83. Les valeurs de PMV par rapport aux variations de la température ambiante de la chambre 03	253
Figure VIII. 84. Résultats du PMV dans la chambre 04 (orientation ouest)	253

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I. 1. Les conditions de température, humidité et changement d'air dans les salles de chirurgie.....	17
---	----

Chapitre III

Tableau III. 1. Référence aux valeurs d'isolation thermique des vêtements. Source: ISO 9920	47
Tableau III. 2. Echelles d'évaluation de la sensation thermique, de la satisfaction et des préférences. Source Moujalled .B, 2007. P : 37 et 40	49
Tableau III. 3. Liste des normes ISO qui traitent les ambiances thermiques. Source (Parsons K. , 2014), Réadapté par l'auteur.....	55

Chapitre V

Tableau V. 1. Evolution de la typologie hospitalière. Source : Jacques Lévy-Bencheton.....	102
--	-----

Chapitre VI

Tableau VI. 1. Tableau d'observations et d'analyse de comportement des sujets de la maternité (Service de chirurgie obstétrique et de pédiatrie) pendant la période matinale	160
Tableau VI. 2. Tableau d'observations et d'analyse de comportement des sujets de Hakim Saadane (Service de pneumologie) pendant la période matinale	162
Tableau VI. 3. Degrés d'importances des paramètres de l'ambiance thermique, lumineuse et acoustique d'après les sujets dans les chambres du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie).....	164
Tableau VI. 4. Tableau d'observations et d'analyse de comportement des sujets de Hakim Saadane (Service de pneumologie) l'après-midi.....	165
Tableau VI. 5. Tableau d'observations et d'analyse de comportement des sujets de la maternité (Service de chirurgie obstétrique et de pédiatrie) pendant la nuit.....	170
Tableau VI. 6. Tableau d'observations et d'analyse de comportement des sujets de Hakim Saadane (Service de pneumologie) pendant la nuit.....	170

Chapitre VII

Tableau VII. 1. Résultats des régressions logistiques dans le bâtiment neuf.....	186
Tableau VII. 2. Résultats des régressions logistiques dans le bâtiment ancien.....	187

Chapitre VIII

Tableau VIII. 1. Fiche technique du logiciel Pléiades + Comfie	198
Tableau VIII. 2. Fiche technique du logiciel ArchiWIZARD.....	200
Tableau VIII. 3. Fiche technique du logiciel- DesignBuilder.....	202
Tableau VIII. 4. Fiche technique du logiciel TRNsys.....	204
Tableau VIII. 5. Propriétés physiques et thermiques des couches des murs extérieurs.....	221
Tableau VIII. 6. Les couches des murs extérieurs	222
Tableau VIII. 7. Propriétés physiques et thermiques des couches des murs cloisons.....	223
Tableau VIII. 8. Propriétés physiques et thermiques des couches du sol	223
Tableau VIII. 9. Propriétés physiques et thermiques des couches du plafond	224
Tableau VIII. 10. Propriétés physiques et thermiques des couches des murs extérieurs.....	225

Tableau VIII. 11. Propriétés physiques et thermiques des couches des murs adjacents	226
Tableau VIII. 12. Propriétés physiques et thermiques des couches des murs cloisons.....	226
Tableau VIII. 13. Propriétés physiques et thermiques des couches du sol	227
Tableau VIII. 14. Propriétés physiques et thermiques des couches du plafond	228
Tableau VIII. 15. Propriétés des Fenêtres.....	229
Tableau VIII. 16. Propriétés des Fenêtres (EXT_WINDOW2).....	229
Tableau VIII. 17. Tableau_ Rest of heat gains from occupants of conditioned spaces - ISO 7730.....	233

Nomenclature

- **Abréviation :**

ASHRAE : American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

ISO : Organisation internationale de normalisation

AFNOR : Association française de normalisation

Cf : Coefficient de forme.

Ext. : Extérieur.

HR : L'humidité relative de l'air.

Max. : Maximum.

Min. : Minimum.

PMV: Predicted Mean Vote (en français Vote Moyen Prévisible).

PPD : Predicted Percentage Dissatisfied (en français Pourcentage Prévisible d'Insatisfaits).

S : station de mesures

P : point de mesures

M : Le métabolisme (w/m^2).

Pc : La capacité thermique ($w/m^3.k$).

R : La résistance thermique ($m^2.k/w$).

S : La surface (m^2).

Ta : La température ambiante de l'air ($^{\circ}C$).

Text : Température extérieur ($^{\circ}C$)

Tp : La température des parois ($^{\circ}C$).

Trs : Température résultante sèche ($^{\circ}C$).

U : Le coefficient de transmission surfacique ($w/ m^2.k$).

Va : La vitesse de l'air (m/s).

To : Température opérative ($^{\circ}C$)

Ch EST : Chambre Est

Ch Ouest : Chambre Ouest

ST : Sensations thermiques

At : Acceptabilité thermique

Tneut : Température de neutralité



INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

1. Contexte et enjeux

L'hôpital, lieu de naissance, de guérison, de sécurité, de bien être et de confort. L'un des infrastructures du pays les plus fondamentaux, conçu et construit pour répondre à l'exigence requise concernant tout ce qui convient aux patients.

Revenons à l'histoire, il est évident que l'architecture hospitalière a prit une position assez importante à travers des siècles. Dans le monde islamique comme au monde occidental, l'hôpital est émergé dans ses premières formes comme espace intégré dans les lieux de culte tellement il était sacré dans les visions sociales. Ensuite, l'architecture des lieux hospitaliers a connu des mutations multiples suivant les développements scientifiques, culturels et industriels, jusqu'à qu'il est devenu un espace conçu non seulement pour la guérison mais aussi pour la détente et le confort.

Alors que, dans les pays en développement comme en Algérie, l'architecture hospitalière n'a jamais eu de l'importance particulière. A chaque fois les autorités lancent des centaines de chantiers de construction de plusieurs hôpitaux à travers le pays pour objectif d'accueillir un nombre beaucoup plus important de patients ; seulement le nombre, la modernité, et la durée d'exécution qui sont pris en premières considérations. Et bien que le nombre augmente jour après jour, et les techniques de construction se développent respectivement, la qualité de ces espaces malheureusement se dégrade de plus en plus.

La qualité des hôpitaux nationaux semble à être catastrophique. Nombreux sont les malades que nous avons perdu dans ces conditions régressives, à cause d'une mauvaise prise en charge, ou plusieurs autres raisons. Mais avant de se pencher aux méfaits médicaux et aux démerites professionnels, il faut mettre en évidence l'espace qui doit être bien qualifié pour accueillir ces personnes sensibles et fragiles. Mais avec un très fort regret, la réalité révèle que ces espaces ne sont pas à la hauteur des bâtiments de santé comme ils devraient être.

De nos jours, les conditions que subissent les patients au sein de nos hôpitaux semblent être affreuses et insupportables. Non seulement la dégradation de la qualité des établissements en l'absence de la maintenance, l'hygiène et l'entretien mais aussi nos patients souffrent d'un froid glaciale en hiver et de la chaleur excessive en été. Le problème se pose à grande échelle et d'une manière assez forte dans le sud-Algérien (Partie oubliée du pays).

Le sud d'Algérie, un vaste territoire connu par des caractéristiques climatiques très rudes qui imposent aux citoyens des conditions de vie assez dures particulièrement en été.

Sans aucun doute les facteurs climatiques ont une influence prépondérante sur le comportement, la santé, la stabilité et la rentabilité des individus. C'est pour ces raisons que les conditions climatiques estivales qui prévalent notre sud Algérien ces dernière décennies ont une influence négative sur les citoyens de ces régions en général et surtout sur les cas particuliers comme la catégorie la plus sensible de la société qui sont "les patients". Alors pire lorsque nous échouons de les protéger contres ces conditions ou de leur assurer au moins un endroit confortable et adaptable à cette dureté climatique.

L'idée de maintenir le confort des patients dans ces environnements sensibles où un contrôle précis de la température est vital, tandis que les températures extérieures augmentent excessivement, peut être difficile mais indispensable. Ceci est considéré l'un des aspects manquant au sein de nos hôpitaux et dans la plupart des cas, il ne fait pas partie des intentions primordiales du concepteur. Et de même au niveau juridique, les bâtiments de santé ne sont malheureusement soumis à aucune exigence réglementaire sur ce plan.

Cette réalité nous amène vers les sujets traitant le confort thermique des patients et c'est dans ce contexte, que nous avons choisi d'aborder la problématique thermique dans les bâtiments de santé en se focalisant sur les hôpitaux nationaux.

2. Développement et originalité

Notre problématique de recherche est abordée dans le contexte où le bâtiment de santé reste le parent pauvre de la recherche actuelle quoi que les conditions d'inconfort thermique que subissent les patients durant leur séjour dans nos hôpitaux restent les problématiques essentielles.

Avec cet esprit, nous avons pensé aux plusieurs causes qui peuvent provoquer le problème d'inconfort thermique et qui peuvent être dû à la mauvaise conception, la mauvaise orientation des chambres, le choix des matériaux de constructions, la configuration architecturale, le dimensionnement et la distribution des ouvertures ou d'autres raisons.

De ce fait notre problématique d'étude cherche à déterminer les facteurs provoquant l'inconfort thermique dans les hôpitaux d'une région choisi pour représenter les caractéristiques climatiques du sud Algérien. La problématique s'est construite en se posant la question préliminaire suivante:

Dans les conditions estivales dures du climat chaud et aride de la ville de Biskra, quels sont les facteurs provoquant l'inconfort thermique dans les hôpitaux de Biskra et quelles stratégies à développer et à adopter pour résoudre ce problème ?

Nous avons commencé par les hôpitaux, puis nous avons choisi de focaliser l'étude sur les chambres des malades. Ce choix tient pour plusieurs raison entre autres parce qu'elles constituent l'espace clé de l'hôpital où le patient séjourne et passe la plupart de son temps. Pratiquement, ce sont des espaces

occupés pendant toute la journée, ce qui donne plus de crédibilité au travail. De plus, le confort thermique constitue un enjeu très important dans ces espaces quoique les hôpitaux algériens souffrent de l'inconfort thermique. Ce problème est plus ressenti dans le sud algérien car la conception des hôpitaux reste une adaptation typologique pure.

Pour atteindre l'objectif qui vise à déterminer les facteurs influençant le confort thermique dans les chambres des malades dans les hôpitaux de notre région, il était sensé de comparer deux bâtiments hospitaliers conçu dans deux périodes de temps différentes, afin de démontrer les facteurs du confort et/ou de l'inconfort dans les deux bâtiments. Aussi bien que cette étude comparative a été menée essentiellement pour déterminer le modèle architectural le plus confortable.

Dans cette optique, et compte tenu de ce qui précède, notre problématique peut se poser autrement comme suivant :

Entre un bâtiment hospitalier ancien et un autre neuf, quel est le plus confortable aux patients sur le plan confort thermique de l'usager, et quels sont les facteurs qui peuvent nuire à ce confort sous les conditions climatiques estivales de la ville de Biskra ?

Sur ce plan, l'hypothèse de départ est de considérer que l'hôpital ancien est le plus convenable avec ses caractéristiques et ses techniques de constructions, il peut assurer au mieux le confort de ses occupants.

D'autre part, pour démontrer les facteurs influençant sur le confort thermique nous ne pouvons jamais être limités juste dans l'étude des facteurs physiques et architecturaux mais il existe aussi d'autres facteurs qui peuvent être exploré à travers les comportements et les aspects psychologiques des individus.

Généralement, l'adoption de la méthode d'instrumentation thermique, les mesures physiques et les relevés in situ, au lieu de sombrer dans des considérations subjectives improbables, donnent un résultat plus précis car elle cible au mieux l'objet de la mesure. Mais, il est intéressant aussi d'examiner les perceptions des sujets et d'explorer leurs sensations et préférences afin de pouvoir aboutir à des recommandations utiles et conformes aux exigences des patients.

3. Méthodologie

D'un point de vue méthodologique, il est clair que pour aller loin dans cette étude qui vise à caractériser le confort thermique dans les chambres des malades à l'hôpital, il est nécessaire de s'orienter vers l'étude in situ et donner la parole aux patients pour qu'ils puissent transmettre la réalité de leurs sensations. C'est la réalité qu'on ne peut jamais découvrir sans resituer " le sujet " dans l'espace étudié avec toutes ses conditions et ses paramètres réels (Eribon 2013).

L'investigation a été initiée sur la base d'une enquête auprès d'un échantillon représentatif des médecins exerçant dans les hôpitaux étudiés. Cette dernière vise à évaluer leurs avis quant à l'ambiance thermique ainsi que sur les catégories des malades les plus sensibles.

Considérant que l'hôpital réunit au même temps plusieurs pôles, services, et unités, on a supposé que les services les plus influencés par l'ambiance thermique se sont :

Pôle Médecine : services de médecine de pneumologie, services de médecine rhumatologie,

Pôle Femme - Mère - Enfant: service de gynécologie-obstétrique et service de pédiatrie-néonatalogie.

Afin de vérifier la validité de l'hypothèse, on a choisi certains indicateurs qui nous mènent sur le bon directif. Le premier indicateurs s'agit de l'astreinte thermique qui varie en fonction de l'élévation de la contrainte thermique environnementale, cet indicateur contient de six sous-indicateurs : - Température profonde du corps - Fréquence cardiaque - Taux de sudation (la sueur)

Les autres indicateurs sont : - La douleur - La bronchite (La toux) - La dyspnée (problème respiratoire liée au cœur/ poumons). Lorsque ces indicateurs changent de la normale, ils indiquent inévitablement que le corps humain a perdu son équilibre thermique.

Une première investigation a permis de sélectionner les services pouvant être considérés comme les plus représentatifs pour l'étude du confort thermique. Ces services sont les suivants:

- Pôle de médecine : services de pneumologie, services de rhumatologie.
- Pôle de femme - mère - enfant: service de gynécologie obstétrique et service de pédiatrie-néonatalogie.

Après avoir sélectionné les services sur lesquels on doit travailler, nous avons choisi de procéder à une enquête transversale de niveau III avec les patients. Ce chevauchement entre les deux types nous permet de couvrir une grande variété des conditions d'ambiance thermique.

Le choix d'une enquête transversale correspond le mieux à notre étude qui traite la problématique du confort thermique avec un échantillon très particulier qui est les patients, avec lesquels nous devons être rapides et succinctes pour éviter tout dérangement et toute perturbation qui peuvent nuire à leurs états psychiques. Avec ce type d'enquête nous aurions la possibilité de minimiser le nombre d'interventions des sujets participants le maximum possible.

Le niveau III nous permet aussi de calculer les différents indices indiqués dans les chapitres afin de rendre possible leur évaluation. A la suite de ces enquêtes, nous pourrions construire une base de données comportant les informations quantitatives et qualitatives sur les ambiances thermiques dans les services des hôpitaux enquêtés pour les conditions estivales.

Nous pouvons avancé que notre méthodologie est basée sur trois approches: approche qualitative traité par les questionnaires in situ, approche quantitative qui s'agit de campagnes de mesures relevés durant 24 jours dans le mois le plus chaud à Biskra (le mois de juillet 2016), et une approche observationnelle qui est appuyée sur l'observation des comportements et les entrevues masqués réalisé avec la technique entriste.

Ensuite, la deuxième partie de la méthodologie était une validation des résultats par la modélisation et la simulation en utilisant le logiciel multi-usage TRNsys.

4. Plan et contenu de la recherche

Après une brève introduction qui présentera le thème, les objectifs, la méthodologie et la stratégie de recherche, la description du contenu de la thèse sera constituée de deux parties structurées en huit chapitres organisés comme suit:

La première partie est écrite comme un état de l'art sur le thème en général; elle comprend cinq chapitres et présente un cadre théorique. Elle englobe des données basées essentiellement sur les différentes recherches bibliographiques se rapportant au thème.

Le premier chapitre qui se conclut dans une revue de la littérature, nous mène dans l'histoire du confort thermique et l'évolution de ses recherches à travers le temps, avec un aperçu de l'évolution de l'architecture hospitalière et l'incorporation de cette dernière dans les recherches du confort thermique.

Le deuxième chapitre décrit l'ambiance en général comme notion philosophique puis il passera à l'ambiance thermique en la décrivant dans l'environnement chaud, dans l'environnement froid et dans la neutralité.

Le troisième chapitre est un aperçu sur le confort thermique, qu'on représente comme un champ d'étude et un vaste domaine de recherche. Il commence par un bref aperçu de la théorie en détaillant tous ses aspects, ses indices et ses facteurs, etc. Il passera également en revue la notion du confort thermique en climat chaud et aride.

Le quatrième chapitre aborde la compréhension des conditions climatiques de l'étude, à travers l'étude du cadre géographique et climatique de notre recherche. Il se conclura par l'analyse bioclimatique de la ville de Biskra.

Le dernier chapitre dans cette partie est consacré au corpus d'étude. Il se débutera par l'étude des relations fonctionnelles et spatiales entre l'architecture hospitalière et les usagers. Puis, il discutera le confort thermique dans l'espace hospitalier entre sensation, préférences et exigences en le comparant avec les normes et aux réglementations.

La deuxième partie porte sur l'expérimentation par l'enquête in situ et la simulation.

Le sixième chapitre qui constitue le premier dans cette deuxième partie, porte sur l'enquête in situ. Il commence par un aperçu théorique sur les techniques d'enquêtes et les différentes enquêtes utilisées dans les recherches du confort thermique. Alors nous exposons à la fin notre positionnement épistémologique vis à vis des recherches antérieures. Puis, nous présentons les trois approches in situ utilisées dans cette expérimentation en interprétant leurs différents résultats.

Pour compléter l'interprétation des résultats obtenus dans le chapitre précédent, nous avons créé un autre complémentaire qui met en lumière les relations et les corrélations entre les différentes variables de l'étude.

Le chapitre suivant, est mené pour objectif de valider les résultats des trois approches utilisées dans l'enquête. Il explique dans sa première partie les différentes étapes dans le processus de modélisation et de simulation du logiciel TRNsys.

Finalement, nous terminerons par une conclusion qui illustrera et synthétisera les résultats obtenus dans cette recherche en proposant des recommandations montrant comment à travers les constats précédents il est possible d'optimiser le niveau du confort thermique au sein des hôpitaux et dans les chambres des malades en particulier. Ces recommandations sont utiles pour des projets de restauration, réhabilitation et même pour de nouvelles constructions futures. A la fin, nous ouvrons le champ sur des perspectives pour des recherches futures complétant la présente.

PARTIE THEORIQUE : ETAT DE L'ART

CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE



1. Introduction

Dans ce chapitre nous exposons et analysons les leçons du passé et les travaux des chercheurs qui ont traité profondément la problématique du confort thermique à l'hôpital. En commençant par un aperçu sur les recherches et les études réalisées en confort thermique et l'évolution des problématiques abordées depuis l'apparition de la notion jusqu'à nos jours.

Ensuite, nous passons à notre corpus d'étude qui fait partie de l'architecture hospitalière, et nous percevons l'évolution chronologique des travaux et des recherches élaborées sur cette architecture en matière de conception, construction, fonctionnement, ambiance et confort.

Puis, nous combinons entre les deux en étudions l'incorporation du confort thermique dans les recherche de l'architecture hospitalière, et nous analysons le processus évolutif de cette notion dans les études réalisées sur l'architecture de la santé.

2. Aperçu sur les recherches du confort thermique

2.1. Evolution de la notion

Depuis sa première existence sur terre, l'être humain a exploité tous les moyens pour satisfaire ses besoins et son bien-être. Il était toujours en quête de ce qui peut assurer sa nourriture en premier lieu puis son confort de l'habillement et de l'habitation. Ces deux types de confort ont été concrétisés par la protection contre les facteurs climatiques et environnementaux. Et parmi les objectifs majeurs de l'homme, depuis des millénaires, est comment assurer son confort thermique.

D'abord, il a exploité les rayons solaires à l'état pur avant qu'il a découvre le feu par hasard, depuis 400 000 ans. Ensuite, il a commencé à développer ses concepts et ses manières d'agir sur le confort. Par ailleurs, il a commencé de construire des habitations de manière à ce qu'elles soient orientées vers le soleil afin de profiter de sa chaleur.

A l'époque romaine et gallo-romaine et précisément en 100 av JC; l'homme chercheur a inventé une nouvelle méthode de chauffage par le sol; ce qu'on appelle l'hypocauste qui a été utilisée surtout dans les thermes. Par après, il a créé d'autres systèmes entre autre la cheminée (Uthaiwat, 2014).

L'apparition de la cheminée décorative était au milieu du 12^{ème} siècle. Au 13^{ème} siècle, la cheminée devient un objet de luxe; elle est utilisée dans les milieux bourgeois pour l'esthétique.

Ainsi, et au cours des tentatives pour but d'améliorer les techniques de la maîtrise du feu; les russes ont inventé le poêle au moment de la découverte de la pertinence des combustions enfermées (combustion dans une enceinte) conjuguée à la maîtrise du tirage naturel. Le contrôle du tirage permet de maîtriser l'alimentation d'air et l'évacuation des fumées (canalisation verticale de la fumée: Cheminée) (Wikipédia, 2013).

Dans la même veine, la création du poêle à bois a pris un grand intérêt et il était considéré comme un premier pas vers la pensée écologique dans ce domaine car il utilise la biomasse (c'est-à-dire des sources d'énergie naturelles comme le charbon et le bois).

A la fin du 19^{ème} siècle et au début de 20^{ème} siècle, c'était la découverte de nouvelles sources d'énergie comme la houille et le charbon de bois qui étaient utilisés pour la cheminée et le poêle. A la suite de cette découverte, la cheminée électrique est apparue comme un élément de confort thermique et de luxe.

D'un autre côté, les améliorations successives de la cheminée sont devenues de plus en plus importantes jusqu'à l'invention du chauffage centrale qui peut réchauffer plusieurs pièces à partir d'un générateur de chaleur. Juste après, l'Ecossais James Watt a inventé le calorifère à vapeur et en 1930 c'était l'apparition du chauffage central à eau chaude; ensuite la chaudière; puis le chauffage électrique et le radiateur avec ses différents types: les radiateurs fixes, les radiateurs mobiles, les radiateurs à bain d'huile et les radiateurs céramiques.

Par ailleurs, les aérothermes ont été créés comme des appareils autonomes qui servent à chauffer des espaces spécifiques et qui utilisent un système de chauffage à air; ils prélèvent la chaleur dans l'environnement naturel et la restituent à un coût économique.

Suivant le développement du chauffage, de nombreux types et systèmes ont été approuvés : chauffage par le sol comme dans les thermes, le chauffage solaire, le convecteur, le chauffage rayonnant qui permet une bonne homogénéité de la chaleur et peut réduire celle-ci dans le but de

faire des économies et finalement le double vitrage et les isolants des toits qui sont apparus dans ces vingt dernières années (Uthaiwat, 2014).

2.2. Brève histoire de la recherche en confort thermique

Au début du vingtième siècle, le confort thermique est devenu une discipline hautement scientifique avec les études de A. Pharo Gagge (1908–1993) qui a travaillé pleinement sur les interactions et les échanges thermiques entre le corps humain et son environnement.

Après la guerre mondiale les milieux de travail ont connu de nombreux problèmes en matière de confort thermique alors les recherches dans ce domaines ont pris plus d'importance avec Fanger et d'autres chercheurs (Fabbri, 2015). Ensuite, les recherches et les études de cette discipline ont été poursuivies jusqu'à nos jours.

Pour établir un bon enchaînement de ces travaux, il est possible de penser à deux méthodes logiques qui sont souvent utilisées. Ils seront mentionner soit en ordre chronologique, ou bien ils seront classés selon leurs spécialités et leurs natures de recherches.

Deux sources référentielles ont attirés notre attention par leurs importances et leurs richesses. Ces deux documents, de la même année discutent les travaux du confort thermique humain dans l'environnement bâti. En fait, ils mettent le sujet du confort thermique dans une perspective historique et de même ils exposent de manière significative son évolution depuis les années 70; de la simple notion à l'approche adaptative.

L'un de ces documents est d'une revue de littérature qui présente d'une part, la progression des travaux en matière de confort thermique selon leurs spécialités et leurs natures de recherches ; et d'une autre part, elle expose en tableaux les résultats de la recherche documentaire en utilisant le terme "confort thermique" sur les sites d'internet: Google Scholar, Web of Science, Scopus et Science Direct (Rupp, 2015).

Le deuxième, est un chapitre de thèse qui présente en bref et en ordre chronologique l'évolution du confort thermique de la notion primitive jusqu'à ce qu'il devient un vaste domaine de recherche et d'application (Fabbri, 2015).

En basant sur des règles empiriques, les premières études sur le confort ont été développées aux États-Unis et au Royaume-Uni dans les années vingt par les chercheurs Houghten FC et Yagloglou CP qui ont simulé différentes conditions dans les laboratoires de recherche "ASHVE" Pittsburg (American Society of Heating and Ventilating Engineers) dans l'objectif de déterminer la zone de confort.

En 1923, le Journal d'ASHVE consacra deux numéro successif à ce thème; il a publié d'abord l'article "Détermination of the comfort zone", ensuite l'étude "Determining lines of equal comfort" qui a été réalisé par Houghten et Yaglou (Houghton, 1923) (Fabbri, 2015).

Au cours des années trente, le principe de la thermodynamique a commencé à émerger avec les études de A. Pharo Gagge et d'autres chercheurs qui ont pensé à la relation entre le corps humain et son environnement thermique.

Exactement en 1936, A. Pharo Gagge en collaboration avec le laboratoire JB Pierce d'Hygiène de New Have Connecticut, publia son premier article dans ce domaine sous le titre: "The linearity criterion as applied to partitional calorimetry" (Gagge, 1936) ; dans lequel il montre l'expression du

principe de la thermodynamique pour le corps humain à travers un modèle qui se compose de deux nœuds :

- le noyau: illustration de l'intérieur du corps humain qui produit de l'énergie par l'activité métabolique et le travail mécanique musculaire.
- la peau: la surface où s'effectuent l'ensemble des échanges de l'énergie et de la chaleur vers l'extérieur.

Le «modèle à deux nœuds» proposé par Gagge prévoit que la somme des échanges thermiques dus à l'activité métabolique, à l'énergie corporelle, à l'évaporation, au rayonnement et à la conduction est nulle. De cette façon, on parle de l'équilibre thermique du corps humain quand la variation de la chaleur accumulée du corps pour maintenir sa température à 37 ° C est donnée par la somme de l'énergie métabolique, (mesurée par l'oxygène consommé) des dispersions dues à l'évaporation et à la transpiration; l'énergie traverse les limites du corps par: conduction, convection et rayonnement thermique (Fabbri, 2015).

Une année après (1937) et au niveau du même laboratoire, les trois biophysiciens Winslow, C. E., Herrington, L. P., et Gagge, A. P. ont commencé leurs travaux en matière d'échanges thermiques entre le corps et l'environnement. Ces travaux sont basés sur deux axes principaux:

- L'étude thermodynamique inhérente aux processus physiologiques,
- La relation entre le corps humain et l'environnement, et les indices de bien-être, qui dépendent des facteurs physiques, et comportement physiologique.

Au cours de la même année, les trois chercheurs ont publié un article commun qui s'intitule: "Physiological reactions of the human body to varying environmental temperatures". (Winslow, 1937).

En 1957, Yaglou et Minard ont travaillé pour développer le principe de la température WBGT (Wet Bulb Globe) qui a été discuté dans "Control of heat causalities at military training center" (Yaglou, 1957). Dans le même sens, Webb CG a traité le sujet du confort thermique des bâtiments dans des conditions climatiques équatoriales; l'étude a été basée sur 393 observations pour évaluer les conditions de bien-être dans les pays où l'humidité relative est supérieure à 50% (Webb, 1959).

En 1967, la revue *Environmental research* a publié un autre article de Gagge et al., A.P dans lequel ils ont traité la problématique de la sensation thermique et les réponses physiologiques vis-à-vis des variations de la température ambiante (Gagge A. P., 1967).

L'indice de stress thermique a été développé par le chercheur israélien Baruch Givoni comme un premier pas dans l'étude "Estimation of the effect of climate on man: developing a new thermal index" (Givoni, 1963) puis dans le livre "Man, climate and architecture" (B, 1969), qui exprime la quantité de chaleur transférée du corps humain par la transpiration pour maintenir une condition donnée de confort. Lorsque l'indice est élevé, cela signifie que le corps donne plus d'énergie thermique de ce qui est normalement requis (en situation de stress) pour rester dans des conditions de bien-être (Fabbri, 2015). Par ailleurs, "Design with Climate" était le livre de l'architecte Victor Olgyay qui a étudié la relation entre la forme architecturale des bâtiments et le climat; c'était une initiation à l'architecture bioclimatique (Olgyay, 1963).

Ensuite, l'étude analytique a été élaborée dans le laboratoire J.B. Pierce, par A.P. Gagge et d'autres chercheurs en 1971, avec l'article: "An effective temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response". En bref, Les années 60 et 70 du XXe siècle sont fertiles

en études sur le sujet, et en plus des études du Laboratoire Pierce par Gagge et d'autres chercheurs américains qui sont concentrés sur les indices de stress thermique et l'approche de l'ingénierie.

Après une série d'études et d'expériences de Gagge, le physiologiste danois Povl Ole Fanger (1934-2006) est devenu l'un des pionniers de ce domaine. En fait, il a pu définir les indices de confort et de bien-être; et il a développé le modèle d'équilibre thermique du corps humain en 1970. Ce modèle vise à prédire la sensation thermique moyenne d'un groupe de personnes et leurs pourcentages respectifs d'insatisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique; ce qui a été exprimé par les indices "Predicted Mean Vote - Predicted Percentage Dissatisfied (PMV-PPD)". Après des essais et des recherches successives au cours de la même année, Fanger a publié le livre "Thermal Comfort", qui définit le principe d'une nouvelle discipline: l'étude des conditions du bien-être dans les environnements intérieurs (Rupp, 2015)(Fanger, 1970).

Povl Ole Fanger a élaboré une équation qui relie les paramètres physiologiques physiques de l'environnement et les indices de la sensation thermique. La recherche de Fanger a commencé par des études sur les échanges énergétiques entre le corps humain et l'environnement, et l'équation de la chaleur du corps (Equation de Bilan Thermique) qui définit la gamme de bien-être qui dépend du taux métabolique, des vêtements, de la température de l'air, de la température radiante moyenne, de la vitesse de l'air et de l'humidité relative (Fabbri, 2015).

"Fanger" n'était pas le seul; dans les années soixante-dix, il y a eu plusieurs études sur le confort, entre autres Rohles et Levins 1971; Rohles et Johnson 1972; Givoni et Pandolf 1973; Gagge avec Nishi 1976 et R.G. Steadman 1979 avec son article: "The assessment of sultriness. Part I. A temperature- humidity index based on human physiology and clothing science".

Puis dans les années 80, Collins et Hoinville 1980; Bell 1981 et H. Mayer, P. Höpfe 1989 (Collins KJ, 1980)(PA, 1981)(Mayer, 1987).

Dans une tentative de développer le modèle adaptatif, de Dear, Gail Brager et Donna Cooper ont travaillé sur les sensations, les préférences et l'acceptabilité des occupants en fonction de la température intérieure et extérieure. En fait, ils ont montré que le modèle de vote des moyennes prédites statiques (PMV) était partiellement adaptatif en tenant compte des ajustements comportementaux. Pour les résultats de l'expérimentation, les occupants des bâtiments naturellement ventilés s'adaptent à une plage de températures considérablement plus large, ce qui s'explique par une combinaison de l'adaptation comportementale et psychologique (Richard de Dear, 1997). En parallèle, il y avait d'autres qui ont travaillé pour développer la notion de passivité dans les bâtiments comme Nick Baker et Mark Standeven qui ont cherché à développer des critères de confort adaptés aux bâtiments non climatisés, où les conditions environnementales sont susceptibles de varier beaucoup plus que les bâtiments à commande mécanique (Baker, 1996).

Par ailleurs la période de 1997 à 1999, les recherches en confort thermique ont été fortement abordées par les physiologistes qui ont fondé les bases physiologiques du confort à travers des études sur le corps humain, le système thermorégulateur humain, les modèles et les techniques du confort thermique. Parmi ces travaux l'article de P. Höpfe "The physiological equivalent temperature—a universal index for the bio meteorological assessment of the thermal environment" et l'article de Frank, S. M. et al "Relative contribution of core and cutaneous temperatures to thermal comfort and autonomic responses in humans"(Höpfe, 1999) (Frank, 1999).

Au cours des vingt dernières années, la majorité des chercheurs de cette discipline ont dérivé vers l'approche adaptative. Cette approche prend en compte la variation dynamique des conditions environnementales internes et externes, et l'état du sujet enquêté. En revanche, elle incite ce dernier à participer de manière active à son confort et lui permet de contrôler son bilan énergétique. "Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings" un article de J.F.Nicol et M.A.Humphreys constitue un excellent exemple qui explique le développement de l'approche adaptative du confort thermique (Nicol, 2002).

Plusieurs autres articles ont ciblé ce sujet, entre autres "Adaptive thermal comfort standards in the hot-humid tropics", "The adaptive approach to thermal comfort: A critical overview", "A theoretical adaptive model of thermal comfort-Adaptive Predicted Mean Vote (aPMV)", "Quantifying the relevance of adaptive thermal comfort models in moderate thermal climate zones", etc.(Nicol F. , 2004) (van Hoof, 2007) (Yao, 2009) (Halawa, 2012).

De nos jours, nous assistons à une réalisation intense des équipements publics et de constructions importantes dans tous les pays. Cette révolution industrielle, constructive, culturelle et scientifique a permis un développement de la pensée en matière de confort. Aussi bien que le confort thermique ne se limite plus à l'habitat et les lieux de travail; il est devenu nécessaire et indispensable aux établissements scolaires, aux espaces de commerce, aux usines et aux équipements de santé et de plus il a pris une grande importance à l'échelle urbaine.

De même, la recherche en ce domaine est devenue plus flexible avec des méthodes de test, d'enquêtes et d'investigations applicables non seulement sur des hommes et des femmes adultes et en bonne santé mais aussi sur des malades, des personnes âgées et des enfants. Le plus intéressant, est que ces méthodes s'exercent non seulement dans des pistes physiques et physiologiques mais elles scrutent en parallèle les variables psychiques et comportementaux de l'individu (Fabbri, 2015).

Récemment, en 2017 les articles les plus récents dissertent les sujets d'actualité; ils combinent entre le confort thermique, la durabilité, les écosystèmes, l'intelligence artificielle et surtout la consommation énergétique.

Nous citons à titre d'exemple une étude numérique de suivi sur les effets des différents paramètres de conception et du fonctionnement du panneau radiant sur le confort thermique intérieur et les performances d'économie d'énergie qui a été réalisée au niveau des chambres de couchage "A numerical study on the effects of design/operating parameters of the radiant panel in a radiation-based task air conditioning system on indoor thermal comfort and energy saving for a sleeping environment" (Du, 2017).

3. Aperçu sur les recherches de l'architecture hospitalière

De nombreuses recherches ont été réalisées sur l'architecture hospitalière. En effet, la pensée sur l'hôpital comme espace humain sensible et particulier n'est pas récente, elle a commencé lorsque les gens ont compris que l'hôpital doit être avant tout conçu pour le bien être des malades (Pargad, 2006). A la fin des années soixante, les réflexions ont été dirigées vers la nécessité d'une architecture hospitalière qui évolue rapidement. Ce sujet a été abordé pour répondre aux besoins sanitaires ultimes des sociétés dû au manque de services hospitalier. L'ouvrage d'Isadore Rosenfield et Zachary Rosenfield "Hospital architecture and beyond (1969)", constitue l'une des premières initiatives dans cette perceptive.

L.COSIN, est parmi les chercheurs qui ont mis en lumière l'architecture hospitalière à travers ses travaux sur des cas particuliers d'étude comme "Architectural and Functional Planning for a Geriatric Day Hospital" en 1971 (Cosin, 1971). Une quinzaine d'année avant, une autre étude qui a été élaboré dans la même directive et qui s'intitule "The establishment of geriatric wards in large hospitals" (PRIA, 1955).

En 1976, c'était la publication officielle du fameux ouvrage "Les machines à guérir : aux origines de l'hôpital moderne" qui a critiqué l'histoire hospitalière du XVIII siècle. Cet ouvrage explique l'évolution de l'hôpital à travers différentes perceptives «l'hôpital comme équipement», par Blandine Barret-Kriegel, à la «médicalisation de l'hôpital» par Anne Thalamy, à «la machine à guérir», par François Béguin (qui reprend une formule de Tenon), et à «l'architecture de l'hôpital» par Bruno Fortier. A travers celle-ci, les auteurs ont donné l'impression que l'institution hospitalière en tant que lieu de guérison n'existait qu'après la moitié du XVIII siècle grâce aux efforts des philosophes et des révolutionnaires (Foucault, Barret-Kriegel, Thalamy, Béguin, & Fortier, 1979).

Pour le même auteur, et dans la même perspective, nous avons "L'incorporation de l'hôpital dans la technologie moderne" qui insiste sur l'idée que l'hôpital ne commençait sa fonction qu'après le XVIII siècle et à partir de ce moment qu'on marqua l'apparition de la médecine de l'individu et de la population (Foucault M. , L'incorporation de l'hôpital dans la technologie moderne, 1988).

Après quelques années, les recherches ont été focalisées sur l'organisation spatiale et les modes de conceptions fonctionnelle des services hospitaliers; nous pouvons explorer ceci dans plusieurs études entre autres "The Architecture of the Hospital: A Study of Spatial Organization and Medical Knowledge" de Prior, L (1988) qui discute l'influence de l'organisation spatiale avec les pratiques discursives, qui font partie des faits sociaux décontextualisés (Prior, 1988). une deuxième étude s'intitule «The local space of medical discourse: disease, illness and hospital architecture" en 1992 (Prior, The local space of medical discourse: disease, illness and hospital architecture, 1992).

Dans une première initiative qui a pour objectif d'intégrer un système intelligent dans la construction hospitalière, une étude a été développée en expliquant la composition et la fonction de ce système et ses différents caractéristiques et effets d'application (Huang, Guo, Wang, & Xiao, 1989).

Au début des années 2000, les chercheurs ont donné beaucoup d'intérêt aux principes fonctionnels des hôpitaux et ils ont mis en valeur l'ergonomie hospitalière et l'impact de l'architecture et des ambiances. Parmi ces travaux, l'étude de Jocelyn Villeneuve "The Contribution of Ergonomics to the Design of Hospital Architecture" (Villeneuve, 2000).

Un ouvrage a été mené dans le même thème, onze-ans après, et qui vise à améliorer la qualité du travail et le rendement des médecins et des personnels soignants, administratifs et logistiques pour pouvoir être à l'écoute des patients. Ce qui ne peut être concrétisé que par un bon milieu de travail défini par son architecture adéquate et confortable sur tous ses aspects (Estryn-Béhar, 2011).

Revenant au début des années 2000, Le Moniteur a produit l'ouvrage de Catherine Fermand, qui a créé un grand succès dans le monde de l'architecture de la santé. Ce livre traite plusieurs détails de la conception architecturale des hôpitaux et des cliniques. Il présente en effet, les normes et les réglementations pour chaque détail de conception, de construction et d'ambiance. Il discute avec précision le confort à l'hôpital sur différents plans, les systèmes d'installations et présente de nombreux exemples en expliquant leurs principes de conception et d'organisations spatiales et fonctionnelles (Fermand, 2000).

Les recherches réalisées dans les années suivantes, ont tous pour objectif d'améliorer le niveau du confort pour les patients en première considération, ainsi que l'équipe médicale ceci en assurant un bon milieu pour une meilleure ergonomie hospitalière. Nous citons à titre d'exemple "Architecture distribuée à base d'agents pour optimiser la prise en charge des patients dans les services d'urgence en milieu hospitalier". Cette étude a pour intérêt de proposer des solutions pour améliorer la prise en charge des patients en termes de temps d'attente et en analysant les problématiques du service des urgences. A la fin, le chercheur a pu adopter une approche basée sur la prise en compte des compétences maîtrisées permettant d'accroître la qualité, réduire les délais d'attente et dégager des gains de gestion (Daknou, 2011).

Récemment, plusieurs autres études ont été effectués dans ce sens, non seulement dans l'objectif d'améliorer les conditions de travail et de séjours au sein des services hospitaliers mais surtout pour réduire la consommation énergétique de ce type de bâtiment en introduisant les approches durables et environnementales aux processus de conceptions.

4. Aperçu sur les recherches du confort thermique à l'hôpital

Une revue de littérature qui a été faite en Iran par Jamal Khodakarami, Nazanin Nasrollahi et qui a mis en lumière les recherches travaillant sur la problématique du confort thermique dans les hôpitaux.

Les sujets de ces études sont variés selon des objectifs prédéfinis. Certaines entre elles ont abordé des problématiques tournant autour des paramètres environnementaux tels que la température intérieure, l'humidité et le mouvement de l'air. En parallèle, d'autres recherches ont travaillé sur la problématique inverse " l'inconfort thermique du point de vue des patients et du personnel hospitalier. Une autre catégorie de chercheurs dans ce domaine était spécialisée sur l'évaluation de l'impact des variations de température et d'humidité sur les infections, la croissance bactérienne et les bactéries transmises par l'air, autrement dit : la qualité d'air intérieur et l'hygiène (Jamal Khodakarami, 2012).

Il a été bien mentionné dans cet article, l'étude de Murphy (2006). Ce dernier a focalisé ses recherches sur les blocs opératoires et les salles de chirurgies. Il a travaillé sur l'influence de la température et l'humidité relative à l'augmentation et/ou la réduction du risque dans ces endroits sensibles. Il a produit un tableau qui synthétise les différentes conditions de température intérieure, d'humidité et de changement d'air pour les salles d'opération en basant sur des lignes-guides où il a noté la nécessité souvent d'une température ambiante inférieure à celle indiquée dans ce tableau pour le chirurgien contrairement au patient (J M. , 2006). Puis, il a comparé trois systèmes de refroidissement différents pour les salles d'opération afin d'essayer de résoudre ce problème, ce qui est difficile à résoudre comme il l'a noté dans l'étude.

A la Suite de ce qui est mentionné dans cette revue, il a avancé que le recours à un système ordinaire de régulation de température uniquement ne pourrait pas satisfaire les exigences thermiques du chirurgien et du patient à la fois. Mais il est possible d'ajouter un système supplémentaire (système de roue déshydratante en série) au système ordinaire (thermostat) pour obtenir un air sec sans avoir à abaisser la température.

	Température sèche, °C	Humidité relative %	Changement d'air intérieur %	Changement d'air extérieur %	Air extérieur
ASHRAE ^a	20–24	30–60	25	5	20
AIA ^b	20–23	30–60	15	3	20
VA ^c	17–27	45–55	15	15	100

Tableau I. 1. Les conditions de température, humidité et changement d'air dans les salles de chirurgie.

a : ASHRAE 2003, Manuel de conception HVAC pour les hôpitaux et les cliniques.

b : L'Institut Américain des Architectes (AIA: American Institute of Architects) 2001, Lignes-guides pour la conception et la construction des établissements hospitaliers et les unités de soins de santé.

c : United State Department of Veterans Affairs (VA) 2001, es exigences de HVAC dans les salles de chirurgie.

En revanche, Mazzacane et al. En 2007 dans une étude menée dans un hôpital italien ont prouvé par les questionnaires et les méthodes de suivi et d'observation qu'il est difficile d'assurer les conditions thermiques recommandées par ISPESL (Institut national de la prévention et de la sécurité au travail) pour tout le personnel de la salle d'opération(Mazzacane S, 2007) (ISPESL (Istituto Superiore Prevenzione e Sicurezza sul Lavoro) Guidelines:Dipartimento di Igiene del Lavoro Linee guida per la definizione degli standard si sicurezza e di igiene ambientale dei reparti operatori 1999).

Dans le même axe et pour les salles d'opération Balaras et al ont noté que la qualité de l'air intérieur influence directement sur les conditions de travail, le bien-être, la sécurité et la santé du personnel médical qui travaille dans ces environnements. Ils ont indiqué que la température souhaitée de l'air intérieur est de 20 à 24 ° C selon les normes internationales, mais l'utilisation d'une température inférieure ou supérieure est acceptable lorsque le confort du patient et / ou les conditions médicales nécessitent ces conditions. En outre, ils ont noté que des températures plus élevées de l'air intérieur pourraient causer des sensations d'inconforts, ainsi qu'elles favorisent la croissance des bactéries (Balaras CA, 2007).

En matière de température ambiante, Balaras et al ont noté que l'équipe chirurgicale utilise souvent une vaccination de la marque Hoover pour les protéger contre le sida. Les interactions de cette matière provoque une augmentation des températures corporelles ce qui produit une sensation thermique légèrement chaude pour les chirurgiens, en particulier lorsque la température de l'air est supérieure à 21 ° C dans les salles d'opération. Cette catégorie exige inconsciemment des températures ambiantes de 18 ° C ou même inférieure (Balaras CA, 2007) (Mora R, 2001), où on peut signaler une sensation thermique légèrement froide pour les anesthésistes et les infirmières. En basant sur les travaux de Mora et al. Balaras et al ont noté qu'un écart de température peut marquer une augmentation par 6 ° C à 7 ° C sur la table d'opération et de 10 ° C à 12 ° C sur le sol (à une hauteur de 1,1 m), ceci est en raison du rayonnement thermique émis par les lampes chirurgicales quelle que soit la température de l'air intérieur (Mora R, 2001).

En termes d'humidité, Balaras et al ont noté que le niveau d'humidité influence sur les conditions d'hygiène spatiale et sur le confort thermique des patients. Des niveaux d'humidité plus élevés provoquent une croissance et un transfert de bactéries donc des inconforts thermiques; Les niveaux faibles favorisent la coagulation sanguine, le séchage cutané et l'inconfort thermique aussi. En se référant aux normes internationales, ils ont recommandé des niveaux d'humidité relative de 30% à 60% en raison de l'utilisation possible de gaz anesthésiques inflammables et des utilisations fréquentes de liquides volatiles, et afin d'éviter l'accumulation d'électricité statique, l'humidité relative devrait parfois être même supérieure à 60% dans les salles d'opération (Balaras CA, 2007).

Dans cette directive, une autre revue de la littérature a donnée toute l'importance au sujet du confort thermique dans les salles d'opération. Melhado et al. En 2006 ont discuté les risques thermiques des patients dans cet endroit en prenant en considération le confort thermique du personnel médical.

Par ailleurs, Guyton, Melhado et al. Ont prouvé qu'une personne malade (souffrante) mise à une température hors la température normale du corps, qui est d'environ 37 ° C (36.1-37.2 ° C), peut s'adapter à une plage entre 32-42 ° C, ceci dépend toujours de la maladie et de la température corporelle (AC, 1998). Par conséquent, les variables de confort thermique peuvent changer, en raison des différentes conditions des patients, des différentes activités du personnel, des différents types et nombre d'équipements et les lumières, etc.

Melhado et al ont bien noté que malgré qu'il existe des recherches concernant le lien entre le confort thermique du personnel et leurs niveaux de productivité, aucune étude n'a encore été menée dans les hôpitaux en ce domaine (Melhado M, 2006).

-Dans une autre recherche, Melhado et al. ont étudié par la simulation des logiciels Energy Plus et Cterm l'influence de la configuration des blocs opératoires sur le contrôle de l'environnement intérieur, le confort thermique et sur la consommation d'énergie. Ils ont focalisé l'étude sur trois configurations utilisées dans soixante cas dans cinq villes brésiliennes de différentes régions (Melhado MA, 2005). À Travers cette étude, Melhado et al. ont montré que la bonne qualité de l'air intérieur participe de manière ou d'autre à la guérison des patients. Ils ont noté également que l'évaluation du confort thermique de ces endroits nécessite une évaluation de vote moyen prévu PMV afin de prendre en considération le facteur: vêtements.

À la conclusion, ils ont prouvé que la conception des salles d'opération a une influence sur le confort thermique des patients (Melhado MA, 2005). Ce dernier dépend également du type de l'opération et ses exigences médicales et thermiques. Par conséquent le confort thermique des patients est influencé largement par le climat intérieur de la salle d'opération.

Le plus intéressant, une l'étude de Wagner et al. en 2006, a montré que les perceptions et les images sauvegardées de l'environnement thermique dans le cerveau sensoriel du patient ont un effet très important sur la satisfaction globale de ce dernier pendant l'opération.

-Une autre étude qui a été réalisé par Kameel et Khalil en 2003, et qui a été concentré sur les chambres des malades à l'hôpital. Kameel et Khalil ont étudié de part et d'autre l'influence de la température et l'humidité sur l'environnement et les usagers des chambres des malades.

L'évaluation de Kameel et Khalil était comme suivant:

Une température élevée:

- Peut entraîner une augmentation des dégazages toxiques par les matériaux de construction.

Une faible température:

- Gêne les patients
- peut causer des problèmes physiologiques y compris les frissons, le malaise et les spasmes musculaires et articulaires.

Humidité élevée:

- Peut causer des problèmes respiratoires, tel que la dyspnée.

Une faible humidité:

- Provoque des infections au niveau du nez, la gorge, les yeux et la peau, en particulier lorsque le point de rosée est inférieur à 0 ° C.
- Peut augmenter aussi la sensibilité aux maladies respiratoires et peut provoquer ce qu'on appelle l'irritation (Kameel R, 2003).
- Lorsque la température du point de rosée est inférieure à 2 ° C, avec une humidité relative faible augmente l'inconfort des yeux (Tanabe S, 1987).

A la fin Kameel et Khalil ont indiqué qu'une vitesse de l'air de 0,1 m/s est suffisante dans les chambres des malades pour résoudre les problèmes (Kameel R, 2003).

Ninomura et al. En 2001, ont travaillé avec des questionnaires et des méthodes de surveillance et d'observation pour définir les conditions du confort thermique souhaitées au point de vue des patients dans les chambres des malades. Ils ont conclu que pour satisfaire le confort du patient, dans ces espaces, les changements d'air total par heure doivent être d'au moins 6 ACH, mais dans les chambres avec chauffage et / ou refroidissement supplémentaires, ce taux peut être réduit à 4 ACH (Ninomura PE, 2001).

Sachant que ACH: (Air changes per hour, or air change rate) est une mesure du volume d'air ajouté ou retiré d'un espace.

$$N = 60Q / Vol[8]$$

N = nombre de changements d'air par heure

Q = débit volumétrique de l'air en pieds cubes par minute (cfm)

Vol = Volume de l'espace $L \times W \times H$, en pieds cubes

-Pour définir les exigences thermiques des patients dans un environnement hospitalier, une étude a été réalisée à Taiwan (Hwang RL, 2007). L'objectif principal de cette étude est de comparer les recommandations de la norme ASHRAE et qui sont pour objectif d'assurer le confort thermique pour les personnes en bonne santé avec les exigences thermiques des personnes sensibles (les patients). L'étude était basée sur le sondage. Elle a utilisé le questionnaire pour quatre vingt-trois salles variées entre chambres de malades et salles chirurgicales (55R, 2004). L'étude a montré que l'environnement thermique confortable aide à stabiliser les humeurs des patients et il participe à leur guérison.

S'en réfère à une autre étude réalisée par Dear et Fountain (de Dear RJ, 1994) et Chan et al.(Chan WT, 1998). Hwang et al. ont montré que seulement 40% de tous les environnements thermiques mesurés se trouvaient dans la zone de confort recommandée par ASHRAE bien que 47% étaient au-dessus de domaine d'humidité recommandé par cette norme au moment où les patients à Taiwan Acceptaient des taux d'humidité beaucoup plus élevées que celles d'ASHRAE Standard 55(Hwang RL, 2007).

L'étude montre également que l'activité et la force physique ont une très grande influence sur la sensation de confort thermique, alors que le sexe et l'âge n'ont pas.

-En 2006, Skoog a publié son étude au sujet d'humidité relative dans les hôpitaux suédois pendant les deux périodes estivale et hivernale. La méthodologie de cette recherche s'est appuyée sur la combinaison entre les mesures objectives et les questionnaires. Elle avait été appliquée sur 40 membres du personnel et 35 patients dans un hôpital.

En se référant à l'étude de Berglund et Reinikainen, Skoog a noté que la faible humidité de l'air a un impacte négatif sur le confort et la santé, car la réduction de l'humidité relative de l'air augmente les problèmes respiratoires (J S. , 2006)(LM, 1991). Cependant, l'humidification de l'espace provoque l'irritation du nez et de la gorge. À travers l'analyse des résultats obtenus par les mesures objectives et les questionnaires, Skoog a montré la différence entre les valeurs de température opératoire optimale pour les patients et le personnel pour l'été et l'hiver. À la fin il a conclu qu'il est injuste de traiter les patients et le personnel par les mêmes conditions parce qu'ils n'ont pas les mêmes besoins (**Figure.I.1**).

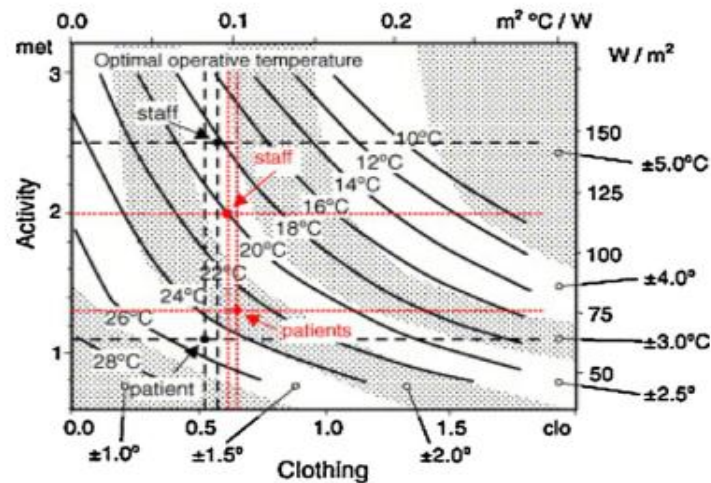


Figure I. 1. Température opératoire optimale pour l'été et l'hiver

Après, ils ont discuté que les facteurs: types d'activité et vêtements des deux catégories (patients et personnel) pourraient générer cette différence. En effet, les sujets peuvent s'adapter à l'environnement en augmentant ou en diminuant les vêtements (J S. , 2006).

Concernant la température opératoire, Skoog a basé sur l'étude de Butera afin de prouver que cette température est définie par la combinaison entre la température radiante moyenne et la vitesse de l'air (FM, 1998).

-Encore une fois et en 2005, dans une étude qui traite la problématique de la qualité de l'air intérieur des hôpitaux, Skoog et al ont noté qu'il est nécessaire d'assurer une bonne qualité de l'air intérieur à l'hôpital pour éviter les risques des infections. Skoog et al ont ajouté que les patients dans la même chambre peuvent avoir des besoins thermiques différents mais en générale le cas du patient allongé sur son lit (une activité nulle) à l'hôpital nécessite une température opératoire plus élevée. Cependant,

la prise des médicaments peut influencer le métabolisme du patient et elle peut aussi changer ses besoins thermiques(WE)(Skoog J, 2005).

- Une étude au Japon qui a été faite en 2005 par Hashiguchi et al. Cette étude a abordé le sujet de l'environnement intérieur des hôpitaux en hiver par rapport aux patients. Pour la méthodologie, Hashiguchi et al. ont utilisé les mesures objectives et les questionnaires subjectifs.

L'étude s'est effectuée en 8 semaines et elle avait été appliquée sur 36 patients répartis sur 20 chambres et 45 employés y compris les infirmières et les aides infirmières dans un hôpital.

Hashiguchi et al. ont montré que la température dans les salles de soins était inférieure à celle indiquée dans les normes. Au même temps, la moyenne de l'humidité relative était fixée au 40% ce qui peut contribuer à la propagation des virus de la grippe.

Ils ont remarqué aussi que les patients et surtout le personnel se plaignent de la démangeaison de la peau et la soif en raison de la sécheresse et les effets néfastes du chauffage.

A la fin ils ont démontré que l'environnement thermique dans cet hôpital en hiver n'était jamais confortable, ainsi qu'il n'était jamais conforme aux conditions de travail (Hashiguchi N, 2005).

Dans une étude iranienne qui a été réalisée en 2008, les auteurs ont étudié à travers une investigation les conditions de confort thermique requises par les patients et le personnel dans les hôpitaux iraniens (Khodakarami J, 2008)(J K. , 2009). Ils ont choisi quatre hôpitaux différents pour l'étude. Puis, ils ont divisé les usagers de l'hôpital en deux groupes, le personnel comme un groupe principal et permanent et les patients dans un deuxième groupe. Suivant cette logique, ils ont déterminé les conditions de confort thermique souhaitées par les deux usagers.

L'étude a révélé que les salles étaient généralement dans les normes recommandées par la réglementation thermique iranienne (M.P.O.) (Organization), 2004), mais au même temps, elles étaient hors les zones de confort thermique recommandées par ISO 7730 (ISO, International standard 7730, 2005), ASHRAE 55R et CIBSE(CIBSE. Environmental design, CIBSE Guide A. London, 1999).

L'étude a également montré que la bonne qualité de l'air intérieur à l'hôpital peut contribuer à la guérison des patients. Le problème c'est que plusieurs patients dans la même salle peuvent avoir des exigences différentes et des besoins thermiques très variés, ce qui devient difficile à gérer(Khodakarami J, 2008).

Par la suite, les auteurs de cette revue de littérature ont mis en évidence les différentes définitions de la sensation thermique. Ils ont mentionné que de nombreuses études sont concentrées sur la relation des réponses physiologiques avec la sensation thermique, dans l'objectif de prévoir plusieurs modèles de la sensation thermique des groupes d'individus soumissent aux mêmes conditions physiques.

En 2002, Parsons a suggéré une autre explication de la sensation thermique et qu'elle s'agit en bref une expérience sensorielle et/ou un phénomène psychologique pur(KC, 2003).

Parsons a aussi indiqué que c'est l'intégration des paramètres environnementaux qui détermine l'état thermique du corps et que la sensation thermique est produite selon ce dernier contrairement à la théorie de Fanger (1970) qui s'est fondé sur le principe célèbre : l'environnement thermique humain est défini par six paramètres fondamentaux (KC, 2003)(PO, 1970).

Finalement, les auteurs ont affirmé que la sensation thermique des occupants peut constituer un bon indicateur pour leurs besoins thermiques, mais dans le cas des patients qui ne sont pas dans des conditions physiques ou psychiques habituelles, les résultats peuvent être faux. L'utilisation de médicaments, la perte des récepteurs sensoriels chez certains patients et d'autres facteurs peuvent provoquer des sensations thermiques irréalistes.

-En conclusion, Jamal Khodakarami et Nazanin Nasrollahi ont critiqué les études mentionnées dans cette revue de littérature. D'autant que la majorité de ces études ont été effectuées dans un seul hôpital pour chaque étude de cas tandis que les résultats obtenus à partir d'une seule étude de cas sont considérés comme insuffisants pour réaliser une conclusion générale.

Par ailleurs, ils ont signalé qu'aucune étude dans la littérature n'a tenté de concilier entre les exigences thermiques des différents types d'occupants qui doivent obligatoirement rester dans une seule chambre. Pour cela, il semble nécessaire d'étudier les différentes conditions thermiques requises par différents groupes d'occupants dans les hôpitaux pour concilier leurs différentes exigences. Delà, il est recommandé de tester la possibilité d'utiliser différentes gammes de températures radiantes locales dans une pièce via un système mécanique approprié (Jamal Khodakarami, 2012).

Dans la même veine, les auteurs de cette revue ont insisté sur la nécessité d'étudier les effets des conditions de confort thermiques sur la qualité et la quantité de guérison pour les patients hospitalisés. Pour conclure, Jamal Khodakarami et Nazanin Nasrollahi nous ont fait part de leurs idées qui se fondent sur le travail cohérent dans les trois domaines: les patients, les systèmes et la conception architecturale au niveau des hôpitaux afin de pouvoir concilier de nombreux facteurs contradictoires pour les occupants (Jamal Khodakarami, 2012).

Parmi les travaux réalisés sur le confort thermique à l'hôpital, l'étude de R. M. SMITH et A. RAE qui vise à identifier les conditions optimales d'équilibre pour le confort du patient dans les services hospitaliers.

L'étude a été menée à l'unité d'hospitalisation "Hairmyres Hospital" à East Kilbride, Royaume-Uni. La logique de cette étude s'est appuyée sur deux méthodes d'enquête. En premier lieu l'entrevue, qui s'est fondée sur un questionnaire concernant la température, l'humidité et les odeurs de l'environnement dans les salles. Juste après l'entrevue avec chaque sujet, les chercheurs commencent le mesurage des variables: température de l'air sec, température du globe, L'indice WBGT (Wet Bulb Globe Température) et la vitesse de l'air. Les mesures ont été prise en haut et en bas de chaque lit et autour des chambres.

Enfin, cette étude a révélé que la température ambiante optimale pour le confort thermique du patient se situera entre 21,5°C et 22°C lorsque la température radiante moyenne est proche de la température de l'air avec une vitesse de l'air inférieure à 0,1 m/s et une valeur d'humidité située entre 30% et 70%. Et du fait que le patient est l'utilisateur principal de l'hôpital, le personnel et l'équipe médicale peuvent ajuster leurs vêtements en fonction des conditions nécessaires au confort des patients (SMITH & RAE, 1977).

Dans cette perspective, une autre étude a été réalisée par K.J. Lomas et R. Giridharan et qui s'est concentrée sur les températures ambiantes pendant le jour et la nuit au sein des secteurs de la tour de l'hôpital d'Addenbrooke, qui a une stratégie de ventilation hybride.

Au fond, les chercheurs ont tenté d'évaluer la résilience des bâtiments de santé du Royaume-Uni vis-à-vis les changements climatiques.

La méthode de cette recherche a été abordée en cinq étapes. En premier lieu et à travers l'étude des archives ainsi que la prise des relevés sur terrain, les chercheurs ont déterminé : la géométrie, la construction, le contrôle environnemental et les stratégies d'entretien des espaces. Puis, ils ont effectué l'enquête quantitative et ils ont relevé les mesures de températures ambiantes, la vitesse de l'air et les niveaux de CO₂ tout en observant les façons et les périodes d'ouverture des fenêtres. Ensuite, les mesures prises ont été comparés à la norme de confort thermique appropriée pour évaluer le confort thermique des espaces étudiés. La modélisation et l'évaluation des conditions de confort ont été effectuées à la quatrième étape dans un modèle thermique dynamique. Finalement, le modèle d'évaluation a été utilisé pour prédire les températures ambiantes à l'intérieur de l'espace.

Au terme de l'analyse comparative entre les mesures relevées et celles enregistrées au niveau du modèle thermique dynamique, les résultats indiquent qu'il est difficile de régler le modèle conformément aux mesures relevées vu que les occupants ayant une influence considérable et irremplaçable sur les températures dans l'espace.

En fin de compte, les auteurs ont bien insisté sur la nécessité d'ouvrir le débat sur le confort thermique dans les bâtiments de santé et les stratégies d'adaptation de ces derniers avec les changements climatiques. Ainsi qu'ils ont incité sur l'utilisation de la méthodologie qui combine entre les mesures et la modélisation parce qu'elle est fiable et utile pour l'évaluation des risques de réchauffement même pour d'autres bâtiments (K.J. Lomas, 2012).

De plus, les recherches au sujet du confort thermique des hôpitaux ont pris considérablement plus d'importance au cours de ces 20 dernières années. D'ailleurs, en 2007 la revue "Building and Environment," a publié un article réalisé par Ruey-LungHwang et al qu'ils ont travaillé sur le confort thermique des patients dans les hôpitaux de Taïwan. La recherche a pour objectif de tester les critères de confort thermique de la norme ASHRAE 55-2004 et d'évaluer leurs applicabilités dans les milieux hospitaliers. À travers la comparaison entre les résultats recueillis par l'enquête in situ et d'autres études menées dans des environnements de bureau sous les mêmes conditions, les chercheurs ont constaté que l'état physiologique des patients influe largement sur leurs besoins thermiques aussi qu'il peut influencer et changer fortement les sensations et les préférences (Ruey-LungHwang, 2007).

De même, en 2009 "International Journal of Indoor Environment and Health : Indoor Air" a publié un article par Y.H. Yaw et B. T. Chew qu'ils ont focalisé leurs études sur le confort thermique des hôpitaux à Malaisie. L'objectif majeur de cette recherche consiste à utiliser l'enquête in situ pour évaluer le confort thermique des hôpitaux dans la région tropicale. En effet, l'enquête a été effectuée au sein de quatre hôpitaux dans la région tout en donnant l'opportunité de participation pour les occupants. Les résultats de l'étude ont constaté que la plage de températures de confort qui satisfaisait les besoins thermiques de 90% des occupants dans les hôpitaux de cette région est située entre 25,3 - 28,2°C. En comparant avec la norme ASHRAE-55, seulement 44% des espaces sont conformes aux critères de confort. D'autre part, les résultats ont montré aussi que 49% des occupants étaient satisfaits des environnements thermiques dans ces hôpitaux. En outre, l'écart significatif entre le vote moyen réel et le vote moyen prévu (PMV) indique que le PMV ne pouvait pas être appliqué sans erreur dans les hôpitaux spécifiquement dans les régions tropicales (Y.H. Yaw, 2009).

En Mai 2011, la revue "Building and Environment" a jeté la lumière sur le confort thermique des patients à travers un article qui vise à formuler l'ensemble des exigences des patients afin d'améliorer la conception et le contrôle des bâtiments de santé et pour établir des directives de l'utilisation des vêtements et des literies à la fois. L'étude a été basée sur la comparaison entre les paramètres objectifs (environnementaux et personnels) et les mesures subjectives (questionnaires) du confort thermique pour différents groupes de patients dans différents services. Cette comparaison nous a montrés que les indices PMV et PPD peuvent être utilisés pour prédire de manière adéquate les réponses thermiques moyennes pour tous les services, sauf en neurologie.(Verheyen, 2011)

Vu l'importance du sujet de confort thermique dans les équipements hospitaliers; en 2012, la même revue "Building and Environment" a publié encore un article relatif à ce thème et qui touche en particulier les bâtiments britanniques qui ne sont pas refroidis mécaniquement (K.J. Lomas, 2012).

Un autre article a été publié en mois de Novembre de la même année par Applied Ergonomics; dans l'objectif d'étudier le confort thermique adaptatif en hiver et en été, dans un hôpital d'état à l'ouest de l'Iran. Les résultats de cette étude ont montré que les valeurs de PMV dans certaines parties du bâtiment, ne sont pas dans la plage acceptable standard définie par l'ISO. Il a été constaté que les problèmes thermiques les plus importants se produisent pendant la période de midi (Pourshaghagh, 2012).

Energy and Buildings consacra à son tour un article pour ce thème en 2013. Cet article a étudié la performance en été des espaces ventilés mécaniquement mais refroidis passivement dans un hôpital de type nucléaire à Glenfield. L'étude a été basée d'une part, sur les mesures in situ des températures intérieures et d'une autre part, sur la comparaison de ces mesures avec les normes de confort thermique (Giridharan, 2013).

Encore une fois et en 2015, Applied Ergonomics ajouta un autre article dans ce contexte. Cette étude impliqua les patients et le personnel médicale de l'hôpital; dans l'objectif de vérifier si l'indice du vote moyen prédit (PMV) peut prédire avec précision les sensations thermiques des deux groupes en tenant compte les effets potentiels de l'âge et du sexe. La méthodologie adoptée a été basée sur la comparaison entre les valeurs PMV (calculées selon ISO 7730 après avoir collecté les données environnementales et les paramètres personnels estimés) et les jugements perceptifs (Current Mean Vote, AMV), exprimés par les sujets interrogés. Au bout, les chercheurs ont constaté que le sexe et l'âge sont des facteurs qui doivent être pris en compte dans l'évaluation du confort thermique à l'hôpital en raison de la différence entre les valeurs AMV et PMV (Del Ferraro, 2015).

Dans cette optique, et après quatre ans de sa première publication dans ce thème; Energy and Buildings a publié une autre étude qui traite la problématique du confort thermique des patients dans les salles de soins en utilisant le modèle de PMV; afin de vérifier si les critères de confort des normes hospitalières actuelles conviennent à une région tropicale. Cette recherche a été traitée à travers une enquête in situ effectuée dans deux hôpitaux généraux de Bangkok à Thaïlande. L'enquête impliqua tout les occupants de l'espace tant les patients, les visiteurs et le personnel médicale; pour pouvoir comparer leurs besoins spécifiques avec les critères de confort de la norme ASHRAE 55. Les résultats ont indiqué que le modèle PMV ne correspond pas au confort thermique des occupants des salles de soins dans les régions tropicales, en particulier pour le personnel médical. En conclusion, les chercheurs ont signalé que pour améliorer de manière optimale le confort thermique des occupants d'un établissement de santé dans les régions tropicales, il doit intégrer soigneusement les

normes du confort thermique en fonction des différentes exigences des occupants (Sattayakorn, 2017).

5. Conclusion

Ce chapitre est dédié entièrement au développement des recherches réalisées sur la notion du "confort thermique" au sein de l'espace hospitalier. Elles ont été réalisées à partir d'études in situ, puis, avec les développements technologiques et informatiques, elles ont été simulées par des tests thermiques et comportementaux.

A travers la littérature nous pouvons constater que la plupart des études in situ ont été menées dans les blocs opératoires et les salles de chirurgies. Peu d'entre eux ont été focalisées sur les chambres des malades, dont l'objectif principal et commun était de définir les conditions essentielles du confort thermique des patients, et parfois des médecins et du personnel. Ceci a été traité par deux méthodes. La première consiste à caractériser le confort thermique dans ces endroits sensibles, en mettant en évidence ses différents paramètres environnementaux (la température intérieure, l'humidité relative et le mouvement de l'air...) et en adoptant deux approches : analytique et adaptative. La deuxième méthode traite la même problématique inversement, elle se base sur l'étude de l'inconfort thermique du point de vue des patients et du personnel hospitalier.

D'autres études ont été dirigées vers la recherche d'amélioration de la qualité de l'air intérieur en adaptant des systèmes de ventilations hybrides ceci en contrôlant les modes de ventilations naturelles et mécaniques.

L'hygiène et la préservation d'un environnement sain et pur pour les patients, sont des objectifs ciblés par d'autres recherches travaillant sur l'évaluation de l'impact des variations de température et d'humidité sur les infections, la croissance bactérienne et les bactéries transmises par l'air.

L'analyse et la compréhension de ces études et ces méthodes d'évaluation du confort thermique dans un espace assez sensible et très particulier, nous permettent d'expertiser le champ de la caractérisation de cette notion dans un climat aussi très spécifique (un climat chaud et aride). Outre qu'elles nous confirment l'importance des enquêtes in situ et ces méthodes d'évaluation journalière basées sur la récolte des sensations thermiques et des implications de divers patients enquêtés.

CHAPITRE II : SUR L'AMBIANCE

1. Introduction

« La notion d'ambiance est à la fois séduisante et très floue »

(Chadoin 2010)

En architecture elle constitue pour l'usager une situation de bien-être et de confort aidant à faire face aux difficultés de la vie et notamment au stress engendré par les impératifs de la ville. Le progrès scientifique traduit en partie, les exigences des usagers en matière de confort ; en effet, le luxe d'hier devient la nécessité d'aujourd'hui. Ainsi, la prise en compte de l'ambiance dans la conception des projets architecturaux s'impose plus que jamais. La diversité des thèmes abordés dans cette notion d'ambiance est à l'image de celle des connaissances que sollicite l'expérience du projet architectural. Cependant, on peut disposer de trois pôles : l'un centré sur le cadre bâti, l'autre sur les signaux physiques et le troisième sur l'usager. Le terme ambiance recouvre une réalité complexe à la rencontre des dimensions objectives de l'environnement physique et d'attitudes symboliques beaucoup plus difficiles à cerner.

L'étude de l'ambiance mobilise alors un ensemble de disciplines allant des sciences humaines aux sciences techniques en se dotant d'outils permettant de mobiliser et d'instrumentaliser les interactions entre l'espace construit et "la physique sensible". Cette dernière devient une préoccupation de plus en plus importante dans le monde des recherches architecturales et urbaines, attirant notre attention alors nous essayons d'expliquer l'ambiguïté de ce phénomène.

Nous caractérisons ce chapitre d'ambiance par une explication généralisée, puis nous traitons l'ambiance thermique comme phénomène physique et sensible. Le chapitre sera structuré en deux parties : Nous donnons un coup d'œil philosophique comme une première partie, et la deuxième partie est consacrée à la caractérisation de l'ambiance thermique.

2. Coup d'œil Philosophique

2.1. Généralité sur la notion d'ambiance

Ambiance :cette notion demeurant mal découpé du langage commun paraît aujourd'hui emporter un franc succès, en particulier dans le monde de la recherche architecturale et urbaine qui, entre savoir et action, semble avoir trouvé dans cette notion une importante ressource comme l'illustre entre autres choses le récent numéro du bulletin Culture.

Selon Jean-François Augoyard, l'ambiance est une atmosphère matérielle et morale qui environne une personne ou qui existe autour d'une personne ; Réaction d'ensemble d'une assemblée (Augoyard, Les ambiances :concepts fondamentaux et problématiques interdisciplinaires s.d.).

2.1.1. Définitions

Qu'est-ce qu'une ambiance ?

Ce terme recouvre une réalité complexe, étymologiquement il est dérivé du latin ambiens, participe présent du verbe : ambire (latin) : entourer, environner (wikipedia s.d.).

D'après le dictionnaire Larousse, « l'ambiance est un ensemble de caractères définissant le contexte dans lequel se trouve quelqu'un, un groupe, climat, atmosphère : Une ambiance Chaleureuse, triste », « une Constitution et propriétés du milieu dans lequel se déroule une opération»(Larousse s.d.).

Par ailleurs, Hégron et Torgue ont avancé que : «La notion d'ambiance nous permet d'échapper précisément à une trop stricte opposition sujet/objet ; c'est-à-dire éviter la séparation entre la perception du milieu par un usager et l'objet perçu. Elle articule la connaissance des phénomènes physiques en présence, leurs interactions avec la forme construite, les usages des espaces architecturaux et urbains, la perception de l'utilisateur et ses différentes représentations»(Hégron et Torgue 2010).

Selon Pascal.J, le mot ambiance peut avoir dix synonymes, qui sont : atmosphère, aura, climat, compagnie, décor, entourage, environnement, influence, milieu et temps. Il se trouve qu'il ya des termes comme mieux centrés sur l'ambiance : milieu, atmosphère, environnement. Et d'autres périphériques : influence, temps, compagnie (BOULFANI 2010).

L'ambiance serait l'ensemble des « je-ne-sais-quoi » et des « presque-rien » qui font que les uns ou les autres vont associer à telle ou telle ville ou à un quartier, vécu à tel ou tel moment du jour ou de l'année, des sensations de confort, d'agréments, de liberté, de jouissance, de mouvements, ou de malaise, d'inconfort, d'insécurité, d'ennuis. L'ambiance est définie nécessairement par la subjectivité et l'instantanéité de l'expérience, mais elle n'a pas qu'une dimension individuelle et passagère, elle peut être mise en relation avec des éléments objectifs et mesurables du cadre de vie ou des comportements collectifs. Cette notion complexe est analysée conjointement par les sciences physiques et les sciences sociales, qui tentent d'associer des éléments objectifs mesurables physiques et climatiques (...), des éléments plus subjectifs qui varient selon les usages et les perceptions différentiels du sensible (dimension sonore et olfactive) (Chadoin, La notion d'ambiance 2010).

Ces définitions nous renvoient d'emblée à la dualité objectif et subjectif et ouvrent la discussion sur la complémentarité des notions « d'ambiance ». Il est en effet possible d'isoler la dimension physique des phénomènes d'ambiance de leur perception sensible et esthétique ou d'associer à l'ambiance

générale d'un lieu les différents phénomènes physiques et sensibles qui se rattachent aux ambiances lumineuses, sonores, thermiques, olfactives, etc. (Hégron et Torgue 2010).

2.1.2. Les éléments constitutifs d'une ambiance

Avant d'aller plus loin, il convient de souligner une singularité sur les éléments qui constitue une ambiance. Les phénomènes physiques comme la lumière, le son, la chaleur, le vent et les odeurs révèlent à l'observateur, grâce à ses cinq sens, les formes et propriétés de l'environnement construit et naturel ainsi que la qualité des espaces urbains.

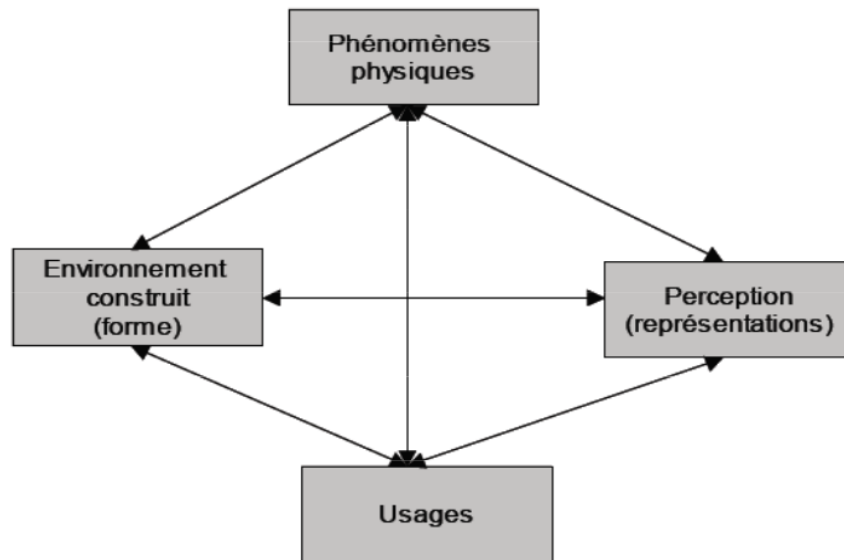


Figure II. 1. Éléments constitutifs des ambiances. Source : (Hégron et Torgue 2010)

Les jugements portés sur le caractère de ces phénomènes physiques d'ambiance dépendent par ailleurs de l'usage du lieu où l'on observe, agit et se déplace, et des représentations cognitives et références mobilisées lorsque l'on interprète les signaux perçus. La notion d'ambiance permet également de traverser les échelles spatiales et temporelles. Les travaux de recherche sur les ambiances articulent les trois composantes qui caractérisent le plus souvent la spécificité de la recherche architecturale :

- Les objets : il s'agit ici des phénomènes physiques d'ambiances, naturels et anthropiques, qui sont en interaction avec l'environnement construit (bâtiments, infrastructures, ...) et naturel (parcs, végétation, plans d'eau, ...)
- Les sujets : sont des habitants qui pratiquent ou fréquentent les environnements architecturaux et urbains et qui perçoivent et ressentent leur environnement physique (objet en fonction de leur sensibilité physiologique, psychologique et culturelle (représentations cognitives) et de l'usage de ces lieux ;
- Le projet : l'enjeu est de concevoir un projet urbain ou architectural qui respecte les intentions d'ambiance du concepteur (architecte, urbaniste). Il s'agit d'anticiper les propriétés d'ambiance d'un environnement à construire. Les travaux sur les ambiances constituent par conséquent une

recherche intrinsèquement interdisciplinaire qui marie l'architecture et l'urbain avec et les sciences humaines et sociales.

Paradoxalement, les recherches engagées depuis quelques décennies entretiennent cependant une certaine dualité sujet/objet en se focalisant sur deux champs complémentaires : l'un se concentrant davantage sur la maîtrise des flux ambiants (lumière, son, chaleur, aéraulique, odeur, ...) s'appuyant sur les sciences de l'ingénieur et la connaissance des formes urbaines et architecturales, l'autre explorant l'analyse de l'expérience sensible in situ et mobilisant les savoirs sur les usages et les représentations (Hégron et Torgue 2010).

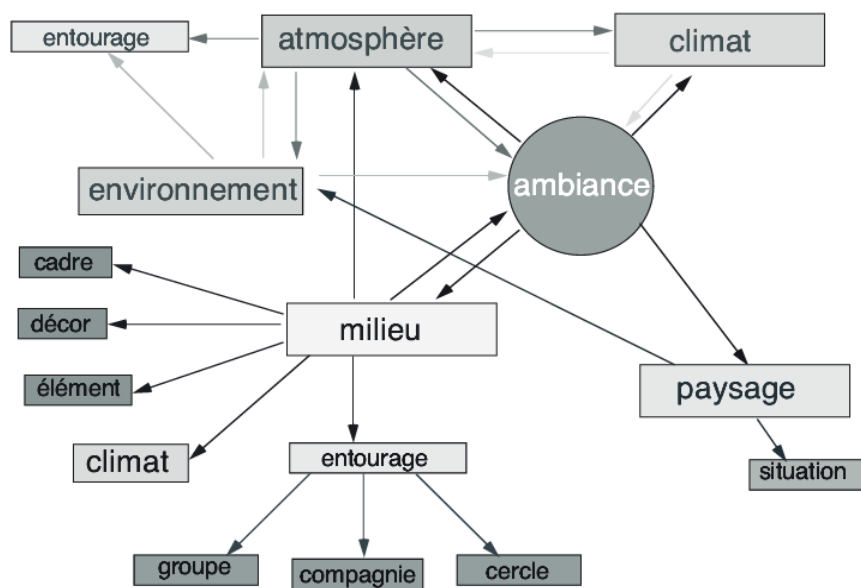


Figure II. 2. Structure des renvois analogiques et place de l'ambiance.
Source :Augoyard

2.1.3. Structure des renvois analogiques et place de l'ambiance

Les différents renvois ne sont pas de la même nature logique, on peut distinguer quatre dimensions :

- Une dimension causale : qui comprendra l'environnement, le climat et le cadre.
- Cette dimension causale consiste à déterminer et à analyser la production du phénomène par décomposition.
- Une dimension interactionnelle : qui comprendra un milieu biologique et humain ; ce qui exprime une causalité réciproque et un effet induit ;
- Une dimension organisationnelle : qui comprendra le paysage. Le phénomène à travers cette dimension vient de la composition ;
- Une dimension sémantique et représentative : exprimé par deux renvois analogiques : atmosphère et décor.

2.1.4. Concevoir une ambiance en architecture

En tant que perception sensible de l'environnement urbain et architectural, l'ambiance est une expérience partagée par tout le monde mais le plus souvent difficilement communicable et explicable. Les définitions les plus courantes du terme « ambiance » sont les suivantes :

« Éléments et dispositifs physiques qui font une ambiance ».

« Atmosphère matérielle et morale qui environne un lieu, une personne » (Hégron et Torgue 2010).

« Faire une ambiance » ne sous-entend pas nécessairement que seul l'architecte peut le faire. On pourrait, en paraphrasant Jacques Salom, dire que l'ambiance est faite à deux, par l'architecte qui modèle l'espace et l'utilisateur qui le vit. Pour autant que derrière « faire une ambiance », est la toute-puissance de l'acte d'un concepteur qui est entendue (Ouard 2008).

Toute architecture estime par nature des usagers spécifiques, une situation géographique et autant d'éléments qui seront partie prenante dans l'ambiance que chacun expérimentera. Ces éléments n'étant pas du ressort de l'architecte, on peut émettre l'hypothèse qu'à tout espace préexiste un champ restreint d'ambiances à venir.

L'ambiance est contextuelle et l'architecte ne peut que s'insérer dans ce contexte donnant alors la .Aussi, l'architecte ne peut être considéré comme un « faiseur d'ambiances », il est celui qui, par son intervention sur le cadre physique, va modeler l'ambiance préexistante d'un lieu. Ce « simple » constat amène, de fait, à une autre définition du rôle de l'architecte vis-à-vis de l'ambiance d'un lieu. Elle n'est plus simplement la plus-value < luxueuse > donnée à un édifice, mais un véritable enjeu dans sa conception. Car, faute d'une pensée sur l'ambiance préexistante, celle-ci pourrait s'avérer contre-productive à la qualité architecturale, voir à l'émancipation de l'individu.

Lorsque nous employons l'expression « concevoir une ambiance », il s'agit plus exactement de concevoir les espaces qui permettront de réunir les conditions pour que l'utilisateur puisse voir, entendre, toucher, sentir ce que l'architecte a projeté. Nous imaginons bien entendu que chaque usager individuellement va avoir sa propre perception des lieux, son interprétation personnelle en fonction de nombreux critères tels que sa culture, son humeur, ses expériences antérieures. Ceci ne s'oppose pas à ce que les perceptions de plusieurs usagers peuvent détenir des points de convergence (M'sellem 2017).

2.1.5. Les échelles d'une ambiance

2.1.5.1. L'échelle spatiale

Selon Hégron.G, Torgue.H : « De la micro-échelle, à savoir l'espace immédiat qui environne un usager (une rue, une place, un bâtiment, ...) à la macro-échelle (le tissu urbain), d'autres niveaux d'échelles intermédiaires peuvent être considérés comme l'îlot et le quartier urbain ».

La démarche d'appropriation et de transformation spatiale, propre aux pratiques architecturales, s'appuie sur un mode de lecture et d'analyse qui envisage l'espace selon de multiples échelles, dont au moins trois fondamentales: l'édifice, la ville et le territoire.

Au plan spatial, le contexte doit être approché selon différentes focales: celle de l'édifice lui-même comme projet et comme unité d'appréhension, celle de la ville ou du quartier, qui cadre le projet, l'irrigue et l'inscrit en réseau comme élément du puzzle urbain, et enfin, celle du territoire, qui le positionne dans un ensemble de pratiques et d'actions débordant l'espace physique en le reliant à la politique et à l'imaginaire du "local"(Torgue 2013).

2.1.5.2. L'échelle temporelle

L'échelle "temporelle" concernant les variations des conditions de l'environnement, une ambiance est relative au facteur de temps, car elle change avec les heures de chaque jour :en exemple, on trouve une ambiance thermique globale si on s'intéresse à l'échelle temporelle macro (année), elle

peut être plus réduite selon : le mois, la semaine, le jour et l'heure... tout simplement, elle est évolutive selon les différentes temporalités.

2.1.5.3. L'échelle climatique

Le facteur climatique a une influence sur l'ambiance, à savoir : la température de l'air, l'humidité, le vent... par exemple sous une ambiance thermique très chaude les usagers de tel espace cherchent de l'ombre et avoir plus de froid, leurs comportements peuvent être sous plusieurs formes physiologique, comportementales ou bien techniques et d'une manière consciente ou inconsciente.

Si l'occupant se trouve dans une ambiance froide, sa sensation sera complètement inversée par rapport à la première situation. Il va chercher un climat plus chaud à travers les différentes réactions citées-ci dessus. Dans des conditions de neutralité l'homme ne veut ni chaud ni froid. Mais tout cela reste relatif à d'autres paramètres comme : l'âge, santé, sexe (BOULFANI 2010).

3. Ambiance thermique

3.1. Notions d'ambiances thermiques

L'ambiance thermique est un facteur de conditions jouant un rôle important sur la santé et le confort des individus. Cela concerne aussi bien les situations de chaleur que de froid, ces premiers symptômes doivent attirer l'attention du chercheur et conduire à une analyse complète sur les sensations éprouvés face à l'ambiance thermique.

Cette dernière fait appel à plusieurs paramètres climatiques : la température de l'air, naturellement, mais aussi de l'humidité de l'air, le rayonnement thermique et le déplacement d'air. L'activité physique de la personne ainsi que son habillement jouent également un rôle important.

L'ambiance thermique peut être ressentie comme chaude, neutre ou froide (Patrick 2012).

3.1.1. Ambiance thermique chaude

Un organisme humain en santé maintient une température corporelle constante d'environ 37°C et une fluctuation de cette température supérieure à 1°C est le signe d'un dépassement des mécanismes de thermorégulation.

On arrive donc à la notion de stress thermique, soit la charge totale qui s'exerce sur l'organisme, résultant de la production métabolique de chaleur à l'effort, à l'apport de chaleur de sources externes et de l'isolement procuré par les vêtements (Patrick 2012).

Comme mentionné ci-dessous dans la figure-1, les êtres humains perdent de la chaleur dans l'environnement principalement par une combinaison de moyens secs (rayonnement et convection) et d'évaporation. Pour faciliter cet échange, deux systèmes effecteurs primaires sont activés et régularisés : la vasodilatation et la sudation. Alors que la vasodilatation entraîne souvent de faibles augmentations de la perte de chaleur sèche (radiative et convective), elle transfère principalement la chaleur du noyau vers la peau (transfert de chaleur interne), tandis que l'évaporation de la sueur constitue un moyen extrêmement efficace à son retour aux tissus profonds du corps (transfert de chaleur externe).

Lorsque la température ambiante augmente, la température corporelle a tendance à augmenter et l'organisme réagit pour maintenir cette température constante en augmentant le débit sanguin

périphérique et les déperditions calorifiques par la sudation, accroissant ainsi le transfert de chaleur vers l'environnement.

Mais dans une ambiance extrême, le gain de chaleur dépasse les capacités d'élimination, entraînant une augmentation de la température corporelle et donc des risques graves pour la santé.

Ces risques sont d'autant plus graves que les individus exposés sont généralement incapables de reconnaître leurs propres symptômes de stress thermique (Patrick 2012).

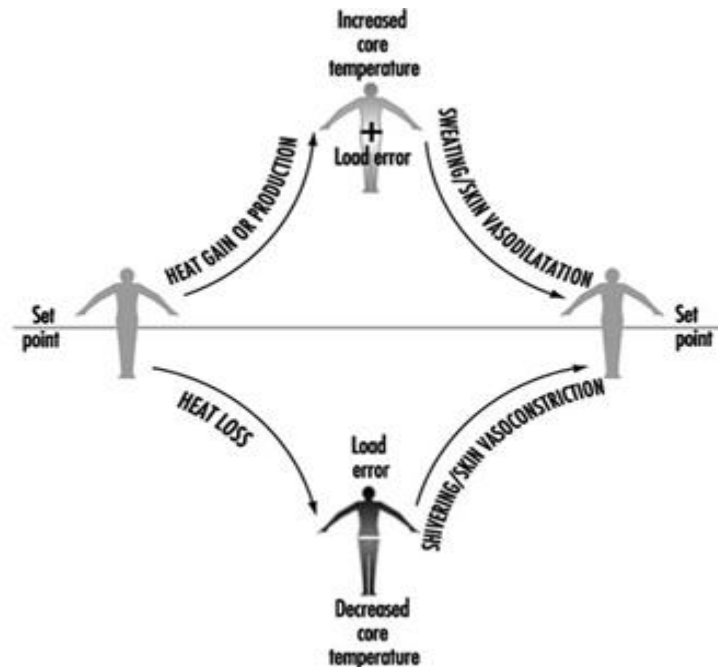


Figure II. 3. Un modèle de thermorégulation dans le corps humain.

Source : (Kenney, 2011)

3.1.2. Ambiance thermique froide

Lorsque le corps devient froid, la vasoconstriction réduit le flux sanguin vers la peau et donc la perte de chaleur. Lorsque la température corporelle a tendance à baisser, la thermogénèse sans frissonnement (tension musculaire, sensation de raideur et augmentation du métabolisme) augmentera la production de chaleur. Lorsque la température du corps baisse (peau, peau avec le corps, ou les deux) et thermo réguler, les frissons commencent ; il peut également y avoir un frisson de type «réaction» (à des températures corporelles plus élevées) en raison de la réponse psychologique et du taux de chute de la température de la peau due à une exposition soudaine (Parsons, 2014). Donc L'organisme perd de la chaleur, ce qui a pour conséquence un refroidissement ou une mise en jeu des mécanismes de lutte contre le froid.

3.1.3. Ambiance thermique neutre

La neutralité thermique correspond à une zone d'ambiance thermique pour laquelle on ne mobilise aucun mécanisme de lutte contre le froid ou le chaud (J.Choudin, C.Morice et N.Kechich 2014).

Le flux de chaleur est évacué par la convection et le rayonnement, à l'exclusion de toute vapeur sudorale. Selon Millanoye M, les valeurs d'ambiances thermiques neutres sont :

- Température sèche :

- ✓ Travail sédentaire : 20°– 21°C
- ✓ Travail physique modéré : 17° - 18°C
- ✓ Travail physique intense : 15°C
- Pourcentage d'humidité : 50 à 60 %

Si la température s'élève ou le travail musculaire augmente, diminuer le pourcentage d'humidité.

- Vitesse de l'air : Pour un travail sédentaire : 0,1 à 0,25 m/s. Pour un travail physique : jusqu'à 10 m/s, cette vitesse dépend des autres paramètres du bilan thermique.

3.1.4. Lutte physiologique contre les ambiances thermiques chaudes et froides

3.1.4.1. La vasodilatation

C'est le premier mécanisme de lutte mis en œuvre face à une ambiance chaude. C'est un mécanisme surtout efficace au repos puisque l'exercice physique augmente la quantité de sang vers les muscles rendant la vasodilatation difficile. Elle consiste à favoriser le passage du sang au niveau des couches cutanées grâce à l'augmentation du diamètre des vaisseaux sanguins pour y permettre les échanges de chaleur et donc de refroidir la peau (Perte de calorie par le mécanisme de convection).

La vasodilatation entraîne une diminution de l'apport sanguin dans la sphère digestive ainsi qu'une diminution de la filtration rénale. Le muscle cardiaque et le système nerveux restent des organes fortement irrigués.

3.1.4.2. La sudation

L'exercice physique limitant la vasodilatation, l'organisme fait intervenir la sudation. C'est le moyen le plus efficace pour lutter contre la chaleur. Cependant, une attention toute particulière doit être apportée sur la conception des vêtements de travail car ceux-ci peuvent entraver ce phénomène (la perte de calories par évaporation).

Ce phénomène est limité par la "sudation maximale" (S Max) qui est la quantité maximale de sueur qu'un sujet peut fournir (à peu près 4 litres pour 8 heures).

La sudation entraîne par ailleurs une perte importante d'eau et de sels divers. La déshydratation de l'organisme doit être limitée à 4 à 6 % du poids du corps. Une perte sudorale maximale admissible (D max) a été fixée. Celle-ci ne doit pas dépasser 1,5 L/h. Cette sudation est rendue possible grâce aux glandes sudoripares qui vont puiser l'eau et le sel dans le sang. Les glandes vont ensuite de façon pulsative faire remonter l'eau et le sel à la surface de la peau pour que l'eau soit évaporée. Cette eau puise la chaleur de l'organisme pour passer à l'état gazeux et se diluer dans l'air ambiant.

Dès lors la sudation est dépendante de la saturation de l'air en humidité. Si l'atmosphère est fortement humide, le processus de sudation ne sera pas efficace et contribuera au déséquilibre du bilan thermique. Ce phénomène est observé dans les saunas pour lesquels une durée d'exposition a été fixée.

La sudation apparaît toujours après un délai qui dépend de la charge de chaleur et de l'acclimatation du sujet. En cas de forte amplitude thermique ou de début d'un exercice musculaire, le délai est d'environ dix minutes.

3.1.4.3. L'acclimatation

L'exposition régulière à la chaleur va déclencher une acclimatation du sujet, c'est à dire :

- Déclenchement de la sudation plus rapide,

- Débit sudoral plus important,
- Efficacité thermolytique plus grande.

Ceci a pour conséquence de baisser la température rectale, la fréquence cardiaque et de permettre une meilleure performance pour l'opérateur. L'attention sera portée vers les processus de déshydratation, dangereux pour l'opérateur malgré l'acclimatation.

Les normes prennent en compte l'acclimatation du sujet dans l'évaluation de la contrainte thermique. D'une manière générale, le laps de temps à cette dernière est d'environ 15 jours.

3.1.4.4. Le frissonnement

Les muscles horripilateurs libèrent, face au froid, de la chaleur en soulevant un poil, ce qui donne une sensation de « chair de poule ». Ce mécanisme peut s'amplifier jusqu'à provoquer la contraction de gros muscles : c'est le frissonnement. Il a pour objectif le dégagement de chaleur.

3.1.4.5. La vasoconstriction

Le diamètre des capillaires sanguins, situés sous la peau soumise au froid, va se réduire. Ainsi le volume de sang exposé au froid diminue (l'échange par convection diminue). Parallèlement le sang chaud réchauffe le sang froid en profondeur. Ce mécanisme est peut efficace car les tissus extérieurs doivent être irrigués pour ne pas entraîner de gelure.

3.1.4.6. Augmentation du métabolisme de base

Le corps va libérer des hormones qui accélèrent les réactions enzymatiques et ainsi augmenter la production de chaleur générale. Il faut noter que les mécanismes hormonaux mettent environ une semaine pour lutter et s'adapter efficacement contre le froid. Durant cette phase d'adaptation, le sujet nécessite une surveillance particulière (J.Choudin, C.Morice et N.Kechich 2014).

4. Conclusion

La notion d'ambiance est basée sur un processus pluridisciplinaire. Elle représente la combinaison entre trois approches qui sont d'ordre physique, sensible, émotionnelle. En ce sens, l'ambiance n'est pas restreinte aux simples données environnementales si pertinentes soient-elles, mais elle est essentiellement constituée par des représentations perceptives. Une ambiance thermique varie selon le facteur spatio-temporel et climatique d'un lieu et varie selon le jour, l'heure, la météo et les utilisateurs. Pour une appréhension de ce phénomène, il est nécessaire d'analyser le système qui forme l'interaction entre habitat et l'occupant.

La neutralité thermique est un élément essentiel pour le bien être de l'occupant dans son environnement bâti. Les paramètres qui influencent l'ambiance thermique peuvent être divisés en deux types : les paramètres physiques (telles que la température de l'air, la vitesse de l'air...) et les paramètres d'ordre personnels (comme l'habillement, l'activité). L'homme est un homéotherme, il doit maintenir sa température interne voisine de 37°C. L'adaptation à chaque ambiance implique des réponses d'ordre physiologique, comportemental et parfois technique pour assurer l'équilibre entre le corps et l'environnement.

Ce chapitre a pris la discussion sur l'ambiance. Nous avons mentionné également une large généralité philosophique de ce phénomène abstrait, ainsi nous avons détaillé la caractérisation de l'ambiance thermique.

CHAPITRE III : SUR LE CONFORT THERMIQUE ET LE CLIMAT

1. Introduction

«Cependant, la notion de confort est difficile à appréhender par son caractère subjectif. Il est en effet hasardeux d'imposer des conditions climatiques strictes en espérant que ces dernières satisfassent tous les occupants de tous les bâtiments.»

(Frédéry, Frédéric, & Françoise, 2015)

Le confort thermique constitue une exigence essentielle pour tout le monde. En effet, pour se sentir à l'aise, l'être humain doit s'habiller selon la saison et les conditions climatiques. Pour assurer le confort à son habitat, il doit penser aux exigences thermiques en première considération, il doit se protéger contre le froid et les canicules toutes les périodes de fortes chaleurs. Pour un bon rendement de travail, il doit avoir une bonne ambiance thermique. Dans les milieux de séjours en particuliers tel que les hôtels et les hôpitaux, le confort thermique doit être pris en considération particulière.

Par ailleurs, la problématique du confort thermique dans les bâtiments a été abordée à grande échelle depuis longtemps, et de plus elle a été mise en évidence non seulement en architecture mais aussi dans différentes disciplines d'ingénierie, d'urbanisme et d'équipements. Les chercheurs furent intéressés par la thématique du confort thermique en allant profondément dans la caractérisation de ce dernier.

Dans ce chapitre nous présentons en bref les différents aspects qui aident à la caractérisation du confort thermique en général et en climat chaud et aride en particulier. Ceci nous conduit à effectuer un état de l'art qui permet de présenter ses variables, ses approches, ses modèles et ses réglementations. Il nous mène aussi à la méthodologie convenable à notre étude. Les différents mécanismes, les caractéristiques physiques, physiologiques et psychologiques, les réponses du corps humain et les principes de sa thermorégulation en interaction avec son environnement, tous sont détaillés ci-après. Ceci nous facilite la maîtrise des phases suivantes de la recherche.

2. Bref aperçu de la théorie

2.1. Le confort thermique : notion complexe

Le confort thermique est probablement l'une des problématiques les plus posées et les plus signalées à l'esprit que l'on pense au confort du patient à l'hôpital. C'est l'ambiance la plus importante et la plus touchante par rapport à cette catégorie sensible.

ASHARE précise la définition du confort thermique, Objet de la présente recherche, comme suit : "Thermal Comfort is that condition of mind that expresses satisfaction with the thermal environment and is assessed by subjective evaluation" (ANSI/ASHRAE Standard, 2017), c'est la définition la plus reconnue: prévoir un état de satisfaction thermique en hiver et en été. En d'autres termes, pour assurer le confort thermique, il suffit d'assurer une sensation de chaleur en hiver et préserver des surchauffes en été.

Mais d'une manière ou d'une autre, le confort thermique s'avère être d'une grande complexité ça veut dire il reste une notion complexe et difficile à définir et donc assurer l'interdisciplinarité du confort thermique est le secret de sa complexité ; comme Moser l'a expliqué : «Le confort est lié aux sentiments, à l'aperception, à l'humeur et à la situation. Sa définition fait à la fois appel à une approche négative (absence d'inconfort, qui se caractérise par exemple par l'absence de douleur, d'anxiété,...) et à une approche positive (bien-être, satisfaction). » (Moser, 2009).

L'approche du confort thermique implique au moins trois champs disciplinaires : l'architecture, Les sciences de l'ingénieur, Les sciences humaines et sociales ainsi qu'elle varie selon les géographies et les sociétés (Tixier, 2005).

Habituellement, les spécialistes chauffagistes et climaticiens parlent d'une température moyenne conforme et confortable au corps humain et sur toute l'année et qui se fixe à 22 degré. Mais réellement le confort thermique n'est pas limité uniquement à la température et le seuil 22 degré n'est pas forcément le plus confortable.

Quel que soit les conditions de l'environnement thermique, le corps humain réagit par une interaction dynamique mobilisant un ensemble de réactions rétroactives, volontaires et involontaires, qui permettent de contrôler les échanges thermiques avec cet environnement afin de satisfaire les exigences de l'homéothermie. Selon l'intensité des échanges thermiques et des réactions mis en jeu dans un environnement donné, le corps peut éprouver une sensation de neutralité thermique, de tiédeur ou de fraîcheur. Il peut avoir chaud ou froid dans des conditions extrêmes qui peuvent le plonger dans une hyperthermie ou hypothermie lors d'une exposition prolongée mettant en péril sa vie (Moujalled, 2007).

En outre, la sensation du confort thermique dépend de plusieurs facteurs influençant la perception des personnes. Ces facteurs peuvent être variés entre physiologiques, psychologiques et environnementaux, ainsi que les comportements, l'accoutumance et les attentes des personnes dans leurs cadres de vie. Ce qui prouve que le corps humain n'est pas uniquement un récepteur passif de stimuli extérieurs.

La majorité des sources scientifiques commencent à définir le confort thermique par sa négative : l'inconfort comme seuil et référence, considérant que la sensation thermique générée donne ou non naissance à l'inconfort (CANDAS, 1998).

Loin de là et d'une manière simple, on parle de confort thermique lorsque la personne ne souhaite avoir ni plus chaud, ni plus froid et cette satisfaction dépend :

- Du métabolisme, qui est la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de 36,7°C.
- De l'habillement (la vêtue), qui représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement.
- De la température ambiante de l'air (T_a).
- De la température moyenne radiante des parois (T_p).
- De l'humidité relative de l'air (HR), qui est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température t_a et la quantité maximale d'eau contenue à la même température.
- De la vitesse de l'air, qui influence les échanges de chaleur par convection. A l'intérieur des bâtiments, les vitesses de l'air ne dépassent généralement pas 0,2m/s.

2.2. Caractérisation du confort thermique

Depuis longtemps, plusieurs significations et expressions sont données au confort thermique; et pour mieux le caractériser, nous choisissons souvent les définitions venant à travers des études approfondies sur cette thématique.

Buratti et Ricciardi ont défini le confort thermique comme un état d'esprit qui exprime la satisfaction quant à l'ambiance thermique. En effet, les parties profondes du corps humain sont maintenues à une température fixe (homéothermie). Le maintien de la température interne du corps humain autour de 37°C nécessite un équilibre thermique avec son environnement (Buratti & Ricciardi, 2009).

Pour caractériser le confort thermique, il faut mettre en évidence les paramètres fonctionnels du phénomène thermique d'un corps humain ; ce dernier peut être considéré d'un point de vue objectif, comme une machine thermique autorégulée, soit qu'une personne active affectée par ses sensations à partir d'une perspective subjective.

D'abord, la température corporelle peut varier entre certaines limites en fonction du métabolisme, du climat et des échanges avec l'environnement. En revanche, la chaleur métabolique peut être dissipée dans l'environnement à travers la surface cutanée et par voie respiratoire sous forme de chaleur sensible et latente; sinon, elle peut être stockée dans le corps ce qui provoque une élévation de la température interne (Kaboré, 2015). La chaleur sensible se propage dans l'environnement à travers la convection, le rayonnement ou la conduction. Pendant que la chaleur latente est reprise par évaporation de la sueur à la surface de la peau.

Donc, ces échanges définissent les différentes relations entre l'individu et son environnement ainsi que sa perception de l'ambiance thermique, et par conséquent elle caractérise de manière et d'autre le confort thermique.

2.3. Indices du confort thermique

Les indices du confort thermique sont divisés en deux principales familles:

- Les indices empiriques
- Les indices analytiques

La première famille regroupe les indices empiriques [Auliciems 1997] et elle est issue d'une part des études déclaratives du confort dans des conditions climatiques contrôlées et d'autre part d'une étude de la balance thermique entre l'homme et son environnement :

$$S = M - W + R + C + E + K + C + E$$

Sachant que:

S : Balance énergétique instantanée et globale, M : métabolisme basal, W : travail externe, R : perte par rayonnement, C : échange par convection, E : échange par évaporation, K : échange par conduction, Cres : échange par convection respiratoire, Eres : échange par respiration, latente et sèche.

La deuxième famille est issue des approches dites analytiques. Ce type d'approche est basé sur la modélisation plus ou moins fine de transfert thermique chez l'homme.

Par ailleurs, nous pouvons classer les indices du confort thermique selon leurs degrés de précision et leurs objectifs [F. Javier Neila Gonzalez] comme suivants:

A. Directs : apportent des informations partielles du confort et qui sont : la température, l'humidité, la vitesse de l'air.

B. Dérivés des directs : constituent les plus intéressants pour la sensation thermique et sont:

1. la température moyenne radiante (moyenne pondérée des températures), On peut obtenir cette valeur avec un thermomètre de globe noir ou capteur de température globe noir (T_g) la température sèche (T_s) et la vitesse de l'air (v_a).

$$T_{mr} = T_g + 0.24 (T_g - T_s) \cdot v^{1/2}$$

2. la température équivalente, C'est la température d'une parcelle d'air dont on aurait complètement retiré sa vapeur d'eau par un processus adiabatique.
3. température opérative, c'est la température de confort ressentie ou la température résultante sèche. Elle est définie en calculant la moyenne entre la température moyenne radiante et la température de l'air.

$$T^{\circ} \text{opérative} = (T^{\circ} \text{air} + T^{\circ} \text{parois}) / 2$$

4. température opérative humide, variation de l'indice précédent qui prend en compte un état de saturation afin que les échanges soient par convection ou radiation mais aussi par évapotranspiration.

C. Empiriques : regroupent :

1. La température effective, un indice arbitraire qui combine dans une seule valeur l'effet de la température, l'humidité et le mouvement de l'air en lien avec la sensation de chaleur ou froid ressentie par l'être humain. Cette température effective va s'obtenir en combinant et en modifiant la quantité d'humidité du local, la température du bulbe sec, ou la vitesse de l'air selon les possibilités d'agir.
2. Indices de refroidissement par le vent, prend en compte le mouvement de l'air dans la mesure de la sensation de chaleur.
3. Degré de satisfaction en fonction de recensement, ce qui permet de qualifier la sensation produite par un site en fonction de plusieurs variables.
4. Degré de satisfaction prévu.
5. Indice de confort équatorial.
6. Pourcentage de personnes insatisfaites.

Les indices PMV et PPD, déclarés par la norme internationale ISO 7730, 2005, pour objectif de déterminer analytiquement et d'interpréter le confort thermique,

2.3.1. Indice de vote moyen prévisible (PMV - Predicted Mean Vote)

Il donne l'avis moyen d'un groupe important de personnes qui exprimeraient un vote de sensation de confort thermique en se référant à l'échelle suivante :

D. Une valeur de PMV de zéro exprime une sensation de confort thermique optimale.

E. Une valeur de PMV négative signifie que la température est plus basse que la température idéale.

F. Réciproquement, une valeur positive signale qu'elle est plus élevée.

Avec une échelle d'évaluation commence par +3 Chaud, +2 tiède, +1 légèrement tiède, 0 neutre, -1 Légèrement frais, -2 frais, -3 froid. On considère que la zone de confort thermique s'étale de la sensation de légère fraîcheur (- 1) à la sensation de légère chaleur (+ 1), soit de -1 à + 1.

2.3.2. Le pourcentage prévisible d'insatisfaits (PPD - Predicted Percentage Dissatisfied)

Il donne, en fonction de l'indice PMV d'une situation thermique précise, le pourcentage de personnes insatisfaites par rapport à la situation.

2.4. L'interaction entre les aspects du confort thermique

Le confort thermique est une notion complexe interdisciplinaire qui possède trois aspects différents: physiologique, physique et psychologique. Elle ne peut être jamais identifiée sans faire recours à ces aspects, ni d'être dépouillée entièrement ou partiellement, aussi bien que sur le plan analytique, l'étude de cette notion doit être menée en considérant ses différents aspects (Parsons K. , 2003).

Dans une ambiance thermique quelconque, le corps humain réagit par une interaction dynamique mobilisant un ensemble de réactions rétroactives, volontaires et involontaires, qui permettent de contrôler les échanges thermiques avec cet environnement afin de satisfaire ses exigences thermiques corporelles. Ce phénomène s'effectue à travers une série d'interactions physiologiques.

Loin de là, il y a d'autres variables physiques qui réagissent avec l'activité et la vêtue pour établir à la fin un ensemble d'échanges thermiques entre le corps et son environnement. Mais au-delà de ces variables, la sensation thermique se penche au plus profond vers les inspirations psychologiques et les impressions comportementales qui se fondent principalement sur les attentes, les attitudes et les habitudes sociales et environnementales.

À cet égard, le comportement réactif de l'individu dans un environnement thermique résulte de l'interaction entre les différents aspects physiologique, physique et psychologique.

2.4.1. Aspect physiologique

Certainement, il peut y avoir le mécanisme d'autorégulation des températures corporelles. En fait, Le corps humain peut définir la température ambiante par les thermo-détecteurs sensoriels sous cutanés. Puis, il commence à générer des signaux nerveux qui se transforment peu après en différentes réactions. Ce mécanisme dépend de plusieurs facteurs, qui se représentent principalement par l'ambiance et les conditions environnantes.

2.4.1.1. L'équilibre thermique humain

Dans tous corps humain, les cellules vivantes vont approximativement de 0 °C (formation des cristaux de glace) à 45 °C (coagulation thermique des protéines intracellulaires), autrement dit, le corps humain peut supporter des températures centrales inférieures à 35 °C ou supérieures à 41 °C, mais seulement durant de très courtes périodes. Pour arriver à maintenir sa température interne dans ces limites, il a développé des réponses physiologiques très efficaces, pour permettre la conservation, la production ou l'élimination de la chaleur du corps. Par conséquent, il doit embaucher dans cette opération plusieurs systèmes de l'organisme.

En état de repos, un taux métabolique de 300 ml d'O₂ par minute crée une charge thermique d'approximativement 100 W. Lorsque l'individu fait des efforts, son organisme accélère à développer des solutions pour maintenir son équilibre thermique et une consommation d'oxygène de 1 litre/min due à la production de 350 W de chaleur.

Par ailleurs, dans des conditions normales le corps peut produire plus de 1200 W de chaleur pendant 1 à 3 heures sans en subir d'effets néfastes (Gisolfi & Wenger, 1984).

Tandis que la première source de chaleur fournie au corps provient de la production métabolique de chaleur, la deuxième source peut être représentée soit par un phénomène de rayonnement soit par une convection lorsque la température à la surface du globe et celle de l'air (température ambiante) sont l'une ou l'autre supérieure à la température de la peau. Ces deux sources (voies d'apport thermique) sont faibles par rapport à la première source : la production métabolique de chaleur et deviennent en fait des voies de déperdition de chaleur lorsque la température de la peau est supérieure à celle de l'air. Dans ce cas-là, les déperditions vont produire un autre phénomène qui s'appelle la sueur (l'évaporation).

2.4.1.2. La thermorégulation corporelle humaine

La température moyenne du corps (T_b) se formule par un équilibre pondéré entre la température centrale (T_c : température interne du corps) et la température moyenne de la peau (T_{sk}).

$T_b = k T_c + (1 - k)T_{sk}$, sachant que le facteur de pondération k varie dans les environs de 0,67 à 0,90.

Cet équilibre se dégrade lorsque le corps rencontre des contraintes thermiques causées par la chaleur ou le froid ; dans ce cas-là, il commence à émettre des réponses physiologiques afin de régler la température interne du corps (T_c).

Par ailleurs, la température moyenne de la peau peut être ressentie à travers des données sensorielles. Elle varie largement en fonction de la température ambiante, et elle donne des signes de douleurs dans des environs de 43 et de 10 °C.

La régulation de la température corporelle humaine est assez compliquée par rapport aux autres systèmes de régulation thermostatique de température. Le corps s'efforce tout le temps à maintenir son équilibre thermique en fixant un point de repère comme référence théorique (Parsons K., 2003). Lorsque la température du corps s'élève au-dessus de ce point, il accélère les réactions qui mènent au refroidissement (transpiration, accroissement de l'irrigation cutanée). Tandis que dans le cas où la température du corps s'abaisse il répond par l'arrêt des apports de chaleur (diminution de l'irrigation cutanée, frissons).

La conduction tissulaire et la convection sanguine sont les deux modes de la propagation de la chaleur de l'intérieur vers l'extérieur de l'organisme. Cette chaleur est émise essentiellement par l'énergie produite au cours des activités musculaires et du fonctionnement des différents organes ou des cellules (Moujalled, 2007). Ce phénomène se déroulera à une température de 37 °C; alors que la température de la surface périphérique (la peau) est comprise entre 29-30 °C aux pieds et 34-35 °C au niveau de la tête. Ces températures sont susceptibles de varier, au quotidien, en réponse à des perturbations internes et externes (ASHRAE & BOOK, 1997).

Il est clair que la température corporelle n'est pas uniforme. La température interne varie lors d'un exercice musculaire, ou pendant les déplacements et les activités qui contribuent à l'augmentation du métabolisme. Alors que, la température extérieure dépend exclusivement des variations des facteurs environnementaux (température d'air ou de rayonnement, vitesse d'air et vêtement) + (LAFONT).

D'une manière ou d'une autre, le corps s'efforce à maintenir sa température interne aux alentours de 37°C, ce phénomène passif est appelé thermorégulation physiologique végétative. L'équilibre entre la température interne et la température moyenne de la peau constitue l'objectif majeur de ce mécanisme. La température interne est maintenue à une valeur proche de 37 °C, mais elle peut varier entre 36 °C la nuit et 38-39 °C lors de certains efforts prolongés. Alors que, la température moyenne de la peau est voisine de 34 °C en condition standard et elle peut augmenter ou diminuer jusqu'à 10°C en fonction des conditions ambiantes environnantes (Moujalled, 2007) (VICTOR, 1998).

"Moujalled" estime que le système de thermorégulation peut développer des adaptations comportementales qui peuvent affecter considérablement les échanges thermiques avec l'environnement ainsi que l'état thermique du corps humain. Il avance que la thermorégulation comportementale permet de limiter les réactions physiologiques perçues comme désagréables. Ainsi le corps humain peut anticiper les changements dans son environnement thermique par des ajustements comportementaux (Moujalled, 2007) (Narçon S. , 2001).

Aussi bien, il est nécessaire de prendre connaissance du troisième phénomène qui est la régulation technologique. Le principe fonctionnel de cette dernière est de concevoir des constrictions offrant des environnements internes adaptés à l'occupant humain. La figure ci-dessous explique le principe des différents types de thermorégulation (Moujalled, 2007).

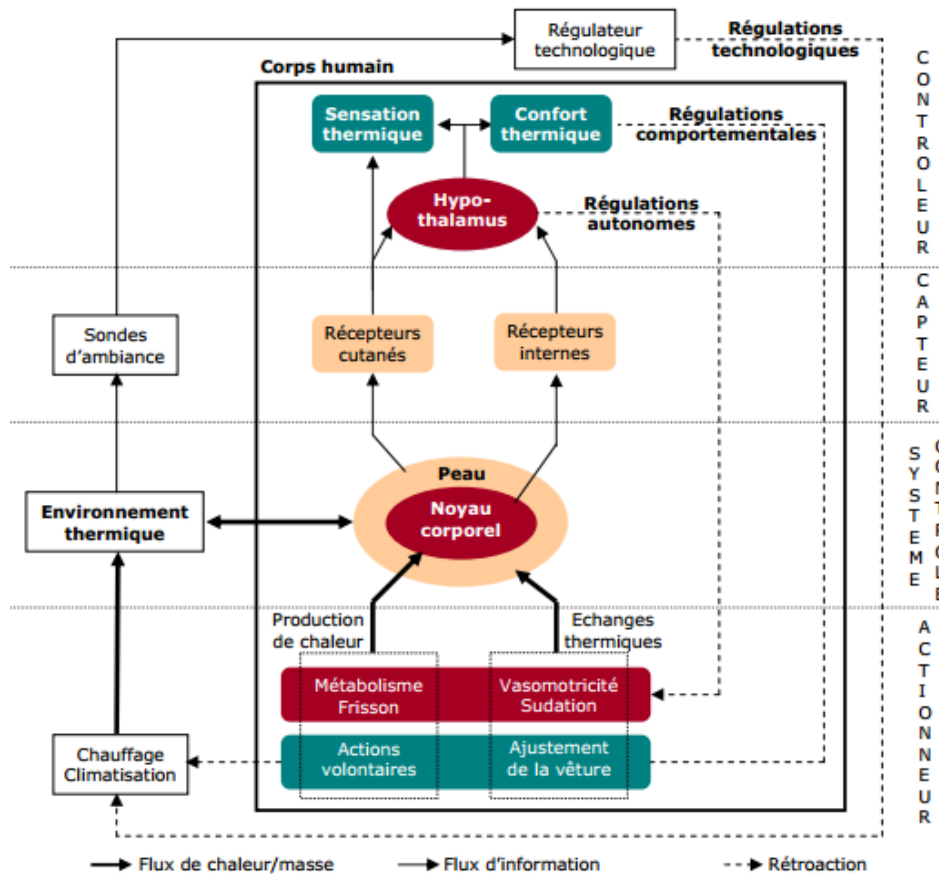


Figure III. 1. Thermorégulation végétative, comportementale et technique. Source : Moujalled .B, 2007.

2.4.2. Aspect physique

C'est l'ensemble des échanges thermiques avec l'environnement qui se représente par la production d'énergie ou de chaleur se propage du corps à l'environnement ou inversement.

2.4.2.1. Bilan thermique et les échanges avec l'environnement

En général, la convection, le rayonnement, la conduction et l'évaporation sont les quatre modes d'échanges thermiques entre le corps et son environnement. De cette façon l'individu exprime sa perception de l'ambiance thermique environnante. Selon ASHRAE 2009, le bilan thermique du corps s'écrit de la façon suivante (Owen & Kennedy, 2009) :

$$S = M - W_k - E_{sk} - E_r - C - R - C_k [w/m^2]$$

Avec M : chaleur métabolique, W_k : travail externe, E_{sk} : flux de chaleur latente échangé par évaporation à la surface de la peau, E_r : flux de chaleur échangé par voie respiratoire, C : flux de chaleur sensible échangé par convection à la surface de la peau, R : flux de chaleur sensible échangé par rayonnement à la surface de la peau, C_k : flux de chaleur sensible échangé par conduction à la surface de la peau.

L'échange thermique peut s'effectuer lors d'un transfert de chaleur par contact direct entre le corps et une surface à température différente, ce qui est appelé la conduction (K). Ce phénomène dépend des températures de surface et d'un coefficient d'échange thermique.

Par ailleurs, il y a aussi la convection thermique (C), qui s'effectue par l'échange de chaleur entre la surface du corps et l'air ambiant et elle dépend essentiellement de la température et de la vitesse de l'air.

Egalement, le corps peut être soumis aux autres échanges radiatifs émis par les parois qui l'entourent. C'est ce qu'on appelle le rayonnement (R).

Dans l'objectif de maintenir sa température interne en ambiance chaude, l'organisme humain s'efforce pour évacuer la chaleur par l'opération dite évaporation cutanée (E_{vap}). À cette opération, la quantité d'eau à évacuer est déterminée par le système de régulation physiologique et dépend essentiellement de la pression de vapeur dans l'air et de sa vitesse.

Il est aussi important de noter qu'il existe un autre mode d'échange thermique qui dépend de l'activité et qui combine entre le transfert de la chaleur et de la masse à la fois. C'est l'échanges de chaleur par voie respiratoire (R_{esp}), qui s'effectue par voie sensible (convection) et latente (évaporation) et il est régi par la différence de température et de pression entre l'air expiré et l'air ambiant.

2.4.2.2. Effets des vêtements sur le confort thermique

« Les vêtements constituent une deuxième barrière thermique après la peau, ils influencent sur les échanges de chaleur convective et radiative. »

(BOULFANI, 2010)

D'une part, le rôle principal de la tenue vestimentaire est la protection contre les facteurs extérieurs y compris les facteurs climatiques, ainsi qu'elle contribue effectivement au bien-être physique et psychologique de l'individu.

Et d'une autre part, elle peut réduire la perte de chaleur du corps et ainsi produire un effet d'échauffement à des températures basses. Dans le cas inverse, dans un climat froid, les vêtements réduisent le gain de chaleur « sèche » en provenance de l'ambiance mais d'un autre côté, ils augmentent l'humidité et réduisent la vitesse de l'air en contact avec la peau, ce qui se traduit par une diminution du refroidissement résultant de l'évaporation la sueur (Baruch, 1978).

L'effet des **vêtements** sur la thermique du corps humain augmente ou diminue en fonction de nombreux facteurs entre autres (FRANÇOISE, 1999)(BOULFANI, 2010)(Moujalled, 2007):

G. les propriétés des vêtements tel que: la couleur, le type de tissu, la coupe et la perméabilité à l'air.

H. les facteurs environnementaux qui sont: la température ambiante, l'humidité, la vitesse de l'air.

Ces facteurs ayant une incidence directe sur les échanges de chaleur et de masse à travers les vêtements ; il y a aussi le métabolisme où l'activité et l'hyperactivité peut augmenter rapidement et brusquement la température interne du corps, alors, la sensation de surchauffe que subit l'individu dans cette situation, se reflétera inconsciemment sur les vêtements qui deviendraient lourds et insupportables. Inversement, le repos peut provoquer la sensation de froid et donc, il donne à l'individu l'impression que ses habillements ne sont pas suffisants.

Dans les bilans portant sur les calculs des échanges thermiques entre le corps humain et son environnement, notamment l'isolation thermique et la résistance à l'évaporation, il est très important d'avoir connaissance des propriétés thermiques des vêtements. Et pour le faire, des recherches anticipées ont établi un modèle simple du comportement thermique des vêtements. Ce modèle

III- SUR LE CONFORT THERMIQUE ET LE CLIMAT

compte sur la représentation du tissu vestimentaire comme une seule couche à travers laquelle les transferts de chaleur se font uniquement par conduction entre la peau et la surface du tissu.

L'isolement entre la peau et la surface du vêtement se définit par l'isolement thermique intrinsèque et il se représente par I_{cl} , en $m^2 \cdot ^\circ C/W$, et il se mesure par l'unité clo ($1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \cdot ^\circ C/W$). La norme ISO 9920 permet le calcul de I_{cl} à partir des valeurs clo des pièces unitaires ou à partir des exemples de tenues citées (AFNOR, 1995).

Toujours selon "Moudjalled", qui estime que le modèle simple est limité partiellement, et il ne prend pas en compte le transfert de masse à travers les vêtements quoi qu'il joue un rôle important dans le cas de transpiration pour les sujets en activité intense et/ou dans les ambiances chaudes.

Il y a également un autre modèle simple qui se base sur deux paramètres : l'isolement thermique et la résistance à l'évaporation.

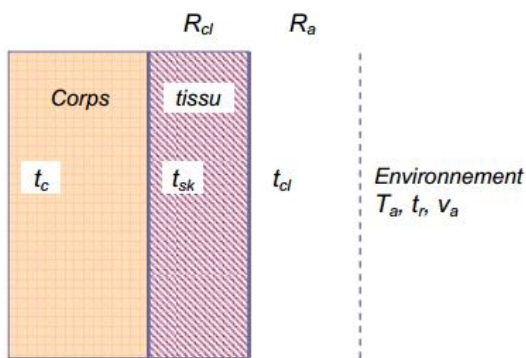


Figure III. 2. Les modèles simples du comportement thermique des vêtements. Modèle à un seul paramètre : l'isolement thermique. Parsons, 2003. Source : Moujalled .B, 2007.

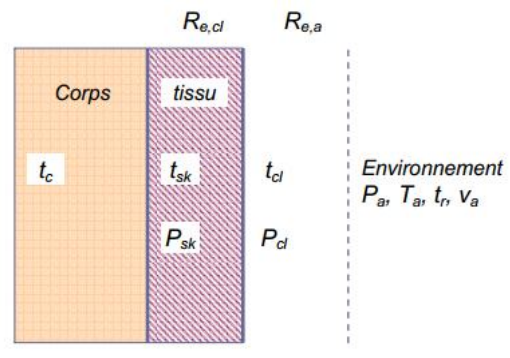


Figure III. 3. Les modèles simples du comportement thermique des vêtements. Modèle à deux paramètres : l'isolement thermique et la résistance à l'évaporation. Parsons, 2003. Source : Moujalled .B, 2007.

Selon ISO 9920 : détermination de l'isolement thermique et de la résistance à l'évaporation d'une tenue vestimentaire et l'indice d'isolement vestimentaire (I_{ci}) se calcule par l'équation suivante :

$$I_{ci} = t_{sk} - t_{cl} / H(1)$$

Où :

t_{sk} = température cutanée moyenne ($^\circ C$)

t_{cl} = température moyenne de surface du vêtement ($^\circ C$)

H = perte de chaleur par m^2 de surface cutanée (Wm^2)

Tandis que, l'indice de résistance thermique de surface entre le vêtement et l'environnement I_a se mesure en $m^2 \cdot ^\circ C \cdot W^{-1}$, et se calcule par l'équation :

$$I_a = 1 / (hc + hr)(2)$$

Sachant que :

hc – coefficient de convection

hr – coefficient de rayonnement

III- SUR LE CONFORT THERMIQUE ET LE CLIMAT

Finally, the total clothing insulation index is the sum of the clothing insulation index I_{ci} and the surface thermal resistance index I_a .

$$I_t = I_{ci} + I_a \quad (3)$$

The table below shows some values of thermal insulation defined by ISO 9920, these values concern various types of clothing for everyday use and practical use :

Vêtements de travail	I_{ci}		Vêtements d'usage courant	I_{ci}	
	Clo	$m^2 \cdot ^\circ C \cdot W^{-1}$		Clo	$m^2 \cdot ^\circ C \cdot W^{-1}$
Caleçon, combinaison, chaussettes, chaussures	0,7	0,11	Sous-vêtements, T-shirt, short, chaussettes fines, sandales	0,3	0,05
Caleçon, chemise, pantalon, chaussettes, chaussures	0,75	0,115	Sous-vêtements, jupon bas, robe légère avec manches, sandales	0,45	0,07
Caleçon, chemise, combinaison, chaussettes, chaussures	0,8	0,125	Caleçon, chemise à manche courtes, pantalon légers, chaussette fine, chaussures	0,5	0,8
Caleçon, chemise, pantalon, veste, chaussettes, chaussures	0,85	0,135	Sous-vêtements, chemise à manche courtes, jupe, sandales	0,55	0,85
Caleçon, chemise, pantalon, blouse, chaussettes, chaussures	0,8	0,14	Caleçon, chemise, pantalon léger, chaussettes, chaussures	0,6	0,095
Sous-vêtements à manches et jambes courtes, chemise, veste, chaussettes, chaussures	1	0,155	Sous-vêtements, jupon bas, robe, chaussures	0,7	0,105
Sous-vêtements à manches et jambes courtes, chemise, combinaison, chaussettes, chaussures	1,1	0,17	Sous-vêtements, chemise, pantalon, chaussettes, chaussures	0,7	0,11
Sous-vêtements à manches et jambes courtes, veste isolante, chaussettes, chaussures	1,2	0,185	Sous-vêtements, survêtement (pull, pantalon), chaussettes montantes, chaussures de sport	0,75	0,115
Sous-vêtements à manches et jambes courtes, chemise, pantalon, veste, veste isolante, chaussettes, chaussures	1,25	1,18	Sous-vêtements, jupon, chemise, jupon, chaussettes montantes épaisses, chaussures	0,8	0,12
Sous-vêtements à manches et jambes courtes, combinaison, veste et pantalon isolant, chaussettes, chaussures	1,4	0,22	Sous-vêtements, chemise, jupe, tricot ras de cou, chaussettes montantes épaisses, chaussures	0,9	0,14

Tableau III. 1. Référence aux valeurs d'isolement thermique des vêtements. Source: ISO 9920

2.4.3. Aspect psychologique

« *L'aspect psychologique se penche sur les phénomènes psychologiques et peut se servir des études empiriques afin de déterminer les relations entre les grandeurs physiques et physiologiques (par exemple température d'air, température cutanée) et leurs résultats sensoriels et hédonique chez l'individu.* »

(Moujalled, 2007)

2.4.3.1. La sensation thermique

Il est clair que les sensations thermiques font parties intégrantes de notre vie quotidienne, et c'est par la sensation thermique que s'exprime l'état thermique personnel. Elle peut se définir comme un indicateur psychologique qui peut se traduire par la verbalisation ou par des expressions comportementales. Cet indicateur, varie non seulement en fonction des conditions environnantes (températures, humidité, vitesse de l'air, etc) et de l'état psychologique, mais surtout en fonction des signaux physiologiques sensoriels des différents thermorécepteurs (Narçon S. , 2001).

Il est fréquent que la sensation thermique ait un impact significatif sur le jugement et l'évaluation du confort thermique. Le bien-être vis-à-vis de l'ambiance thermique signifie une sensation agréable ce qui justifie le confort thermique de l'individu. Par contre, l'inconfort thermique se justifie par une sensation de chaud ou de froid gênante (Schellen, Loomans, Kingma, De Wit, Frijns, & van Marken Lichtenbelt, 2013).

Physiquement, la sensation du chaud et du froid dépend essentiellement de la température cutanée initiale. Lorsque cette dernière est inférieure à 17° C ou supérieure à 44°C, la sensation thermique devient carrément douloureuse.

Le premier responsable de ce mécanisme sont les thermorécepteurs qui existent au niveau de la peau sous forme de terminaisons nerveuses libres, proches des capillaires sanguins, sensibles au froid ou au chaud. Les récepteurs du froid, liés à des fibres myéliniques fines (5 – 15 m/s), sont superficiels, localisés dans l'épiderme. Les récepteurs du chaud, liés à des fibres amyéliniques de type C (0,7 – 1,2 m/s), sont plus profonds dans le derme (Rose, 2016).

a. Échelles de sensation thermique

Afin d'aboutir à des jugements assez objectifs de ce qui est d'origine subjectif (la sensation de l'ambiance thermique), plusieurs échelles de jugement ont été élaborées pour l'évaluation.

L'échelle de Bedford et l'échelle de l'ASHRAE, sont les plus utilisées et les plus adoptées dans les recherches. Ces échelles se fondent sur le principe qui commence et qui se termine par l'inconfort. Tandis que la zone de confort se trouvera au milieu et elle est susceptible de varier entre 17 et 31°C selon les conditions climatiques et l'activité de l'opérateur (BOULFANI, 2010).

Il existe également d'autres échelles d'évaluation et de jugement subjectifs de la sensation, de satisfaction et de préférences thermiques établies par la norme internationale ISO 1055, et utilisée profondément dans la recherche de Moudjalled Bassam.

Echelles d'évaluation de la sensation thermique				Echelle d'évaluation de la satisfaction		Echelle d'évaluation des préférences	
Echelle de Bedford		Echelle de l'ASHRAE		ISO 1055		ISO 1055	
7	Très chaud	+3	Très chaud	4	Acceptable	+3	Beaucoup plus chaud
6	Chaud	+2	Chaud	3	Légèrement acceptable	+2	Plus chaud
5	Confortablement chaud	+1	Légèrement chaud	2	Inacceptable	+1	Un peu plus chaud
4	Confortable	0	Neutre	1	Très inacceptable	0	Ni plus chaud, ni plus froid
3	Confortablement froid	-1	Légèrement froid			-1	Un peu plus froid
2	Froid	-2	Froid			-2	Plus froid
1	Très froid	-3	Très froid			-3	Beaucoup plus froid

Tableau III. 2. Echelles d'évaluation de la sensation thermique, de la satisfaction et des préférences. Source Moujalled .B, 2007. P : 37 et 40

2.4.3.2. Le confort thermique

« On est état de confort thermique lorsque l'on ne perçoit ni sensation de froid ni sensation de chaud ».

(Marité Milon, 2004)

Au fil des siècles, un immense nombre de définitions ont été données au confort thermique. Plusieurs définitions ont pris cette notion tout simplement comme signifie le mot confort; un état non seulement de satisfaction mais peut aussi dépasser les attentes des usagers beaucoup plus mieux.

D'autres ont avancé qu'il représente une sensation neutre, ni de chaud ni de froid. Tandis que d'autres chercheurs le voient comme un résultat d'interactions entre plusieurs éléments contribuant à l'assurance des besoins thermique de l'individu.

Un autre point de vue vient de ce qu'on voit dans la vie quotidienne, le confort thermique est une notion susceptible à être hyper-subjective, elle est souvent relative aux attitudes et aux habitudes thermiques personnels. Dans cette perspective, elle peut être définie selon les besoins thermiques et les degrés de satisfaction de chacun; elle peut être aussi explorée à travers les indicateurs verbaux et les paroles utilisés quotidiennement pour l'expression de l'état thermique vis à vis l'ambiance environnante. Cette dernière définition est la plus courante, elle renvoie à l'aspect psychologique puis, physiologique du confort thermique, et elle se fonde sur ce qui est généré par la sensation de l'individu (Narçon S. , 2001).

Nous citons à titre d'exemple quelques définitions du confort thermique :

- I. « La condition dans laquelle aucune contrainte significative n'est imposée aux mécanismes thermorégulateurs du corps humain. Permet l'obtention de conditions optimales pour tous les systèmes fonctionnels de l'organisme ainsi qu'un haut niveau de capacité de travail » (Muhaisen.S.A & Gadi.B.M, 2005).

- J. « La condition d'esprit qui exprime la satisfaction quant à l'ambiance thermique » (Ashrae & Book, 1997)(AFNOR, 1995).
- K. « Il y a situation de confort thermique si deux conditions sont satisfaites : Le bilan thermique de l'individu est équilibré sans que ses mécanismes autorégulateurs ne soient pas trop sollicités » (Olesen & Parsons, 2002)
- L. « Conditions pour lesquelles les mécanismes d'autorégulation sont à un niveau d'activité minimale » (GIVONI, 1978).

2.4.3.3. L'inconfort local

Il paraît que, la sensation d'inconfort thermique s'exprime plus rapidement que la sensation de confort. Cette sensation, peut être provoquée par des causes ayant relation avec l'environnement immédiat, le macroclimat ou l'état physiologique de l'individu et l'état psychologique d'une manière ou d'une autre. Globalement, les situations gênantes et qui peuvent provoquer un inconfort thermique sont principalement dues aux changements de la température. Du fait qu'une différence de température de rayonnement entre deux parois opposées (plafond, mur) est un synonyme d'inconfort, d'autant plus que cette différence est importante. Cette asymétrie se retrouve lors de la présence de vitrages peu performants ou un système de chauffage ou de refroidissement par parois.

Le courant d'air, constitue aussi une source de nuisance importante; où, le degré d'inconfort causé par le courant d'air dépend de son taux de turbulence (T_u), sa vitesse (v) et sa température (T_a). Le risque d'inconfort est d'autant plus grand que les températures d'air sont faibles. L'indice Draft Risk, DR, permet de déterminer le pourcentage de gens insatisfaits par un courant d'air:

$$DR = 0,622(3,143 + 0,3696.v.T_u)^{(34 - T_u). (v-0,05)^{0.622}}$$

Finalement, la stratification de l'air et de la température dans un même espace, peut contribuer fréquemment à l'inconfort de l'individu (Lavoye & Thellier, 2008).

2.5. Les modèles thermiques

Récemment, les recherches du confort thermique ont pris une nouvelle direction; elles ne sont plus traitées comme étant des études d'exploration d'une nouvelle matière et de même elles ne sont plus menées dans l'objectif de définir des indicateurs et des caractéristiques. La transition des modèles simplifiés à des modèles plus compliqués a mis fin par transformation de ces modèles à des inputs basiques logistiques permettant de modéliser et de simuler les réponses thermiques des individus et d'établir une prédiction de la réponse dynamique du corps à n'importe quel environnement. En outre, elles donnent l'opportunité d'étudier les mécanismes fondamentaux de la thermorégulation, du transfert de chaleur et de leur relation avec les réponses humaines.

Les inputs (les bases de données) qui sont d'origine considérées comme des modèles thermiques, intègrent les principes du transfert de chaleur, de l'équilibre thermique, de la physiologie thermique et de la thermorégulation ainsi que l'anthropométrie et l'anatomie dans une représentation mathématique du corps humain et de ses systèmes thermorégulateurs (Parsons K. , 2014).

Les modèles du confort thermiques peuvent être classés selon leurs principes, leurs natures et leurs domaines d'application. Nous citons en bref:

2.5.1. Modèle physique

Sont des instruments de mesure dont les réponses physiques à l'ambiance thermique sont semblables à celles du corps humain. Ce type de modèles se divise en deux familles :

- Les modèles physiques simple: souvent utilisés pour déterminer des valeurs de certains indices thermiques, par exemple : WGT (Wet Globe Température= Température du globe humide), WBGT (Wet Bulb Globe Température=Température du bulbe humide), etc. L'un de ses premiers exemples "The eupatheoscope" de Dufton (1936), un cylindre chauffé intégré dans un système de chauffage à la place d'un simple thermostat qui ne répondrait qu'à la température.

Dans des années plus avancées, il a émergé un nouveau modèle avec une nouvelle théorie. Ce modèle s'agit d'une ellipse chauffée utilisée dans le calcul des indices de confort thermique PMV / PPD. Peu après, plusieurs autres modèles ont été élaborés en successive, dans l'objectif de s'approcher au plus près des phénomènes thermiques réels du corps humain et leur interactions avec son environnement thermique. Les chercheurs ont gardé toujours le principe du globe, avec des améliorations variées en fonction des objectifs des études. À titre d'exemple, l'utilisation de tissu mouillé (mousseline) sur le globe, a été menée pour objectif d'établir une représentation d'un corps en sueur (Parsons K. , 2003).

- Les mannequins thermiques: des modèles plus sophistiqués représentent clairement les formes et les réponses du corps humain. Ils sont souvent utilisés pour la détermination des caractéristiques thermiques des vêtements (MOUJALLED, 2007).

Les premières expérimentations connues sous l'appellation "VOLTMAN" ont été effectuées par Wyon et al. (1985). Ensuite, au cours des années 90, cette méthode de modélisation stéréoscopique pour ainsi dire, a connu une immense prolifération dans le monde entier. Les chercheurs de ce domaine ont été penchés sur ces expertises, aussi bien qu'il y a eu de nombreuses conférences internationales spécialisées sur les essais de mannequins thermiques entre autres celle de Nilsson et Holmér, 2000 (Parsons K. , 2003).

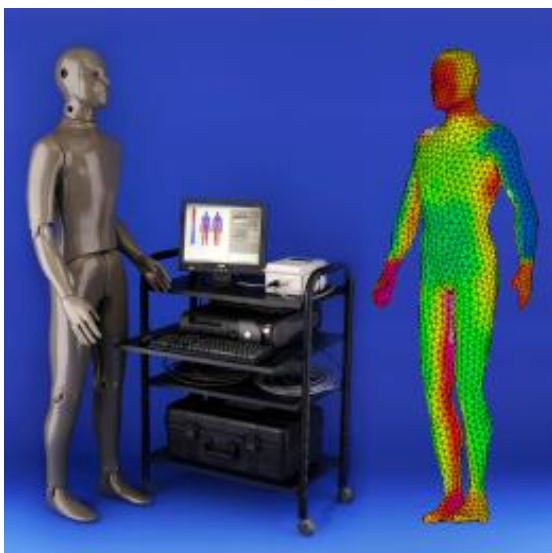


Figure III. 4. Exemple d'un échange des données thermiques entre un mannequin "Newton" et Le logiciel "ManikinPC".

Source Parsons K. , 2003.



Figure III. 5. Ancien mannequin en cuivre utilisé pour la mesure des propriétés thermo-physiologiques des ensembles de vêtements prêt-à-porter. Source Parsons K. , 2003.

K. , 2003.

La fabrication des mannequins thermique s'est étendue à grand échelle, et elle a pris le grand intérêt en USE, Suède, Danemark. En 1945, c'était sa première fabrication en cuivre par USE (Parsons K. , 2003) (Holmér, 2000).

Aujourd'hui, nous parlons de mannequin thermique instrumenté, qui est devenu l'un des équipements high-tech nécessaire pour simuler diverses ambiances thermiques.

Le plus courant dans ces derniers temps, le mannequin "Newton" de la société américaine "Thermetrics". Newton, mannequin qui ressemble étroitement à l'être humain de type occidental avec des dimensions standardisées, et une peau de tissu absorbant amovible; son corps est fabriqué en fibre de carbone-époxy, composé de 34 zones thermiques indépendamment contrôlées. Ce dispositif permet de simuler le mouvement de la marche humaine. Il permet en outre de modéliser le phénomène de transpiration grâce aux 139 pores alimentés par des micro-buses indépendantes et répartis uniformément sur la surface du mannequin. Ses applications sont nombreuses, il sert dans plusieurs spécialités et en domaine de bâtiment il est indispensable. Il est souvent utilisé comme test pour examiner le ressenti thermique de l'occupant corrélé à la réponse thermique dans les espaces de vie.

Selon L'EPF, établissement d'enseignement supérieur en France (le seul établissement adoptant ce mannequin en Europe) les mesures physiques décrivant l'environnement et les ressentis thermiques se font au moyen d'un ensemble de capteurs connectés et disposés selon un maillage fixe et variable. Les données sont ensuite traitées par un algorithme pour obtenir des indices de confort normalisés ou à définir. Un logiciel les confronte ensuite à l'aide d'un modèle thermo-physiologique à la réponse thermique de chaque zone du mannequin (EPF, 2018).

2.5.2. Modèle empirique

Le principe est d'exposer des sujets humains à un ensemble d'ambiances dans un environnement thermique pour examiner les interactions. Ensuite, les résultats sont obtenus en adaptant des modèles mathématiques aux données de réponse humaine collectées.

2.5.3. Modèle de base (Database)

Le modèle consiste à collecter les réactions humaines aux environnements thermiques avec les conditions pour lesquelles ces réponses sont requises dans une base de données. Cette dernière s'agit essentiellement d'une procédure de modélisation informatique, nous citons par exemple la base de donnée créée par Parsons et Bishop en 1991 (Parsons K. , 2014).

2.5.4. Modèle Rationnel

Peut être considérés comme une extension de l'équation de bilan thermique utilisée pour déterminer les indices thermiques rationnels. Il permet de déterminer une description mathématique des réponses humaines aux environnements thermiques. Grâce à celui-ci nous pouvons établir une simulation mathématique dynamique, impliquant à la fois un système passif et un système de contrôle pour le corps ainsi que des mécanismes d'échanges de chaleur (Parsons K. , 2014).

2.5.5. D'autres modèles

Les modèles adaptatifs sont nombreux, ils ont été étendus au fil des siècles avec le développement de l'informatique et les logiciels de simulation thermique et dynamique. Les modèles incluent ceux de

Montgomery (1974), Richardson (1985) et Tikuisis (1989, 1992, 1998), modèle de Werner (1988), modèle de Wissler (1988), modèle à 25 nœuds de Stolwijk and Hardy (1977) et d'autres.

Une série des modèles thermiques ont été créé par Stolwijk and Hardy dans les années 90. Par la suite, c'était l'apparition des modèles utilisés dans les conditions transitoires par Jones et Ogawa (1992) et Smith (1991). Juste après, Jones et al en (1994) ont parlé d'un nouveau modèle dynamique des systèmes vestimentaires.

Plusieurs autres modèles ont été élaborés dans le processus d'évolution de l'informatique et la technologie afin d'améliorer la précision de la prédiction de la réponse humaine mais ça resterait toujours un phénomène ambigu.

2.6. Les approches du confort thermiques

Dans le domaine de recherche en sciences d'ingénierie et du bâtiment, l'évaluation de l'ambiance thermique s'effectue depuis des années par deux approches. La première consiste à analyser et déterminer les conditions de confort thermiques. La deuxième approche s'est développée après l'insuffisance et l'incapacité de l'approche analytique à représenter la réalité du confort thermique (Benhalilou, 2008) (MOUJALLED, 2007).

2.6.1. L'approche analytique

De nombreux modèles analytiques ont été développés dans les années soixante-dix, parmi eux le modèle de Fanger. Ces modèle ont été fondés sur le principe de prévoir les réponses thermiques du corps humain vis-à vis les conditions environnementales ; Ceci s'effectue au travers des modèles physiques et physiologiques essentiellement dans un objectif de prédire la sensation thermique des occupants et d'identifier les conditions de confort thermique.

Ces modèles qui peuvent être cernés dans les approches de quantifications ont basés sur des calculs des mesurages des grandeurs physiques de l'ambiance thermique (température d'air, température de rayonnement, humidité relative et vitesse d'air) ainsi que les caractéristiques de l'individu (taille et poids de l'individu, production de chaleur métabolique, caractéristiques des vêtements...).

En effet, les différents modèles analytiques développés se différencient au niveau de la modélisation physiologique de la thermorégulation (Benhalilou, 2008). Par exemple, le modèle de Fanger est basé sur les calculs du bilan thermique du corps humain, il a établi un indice, le « PMV », qui prévoit le vote moyen de sensation thermique (globale) d'un groupe de personnes sur l'échelle de sensation thermique de l'ASHRAE. Puis, il a lié le PMV à un autre indice, le « PPD », qui prévoit le pourcentage des personnes qui seront insatisfaites dans l'ambiance considérée pour but de déterminer l'acceptabilité de l'ambiance thermique.

Par ailleurs, un autre modèle analytique a été développé pour simplifier le principe de la thermorégulation, et qui est fondé sur le centre du corps et la peau en les considérant comme deux nœuds principaux. Au cours de son processus de développement, ce modèle a défini deux autres indices le ET* (new effective température) pour introduire les facteurs de la vêtue et l'activité du sujet ; l'indice « SET » (température effective standard) pour standardisé les calculs (Ashrae & Book, 1997) (MOUJALLED, 2007).

En parallèle, la norme américaine ASHRAE a proposé deux autres indices, TSENS (thermal sensation) qui détermine la sensation thermique sur l'échelle de l'ASHRAE et DISC (thermal

discomfort) qui détermine le niveau d'inconfort thermique sur une échelle à 6 points (Ashrae & Book, 1997).

Par la suite, l'approche analytique est devenue insuffisante pour nous rapprocher au plus près de la réalité du confort thermique puisqu'elle n'avait pas la capacité pour transmettre les sensations et les perceptions thermiques des individus. La découverte de ce qu'on appelle "l'adaptation psychologiques" en conjonction avec les lacunes de l'approche analytique, a poussé les chercheurs à développer l'approche adaptative.

2.6.2. L'approche adaptative

L'approche adaptative a suivi une logique non abstraite, elle combine entre la méthode quantitative qui s'appuie essentiellement sur les mesures physiques et la méthode qualitative basée sur le relevé des réponses subjectives des occupants sur la qualité de leurs ambiances thermiques.

Ce protocole expérimental s'effectue en deux parties qui se déroulent simultanément et indiquent, au moment des mesures, leurs sensations thermiques sur une échelle d'évaluation normative définie préalablement par ASHRAE ou ISO 7730, qui précisent les conditions de confort thermique dans les ambiances modérées, et s'appuient sur des indices (PMV et PPD) (Benhalilou, 2008) (MOUJALLED, 2007).

2.7. Normes et réglementation internationale

Les températures optimales de l'air intérieur ont souvent fait l'objet d'étude, et la recherche des valeurs indicatives suggérées pour les bâtiments ont été proposées depuis de nombreuses années par un certain nombre d'institutions professionnelles et dans la législation. Il existe un intérêt international croissant à fournir des conseils pour assurer le confort de l'être humain et les meilleures stratégies dans les zones où les gens sont exposés à des environnements chauds, modérés et froids. Il a été reconnu que la température de l'air n'est qu'une composante de l'environnement thermique humain. Les normes publiées et celles en cours de développement sont décrites ci-dessous. Pour plus de détails, le lecteur est renvoyé aux normes d'origine. Pour les normes en cours de développement, la position actuelle est décrite, elle peut être sujette à des changements en raison des commentaires et votes nationaux et internationaux.

2.7.1. La normalisation ISO

L'organisation internationale de normalisation, l'ISO, propose des normes concernant l'ergonomie des ambiances thermiques. Elle spécifie les méthodes de mesure et d'évaluation des ambiances thermiques. L'utilisation des normes vaut tant pour l'appréciation et l'amélioration de conditions thermiques existantes que pour la conception de nouvelles conditions. Parmi les normes thermiques, il y a celles relatives aux ambiances chaudes, modérées ou froides, celles qui traitent le contact humain avec les surfaces solides, et celles qui sont normes de support ; ce qui est mentionné ci-dessous dans le tableau III.3.

III- SUR LE CONFORT THERMIQUE ET LE CLIMAT

Ambiance chaude	Ambiance modérée	Ambiance froide	Normes de support
ISO 7243 Estimation de la contrainte thermique de l'homme au travail, basée sur l'indice WBGT (température humide et de globe noir), (Février 1994).	ISO 7730 Détermination analytique et interprétation du confort thermique par le calcul des indices PMV et PPD et par des critères de confort thermique local (2005).	ISO 11079 Évaluation des ambiances froides - Détermination de l'isolement requis des vêtements (1993).	ISO 11399 Ergonomie des ambiances thermiques – Principes et application des Normes internationales pertinentes (Mars 2001).
ISO 7933 Détermination analytique et interprétation de la contrainte thermique fondées sur le calcul de la sudation requise (Septembre 1997).	ISO 10551 Evaluation de l'influence des ambiances thermiques l'aide d'échelles de jugements subjectifs (Juin 2001).	/	ISO 7726 Ergonomie des ambiances thermiques – Appareils de mesure des grandeurs physiques (Janvier 2002).
ISO 9886 Évaluation de l'astreinte thermique par des mesures physiologiques (juin 2001).	ISO 9886 Évaluation de l'astreinte thermique par des mesures physiologiques (juin 2001).	ISO 9886 Évaluation de l'astreinte thermique par des mesures physiologiques (juin 2001).	ISO 8996 Ergonomie – Détermination de la production de la chaleur métabolique (Février 1994).
ISO 13732-1 Ergonomie des ambiances thermiques - Méthodes d'évaluation de la réponse humaine au contact avec les surfaces chaudes.	ISO 13732-2 Ergonomie des ambiances thermiques - Méthodes d'évaluation de la réponse humaine au contact avec les surfaces à température modérée (2001).	ISO 13732-3 Ergonomie des ambiances thermiques - Méthodes d'évaluation de la réponse humaine au contact avec les surfaces froides (2005).	ISO 9920 Ergonomie des ambiances thermiques – Détermination de l'isolement thermique et de la résistance à l'évaporation d'une tenue vestimentaire (Juin 1995).
/	/	/	ISO 12894 Ergonomie des ambiances thermiques – Surveillance médicale des personnes exposées à la chaleur ou au froid extrêmes (Septembre 2001).
/	/	/	ISO 13731 Ergonomie des ambiances thermiques – Vocabulaire et symboles (Mars 2002).

Tableau III. 3. Liste des normes ISO qui traitent les ambiances thermiques. Source (Parsons K. , 2014), Réadapté par l'auteur.

A la lumière de ce qui est présenté dans le tableau ci-dessus, concernant les ambiances thermiques chaudes, la norme ISO 7243 propose une méthode simple basée sur le calcul d'un indice, le WBGT (wet bulb globe temperature) (Parsons K. , 2006). Si cet indice dépasse les valeurs de référence, une analyse du bilan thermique et de la sudation requise sera nécessaire comme l'indique la norme ISO

7933(Technical Committee I. 1., Ergonomics, Subcommittee, & Ergonomics of the physical, ISO 7933- Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain, 2004). La norme ISO 9886 précise la modalité de mesures physiologiques de l'astreinte thermique (Technical Committee I. 1., Ergonomics, Subcommittee, & Ergonomics of the physical, ISO 9886- Ergonomics — Evaluation of thermal strain by physiological measurements, 2004).

Pour les ambiances thermiques modérées, la norme ISO 7730 (Technical Committee I. 1., Ergonomics, Subcommittee, & Ergonomics of the physical, ISO- 7730: Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria, 2005) fournit une méthode analytique pour l'évaluation du confort thermique par le calcul des indices PMV et PPD. Elle intègre aussi les inconforts locaux. Cette norme a été révisée en 2005. La nouvelle révision proposée prend en compte l'effet de l'augmentation de la vitesse d'air (pour compenser une élévation de la température d'air), l'humidité relative, l'inconfort thermique local et le confort thermique général à long terme (en fonction d'un facteur de pondération utilisé pour calculer le nombre ou le pourcentage d'heures où le PMV et la température opérative sont au-delà d'une plage spécifiée). Elle aborde l'adaptation et son influence dans les bâtiments non climatisés sans proposer un modèle ou une alternative. Enfin elle propose trois catégories de confort thermique : catégorie A ($PPD < 6\%$ et $|PMV| < 0.2$), catégorie B ($PPD < 10\%$ et $|PMV| < 0.5$) et catégorie C ($PPD < 15\%$ et $|PMV| < 0.7$) (Olesen & Parsons, 2002). Finalement, la norme ISO 10551 dans les ambiances modérées permet d'évaluer les réponses subjectives des personnes dans les ambiances modérées en fournissant plusieurs échelles de jugements subjectifs (Parsons K. , 2014).

La norme ISO 11079 a fourni une méthode analytique pour l'évaluation des ambiances thermiques froides afin de déterminer l'isolement requis vestimentaire. Le contact avec les surfaces solides est traité dans la norme ISO 13732 (surfaces à température chaude, modérée et froide respectivement) (Ungar & Stroud, 2010) (Havenith, Fiala, Błazejczyk, Richards, Bröde, & Jendritzky, 2012).

Les normes de support permettent de déterminer le métabolisme (ISO 8996) depuis février 1994 et après une année, elles ont déterminé l'isolement vestimentaire (ISO 9920) (Technical Committee & Ergonomics of the physical, ISO 8996- Ergonomics of the thermal environment -- Determination of metabolic rate, 2004). D'autres précisent les caractéristiques des instruments et les méthodes de mesures des grandeurs physiques de l'ambiance thermique (ISO 7726), ou les principes et l'application des normes internationales pertinentes (ISO 11399) ainsi que les symboles et le vocabulaire (ISO 13731) en 2002. Certaines normes ont été homologuées en normes françaises et/ou européennes (Technical Committee & Ergonomics, International Organization for Standardization. When the world agrees, 2016).

2.7.2. Réglementation thermique en France

En France, la réglementation thermique RT2000 a consacré pour la première fois une partie sur le confort thermique d'été. Le confort thermique d'hiver étant assuré par le chauffage (les températures de consigne sont définies pour les différents types d'usage des bâtiments). La RT2000 vise à limiter les surchauffes en été dans les bâtiments non climatisés et à réduire les consommations de climatisation dans ceux climatisés. L'objectif réglementaire se décline en deux exigences : D'une

part, respecter des exigences minimales concernant l'ouverture libre des baies (30 % pour les locaux courants et 10 % pour les locaux de grande hauteur) et la protection solaire des locaux de sommeil (devant respecter les valeurs de référence), et d'autre part obtenir pour le bâtiment (ou chacune de ses zones) une température intérieure conventionnelle (T_{ic}) inférieure ou égale à celle obtenue dans le bâtiment sur lequel sont déterminées les valeurs de référence (T_{icref}). Cette exigence peut être vérifiée par le calcul ou par le respect direct des références. Le calcul de (T_{ic} et T_{icref}) se fait suivant les règles (th-E) de la réglementation RT2000. La RT2000 est remplacée par la RT2005 qui incite à limiter le recours à la climatisation, en lien avec le renforcement des exigences sur le confort d'été ainsi que le calcul des éventuelles consommations de génération de froid. (MOUJALLED, 2007).

2.7.3. Les normes de ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) aux États-Unis

Association américaine des professionnels du chauffage, refroidissement et conditionnement d'air, fondée en 1894, est une société mondiale faisant progresser le confort de l'être humain grâce à la technologie durable pour l'environnement bâti. La Société et ses membres se concentrent sur les systèmes de construction, l'efficacité énergétique, la qualité de l'air intérieur, la réfrigération et la durabilité au sein de l'industrie. Grâce à la recherche, à la rédaction des normes, à la publication et à la formation continue, l'ASHRAE façonne aujourd'hui l'environnement bâti de demain.

ASHRAE a produit deux documents importants concernant la réponse humaine à l'environnement thermique : une norme intitulée Conditions environnementales thermiques pour l'occupation humaine sous le nom de : norme ANSI / ASHRAE 55, et l'autre c'est : confort thermique (précédemment appelée Principes physiologiques, confort et santé) ; celle qui est le chapitre 9 des principes fondamentaux du manuel ASHRAE (2009). Ces documents ont été revus et publiés pendant les 5 ans. Récemment, la norme a été considérée en cours d'examen continu. La norme ANSI / ASHRAE 55 en 2010 spécifie les conditions environnementales thermiques pour le confort des personnes en bonne santé. Des intervalles acceptables sont prévus pour une activité légère, principalement sédentaire, à la fois pour les conditions hivernales et estivales (par exemple les vêtements) en termes de température et d'humidité opératoires. Des corrections sont fournies pour les effets de l'habillement, du mouvement de l'air et de l'activité. Des méthodes de mesure de l'environnement sont également présentées et qui sont similaires à ceux présentées dans l'ISO 7726. Le chapitre 9 ; les fondamentaux du manuel ASHRAE fournit un examen complet du contexte fondamental sur lequel la norme est basée.

La coopération récente entre les membres de l'ISO et l'ASHRAE a conduit à des normes similaires (ASHRAE 55 et ISO 7730).

Récemment, La dernière édition de 2017 comprend une nouvelle exigence pour calculer le changement du confort thermique des occupants du rayonnement solaire direct. «Les mises à jour de la norme 55-2017 sont le résultat d'une série de modifications apportées en fonction des nouvelles recherches, de l'expérience et des propositions des concepteurs, des fabricants et des utilisateurs», déclare Abhijeet Pande, président du comité Standard 55. "Standard 55 a été réécrit avec un accent renouvelé sur l'application de la norme par les praticiens et l'utilisation d'un langage clair et exécutoire. Les trois méthodes de calcul du confort fournies dans l'édition 2017 (ANSI/ASHRAE 2017) sont:

- une méthode graphique pour des situations simples ;
- une méthode analytique pour les cas plus généraux ;
- Une méthode qui utilise une vitesse d'air élevée pour offrir un confort.

D'autres ajouts comprennent la simplification de l'annexe(A) à une procédure unique pour le calcul de la température opératoire ; exigences clairement définies et procédures de calcul apparaissant séquentiellement ; une mise à jour du champ d'application pour s'assurer que la norme n'est pas utilisée pour remplacer la santé et la sécurité ; exigences de processus critiques ; et suppression du langage permissif.

2.8. La réglementation thermique en Algérie

L'Algérie a lancé une politique d'optimisation de la gestion des ressources énergétiques à travers la loi n°99-09 du 28 juillet 1999 relative à la maîtrise de l'énergie. De ces textes d'application, le décret exécutif n° 2000-90 du 24 avril 2000 portant réglementation thermique dans les bâtiments neufs. Cette réglementation oblige l'utilisation de l'isolation thermique dans les bâtiments neufs ; son application n'est malheureusement pas entrée en vigueur à cause de l'absence d'organisme de control et de suivi, dû à l'inexistence d'outils opérationnels permettant aux bureaux d'études en architecture de mettre en exécution cette réglementation dans la conception des bâtiments(C.D.E.R).

A travers cette réglementation, le centre national de la recherche de l'industrie du bâtiment a préparé trois documents techniques réglementaires à l'usage des professionnels du bâtiment (CABINET, 2010) :

- Le DTR.C 3-2 : illustre les règles de calcul des déperditions calorifiques en hiver pour les bâtiments à usage d'habitation ;
- Le DTR.C 3-4 : relatif aux règles de calcul des apports calorifiques en été pour les bâtiments ;
- Le DTR.C 3-31 : relatif à la ventilation naturelle des locaux à usage d'habitation.

3. La thermique du bâtiment

La thermique du bâtiment est l'ensemble des sciences et techniques spécialisées dans l'étude des interactions entre le bâtiment et son environnement ainsi qu'elles portent sur les comportements thermiques et les performances énergétiques des bâtiments. L'intérêt visé par ces études est d'offrir le meilleur confort thermique aux occupants (Malek & Omrane, 2016).

En effet, le comportement thermique du bâtiment dans un climat quelconque résulte d'un ensemble d'interactions très variées qui se représentent sous forme d'échanges thermiques entre l'extérieur et l'intérieur. Ces échanges influent à grande échelle sur le confort thermique des occupants.

3.1. Les échanges avec l'environnement

Par principe, les échanges thermiques entre un corps (une masse) et son environnement constituent un ensemble de réactions et de comportements émis par le corps, et elles peuvent se dérouler via différents phénomènes, cela dépend des facteurs climatiques environnantes, du micro et même du macro climat. Ces échanges s'établissent principalement par le transfert thermique, la déperdition thermique qui peut être freinée par l'isolation thermique.

3.1.1. Transfert thermique

Le transfert thermique s'effectue par trois modes fondamentaux : La conduction, la convection et le rayonnement.

- a. La conduction représente le processus de propagation de la chaleur par le contact direct entre les particules d'un corps ou des corps ayant des températures différentes, suite au mouvement de ces particules élémentaires. Le mouvement d'agitation thermique (flux de chaleur) prend lieu toujours des zones ayant des températures élevées vers les zones ayant des températures plus basses. Le gaz, la laine de verre et le polystyrène réagissent par une très faible conductivité thermique qui se manifeste seulement si le transfert par convection est totalement exclu, et ainsi ils sont considérés comme de bons isolants. Alors que, les corps solides possèdent une bonne conductivité thermique (Bianchi, Fautrelle, & Etay, 2004).
- b. La convection est un phénomène de transfert de matière qui a lieu dans les fluides, liquides ou gaz en mouvement. Ce mouvement entraîne un mélange intense des particules fluides, qui changent de l'énergie (la chaleur) et de la qualité de mouvement entre elles. En outre, elles suivent ce comportement dans les zones ayant des températures différentes. Il existe deux types de convection: forcée et naturelles (libre).
- c. La convection forcée se produit lorsqu'une force étrangère (externe) est introduite pour provoquer le mouvement du fluide (le cas d'un ventilateur). Tandis que, la convection libre se fait naturellement par les différences de densité entre les particules chaudes et celles qui sont froides existant dans un fluide situé dans un champ de forces massiques (Bianchi, Fautrelle, & Etay, 2004).
- d. Le rayonnement, la meilleure illustration de ce phénomène est le rayonnement solaire. Un phénomène de transmission d'éléments électromagnétique (rayons) émis par un corps chaud, se déplaçant dans le vide et reçus par les absorbants puis ils se convertissent en énergie thermique (chaleur) (Adrien, 2016).

3.1.2. Déperditions thermiques

Le premier objectif des concepteurs est de fournir tout type de confort à l'intérieur de leurs constructions et de maintenir ce confort à long terme. Sur le plan du confort thermique, les déperditions constituent la problématique essentielle dans le processus de la conception puis de l'exécution.

Tout bâtiment peut être soumis aux conditions climatiques dures, saisonnières ou inattendus; Et exclusivement, les bâtiments non isolés ou mal isolés seront exposés à des pertes de chaleur à travers les parois, les ouvrants ou le toit, les ponts thermiques ou par une simple tentative de renouvellement d'air (Malek & Omrane, 2016).

- a. Déperditions par le toit: Le toit est considéré la surface la plus exposée aux conditions extérieurs (soleil, vents, etc.), et ainsi il représente la source de près de 30% des pertes thermiques.
- b. Déperditions à travers les parois (déperditions surfaciques): 20 à 25% de chaleur peut être perdue à travers les parois. ce problème épineux peut être traité par les panneaux d'isolation mis à l'intérieur ou à l'extérieur pour freiner ce phénomène.
- c. Déperditions à travers les fuites et le renouvellement de l'air : Les fuites d'air et le renouvellement de l'air : les sources des fuites peuvent être plusieurs dans une construction: cheminées, hottes, serrures, gaines électriques, etc. et elles sont capables de provoquer 20 à 25% des pertes de chaleur.
- d. Déperditions à travers les vitrages : peuvent atteindre les 15%, un chiffre assez important.
- e. Déperditions à travers le plancher bas : il contribue à environ 10% de chaleur perdue. Si les pertes augmentent en dessus de 10%, elles participent néanmoins à une sensation d'inconfort.
- f. Déperditions à travers les ponts thermiques : le bâtiment peut perdre 5% de sa chaleur à travers les ponts thermiques.

3.1.3. Isolation thermiques

L'opération qui vise à corriger certains endroits exposés aux pertes de chaleurs est appelée "correction thermique". Alors que, le processus qui consiste à appliquer des techniques et des méthodes pour freiner les déperditions thermiques définitivement, est appelé "isolation thermique". L'objectif essentiel de l'isolation thermique est de conserver à l'intérieur du bâtiment la chaleur en hiver, et la fraîcheur en été. En outre, elle consiste à diminuer la consommation énergétique liée aux différents systèmes de conditionnement d'air (Malek & Omrane, 2016).

On parle d'un matériau isolant quand il a une faible conductivité thermique et en parallèle une forte résistance. Cette équation dépend également de l'épaisseur. Plus (R) est élevé, plus le matériau est isolant.

3.2. Les facteurs architecturaux influençant le confort thermique à l'intérieur du bâtiment

Le bâtiment constitue une masse réactive dans son environnement. Il n'est jamais indépendant ni isolé de ce qui se déroulerait à l'extérieur. En fonction des conditions climatiques, il génère son comportement thermique qui s'émerge sous forme d'échanges avec l'environnement. De ce fait, les paramètres extérieurs sont un impact assez important sur le bâtiment. Cependant, cet impact est

susceptible d'être faible, voire négligeable, tout dépend de plusieurs autres facteurs intrinsèques et extrinsèques.

D'abord, les facteurs intrinsèques regroupent les facteurs liés à la nature du bâtiment et les facteurs fonctionnels. D'autre part, il y a les facteurs extrinsèques qui sont relatifs aux propriétés générales voir environnementales du bâtiment (Izard, 1993) (BOULFANI, 2010) (Malek & Omrane, 2016).

3.2.1. Les facteurs intrinsèques

3.2.1.1. Les facteurs liés à la nature du bâtiment

La forme architecturale : les principaux paramètres de la forme architecturale sont :

La morphologie : Les caractéristiques fondamentales à travers lesquels nous définissons la performance de la morphologie sont:

- La compacité: un facteur défini par rapport à la surface exposée au volume protégé du bâtiment. Plus la forme est assez compacte, plus le bâtiment assure un minimum d'échange avec l'environnement. Notant que, la forme compacte est la forme qui présente un minimum de surfaces ayant relation avec l'extérieur et ainsi, elle possède un faible coefficient de forme C_f (Izard, 1993)(LABRECHE, 2014).

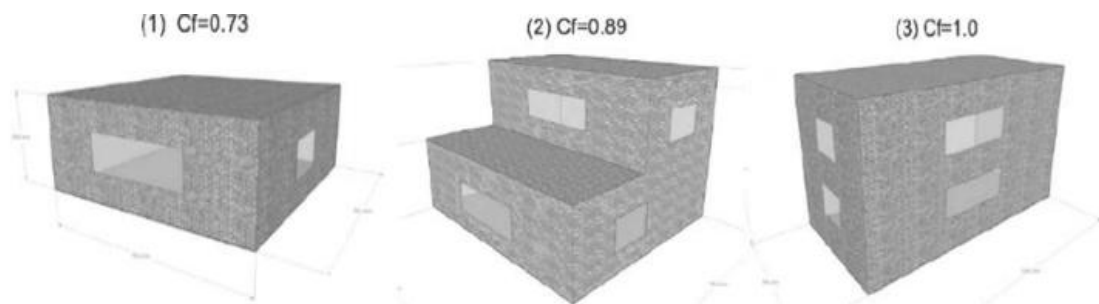


Figure III. 6. Coefficient de forme « Cf » pour différentes morphologies de bâtiments. Source : Tiberiu, 2008

- Surfaces exposées au rayonnement solaire : Plus le bâtiment possède une forme étalée, plus les surfaces exposées au soleil sont importantes. Par conséquent, ces surfaces qui sont généralement les parois et surtout la toiture deviennent des apports solaires, causant en première classe l'apport de chaleur aussi bien les pertes thermiques à travers l'enveloppe. Ce qui provoque une augmentation immédiate de la température radiante à l'intérieur et ainsi l'inconfort thermique (LABRECHE, 2014).
- La hauteur : L'utilisation des plafonds haut permet de: diminuer au maximum le transfert de la chaleur par convection, et de diminuer également la transmission des radiations aux occupants. D'autre part, lorsque la hauteur sous plafond est considérable, elle donne des meilleures possibilités de dégager l'air chaud et de garder pour longtemps l'air frais et pur (MANSOURI & SAHNOUNE, 2008).

L'orientation : « L'impact de l'orientation est perceptible dans la création du confort intérieur, et suivant le degré d'exposition de la façade au rayonnement solaire direct qui influe directement sur l'élévation de la température intérieure. » (LOUAFI & ABDYOU, 2010)

Les parois extérieures reçoivent les rayons solaires de manière plus ou moins en fonction de leurs orientations et de leurs capacités d'absorption.

Dans le cas de l'absence du rayonnement solaire ou lorsque les matériaux constituant les parois se caractérisent par une faible absorption, les températures sont indépendantes de tout effet de l'orientation (GIVONI, 1978).

Il convient de constater également que l'un des facteurs influençant sur le confort thermique du bâtiment est la ventilation. Cette dernière, peut procéder à des impacts positifs ou négatifs en fonction de la forme, l'orientation du bâtiment et tout particulièrement l'orientation des ouvertures (DeKay & Brown, 2013).

Les ouvertures : Avec plusieurs autres facteurs, Le confort thermique dépend aussi de la réduction de l'énergie transmise et absorbée à travers les ouvertures et les parois vitrées en particulier (BOUCHAHM & BOUREBIA, 2010). Considérant que les cinq paramètres fondamentaux définissant l'impact des ouvertures sur les températures intérieures et le confort thermique sont:

- La forme : à coup sûr, pour deux formes différentes dans les mêmes conditions, la répartition de rayonnement solaire intense ne peut être jamais similaire même avec la même qualité de vitrage et la même surface.
- La surface : plus la surface vitrée (surface de l'ouverture) est grande, plus l'apport de chaleur est considérable.
- La position et la distribution : La quantité de l'énergie transmise à l'intérieur du bâtiment à travers les ouvertures situées sur les parois horizontales est deux à trois fois plus importante que celle reçue par les ouvertures positionnées sur les parois verticales (Simon, Hauglustaine, Baltus, & Liesse, 2001).
- L'orientation : « Une fenêtre orientée à l'Est ou à l'Ouest reçoit très peu de soleil en hiver, un peu plus en mi- saison, et un maximum en été. Mais, les basses températures matinales font qu'un vitrage Est apporte moins de chaleur en été qu'un vitrage Ouest. » (BOUCHAHM & BOUREBIA, 2010)
- Qualité du vitrage : la qualité du vitrage joue un rôle primordial dans la définition de la quantité de l'énergie transmise. Elle est considérée comme bonne ou mauvaise tout dépend du coefficient de transmission, l'absorption et l'épaisseur (Simon, Hauglustaine, Baltus, & Liesse, 2001).

Protections solaires et système d'occultation : Dans le cas d'une ouverture exposée ou un vitrage de faible qualité, le recours aux protections solaire devient nécessaire dans une tentative de correction.

Bien que les systèmes d'occultation peuvent avoir plusieurs formes, mais on ne peut pas bénéficier au maximum, que par les protections solaires extérieures. Ces dernières sont considérablement le type le plus performant et le plus efficace contre les surchauffes car elles arrêtent les rayons du soleil avant qu'ils n'atteignent le vitrage (BOULFANI, 2010).

3.2.1.2. La nature des matériaux et composants employés dans la construction du bâtiment

Les propriétés thermiques des matériaux de construction

L'inertie thermique : selon Fabio Munaretto l'inertie thermique d'un bâtiment donné peut être définie en tant que réunion des parois et du mobilier et résultant de sa capacité à s'opposer aux effets de l'ensemble des sollicitations imposées à ses frontières sur la température de l'ambiance intérieure. Ce phénomène induit un comportement thermique dynamique propre à ce bâtiment (Munaretto, 2014).

A petit échelle, l'inertie thermique est la capacité d'un matériau à accumuler puis à restituer un flux thermique. Plus la capacité thermique est élevée, plus le matériau est capable de stocker et de restituer des quantités de chaleur.

L'isolation thermique : sans nul doute, un matériau peut être considéré comme un bon isolant, s'il présente une faible conductivité thermique et donc une faible transmission de chaleur.

La résistance thermique : un matériau qui ne permet pas les pertes de chaleur est un matériau de bonne résistance thermique R. $R = e/\lambda$

Les épaisseurs des parois : l'importance de l'épaisseur de la paroi apparait clairement dans la formule de résistance. Plus l'épaisseur est importante, plus la résistance augmente.

3.2.1.3. Les facteurs fonctionnels

Les types d'activité : Les exigences en matière de température, d'humidité, et de ventilation varient en fonction de l'activité qui se déroule dans l'espace. Les bureaux et les salles de classes nécessitent probablement une température plus élevées que les salles de sports, là où les individus sont tout le temps en mouvement. Alors que, dans les hôpitaux et les cliniques, il est difficile de trouver une plage de confort commune pour tous les patients car chaque personne possède un état différent. Donc il est important de garder la température ambiante déclarée par les réglementations.

La consommation énergétique : y compris le taux d'utilisation du chauffage, de la ventilation et de la climatisation ainsi que l'éclairage et les équipements divers, la chaleur à délivrer, l'eau à chauffer et l'humidité à évacuer. Ces différentes exploitations des énergies et des ressources varient selon les activités, les conditions environnementales et les besoins des occupants.

3.2.2. Les facteurs extrinsèques

3.2.2.1. L'emplacement géographique d'un bâtiment

Le bâtiment est souvent influencé par les facteurs climatiques locaux qui varient à l'origine en fonction de l'emplacement géographique: la latitude, l'altitude, la présence d'étendue d'eau, la disposition et la caractéristique du relief, la végétation, mais aussi l'urbanisation (Franck, 2016).

La latitude : c'est par la latitude que les climatologues ont divisé la terre avec une ligne de 0 (Equateur) en deux parties symétriques. Chaque partie de ces deux est divisée selon la température en cinq sous parties. Il va de soi que chaque latitude représente des températures assez semblables pour toutes les régions qui en font partie.

L'altitude : il est clair que plus on monte, plus la température et la pression atmosphérique baissent et influencent directement sur les précipitations.

Les étendues d'eau: tout le monde sait que plus on s'approche de la mer en été, plus on sent de la fraîcheur. Et de même, en saison hivernale dans les zones proches à la mer ne peut être jamais dure (les probabilités peuvent atteindre les 80%). Cela est due forcément à la diminution de l'intensité dans ces zones humides car, l'eau absorbe et dégage de la chaleur bien plus lentement que les sols ou la roche.

La végétation : elle contribue largement à l'humidification du climat par l'absorption de la chaleur et la production de la vapeur ce qui rafraichit l'environnement et baisse les températures journalières en générale et nocturnes en particulier.

3.2.2.2. La nature du sol

Il est clair que la présence d'une nappe phréatique sous terrain provoque forcément une humidité qui remonte par capillarité dans les murs; ce qui entraîne une augmentation immédiate d'humidité relative à l'intérieur du bâtiment.

En outre, La conductivité thermique du sol varie avec le changement de la teneur en eau en fonction de la succion. Ce phénomène possède également une grande incidence sur les déperditions.

En revanche, la capacité thermique du sol dépend donc principalement de sa teneur en eau; plus la capacité thermique d'un sol est élevée, plus l'amplitude des variations de température seront réduite pour une même conductivité thermique (Beaulieu, 2015).

3.2.2.3. Les données climatiques

Les paramètres climatiques ayant une incidence prépondérante sur le confort thermique (COULIBALY, THIOMBIANO, & TRAORE M, 1998). Loin de là, Les besoins de chauffage en hiver et de refroidissement en été, s'estime essentiellement en fonction des paramètres climatiques. Par conséquent, afin d'atteindre le confort thermique requis à moindre consommation d'énergie, il est important non seulement de prendre conscience mais surtout de savoir-faire adapter les constructions aux conditions climatiques de la région d'implantation (Mokhtari, Brahim, & Benziada, 2008).

La figure III.7. représente un schéma résumant les facteurs architecturaux influençant le confort thermique à l'intérieur du bâtiment.

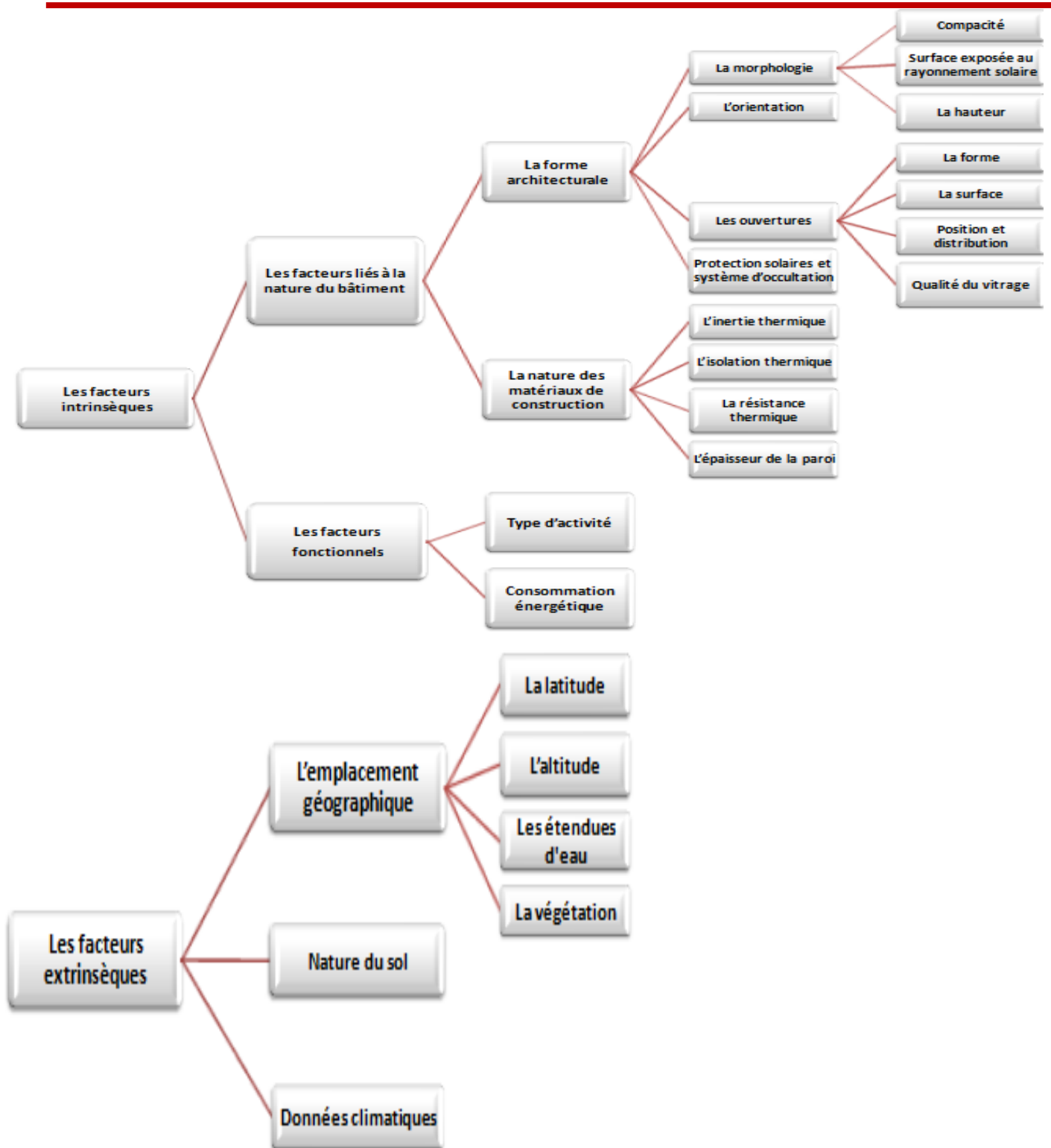


Figure III. 7. Schéma représentatif des facteurs ayant un impact sur le confort thermique. Source : auteur

4. Confort thermique en climat chaud et aride

4.1. Confort thermique et climat

Dans un article universitaire qui porte sur le confort thermique dans les milieux arides à climat chaud et sec, et qui se focalise sur la ville de Biskra en particulier; les auteurs ont écrit : "Tout bâtiment s'inscrit dans un environnement avec lequel il interagit et entretient un ensemble plus ou moins harmonieux de relations. La prise en compte du climat se place au cœur de ce dialogue entre l'architecture et son environnement dans un souci de création d'espaces de vie qui évoluent au fil des heures"(M'Sellem & Alkama, 2009). Ces deux phrases résument largement la relation factuelle entre le climat et le confort thermique.

Nous savons bien que le confort thermique dépend de divers paramètres imposés par le climat du milieu (température, humidité, vitesse de l'air et température radiante des corps environnants,...)(Yézouma, Godefroy, & Yves, 1998). Bien qu'il existe également d'autres paramètres propres aux individus (le métabolisme, l'activité, l'âge, le sexe des individus, ...), mais en réalité le confort thermique est estimé essentiellement en fonction des paramètres climatiques extérieurs (Mokhtari, Brahimi, & Benziada, 2008).

Bien que l'architecture a bénéficié largement de la nouvelle technologie sur les plans: techniques, artistiques, mise en œuvre, équipement et confort de l'utilisateur; mais les effets néfastes de la technologie et du développement industriel sur le climat ont influencé agressivement sur le secteur du bâtiment en général et le confort thermique des usagers en particuliers. Les changements climatiques que nous assistons aujourd'hui sont devenus de plus en plus affreux. L'impact du climat sur le comportement thermique du bâtiment est assez important pour le prendre en considération dans les premières touches de la conception architecturale.

Par conséquent, le fait de concevoir un bâtiment adéquat au climat et qui s'adapte conformément aux changements climatiques, ceci est devenue la mission la plus essentielle mais surtout la plus délicate de nos jours. L'architecte a son rôle en tant que premier responsable dans ce domaine, il doit prendre en première considération l'impact du climat sur le comportement thermique du bâtiment. Et pour ce faire, il doit s'engager dans une démarche de conception architecturale climatique. Cette dernière incite aux concepteurs de repenser pour intégrer naturellement leurs projets dans les sites en utilisant les éléments de l'environnement. Aussi bien qu'ils peuvent exploiter les conséquences naturelles et les transformer en pure richesse écologique.

Les auteurs de l'Architecture Climatique Equilibrée ont avancé clairement que " *La prise en compte des apports et contraintes de l'environnement ne fait qu'enrichir l'élaboration du projet et l'harmoniser avec les activités qu'il abritera. Cela se traduit par le bien-être accru des utilisateurs et par la bonne résistance du bâtiment aux sollicitations extérieures*" (Eggimann, 1996).

La préservation de l'environnement, l'exploitation des énergies fauilles, la contribution à la production de l'énergie et la bonne résistance aux sollicitations extérieures, sont des stratégies utiles pour l'optimisation du confort de l'utilisateur. Sur le plan confort thermique, les efforts ont été multipliés depuis longtemps pour une adaptation optimale aux climats mais aussi l'isolation et la protection autonome et passive; d'autre part, les recherches dans cette thématique ont été élargies récemment à l'échelle nationale et internationale. Cependant, les contraintes climatiques dues aux changements anormaux et inhabituels, constituent la préoccupation la plus obsessionnelle aux concepteurs.

D'après le Groupe Intergouvernemental sur L'Évolution du Climat (GIEC2), au niveau mondial, la température moyenne a augmenté d'environ 0,5°C depuis le début du siècle, (CLIMAT, 1995). Alors, le climat se réchauffe de plus en plus, et ce réchauffement statistiquement significatif à l'échelle de toutes les régions du globe; ce qui exprime clairement le régime climatique anormalement chaud qui a dominé le territoire Algérien dans ces dernières années. La problématique de la surchauffe augmente et se complique jour après jour, avec l'incertitude que nous vivons vis-à-vis des variations climatiques anormales et des crises brusques inhabituels. Pour ces raisons, l'adaptation des projets au climat a pris une nouvelle dimension et elle a acquis un nouveau sens qui est l'adaptation aux changements climatiques (Bourque, 2000). En comprenant l'incidence et les phénomènes des changements climatiques sur le comportement des bâtiments qui constitue le premier responsable de notre bien-être et surtout notre confort thermique, nous pouvons prendre des mesures stratégiques pour réduire au minimum les effets négatifs et saisir au vol les opportunités.

4.2. Caractérisation du confort thermique en climat saharien (chaud et aride)

Le confort thermique est une notion subjective qui permet l'obtention de conditions optimales pour tous les systèmes fonctionnels de l'organisme.

N'importe quel architecte soucieux de l'importance de concevoir des bâtiments adaptés aux besoins physiologiques de l'usager (le confort thermique) doit passer avant tout par, l'analyse des éléments du confort, la détermination des besoins thermiques et l'évaluation des conditions de l'équilibre thermique selon les différentes méthodes.

Le processus conceptuel du bâtiment équilibré du point de vue climatique doit comporter principalement une première partie concernant l'étude des éléments climatiques de la zone d'étude «climats chauds et arides" et l'impact de chaque élément. La seconde partie vise à évaluer l'impact de chaque élément climatique en termes physiologiques. Cela implique la détermination des besoins thermiques des zones arides et la problématique maîtresse du climat.

Dans un milieu aride (comme le cas de la ville de Biskra), la saison froide ne se manifeste réellement qu'en cas d'absence du soleil. C'est le cas de la nuit et des rares journées froides d'hiver (Yakubu, 1990). Celle-ci constitue une période assez négligeable par rapport à la longue saison chaude (Izard, 1993 ; Arbaoui et Boudiaf, 1990). Plusieurs chercheurs dans le domaine de l'architecture en milieux chauds précisent que toute stratégies bioclimatiques doit essentiellement être baser sur les conditions estivales ou la période de surchauffe (Givoni, 1980 ; Croome ,1990).

Donc, l'étude de la conception d'édifices dans ces climats ne pose que des problèmes de confort au rayonnement solaire intense, aux températures élevées en liaison avec l'hygrométrie (l'aridité). L'étude doit donc s'organiser principalement en fonction des besoins thermiques suivants :

- 1-Limiter les captages solaires à travers les parois opaques de l'enveloppe (les parois verticales et horizontales).
- 2-Limiter les gains solaires par les parois vitrées (ouvertures).
- 3- Refroidissement évaporatif.
- 3-La ventilation nocturne.
- 4-L'utilisation de l'inertie thermique.

La façon la plus simple d'avoir une maison fraîche en été, est d'empêcher la chaleur d'y entrer. Mais beaucoup de bâtiments récents n'offrent pas une bonne protection contre la chaleur, car de vastes

baies vitrées laissent librement entrer les rayons du soleil : De plus, les murs n'amortissent souvent pas les variations de température. Autant de caractéristiques des paramètres climatiques provoquent un réchauffement rapide et important quand il fait chaud. Avant de passer aux stratégies de protections contre la chaleur dans ce genre de climats pénibles on doit exprimer leurs caractéristiques climatiques.

4.2.1. Les caractéristiques des facteurs climatiques en climat chaud et aride)

Le climat d'une région donnée est déterminé par les régimes de variations de plusieurs éléments et leurs combinaisons. En général Les principaux éléments climatiques à considérer dans la conception urbaine et lors de la conception d'un bâtiment en particulier, et influant sur le confort thermique humain sont :

- Le soleil (le rayonnement solaire)
- La température
- L'humidité
- Le vent
- Les précipitations

On doit prendre en considération que les conditions climatiques peuvent varier d'une journée à une autre ou d'une année à une autre ; il est nécessaire de tenir compte des variations à partir de ces moyennes pour une vision plus claire et plus réaliste.

4.2.1.1. Le rayonnement solaire

Le rayonnement solaire désigne l'ensemble des ondes électromagnétiques émises par le Soleil. Il se compose donc d'ultraviolets, de lumière visible, d'ondes radio en plus des rayons cosmiques.

La répartition énergétique des différentes longueurs d'ondes du rayonnement électromagnétique du Soleil est appelé spectre solaire (figure ci-dessous).L'intensité de cette énergie diminue et sa distribution spectrale se modifie par l'absorption, la réflexion et la diffusion lors de son passage par l'atmosphère terrestre.

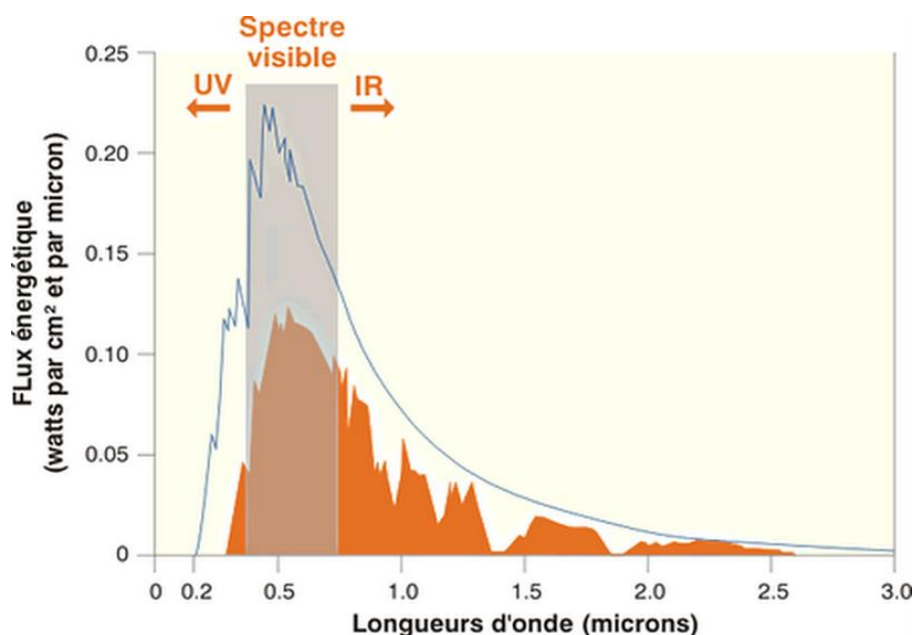


Figure III. 8. Répartition énergétique des longueurs d'ondes du rayonnement électromagnétique.

Source : <https://www.energieolus-lesite.be/index.php?id=16759#c6053>

III- SUR LE CONFORT THERMIQUE ET LE CLIMAT

Donc Le spectre observable depuis la surface de la Terre est donc un spectre de raies d'absorptions (Voir figure III.9). Ainsi, à la surface de la Terre le rayonnement solaire comprend : 5% d'ultra-violet, 40% de lumière visible et 55% d'infrarouge, les IR étant porteurs de l'essentiel de l'énergie thermique.

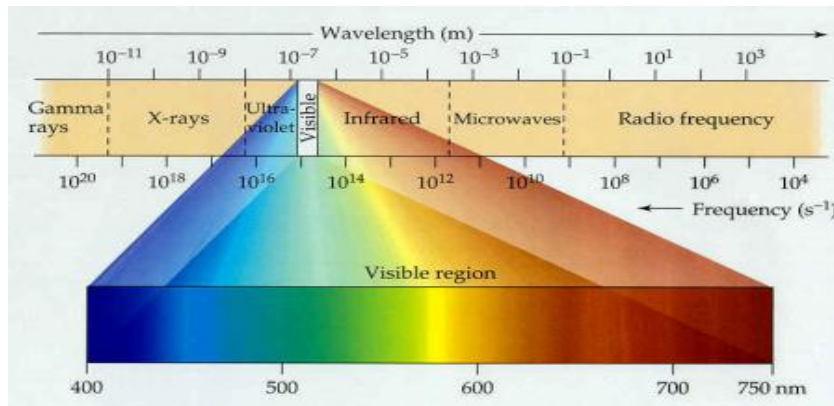
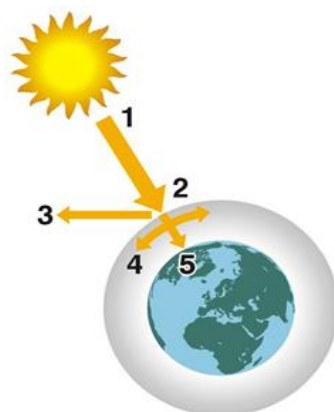


Figure III. 9. Le spectre lumineux. Source :

http://iacob.patrick.free.fr/onalereader/co/etude_eclairage_web/co/spectre.

L'énergie que transmet le Soleil à la surface de l'atmosphère par son rayonnement est égale à 1350 Watts/m² (c'est la constante solaire). Cependant, en traversant l'atmosphère, des parties de ce rayonnement sont réfléchies, absorbées ou diffusées (voir figure III.10), ce qui diminue significativement cette valeur. Cette diminution est d'autant plus forte que la couche d'atmosphère est importante. Ainsi, l'énergie que nous transmet le Soleil dépend de plusieurs facteurs comme l'épaisseur de l'atmosphère où l'on se trouve ou encore la position du Soleil et sa valeur atteint dans les meilleures conditions 900 à 1000 Watts/m².

Dans les régions chaudes et arides, la radiation solaire est le facteur le plus important. A cause des températures élevées et l'aridité du climat les habitants tentent de se protéger contre l'ensoleillement dans ce climat pénible. Ce dernier influe sur le confort thermique et par conséquence sur la conception architecturale et urbaine dans ces régions.



1. Puissance émise par le soleil : 63 500 kW/m².
2. Constante solaire : 1 370 W/m².
3. Rayonnement réfléchi.
4. Rayonnement absorbé et diffusé.
5. Rayonnement solaire à la surface de la Terre (max : 1 000 W/m²).

Figure III. 10. L'absorption, la réflexion et la diffusion de la radiation solaire.

Source : <https://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759#c6053>

4.2.1.2. La température de l'air

« la notion de température est avant tout fondée sur des sensations de chaud et de froid, même si, dans le cadre de la théorie cinétique des gaz, elle est liée à la vitesse moyenne des molécules d'air, paramètre que l'on ne peut guère mesurer directement. Il faut par ailleurs rappeler que, dès qu'il existe entre deux corps ou entre les diverses parties d'un même corps une différence de température, il y a tendance à égalisation des températures par échange de chaleur. »

(Brichambaut et Leroy 1995)

Et selon Larousse la température de l'air est l'ensemble des conditions atmosphériques variables, traduites par l'homme en sensations relatives de chaud ou de froid, et dont l'appréciation exacte est fournie par l'observation du thermomètre.

A la lumière de ce qui est présenté ci-dessus la température est une grandeur physique qui indique le taux d'échauffement et de refroidissement de la surface de la Terre. De ce fait, les régimes diurnes et nocturnes de la température de l'air dépendent des variations de la température de surface. La température de l'air est aussi modifiée avec le changement d'altitude (Samira Bellara 2005).

D'après l'étude climatique dans notre cas d'étude (régions chaudes et arides) la température de l'air extérieur est très élevée pendant les jours d'été où elle peut atteindre 40 jusqu'à 50 °C à l'ombre. Aussi, La température de surface peut atteindre 70 °C à cause du rayonnement solaire. Par rapport à l'amplitude thermique journalière pendant la période chaude, elle est aux environs de 15 jusqu'à 25 °C.

4.2.1.3. L'humidité relative

L'humidité relative de l'air physiquement, elle représente la quantité d'eau que contient cet air sous forme de vapeur, incolore et inodore. Mais on peut exprimer cette humidité sous plusieurs formes, et la mesurer par diverses méthodes selon la grandeur que l'on veut déterminer (Christian Perrin 1993).

Elle est l'expression en pourcentage du degré hygrométrique ce qui représente le rapport entre la quantité de vapeur d'eau que contient l'air pour la même température (Samira Bellara 2005). Il existe deux types d'humidité (DAOUD 2006) :

- **L'humidité absolue de l'air**

Qui correspond à la quantité de vapeur d'eau en grammes contenue dans un volume d'un mètre cube d'air. Elle a une influence importante sur l'humidité de l'air à l'intérieur du bâtiment. Si l'air est trop sec, des poussières et des décharges électrostatiques peuvent causer l'inconfort, s'il est trop humide, des dégâts (moisissures, pourritures) peuvent être causés par la condensation.

- **L'humidité relative de l'air (degré hygrométrique)**

Exprimée le plus souvent en pourcentage, c'est le rapport entre l'humidité absolue et la quantité maximale que peut contenir l'air. On peut la calculer ou la lire sur un diagramme psychométrique. Toutefois l'humidité relative est un indicateur très pratique pour les concepteurs, avec la température ambiante elle peut définir les conditions du confort thermique. Sur le diagramme suivant, on constate que si on sature l'air à 15°C il suffit alors de le réchauffer jusqu'à 27°C pour atteindre les conditions désirées (Voir la figure ci-dessous III.11).

Cette grandeur ne dépend que de la température. Dans notre cas d'étude l'évolution de l'humidité est contraire à celle de la température, elle atteint 20% l'après-midi pour qu'elle augmente la nuit vers 40%. Cette caractéristique est dû au manque de végétations et de surfaces d'eau dans ces régions. Le taux d'humidité influe aussi sur la qualité de l'air qui peut porter des poussières et des grains de sables, cela augmentant l'effet de l'aridité.

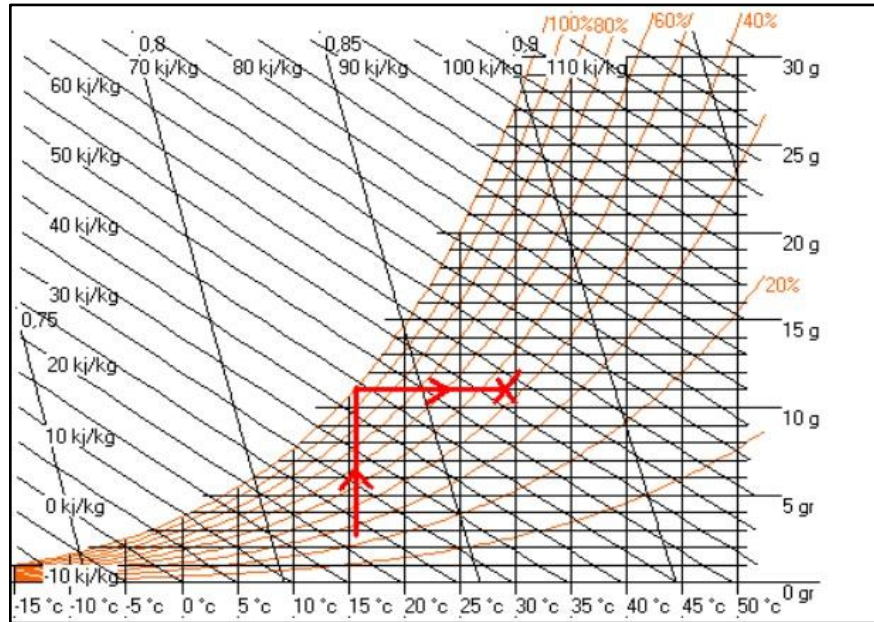


Figure III. 11. Diagramme psychrométrique montrant l'importance de l'humidité dans la détermination des limites et zones de Confort thermique.

Source : DAOUD. 2006

4.2.1.4. Le vent

Le vent est le mouvement au sein d'une atmosphère, c'est la masse de gaz située à la surface d'une planète. Les vents sont globalement provoqués par un réchauffement inégalement réparti à la surface de la planète provenant du rayonnement stellaire (énergie solaire), et par la rotation de la planète. Sur Terre, ce déplacement est essentiel à l'explication de tous les phénomènes météorologiques.

Le vent est mécaniquement décrit par les lois de la dynamique des fluides, comme les courants marins. Il existe une interdépendance entre ces deux circulations de fluides. Cet élément est défini par deux paramètres : Sa vitesse moyenne et sa direction.

L'effet thermique du vent se fait par l'échange de température entre le corps humain et l'environnement extérieur. La différence de pression peut provoquer une ventilation à l'intérieur des bâtiments, comme elle peut modifier le taux de cette dernière, il est donc nécessaire pour les concepteurs de décider s'il faut se protéger des vents ou s'il faut en profiter (DAOUD 2006).

Dans notre cas d'étude, les zones chaudes et arides sont principalement caractérisées par un déplacement d'air continental sec, chaud et protégées contre les perturbations pluvieuses. Donc, Il est nécessaire de se protéger contre ces vents ou de bien réfléchir avant de penser à une utilisation du vent à l'intérieur du bâtiment.

4.2.1.5. Les précipitations

En météorologie, le terme précipitation désigne toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (brume, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle) et les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre,...). Elles sont provoquées par un changement de température ou de pression. Les précipitations constituent l'unique « entrée » des principaux systèmes hydrologiques continentaux qui sont les bassins versants.

Dans ces régions chaudes et arides et selon notre étude climatique La répartition annuelle des précipitations est marquée par une importante période de sécheresse les mois de mai, juin, juillet, août, et septembre, où les précipitations sont très rares et faible. Le reste paraît plus humide.

4.2.2. Les mesures de protections de confort thermique dans ce climat pénible (Chaud et aride)

La recherche d'un confort, s'intéresse à la construction de l'architecture et à un plan stratégique du site. L'objectif est le confort thermique, face à la contrainte climatique qui est caractérisée par un été très chaud et aride, et un hiver froid dominé par un vent Ouest très sec.

Les régions du sud Algérien sont des régions arides avec un climat saharien caractérisé par une faible humidité, un fort ensoleillement et l'absence du couvert végétal. Tant que la température de l'air extérieur est plus élevée que celle de l'air intérieur le défi de la conception consiste à trouver les meilleures stratégies qui peuvent assurer une bonne protection du bâtiment contre l'ensoleillement, et limiter les surchauffes.

Nous essayons d'expliquer succinctement ces mesures de protections du bâtiment en climat chaud et aride en commençons par sa forme.

4.2.2.1. Morphologie et forme compacte de bâtiments

La relation du bâtiment à son milieu passe notamment par la définition de sa forme et de sa compacité. Celle-ci se mesure par le ratio entre les surfaces de déperdition du bâtiment et son volume. Une forte compacité est un moyen de réduire les déperditions thermiques de l'enveloppe et donc les pertes d'énergie tant d'un système de chauffage que de refroidissement.

La compacité est mesurée par un coefficient de forme, Cf, qui est le rapport entre la surface de l'enveloppe S en m² et le volume habitable Vh en m³ : $Cf = S/V$

Plusieurs facteurs sont pris en considération lors de l'évaluation thermique d'un bâtiment, ce qui fait de la compacité un critère intéressant mais difficile à appliquer. On peut, à partir d'une analyse géométrique (figure I.8), comparer la variation de la compacité par rapport à la forme, la taille et la proximité d'autres volumes.

La figure ci-dessus illustre les formes les plus compactes qui sont les formes sphériques ayant un faible Cf. Ces formes ont largement suscité l'imagination des architectes dans les années 70 avec des structures polygonales complexes, visant à économiser les matériaux et l'énergie en réduisant l'enveloppe.

Par rapport la taille (pour une forme constante) : la taille influence aussi directement la compacité du bâtiment. Pour une forme définie, une augmentation de la taille entraîne automatiquement un faible Cf, donc une forme plus compacte. Aussi le contact entre les autres volumes influence la compacité. Pour le même volume, on remarque que pour le cas des maisons mitoyennes le Cf est plus faible par

rapport à celui d'un pavillon car les murs mitoyens sont disposés entre deux espaces chauffés et ne seront pas considérés comme des surfaces déperditrices (Liébard et De Herdel 2005).

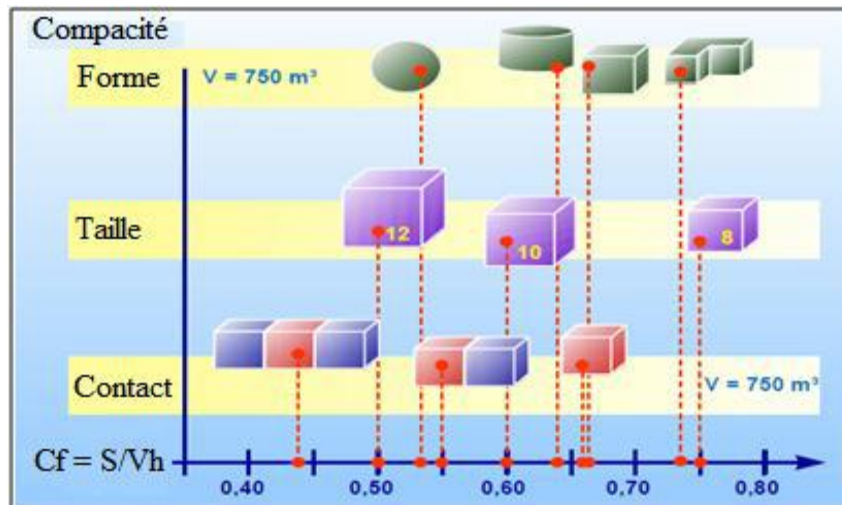


Figure III. 12. Impact de la forme, la taille et la proximité d'autres volumes sur la compacité de formes simples. Source : Liébard et De Herdel 2005.

Au-delà des échanges de calories, la compacité a également des implications sur la ventilation et l'apport de lumière naturelle. Ces deux dimensions aspirent quant à elles plutôt à des formes étalées.

Dans les climats chauds et arides, où l'on retrouve un écart de température important entre le jour et la nuit, une forme compacte est idéale, afin de minimiser la surface exposée au soleil durant le jour, pourvu que l'on permette durant la nuit à la chaleur accumulée de s'échapper vers l'extérieur.

4.2.2.2. Limiter le captage solaire à travers les parties opaques d'enveloppe

Le problème de surchauffe peut être dû au captage solaire à travers les vitrages des ouvertures, comme il peut être causé par les parties opaques telles que les murs construits avec des matériaux ayant une faible capacité de réflexion.

Par ailleurs, la couleur, à son rôle, contribue fortement à ce phénomène. Plus la couleur est claire, plus la réflexion est importante, par conséquent, en climat chaud les couleurs claires en façades participent à la protection contre les surchauffes des espaces.

4.2.2.3. Limiter les entrées solaires par les ouvertures

Dans un climat chaud, la taille des baies a une influence certaine sur les besoins en climatisation ; plus elles sont grandes, plus les besoins de climatisation sont importants (CTB 2017) . Les ouvertures peuvent être considérées comme le point de passage d'un important apport solaire, tout en fonction de leurs vitrages, leurs formes et leurs dimensions (BELKACEM 2017).

En effet, les types de vitrages sont nombreux, et chaque type est présenté par un coefficient de transmission énergétique, dit « facteur solaire », qui s'exprime en pourcentage (%) et caractérise la quantité totale d'énergie que laisse passer un vitrage par rapport à l'énergie solaire incidente. Il mesure donc la contribution d'un vitrage à l'échauffement de la pièce. Les vitrages simples ayant un

grand facteur solaire permettent une grande pénétration des rayons solaire et donc ils contribuent largement au réchauffement de l'espace.

Pour éviter ce problème, il est indispensable de bien choisir le type de vitrage des ouvertures, soit de penser à se protéger par les protections solaires extérieurs mobiles ou fixes, horizontales ou verticales. D'une autre façon, il est possible d'éviter les surchauffes provoquées par les ouvertures par la diminution de leurs tailles et le bon choix de leurs orientations.

4.2.2.4. Utilisation de l'inertie

Il constitue le principe de l'architecture vernaculaire et permet de retarder la pénétration de la chaleur à l'intérieur du bâtiment avec un déphasage dépendant des caractéristiques physiques des matériaux de construction. Dans un climat chaud, une bonne inertie thermique peut minimiser la consommation énergétique en diminuant les périodes d'utilisation de la climatisation.

La faible inertie dû à une surchauffe rapide, et inversement, avec une forte inertie le bâtiment peut accumuler la chaleur du jour et la restituer après plusieurs heures.

4.2.2.5. Les mesures de refroidissement passif

Avec plusieurs méthodes nous pouvons concrétiser un refroidissement passif en réduisant la consommation énergétiques, et à la fois, les effets néfastes de la climatisation sur la santé des occupants. Nous citons entre autres :

- **La ventilation transversale :** elle s'appelle aussi "la technique de free-cooling", elle permet de refroidir le bâtiment pendant la journée. Ensuite, le deuxième complément de cette technique est "la technique de night-cooling" ou le bâtiment peut être refroidi par son inertie thermique. Le principe de cette technique est de faire circuler l'air frais à traverser le bâtiment. Cette circulation de l'air peut être assurée naturellement ou mécaniquement, ou encore se baser sur une combinaison d'une circulation naturelle et mécanique (on parle alors d'un système hybride). Cette technique n'est pas valable dans le cas où la température extérieure est supérieure à la température intérieure.
- **L'effet de cheminée :** Cette technique a été largement utilisée dans l'architecture traditionnelle. Elle consiste à tirer mécaniquement l'air pénétrant à travers des fenêtres latérales et le faire circuler verticalement par la pression des grandes ouvertures dans la toiture de l'atrium. Cette technique est très efficace pour refroidir passivement le bâtiment.
- **Ventilation hybride :** Une technique qui combine entre la ventilation naturelle et la ventilation mécanique. Donc, elle couple à la fois les avantages de la ventilation naturelle et mécanique. Elle est peu coûteuse et facile à réaliser. On distingue trois types de ventilation hybride :
 - La ventilation naturelle assistée : des ventilateurs basse pression se mettent en marche lorsque les forces motrices naturelles (vent et tirage thermique) ne sont plus suffisantes pour permettre la circulation de l'air et les débits requis.
 - La ventilation mécanique assistée : qui correspond en réalité à un système de ventilation mécanique comportant des ventilateurs à basse pression.
 - Une alternance entre la ventilation naturelle et mécanique : ce qui suppose que les deux systèmes sont totalement dissociés et que lorsque l'un fonctionne l'autre est à l'arrêt et inversement.

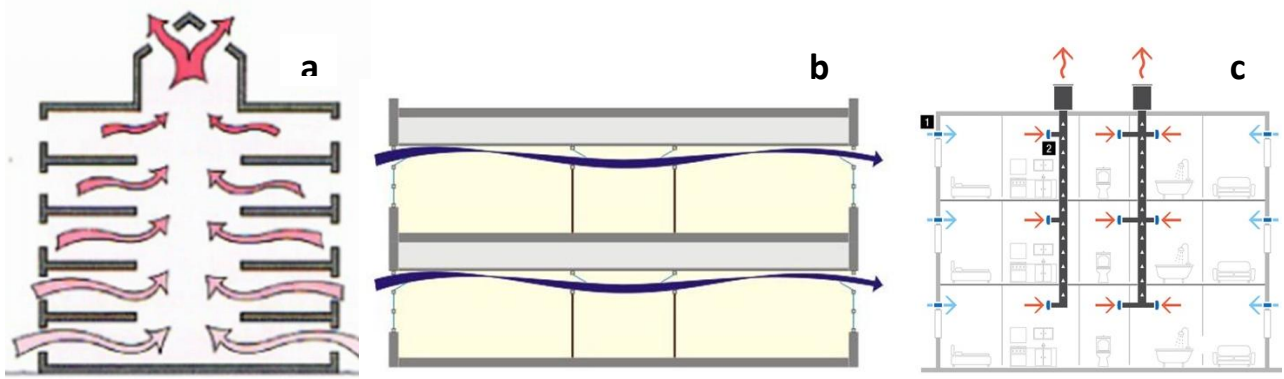


Figure III. 13. Les trois types de ventilation. a : par effet de cheminée, b : transversale, c : hybride

- **Puits canadien** : Dans cette technique, on exploite la température constante du sol. Ceci en introduisant l'air extérieur dans le sol à travers des puits surbaissant en dessous, où il sera refroidi avant qu'il sera distribué dans le bâtiment.

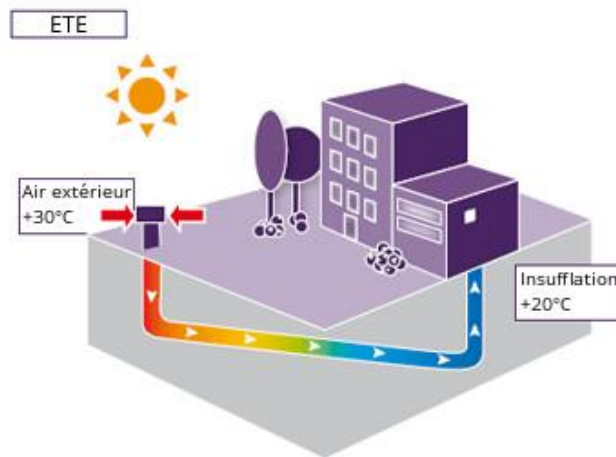


Figure III. 14. Refroidissement par technique des puits canadien. Source :

https://conseils.xpair.com/consulter_parole_expert/puits_canadien_solution_environnementale.htm

- **Refroidissement adiabatique** Cette technique s'effectue en vaporisant de l'eau dans le flux d'air, ce qui a pour effet de faire baisser sa température. Ensuite, l'air refroidi est utilisé pour refroidir un deuxième flux d'air, l'air amené. L'air frais est ainsi refroidi sans être lui-même humidifié.

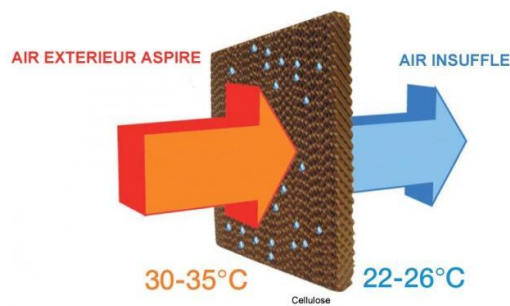


Figure III. 15. Refroidissement par technique adiabatique

4.2.2.6. Zoning climatique

L'agencement des pièces dans un bâtiment doit être basée sur une série de facteurs, à commencer par leur fonctionnalité, leurs relations, la gestion des flux, les possibles nuisances générées dont le bruit, l'accès à certains fluides...mais aussi compte-tenu de leur exposition et leur relation avec l'extérieur.

Certaines fonctions peuvent tolérer des chocs thermiques, comme les garages, les zones de stockage, les buanderies, les sanitaires ou les couloirs. Ils peuvent dès lors servir d'espace tampon pour les pièces plus nobles et occuper les zones les moins propices. Certains locaux utilisés de façon exceptionnelle peuvent également s'établir sur les façades les moins exposées, laissant aux pièces de vie continuellement occupées les zones les plus confortables.

Il est également intéressant de regrouper les pièces d'eau, comme la cuisine et la salle de bain, de manière à minimiser la longueur des conduites d'eau chaude et par la même occasion, les pertes de chaleur.

Organisation raisonnée pour une maison

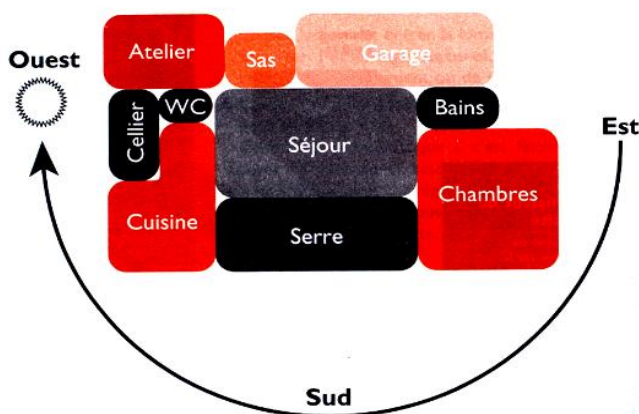


Figure III. 16. Disposition conseillée des pièces. Source : Salomon et Bedel 1999

5. Les troubles provoqués par la chaleur

La canicule d'été, particulièrement dans le climat chaud et aride, s'étale chaque année sur 3 à 4 mois et plus. Elle se caractérise par des températures excessives et insupportables.

Il est évident que l'exposition à la chaleur ou le fait de rester pour longtemps dans les locaux chauds provoque de très graves problèmes de santé. En effet, la chaleur extrême met à mal l'organisme des êtres humains. Le problème commence par la déshydratation, mais malheureusement, les symptômes de cette dernière sont flous et pas toujours faciles à cerner (**Baekelandt 2016**). Par le fait, le problème s'agrandit et ils déclenchent d'autres conséquences plus graves comme :

- **Insolation** : dû à l'exposition pour longtemps au soleil dans les mois de la canicule. Elle se manifeste par de forts maux de tête, une somnolence accompagnée d'une éventuelle perte de conscience, de la fièvre et souvent des brûlures (coups de soleil).
- **Crampes de chaleur** : Des crampes principalement à hauteur du ventre et des membres qui se produisent surtout lorsque l'on sue abondamment pendant un exercice physique ou dans le cas des patients ayant des corps déjà fatigués.

- **Epuisement dû à la chaleur** : se caractérise par des symptômes particuliers : fatigue, un état de faiblesse, des insomnies ou tout simplement une agitation nocturne. Il se produit après plusieurs jours de canicule. Une abondante transpiration réduit la quantité d'électrolytes et de sels minéraux dans l'organisme.
- **coup de chaleur** : se caractérise par la fièvre, les nausées, les vomissements et les convulsions et lorsque le coup de chaleur est très dur il peut causer la perte totale de conscience.

6. Conclusion

Ce chapitre constitue un état de l'art sur le confort thermique, il nous a aidé à définir l'approche avec laquelle nous avons travaillé après qu'il nous a clarifié le conflit entre les deux approches (analytique et adaptative).

L'approche analytique est fiable pour le cas des bâtiments climatisés, elle présente des lacunes dans la prédiction du confort pour le cas des bâtiments naturellement ventilés.

L'approche adaptative se base sur le principe d'adaptation, elle considère le confort thermique exprimé par les actions comportementales de l'occupant dans son environnement, et traduisent ses habitudes et ses attitudes thermiques. Par conséquent, elles peuvent nous transmettre ses manières d'adaptation. La combinaison entre ces deux approches convient dans les études in situ pour explorer les sensations et les perceptions thermiques d'une catégorie de personnes très particulières (les patients) pour que nous puissions caractériser le confort thermique dans les chambres des malades d'une façon globale et plus précise.

CHAPITRE IV : SUR LE CADRE GEOGRAPHIQUE ET CLIMATIQUE

1. Introduction

«Tout concepteur a besoin de connaître le climat du lieu où il doit construire. C'est-à-dire le régime de la température et de l'humidité de l'air, le régime et la nature des précipitations, l'ensoleillement, le régime et la nature des vents durant le cycle annuel complet»

(Fernandez et Lavigne 2009)

«Les principaux éléments climatiques à considérer, lors de la conception d'un bâtiment, sont le rayonnement solaire, le rayonnement de grande longueur d'onde du ciel, la température d'air, l'humidité, le vent et les précipitations (pluie, neige, etc.)»

(Givoni 1978)

Dans cette perspective, la connaissance du climat de la région objet d'étude avec ses caractérisations météorologiques et ses variations permet de comprendre son impact sur le confort de l'être humain dans le bâtiment.

En effet, le climat représente un ensemble de phénomènes complexes (température, humidité, ensoleillement, pression, vent, précipitations) qui se produit par des interactions entre différents éléments : l'atmosphère, la lithosphère (la croûte terrestre, l'hydrosphère (l'ensemble des mers, des océans, des lacs et des cours d'eau de la planète), la cryosphère (les glaces du monde entier).

Ceci influe largement sur la variation du climat et sa différenciation entre les régions, par conséquent le climat représente une grande diversité à l'échelle mondiale ce qui a engendré l'apparition de plusieurs méthodes de classification.

2. Classification des climats dans le monde

La classification des climats se varie selon les méthodes et les données utilisées. Ces dernières sont principalement obtenues par la mesure des paramètres mesurable à l'origine du climat : température, humidité, l'hydrométrie, la pluviométrie, l'ensoleillement, la vitesse des vents.

Cependant, Il existe deux grands types de classification, qui reposent sur les méthodes des géographes et des météorologues, l'une de ces deux basée sur les précipitations et la température pour le calcul d'un indice d'aridité ou d'humidité ou 'facteur de pluie' c'est la méthode de (De Martonne). La deuxième est la méthode de Koppen, basée sur la température, l'humidité, et la pluviométrie.

Cette dernière constitue la classification la plus courante, elle se base sur le choix de seuils. Deux types de seuil sont utilisés: des seuils thermiques et des seuils pluviométriques (Evans 1980). Les seuils thermiques sont relatifs au mois le plus chaud et au mois le plus froid. En outre les seuils pluviométriques résultent de l'introduction de la notion d'utilisé des précipitations.

Nous distinguons cinq climats principaux en combinant la température et l'humidité :

➤ Climat tropical :

En moyenne, c'est le climat le plus chaud, la température moyenne du mois le plus froid est supérieure à 18 degrés.

➤ Climat désertique :

Le climat désertique se caractérise par un manque de précipitations. Un climat aride qui se caractérise par les grands écarts de la température du jour et celle de la nuit. Une température très élevée pendant la journée et basse pendant la nuit.

➤ Climat maritime :

Un climat qui n'est pas très froid en hiver, ni très chaud en été. la température moyenne du mois le plus froid n'est pas inférieure à -3°C, et celle du mois le plus chaud oscille entre 10 et 18°C et Les précipitations sont suffisantes toute l'année.

➤ Climat continental :

Le climat continental se caractérise par de grandes différences entre l'été et l'hiver. Les étés sont souvent courts et chauds, tandis que les hivers sont longs et froids.

➤ Climat polaire :

Dans un climat polaire, la température n'excède jamais 10 degrés C°.

3. Climat chaud et aride

3.1. Signification de l'aridité

S'exprime généralement en fonction des précipitations et de la température. Pratiquement s'exprime par l'indice d'aridité climatique: $P = \text{précipitation}$

ETP = évapotranspiration potentielle, calculée par la méthode de Penman, en tenant compte de l'humidité atmosphérique, du rayonnement solaire et du vent.

3.2. Caractéristiques du climat chaud et aride

L'aridité est due à la présence d'un air sec descendant. Ce phénomène se trouve dans les zones caractérisées par des grandes chaînes de montagne qui déstructurent les cyclones lorsqu'ils passent

IV- SUR LE CADRE GEOGRAPHIQUE ET CLIMATIQUE

par-dessus elles, créant des effets "d'ombre" où la pluie ne tombe pas. D'autre part, la présence de surfaces de terres fortement chauffées empêche également les précipitations.

Cependant, le climat chaud et aride se distribue sur une vaste région de l'Afrique, d'Asie centrale et occidentale, d'Amérique du Nord-Ouest, et du Sud et dans l'Australie centrale et occidentale.

- Températures: une large amplitude de températures pouvant varier de 70 °C le jour à 15 °C la nuit en été.
- Humidité: la faible humidité relative (4 % à 20 %), couplée à l'absence de nuages
- Rayonnement solaire: le rayonnement solaire direct est très intense et peut atteindre 800 W/m² sur une surface horizontale.
- Vents: les vents sont chauds et sont fréquemment accompagnés de tourbillons de sable et de poussière.
- Précipitation: les précipitations sont rares et interviennent souvent sous forme d'averses ou de pluies orageuses.

4. A propos du climat en Algérie

4.1. L'Algérie, un pays très riche

Situé au nord de l'Afrique et constitue l'un des pays les plus riches géographiquement par ses chaînes montagneuses, ses forêts et son Sahara qui représente 84% du territoire. La superficie de l'Algérie est la plus grande en Afrique, elle couvre 2 381 741 km² compris entre 18° et 38° de latitude Nord et entre 9° de longitude Ouest et 12° de longitude Est.

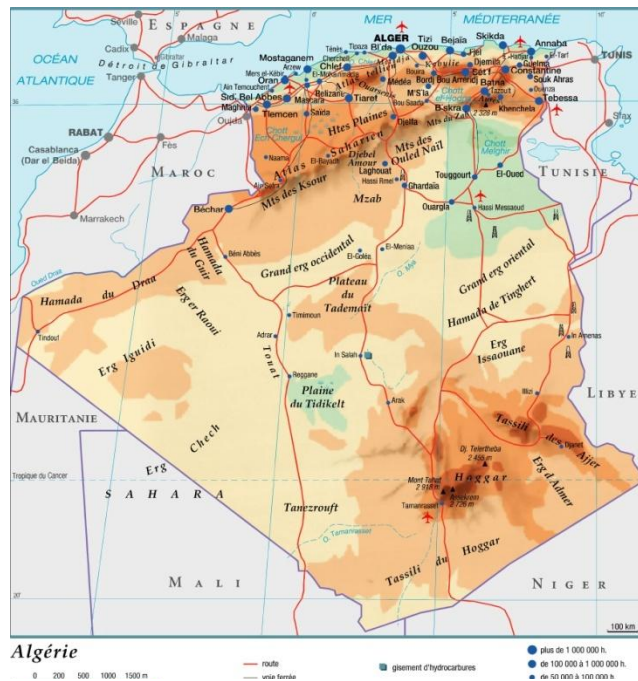


Figure IV. 1. Situation de l'Algérie. Source :

<https://www.larousse.fr/encyclopedie/cartes/Alg%C3%A9rie/1306004>

4.2. Un climat varié

Grace à sa richesse géographique et sa nature variée, ce territoire est caractérisé par une variété de zones climatiques.

IV- SUR LE CADRE GEOGRAPHIQUE ET CLIMATIQUE

«À cette vaste étendue territoriale correspond une diversité de zones climatiques qu'on peut classer en deux grandes catégories».

(Dib, 1993)

Zones climatiques d'hiver, qui est divisée lui-même en trois zones :

- La zone H1 subit l'influence de la proximité de la mer, et qui comprend sept sous zones classées en fonction de l'altitude:
- ✓ Sous-zone H1a : littoral mer, altitude < 500m : caractérisée par des hivers doux avec des amplitudes faibles;
- ✓ Sous-zone H1b : arrière littoral montagne, altitude > 500m : caractérisée par des hivers plus froids et plus longs;
- ✓ Sous-zone H2a : atlas tellien- montagne, 1 000m < altitude < 1500m : caractérisée par des hivers froids et un écart de température diurne important;
- ✓ Sous-zone H2b : atlas saharien- montagne, altitude > 1 500m : caractérisée par des hivers encore plus froids;
- ✓ Sous-zone H3a : présaharien, 500m < altitude < 1 000m : caractérisée par des hivers très froids la nuit par rapport au jour. Les écarts de température entre le jour et la nuit sont importants;
- ✓ Sous-zone H3b : Sahara, 200m < altitude < 500m : caractérisée par des hivers moins froids que la zone H3a avec des écarts de température diurne.
- ✓ Sous-zone H3c : Hoggar, altitude > 500m : caractérisée par des hivers très froids analogues à la zone H3a, mais qui persistent même durant la journée.
- La zone H2 subit l'influence de l'altitude;
- La zone H3 subit l'influence de la latitude.

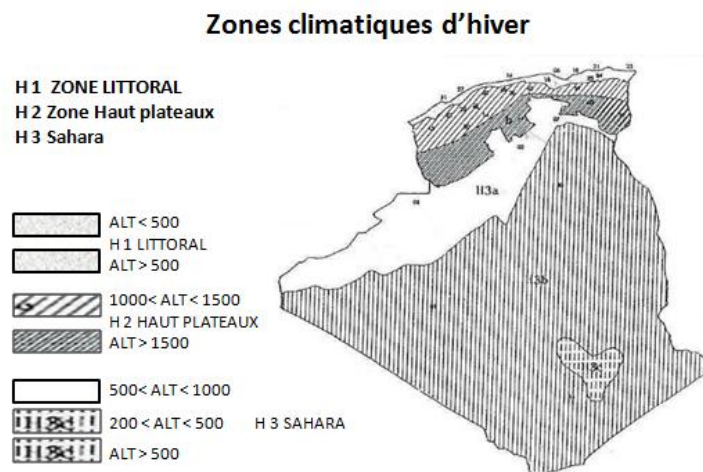


Figure IV. 2. Zones climatiques d'hiver. Source : Ould Henia 2003

Zones climatiques d'été ; elle se divise en cinq zones climatiques d'été et qui sont :

- La zone E1, littoral : caractérisée par des étés chauds et moins humides. L'écart de température diurne est faible;
- La zone E2, hauts plateaux- montagne : caractérisée par des étés plus chauds et moins humides avec des écarts de température diurne importants;

- La zone E3, pré-Sahara – tassili : caractérisée par des étés très chauds et secs, mais moins pénibles qu'en zone E4;
- La zone E4, Sahara : caractérisée par des étés secs, mais plus chauds et plus secs qu'en zone E3;
- La zone E5, Tanezrouft : caractérisée par des étés chauds et secs et extrêmement pénibles par rapport aux zones E3 et E4.

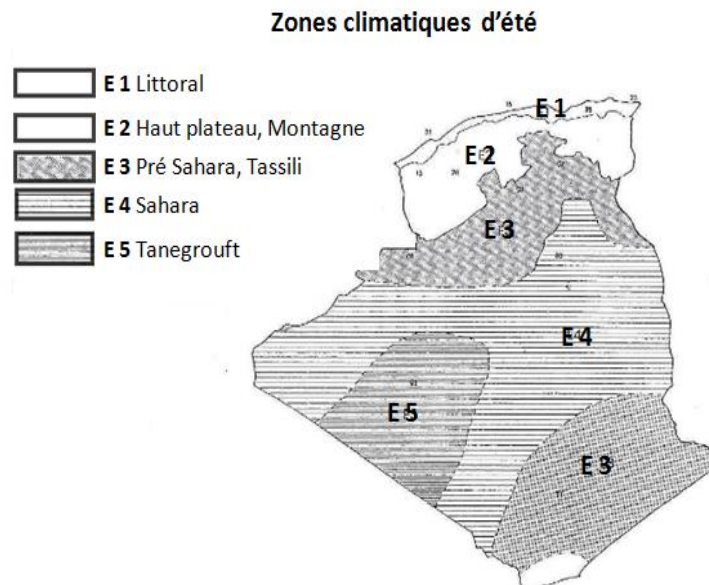


Figure IV. 3. Zones climatiques d'été. Source : Ould Henia 2003

5. La spécificité climatique du Biskra

5.1. Biskra

La porte du grand sud algérien ou la porte du Sahara, elle se situe au sud-est du territoire, à une latitude de 34° 48' Nord et une longitude de 5° 44' Est et une altitude de 115m par rapport au niveau de la mer. Avec une superficie de 21 671 Km². Si sa position géographique entre les hauts plateaux et le Sahara en a fait un point de jonction entre le Nord et le Sud et un carrefour d'échanges économiques, culturel et social.



Figure IV. 4. Situation de la ville de Biskra. Source : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Biskra>



Figure IV. 5. La ville de Biskra. Source : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Biskra>

5.2. Climat

Biskra a un climat désertique selon la classification de Köppen-Geiger. Elle est caractérisée par un climat chaud et sec en été et froid et semi- aride en hiver, La température annuelle moyenne est 21.8 °C avec une précipitation moyenne de 141 mm.

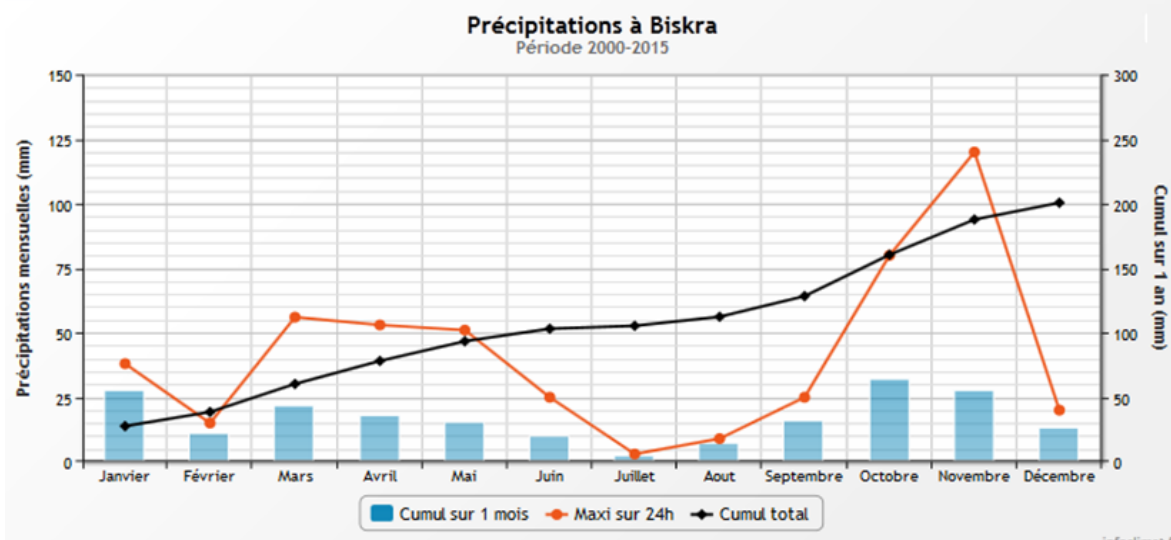
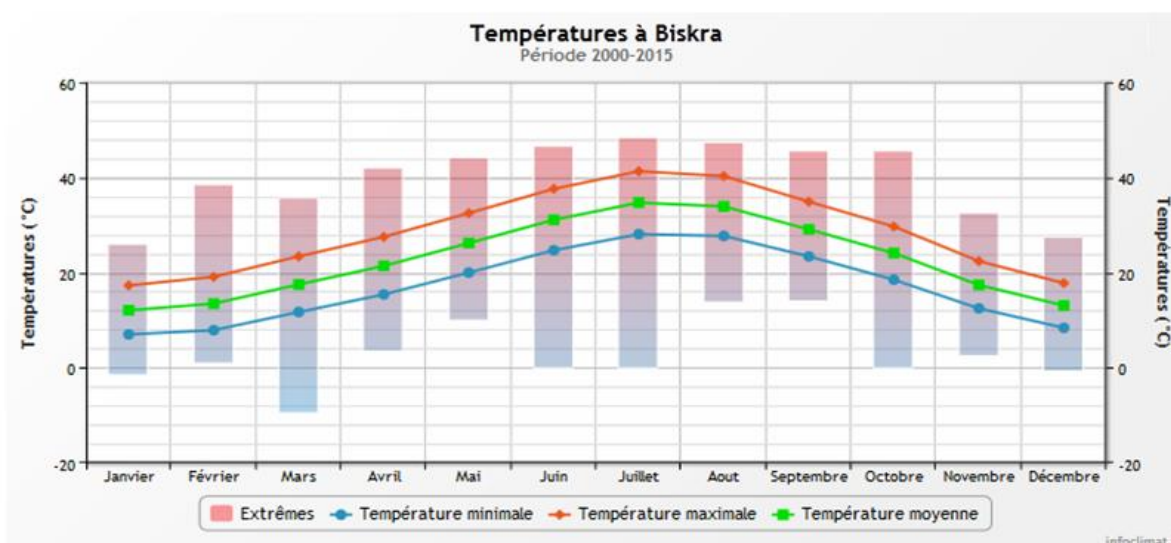
C'est un climat défavorable pour atteindre un confort thermique pendant les deux saisons. Dans ce cadre, le choix de Biskra comme un cas d'étude nous offre l'opportunité de traiter la problématique du confort thermique au sein des établissements sanitaires vue leurs importance et leurs sensibilité à l'ambiance thermique.

Pour ce faire, il est nécessaire de caractériser ce climat. Cette tâche se base sur les données climatiques moyennes et extrêmes, selon Estienne (1974). On mesure les amplitudes moyennes des températures annuelles entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid et les amplitudes des extrêmes absolus des températures quotidiennes (Pierre et Alain 1974).

Dans cette perspective, nous allons baser sur les données météorologiques mensuelles de Biskra relevées à la station météorologique sur ces dernières quinze années du 2000 au 2015.

5.3. Analyse et interprétation des données climatiques

Dans les figures ci-dessous nous présentons les variations mensuelles des températures, précipitations et vents pendant la période (2000-2015).



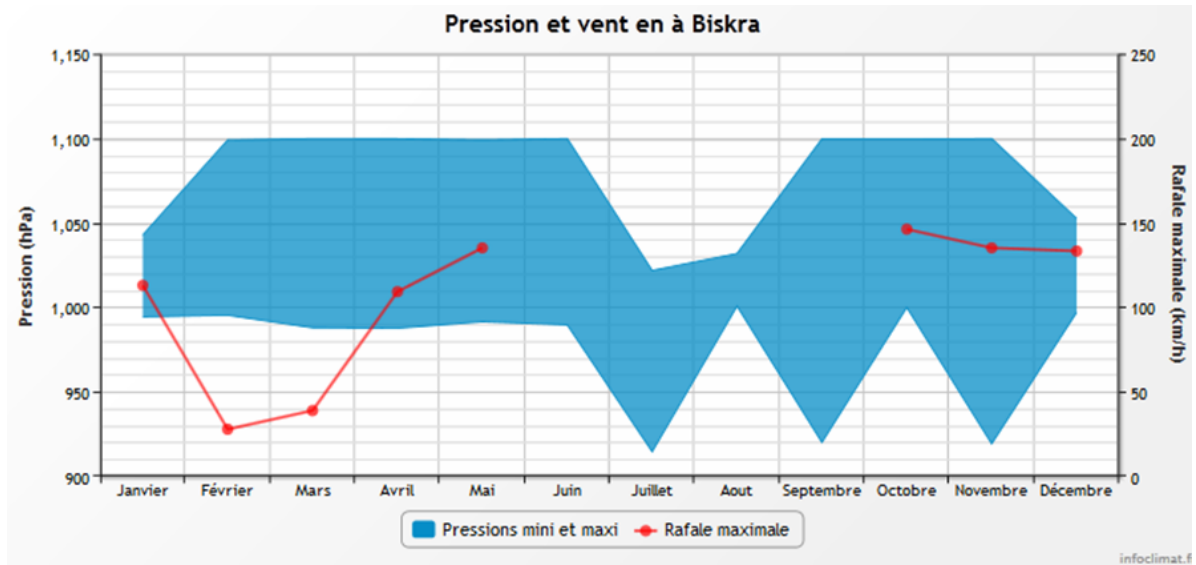


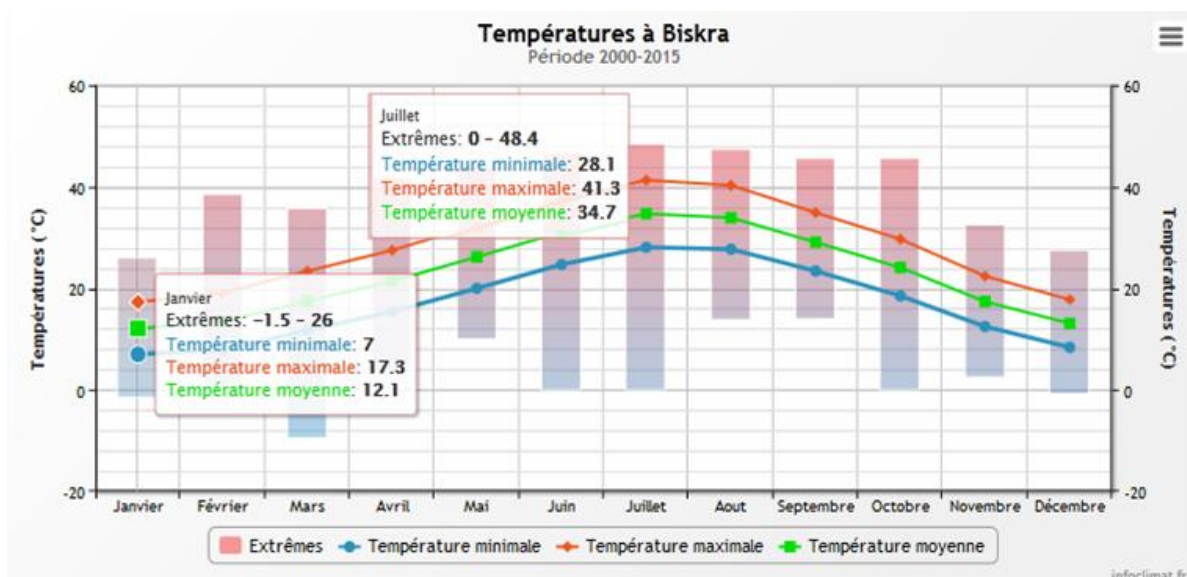
Figure IV. 6. Données météorologiques mensuelles de Biskra pendant la période 2000-2015. Source : <https://www.infoclimat.fr/observations-meteo/temps-reel/biskra/60525.html?graphiques>

5.3.1. Température

Globalement et dès le premier regard sur ces graphes, nous pouvons distinguer clairement qu'il y a deux grandes périodes qui forment l'année. Une période de six mois très chaude et sèche et qui s'étale du mois de Mai au mois d'Octobre et une deuxième période qui commence à mois de Novembre et termine en Avril, elle est froide et légèrement humide et elle atteint à son extrême de froid en mois de Janvier (Berghout 2012).

Concernant la température de l'air, il est claire que le mois de juillet est le plus chaud et c'est dans ce mois qu'on trouve la période de surchauffe avec 34.7°C pour la température moyenne annuelle à ce mois.

La courbe des températures moyennes mensuelles évolue d'une manière croissante jusqu'au mois de juillet ou elle commence de descendre jusqu'à 12.1°C (température moyenne annuelle) en Janvier et elle peut arriver jusqu'à 7°C (température minimale).



IV- SUR LE CADRE GEOGRAPHIQUE ET CLIMATIQUE

Jours de juillet les plus chauds (Txx les plus hautes)		Jours de janvier les plus froids (Tnn les plus basses)	
48.4°C	09 juillet 2008	-1.5°C	25 janvier 2006
48.0°C	13 juillet 2012	-1.1°C	18 janvier 2006
47.9°C	26 juillet 2005	-1.0°C	20 janvier 2012
47.6°C	30 juillet 2012	-1.0°C	16 janvier 2006
47.5°C	23 juillet 2010	0.0°C	19 janvier 2015
47.5°C	10 juillet 2008	0.0°C	07 janvier 2002
47.4°C	12 juillet 2008	0.0°C	10 janvier 2016
47.4°C	15 juillet 2010	0.3°C	10 janvier 2010
47.2°C	17 juillet 2003	0.5°C	06 janvier 2006
47.2°C	27 juillet 2005	0.5°C	08 janvier 2002

Figure IV. 7. Données météorologiques de température mensuelles de Biskra pendant la période 2000-2015.

Source : <https://www.infoclimat.fr/observations-meteo/temps-reel/biskra/60525.html?graphiques>

Exceptionnellement, le mois d'Avril et mai sont instables, ils constituent une étape transitionnelle de la période froide à la période chaude. Les températures de ces deux mois sont comprises entre 21°C et 26°C et les degrés d'humidité et de précipitations restent moyens, pour participer à l'adoucissement du climat. En parallèle, le mois d'Octobre aussi joue le rôle de transition mais avec des températures plus ou moins variées, elle sont comprise entre 18°C et 24°C.

Jours d'avril les plus chauds (Txx les plus hautes)	Jours d'avril les plus froids (Tnn les plus basses)	Précipitations maximales d'avril
42.0°C 30 avril 2015	3.5°C 07 avril 2005	68.0mm avril 2016
38.5°C 30 avril 2003	7.1°C 26 avril 2016	67.0mm avril 2004
38.5°C 10 avril 2008	7.4°C 09 avril 2015	38.0mm avril 2011
38.1°C 29 avril 2003	8.0°C 06 avril 2008	22.0mm avril 2010
37.0°C 26 avril 2000	8.8°C 11 avril 2005	15.0mm avril 2007
36.6°C 25 avril 2005	8.8°C 05 avril 2008	14.0mm avril 2006
36.5°C 14 avril 2013	8.9°C 06 avril 2003	13.0mm avril 2017
36.5°C 03 avril 2014	8.9°C 13 avril 2004	8.0mm avril 2009
36.5°C 24 avril 2015	9.0°C 08 avril 2013	5.0mm avril 2000
36.5°C 17 avril 2016	9.1°C 13 avril 2009	4.0mm avril 2003
Jours de mai les plus froids (Tnn les plus basses)	Jours de mai les plus chauds (Txx les plus hautes)	Précipitations maximales de mai
10.0°C 07 mai 2016	44.2°C 27 mai 2016	54.0mm mai 2011
10.5°C 29 mai 2003	43.7°C 22 mai 2006	38.0mm mai 2004
11.5°C 01 mai 2004	43.2°C 06 mai 2015	19.0mm mai 2016
11.6°C 10 mai 2004	42.7°C 26 mai 2016	15.0mm mai 2000
11.8°C 28 mai 2003	42.0°C 05 mai 2015	14.0mm mai 2009
12.2°C 06 mai 2010	42.0°C 04 mai 2015	11.0mm mai 2008
12.6°C 06 mai 2009	41.9°C 28 mai 2016	10.0mm mai 2006
13.1°C 01 mai 2007	41.9°C 18 mai 2001	5.0mm mai 2010
13.2°C 04 mai 2016	41.6°C 23 mai 2006	2.0mm mai 2015
13.2°C 03 mai 2009	41.2°C 13 mai 2014	2.0mm mai 2014
Jours d'octobre les plus chauds (Txx les plus hautes)	Jours d'octobre les plus froids (Tnn les plus basses)	Précipitations maximales d'octobre
45.6°C 05 octobre 2004	0.0°C 17 octobre 2003	84.0mm octobre 2012
45.6°C 09 octobre 2004	10.0°C 28 octobre 2010	79.0mm octobre 2011
40.5°C 02 octobre 2003	10.2°C 20 octobre 2010	46.0mm octobre 2003
39.6°C 09 octobre 2006	10.5°C 11 octobre 2002	40.0mm octobre 2013
38.5°C 03 octobre 2003	11.1°C 29 octobre 2010	38.0mm octobre 2008
38.4°C 26 octobre 2006	11.5°C 31 octobre 2008	34.0mm octobre 2015
38.1°C 01 octobre 2007	11.5°C 22 octobre 2010	12.0mm octobre 2002
38.0°C 01 octobre 2003	12.0°C 19 octobre 2011	9.0mm octobre 2010
37.9°C 03 octobre 2006	12.1°C 30 octobre 2008	5.0mm octobre 2004
37.9°C 08 octobre 2012	12.2°C 18 octobre 2009	4.0mm octobre 2000

Figure IV. 8. Données météorologiques de précipitation mensuelles de Biskra pendant la période 2000-2015.

Source : <https://www.infoclimat.fr/observations-meteo/temps-reel/biskra/60525.html?graphiques>

Les écarts entre les températures diurnes et nocturnes, se voit nettement en mois de juillet ou il peut évoluer au-delà de 13.2°C.

5.3.2. Humidité et précipitation

En ce qui concerne l'humidité relative et les précipitations, les moyennes mensuelles de l'humidité ne dépassent pas 60% pour les périodes humides, ce qui prouve que la ville de Biskra est caractérisée par un climat sec même dans la saison hivernale, il est froid et sec.

Pour les précipitations, le trimestre Octobre/Novembre/Décembre est le plus riche en pluie. Le cumul des précipitations est remarquable en ce trimestre ou il peut aller jusqu'à 160.4mm/an en mois d'Octobre.

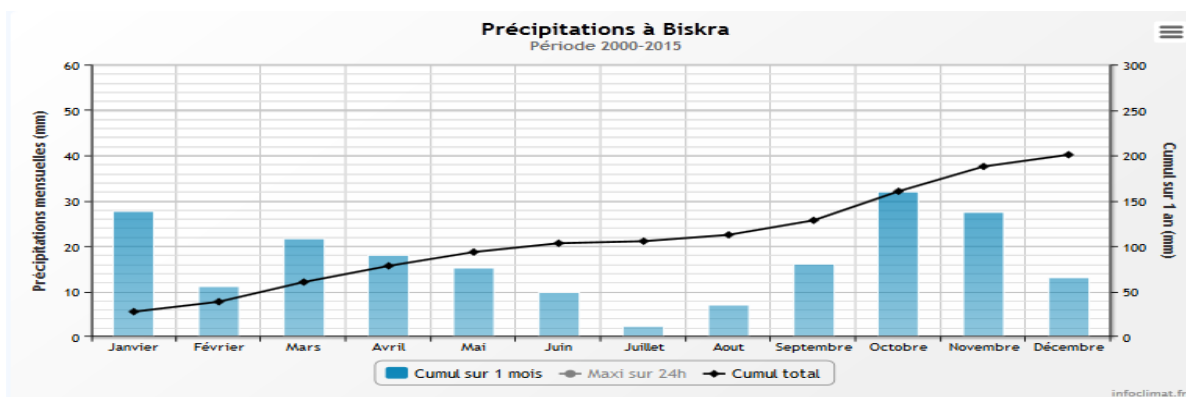


Figure IV. 9. Données météorologiques de précipitation de Biskra pendant la période 2000-2015. Source : <https://www.infoclimat.fr/observations-meteo/temps-reel/biskra/60525.html?graphiques>

5.3.3. Vents

Les vents de sables constituent le plus phénomène climatique le plus célèbre à Biskra particulièrement en été. Les vents qui prédominent à cette région sont de direction nord et nord-ouest avec des vitesses moyennes qui varient entre 2,3 m/s et 2,9 m/s, pour une moyenne annuelle de 2,4 m/s, et une fréquence moyenne de 45% (Berghout 2012).

5.3.4. Ensoleillement et potentiel solaire

La notion « ensoleillement » est définie comme un indicateur climatique qui mesure la durée de temps (le volume d'heures) pendant laquelle une surface ou un endroit est éclairé par le soleil sur une période donnée. Cette signification laisse penser à la nébulosité (ciel dégagé / ciel couvert par les nuages). Donc, ne doit pas être confondue avec le gisement qui exprime la quantité d'énergie reçue par le rayonnement solaire sur une surface donnée et sur une certaine période.

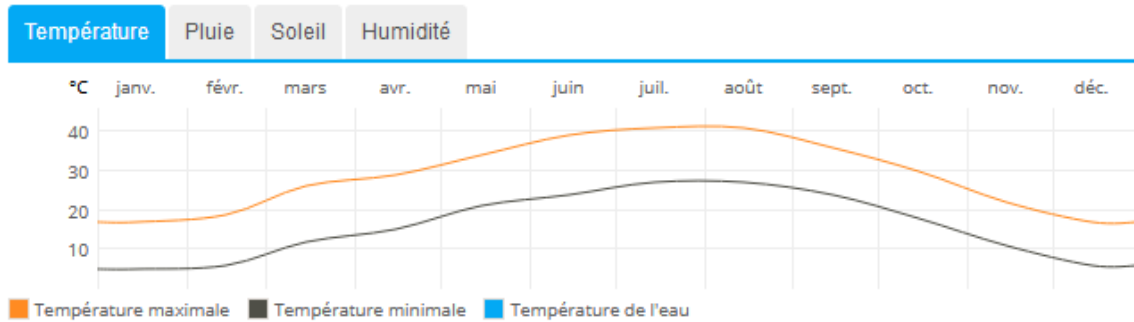
Juillet le mois le plus chaud à titre d'exemple peut aller jusqu'à 107.4 heures ensoleillée/an, ce qui exprime que la ville de Biskra possède ainsi un gisement solaire très important. Par ailleurs, La carte terrestre de l'ensoleillement moyen annuel indique que le potentiel reçu dans cette ville se trouve dans la fourchette de (5-6 kWh/m²/jour) et annuellement, compris entre 1825 et 2190 kWh/m²/an (Daiche 2011).

5.4. Analyse bioclimatique du Biskra

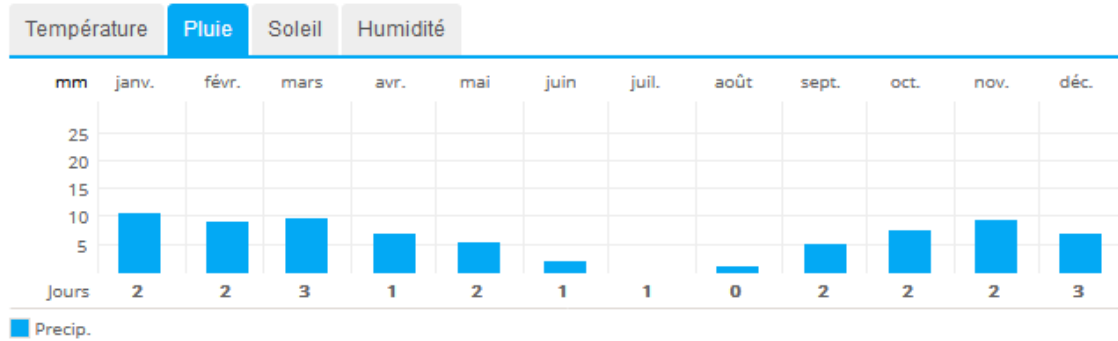
Pour l'analyse bioclimatique de la ville de Biskra, nous utilisons le diagramme psychométrique de Givoni qui repose essentiellement sur l'analyse des données climatiques de la ville. A l'aide de ce diagramme nous pouvons ressortir les recommandations conformes à ce climat.

5.4.1. Les données climatiques de la ville de Biskra en 2018

Les données climatiques pour Biskra



Les données climatiques pour Biskra



Les données climatiques pour Biskra

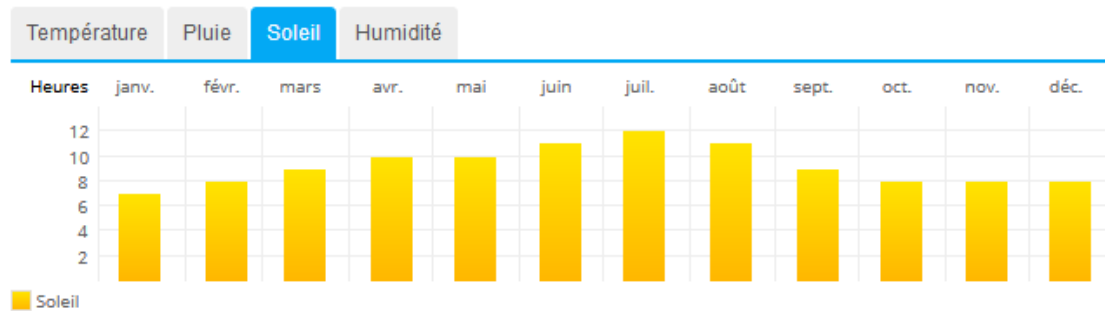


Figure IV. 10. Données climatiques de Biskra en 2018. Source : <https://fr.meteovista.be>

Les données climatiques pour Biskra

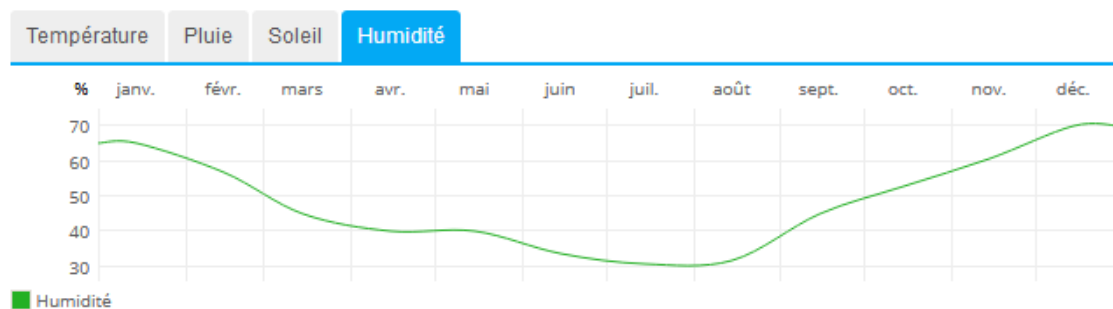


Figure IV. 11. Données climatiques de Biskra en 2018. Source : <https://fr.meteovista.be>

5.4.2. Digramme de Givoni

Diagramme bioclimatique de Givoni

Table des données climatiques :

	Jan	Feb	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Spt	Oct	Nov	Dec
Température maximale	17,04	19,5	23,6	26,77	31,04	37,02	40,81	39,54	33,89	29,14	21,77	17,51
Humidité relative minimale	39	29,4	24,9	20,7	20,6	17,6	16	17,8	25,7	29,8	36,1	40,5
Température minimale	7,1	8,0	11,3	15	20	24,7	27,6	27,8	23,3	18	11,9	7,8
Humidité relative maximale	79,1	69,5	63,8	52,7	51,8	46,2	41,5	46,3	58,6	61,5	73,3	79,2

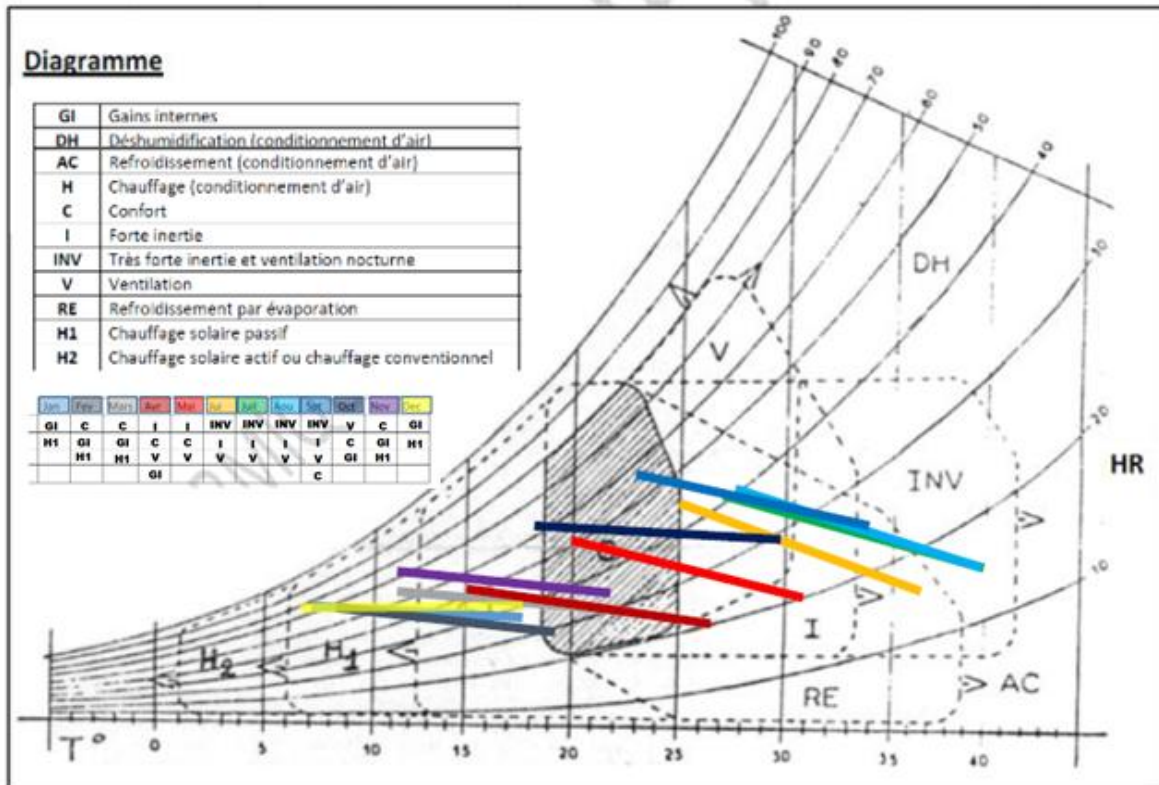


Figure IV. 12. Données climatiques de Biskra en 2018. Source : <https://fr.meteovista.be>

Durant les mois froids de janvier, février, mars, novembre et décembre, (1, 2, 3, 11,12), la combinaison de chauffage passif par rayonnement solaire et masse thermique et du chauffage conventionnel est nécessaire pour satisfaire le besoin en chauffage.

Pendant les mois chauds de juin, juillet, août et septembre, (6, 7, 8, 9), le refroidissement par évaporation, humidification, ventilation naturelle et masse thermique est indispensable pour réduire l'inconfort du à la température élevée et de l'humidité faible. Les mois d'avril, mai (4, 5)et une grande partie (période nocturne) de juin et de septembre(6,9), un certain confort thermique est atteint.

D'après la méthode de Szokolay, nous avons défini un diagramme bioclimatique de la région de Biskra dans lequel, il ressort la zone de confort N et des zones de confort potentiels. Cette méthode s'appuie essentiellement sur les données climatiques de la région d'étude, et permet le choix des

techniques passives et actives à adopter. Parmi ces techniques, on note la zone de confort potentielle basée sur la masse thermique M, la zone de confort potentielle utilisant la ventilation nocturne, etc.

L'analyse bioclimatique suivant cette méthode exprimée dans ce diagramme psychrométrique indique que la majeure partie de l'année se situe en dehors de la zone de confort N, mis à part une partie des mois de septembre, octobre, avril et mai. Une autre zone englobe les mois de novembre à mars. Durant cette période le bâtiment exige un chauffage pour assurer le confort des occupants. Le chauffage peut être passif, à gains direct ou indirect, pouvant subvenir aux besoins calorifiques du volume bâti. La chaleur captée le jour peut être restituée la nuit grâce à la masse thermique, car durant cette saison. Les températures nocturnes sont froides et peuvent atteindre -2°C . La troisième zone présente une période de surchauffe. Elle est composée des mois de : mai à septembre. La masse thermique et la ventilation naturelle peuvent assurer un niveau de confort acceptable, lors d'une bonne partie des mois de mai et de septembre, pour les autres mois les techniques du confort potentiel s'avèrent incapable d'assurer le bien-être des occupants, particulièrement l'après-midi. Le faible taux d'humidité handicape l'utilisation de ces techniques. Donc on a souvent recours à l'utilisation des systèmes de refroidissement évaporatif. Un refroidissement évaporatif avec une climatisation conventionnelle en appoint assure un confort thermique d'une part et réduit les dimensions des échangeurs des installations de refroidissement d'autre part.

5.4.3. Méthode de Mahoney

En s'inspirant de la méthode de Mahoney (les tables représentées dans l'annexe 1).

Ces chercheurs proposent un ordre d'analyse de climat en se basant sur les températures mensuelles, la température moyenne annuelle, les humidités relatives et la pluviométrie de la région considérée. À partir des tables de Mahoney, les recommandations nécessaires à la réalisation du confort hygrothermique dans un bâtiment à Biskra sont définies (Annexe I). En appliquant cette méthode, nous arrivons à un certain nombre de recommandations qui vont de l'aspect général de la construction, l'orientation, la protection contre la pluie ou le soleil, jusqu'à la dimension des ouvertures, l'isolation et d'autres détails de la construction (annexe 1). Les recommandations concernant la ville se résument ainsi :

Orientation Nord-sud (des grands axes Est-ouest) ;

- Compacité du plan de masse et du volume ;
- Ouverture moyenne de 20% à 40% ;
- Les murs extérieurs et intérieurs doivent être épais (inertie forte) ;
- Les toits épais (massifs et isolés) (temps de déphasage supérieur à huit heures) ;
- Espace extérieur pour terrasses pour dormir la nuit.

Recommandations sur les détails :

- Déphasage des murs extérieurs et des toits supérieur à 8 heures ;
- La taille moyenne pour les ouvertures de 25% à 40%.

On peut revoir quelques éléments que donnent le tableau (2.1, Annexe I) afin de mieux les adapter au climat de la région concernée. Ainsi, la taille moyenne, de même que l'orientation nord-sud qui sont le résultat des données météorologiques qui placent certains mois de l'année dans la catégorie des mois «froids» semblent, dans un climat aussi sec, chaud et aride, des éléments assez peu adaptés. L'exactitude de certaines données relatives aux HR reste à vérifier. Le mieux serait d'opter pour un

plan compact avec patio, et de petites ouvertures. La protection des ouvertures contre l'ensoleillement direct est un élément important, étant donné la longueur de la saison chaude (ceci sans pour autant priver les mois les plus frais de la chaleur solaire nécessaire). L'analyse et les résultats sont présentés sous forme de tables avec recommandations.

5.5. Synthèse de l'analyse bioclimatique

A la lumière de ce qui est présenté dans ce chapitre, nous avons dégagé les conditions extérieures auxquelles la ville de Biskra est soumise. Cette dernière présente des conditions climatiques très rigoureuses et consacre une grande partie de sa consommation énergétique aux seules fins de la climatisation, afin de maintenir les occupants dans le confort pendant les périodes chaudes. Les fortes chaleurs concernent certes une grande partie de l'année, ce climat rigoureux impose l'utilisation des stratégies à adopter pour répondre aux problèmes d'inconfort hygrothermique dans le bâtiment dans la région aride de Biskra.

La construction à grande inertie thermique, satisfaisant un déphasage de transfert de flux de chaleur d'au moins 8 heures est recommandée pour satisfaire le confort thermique le long de toute l'année. Pendant les mois les plus froids (décembre, janvier et février), l'utilisation du chauffage conventionnel est nécessaire. Tandis qu'un gain d'énergie par rayonnement solaire est suffisant durant les mois froids de novembre, mars et avril. La saison chaude et sèche (de juin à septembre) nécessite deux procédés naturels de rafraîchissement dans un climat aride : le refroidissement par humidification et évaporation, et la ventilation nocturne pour dissiper l'air chaud de l'intérieur : une protection du rayonnement solaire direct est nécessaire durant cette saison. En résumé, il est recommandé d'assurer l'ombrage des espaces urbains par la présence des écrans végétaux et passages piétons couverts, profiter des orientations nord et sud, et de l'introvertir vers les cours et les patios, dotés d'ouvertures moyennes à petites protégées des radiations solaires directes et permettant une ventilation naturelle et efficace.

En supposant que le confort de l'être humain dépend de l'ambiance climatique, on tentera de répondre à cette question dans le suivant chapitre, « Le confort thermique et climat chaud et aride ».

6. Conclusion

Biskra se caractérise par un climat désertique très dur en été, aride et très chaud avec des températures annuelles moyennes de 21.8 °C. Selon les moyennes des températures appréciables dans les dernières années, le mois de Juillet est le plus chaud de l'année, avec une température moyenne de 34.7°C et des précipitations techniquement inexistantes.

La ville de Biskra possède ainsi un gisement solaire très important surtout en mois de Juillet où on peut aller jusqu'à 107.4 heures ensoleillée/an. Ces conditions climatiques dures influent gravement sur le comportement thermique des bâtiments, et par conséquent le confort des occupants de ces bâtiments. Sur ce point, il devient indispensable de traiter ces situations par des solutions passives et ou hybrides. Le recours aux techniques de refroidissement par évaporation, humidification, ventilation naturelle et masse thermique est absolument le seul refuge pour réduire l'inconfort dû à la température élevée et de l'humidité faible de cette période.

CHAPITRE V : SUR LE CORPUS D'ETUDE

**Architecture des bâtiments de santé et
confort thermique estival de l'utilisateur**



1. Introduction

Dans chaque recherche, la partie la plus essentielle à explorer est celle du corpus d'étude où ils se résument tous les détails et les informations nécessaires à connaître, à comprendre et à exploiter dans les différentes étapes de l'étude.

Dans ce présent chapitre nous mettons en lumière l'objet de notre recherche qui est l'architecture des bâtiments de santé en passant par son évolution dans le temps et l'histoire, afin de mieux comprendre l'origine de ses développements d'un simple espace d'accueil pour les pauvres et les passagers jusqu'à qu'il est devenu un établissement composé de différents services et unités. Nous discutons par la suite, la complexité dans l'architecture hospitalière en parlant des malades en tant que principaux usagers de l'hôpital. Nous présentons également une grande partie sur l'espace clé de notre corpus d'étude qui est la chambre des malades avec sa composition architecturale et ses exigences particulières définies par les normes et les réglementations.

Nous allons aborder dans une deuxième étape, la question du confort thermique dans les établissements de santé et nous focalisons l'étude sur les conditions estivales qui nécessitent un effort immense dès le début du processus de conception et de réalisation avant de s'orienter vers les solutions d'installations de la climatisation.

2. Architecture des bâtiments de santé et les usagers

2.1. Evolution typologique de l'architecture hospitalière

Depuis l'antiquité, l'architecture hospitalière a hérité du caractère solennel et monumental de l'édifice. Comme elle était tellement sacrée dans les visions sociales, elle était considérée souvent comme espace intégré dans les lieux de culte; soit un édifice divin que l'on retrouve en Egypte, en Grèce (Prytanée) et à Rome.

L'Asclépieion de l'Epidaure, est l'appellation de l'hôpital grec qui dérive d'Asclépios, dieu grec de la médecine. Une forme originale qui consistait de vastes portiques aménagées en dortoirs; fermé sur l'extérieur et s'ouvrant largement sur un quadrilatère intérieur où étaient placés la source miraculeuse et les autels du dieu (GEZ 1970).

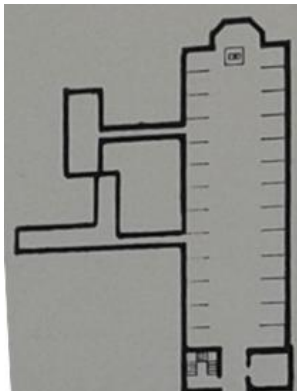


Figure V. 2. Vu en plan de l'hôpital
L'Asclépieion de l'Epidaure. Source : Revue
de l'architecture d'aujourd'hui N°150



Figure V. 1. Antique centre grec de traitement.
<http://www.planet-turquie-guide.com/asclepieion-pergame.htm>

Pour longtemps, les espaces de consultation médicale faisaient partie des temples, où elles ont été construites avec des surfaces importantes ouvertes sur l'aire centrale sacrée.

Le livre complexité-simplicité a décrit l'évolution de l'architecture hospitalière en moyen âge plus ou moins effrénée. Dans cette époque, les constructions hospitalières étaient connues par le nom "hospices" ou "Hospitalia" et elles ont évoluées à un rythme aussi lents (Jérôme et Olivier 2014).

En XVe siècle, dans certains monastères en dehors des villes s'organisèrent des infirmeries telles que celle de l'Abbaye de St Gall en Suisse (820 ap. J.C) où l'on pouvait trouver un bâtiment de traitement et d'opération, une pharmacie et un jardin d'herbes médicinales (GEZ 1970).

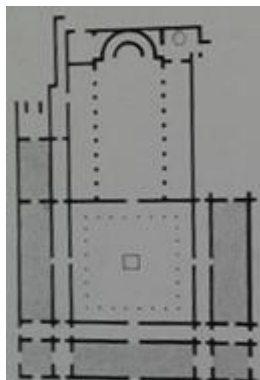


Figure V. 4. Vu en plan d'un espace de
traitement intégré dans un monastère.
Source: Revue de l'architecture



Figure V. 3. Vu en plan d'Abbaye de Saint Gall.
Source : http://michel.janssens.pagesperso-orange.fr/albert_piscator.html

V- SUR LE CORPUS D'ETUDE

Architecture des bâtiments de santé et confort thermique estival de l'utilisateur

Selon la même optique, les constructions hospitalières islamiques étaient aussi considérées sacrées. Les musulmans ont bâtis des établissements hospitaliers à proximité des mosquées, où leur architecture empreinte de fraîcheur et d'un grand souci de l'hygiène. Les espaces à l'intérieur étaient réparties selon une classification des malades. Parmi les exemples les plus pures des édifices hospitaliers charitables islamiques « le complexe mosquée-hôpital Turquie Kulliye d'Edirne ».

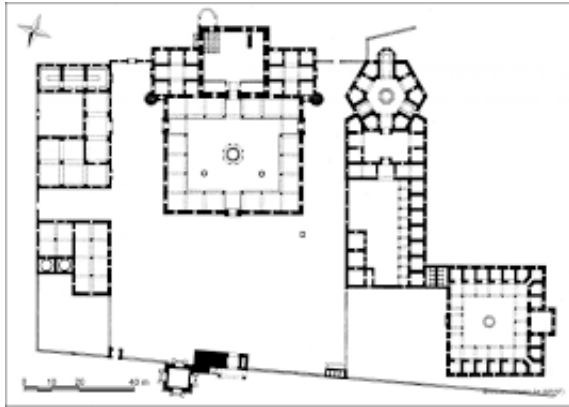


Figure V. 5. Vu en plan du complexe mosquée-hôpital turque Kulliye d'Edirne. Source : Revue de l'architecture d'aujourd'hui N°150



Figure V. 6. Le complexe mosquée-hôpital turque Kulliye d'Edirne construit par Bayazid II. Source : http://islamicart.museumwnf.org/database_item.php?id=monument:isl:tr:mon01:22:fr

En occident, jusqu'au XVI^e siècle, l'accueil des malades et des pauvres était considéré comme une tâche associée exclusivement à l'église. Du fait, la nécessité à adapter les bâtiments de l'église pour l'hébergement et la délivrance des soins a mené à l'émergence du terme "hôpital-dieu" pour certaines extensions.

A l'ère classique, la croix et la cour sont deux caractéristiques de l'hôpital palais, le modèle le plus éventuel, qui était inspiré d'origine du modèle italien. Chaque corps du bâtiment constitue le bras d'une croix et délimite un espace central : une cour carrée ou rectangulaire. Par ailleurs, les salles des malades réparties sur deux façades dans chacune des branches de la croix. La disposition d'ensemble symétrique centrée sur l'axe de l'entrée de la chapelle. La hiérarchie des volumes intérieurs selon le caractère privatif ; la présence de galeries couvertes, de portiques, sont autant d'éléments qui président à l'élaboration des plans d'hôpitaux (Jérôme et Olivier 2014). On peut noter que l'hôpital Saint Louis de Paris était l'un des premiers exemples du type hôpital-cour, réalisé par le maître maçon Claude Chastillon en 1607.

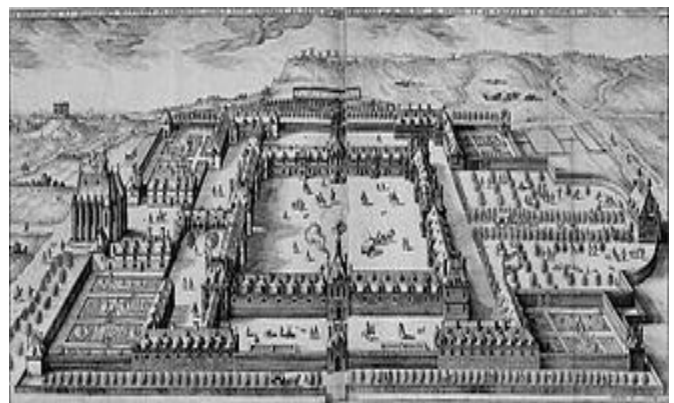
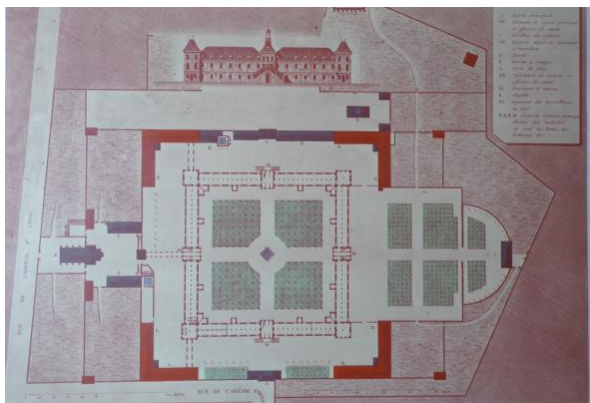


Figure V. 7. Hôpital Saint Louis de Paris. Source, Tenon, Mémoires sur les hôpitaux de Paris, 1788

V- SUR LE CORPUS D'ETUDE

Architecture des bâtiments de santé et confort thermique estival de l'utilisateur

Par la suite, les sciences médicales ont acquis plus de progrès avec lequel la construction hospitalière a connu des évolutions assez logiques qui ont servi à la maîtrise des fonctionnalités et de l'ergonomie hospitalière.

En 1860, et à la lumière de la découverte du siècle de Louis Pasteur en matière de contaminations, de propagations infectieuses et la nécessité de stériliser les outils médicaux, c'était l'émergence du principe de l'isolement. Dans cet égard, il était nécessaire de créer les pavillons pour séparer les catégories de malades. Ce principe d'isolement définit un nouvel âge de l'hôpital. Et c'est avec la création de pavillons multiples décentralisés que la composition architecturale de l'hôpital s'est élargie et devenue une cité-jardin.

Le modèle le plus célèbre à cette époque était le type d'hôpital à pavillons en peigne comme celui de l'hôpital Edouard Herriot de Lyon (1912) Conçu par Tony Garnier. Sa construction possède un sous-sol où sont réunis l'ensemble des espaces techniques (cuisine, chauffage, salle de pansements, etc); un rez-de-chaussée et un premier étage qui contient les salles de soins, le deuxième étage étant réservé au personnel.

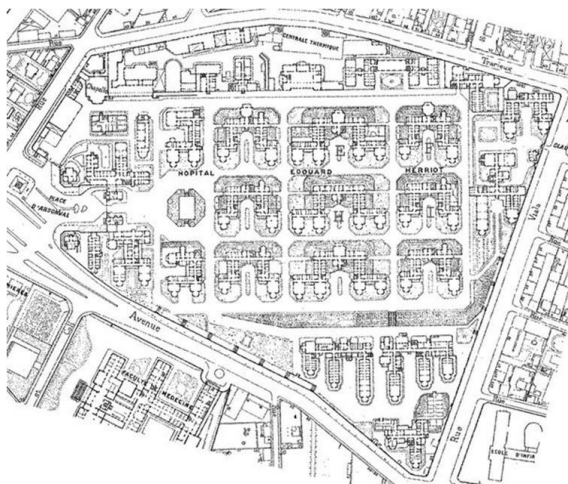


Figure V. 8. Hôpital Edouard-Herriot - Plan d'ensemble.
Source : d'après le plan général de la ville de Lyon.



Figure V. 9. Hôpital Edouard Herriot, Lyon.

Le modèle des pavillons fragmentés avec une variété de couvertures et de rupture, des volumes a émergé vers la fin des années 90 au dix neuvième siècle. L'hôpital Boucicaut (1897) inaugure toute une série de constructions hospitalières sur ce modèle.

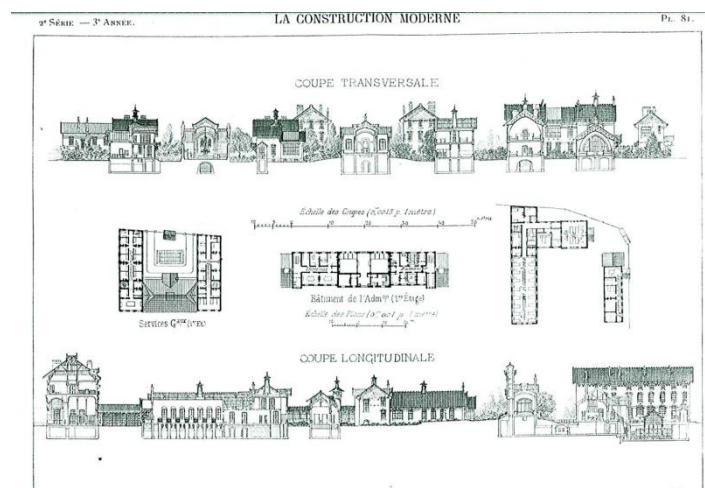


Figure V. 10. Hôpital Boucicaut 1897, conçu par les architectes Legros, père et fils.
Source : <http://boucicaut.fr/le-projet/lhistoire-du-site/>

La révolution intellectuelle du XXe siècle a engendré de plusieurs nouvelles idées, des théories et de nouveaux principes de vie. Elle a mené à l'intégration de nouvelles dimensions telle que la dimension économique dans la conception des établissements de santé et l'inclusion de la dimension spéo-fonctionnelle. Ces circonstances ont contribué largement à la naissance d'un nouveau modèle : "l'hôpital bloc", dans lequel la rationalisation des fonctions et des coûts s'exprime par la verticalité (GEZ 1970) (Le Clech 2013).

Par la suite, c'était l'émergence de l'humanisation, la nouvelle tendance qui a engendré une nouvelle pensée plus fonctionnelle et l'évolution typologique de l'hôpital a commencé par le monobloc, passant par le polybloc jusqu'à ce qu'il devient un monospace.

Ce nouveau modèle monospace qui s'est développé au cours du XXIe siècle constitue une forme simple qui en gérant, disciplinant et maîtrisant la complexité présente des lieux, réussit à imposer de nature « simplexe ». Une forme qui soutient l'idée que l'hôpital est un ensemble unique, capable de permettre une totale fusion entre le plateau technique et l'hébergement avec une structure unitaire et homogène (Jérôme et Olivier 2014).

2.2. La complexité dans l'architecture hospitalière

« Terme ambivalent. Le mot hôpital recouvre, dans le monde occidental, une réalité complexe, où théorie médicale et doctrine architecturale n'auront cessé de se mêler, associant leurs effets ou s'affrontant, selon les époques. »

(Laroche 2017)

La complexité dans l'architecture hospitalière se trouve principalement dans sa multifonctionnalité. L'hôpital comme infrastructure puissante et indispensable dans le pays, nécessite des capacités généreuses et des compétences dans différents domaines pour sa planification, sa réalisation et sa réussite.

Le même hôpital peut réunir à la fois plusieurs pôles, unités, pavillons et différents services ; il implique indifféremment les fonctions d'accueil, d'assistance, d'urgence et de soin en même temps.

Cet établissement emploie des médecins, des infirmiers des aides soignants, des économistes, des administrateurs et des techniciens de différentes spécialités. Il reçoit également de nombreuses catégories de patients. La pluridisciplinarité, la multifonctionnalité, la sociabilité, l'hypersensibilité avec tant des exigences multiples et contradictoires. Tous ses facteurs tissent entre eux la complexité architecturale de cet établissement. D'autre part, la qualité d'accueil, la qualité du séjour, le confort des patients, et la bonne fonctionnalité de l'espace, sont des préoccupations prépondérantes qui relèvent de la responsabilité de l'architecte (Estryn Béhar 2011).

L'importance et la puissance de l'objet évoluent au cœur de sa complexité. Aussi bien, la complexité de l'architecture hospitalière ne devrait jamais être une contrainte dans son processus d'élaboration. Les premiers pas pour la réussite de cet établissement débute dans les premiers traits de sa planification et sa conception qui nécessitent une coordination étroite et suivie entre une équipe de conception multidisciplinaire composée d'architectes, d'ingénieurs et de consultants représentant de très nombreuses spécialités. Une équipe de maîtrise d'ouvrage associant les représentants des utilisateurs et les institutions en charge des multiples autorisations à solliciter pour la réalisation et la mise en exploitation (Roos 2012).

Néanmoins, la réussite d'une opération hospitalière dépend également de très nombreux autres facteurs entre autres : le respect des normes et des réglementations, l'adaptation au contexte climatiques et environnemental mais le plus essentiel est l'écoute des patients et des équipes médicales qui peuvent rapprocher le concepteur au plus près des exigences et des préférences des différentes catégories de patients.

Le point de vue de l'usager est essentiel. Le recueil des avis des usagers et du personnel lors de la présentation des plans généraux de l'établissement, peut les amener à accepter le produit final sans voir des difficultés pratiques ou des lacunes en matière de confort.

2.3. Malade, patient, usager, quelle appellation ?

Habituellement, nous donnons des appellations différentes pour les usagers de l'hôpital; les termes: malades, patients, usagers sont les plus courants, alors qu'ils ne sont pas interchangeables, et ils ne possèdent jamais le même sens, au moins philosophiquement, bien que leur point commun soit la référence au « soigné » (Martin 2016) (Gauthier 2006).

Selon le philosophe Guillaume Le Blanc, chaque terme de ces trois, décrit différemment la personne malade. Sur la base que la maladie est créée par le sentiment intime, subjectif d'être malade; Guillaume Le Blanc a défini le sentiment d'être malade comme un vécu intime qui ressent une atteinte de son intégrité physique et/ou psychique. Etre malade génère un sentiment d'être seul avec la maladie, à l'écart du monde des bien-portants.

Avant d'être isolé, avant d'être hospitalisé, la maladie mène la personne à une situation sensible avec un ensemble de sentiments ambivalents, parfois un mode de vie constant ou peut être un rythme de temps très lent et très dure. Etre malade semble être dans un état unique et assez fragile, c'est pour cela que le terme de « malade » renvoie, avant toute chose, à l'expérience intime et solitaire de la vie du malade.

Le même philosophe avance, en revanche, qu'un malade n'est pas forcément un patient. Pour passer du terme malade au terme patient, il doit être sous la surveillance médicale inscrite dans une procédure normative pour guérir avec l'aide du corps médical. Donc, un malade qui pratique l'automédication n'est pas un patient. En effet, pour Guillaume Le Blanc, la condition pour être institué comme patient est d'être diagnostiqué et soigné (de suivre un traitement) et le patient qui décide d'arrêter son traitement perd son statut de patient, bien qu'il puisse continuer à être malade. Et selon le même philosophe : « quel que soit le mode d'entrée dans le vécu du patient, la condition pour le devenir est nécessairement l'entrée en relation avec un professionnel de la santé. Alors que le malade est situé à l'extérieur du champ médical, le patient y est inclus.» (Martin 2016).

Par ailleurs, le terme d'usager est le plus valorisé dans le milieu hospitalier (médical). L'usager de l'espace hospitalier est simplement la personne qui exerce en tant que patient ces pratiques médicales de soin, de diagnostic et de traitement sur le long ou le court terme. Du point de vu juridique, les usagers de l'hôpital comme tous les usagers des autres services publics, possèdent des droits prévus et mentionnés dans les lois internes des hôpitaux.

2.4. Définition et évolution typologique des chambres de malades à l'hôpital

Cette section est réservée à la définition et la présentation des différentes typologies des salles d'hôpital (chambres des malades) qui constituent l'espace clé de l'hôpital et notre corpus d'étude,

V- SUR LE CORPUS D'ETUDE

Architecture des bâtiments de santé et confort thermique estival de l'utilisateur

en exposant quelques exemples de projets livresques qui peuvent être des supports pour mieux comprendre et apprécier ces espaces.

Par définition, la salle d'hôpital, ou la chambre de malade est l'espace destinée au séjour des patients, là où ils passent la plupart de leurs temps sur leurs lits, entre soins, traitement, sommeil, et avec les humeurs d'angoisse, de stress, de douleur et quelques moments de joie avec leurs familles et leurs proches lors des visites quotidiennes.

C'est l'espace intime temporaire qui devient avec le temps un domaine de propriété par rapport au patient après qu'il s'est familiarisé avec son entourage et son environnement médical et même avec sa maladie et ses pairs.

Allant de pair avec chaque période de mutation de l'hôpital, les salles des malades suivaient le même parcours de mutation de statut et de typologie que l'hôpital.

A l'époque médiévale, l'accueil des malades, des pauvres et des victimes était une mission attachée aux espaces de culte; aux temples puis aux églises. La signification de l'hôpital, à ce moment, était limitée dans le sens d'une salle commune édifée dans des proportions remarquables, aussi bien qu'elle était souvent caractérisée par une architecture de nefs aux voûtes ogivales (Fermand 2000).



Figure V. 11. Gravure Salle de malades de l'hôtel-Dieu au XVIe siècle. Source : Fermand Catherine 2000

Avec la propagation des maladies infectieuses au moment où il y avait un grand manque de médecins à la fin du moyen âge, l'admission des malades était devenue plus difficile. Les malades admis sont entassés à trois ou quatre par lit dans la grande salle de l'église et sont soignés indistinctement par des potions, des saignées, ou des bains (Fermand 2000).



Figure.V.12. Salle de malades lors de l'épidémie de Choléra en 1832

V- SUR LE CORPUS D'ETUDE

Architecture des bâtiments de santé et confort thermique estival de l'usager

Ces circonstances ont poussé les citoyens d'accueillir les malades dans leurs propres maisons. D'ici, l'idée de création des maisons hospitalières était venue pour soulager les pressions subies par l'église. Les salles des malades dans ces maisons sont variées entre individuelles et communes, construites autour d'une cour.



Figure V. 13. Salle de malades individuelle dans la maison hospitalière Le Sanatorium de Saint-Feyre. 1906

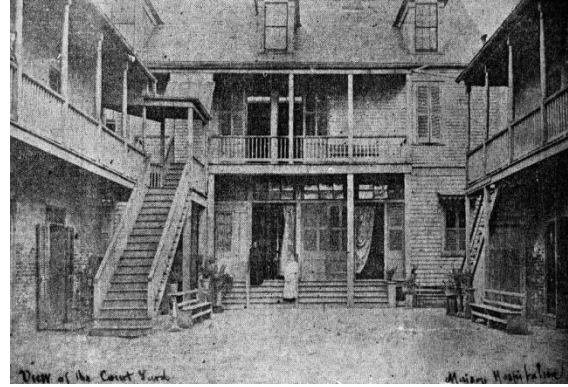


Figure V. 14. Le bâtiment principal de la Maison Hospitalière, 822 Barracks St. 1900

Par la suite, la disparition des maisons hospitalières a mené à la naissance de nouveaux types d'hôpitaux, où les salles des malades ont plus d'importance et de raffinement.

Dans un premier temps, le même édifice peut comprendre plusieurs salles séparées selon les considérations d'âge, de sexe et de type de soins; les salles sont construites avec de grandes proportions pour assimiler un nombre important de patients, comme celles de l'hôpital en forme de palais.



Figure V. 16. Le Palais réquisitionné en salle. Source : <http://www.compiegne1914.fr/pageLibre00010191.as>

dx



Figure V. 15. Salle des Gardes au Palais. Source : <http://www.compiegne1914.fr/pageLibre00010191.>

as dx

Plus tard, les grandes salles communes ne sont plus adoptées pour le type d'hôpital pavillonnaire. Ce dernier comprend plusieurs salles de malades de deux, jusqu'à quatre lits, séparées en fonction de plusieurs critères et disposées dans des pavillons autour d'un jardin qui participe dans la notion du soin. Ceci se reflète clairement dans la conception du fameux hôpital Edouard Herriot (1912) qui a été conçu sur un mode pavillonnaire occupant une surface de 156 000 m². Il offrait dans sa

V- SUR LE CORPUS D'ETUDE

Architecture des bâtiments de santé et confort thermique estival de l'utilisateur

conception originale des espaces aérés, ensoleillés et fleuris, avec de nombreuses salles de malades séparées et tout un réseau de galeries souterraines initialement envisagé au service des soins.

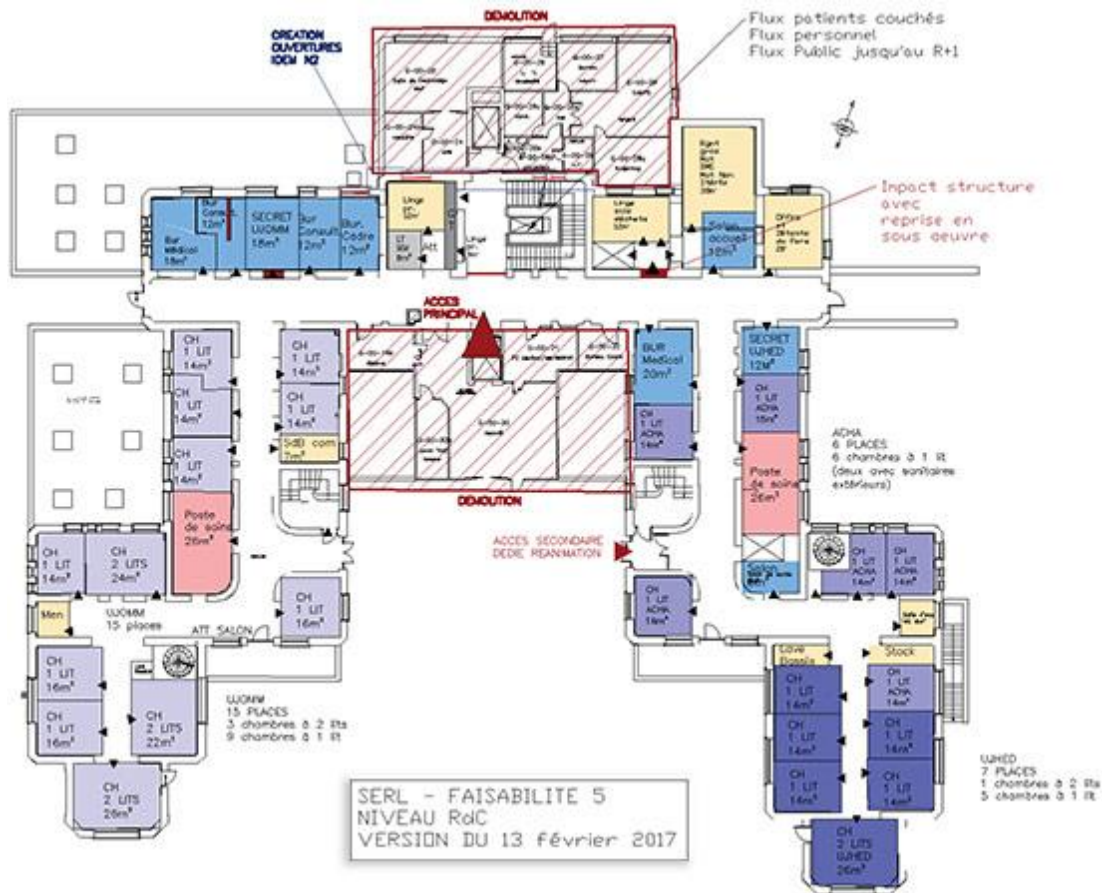


Figure V. 17. Plan de RDC d'hôpital Edouard Herriot (1912).

A la lumière de révolution, et avec l'apparition des hôpitaux bloc en hauteur, les salles de malades dans le même hôpital sont devenues très nombreuses, divisées entre individuelles et chambres a deux. Elles sont réparties dans les étages; plus on monte, plus la surface consacrée aux chambres agrandit.

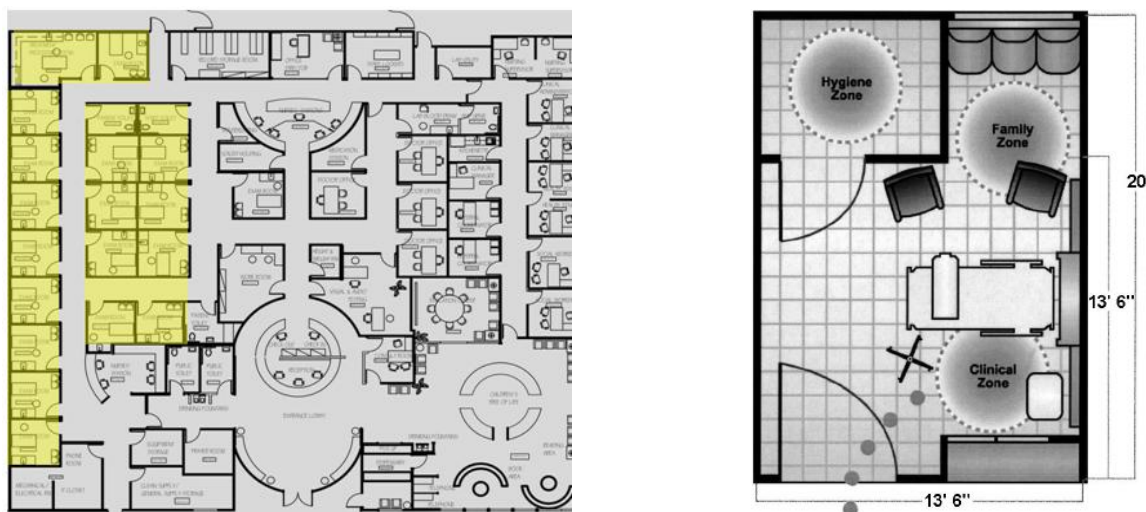


Figure V. 18. Exemple montrant la distribution et la configuration des salles des malades dans l'hôpital de type bloc.

V- SUR LE CORPUS D'ETUDE
Architecture des bâtiments de santé et confort thermique estival de l'utilisateur

Le tableau ci-dessous (Tableau. V.1) montre les étapes évolutives de la configuration architecturale des salles de malades avec le développement de la forme générale de l'hôpital.



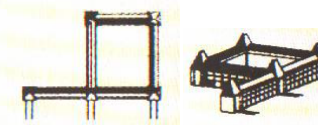

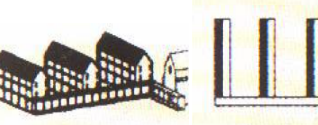

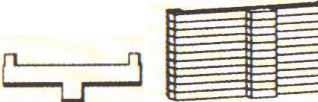
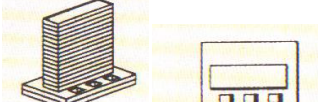
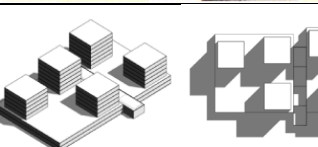
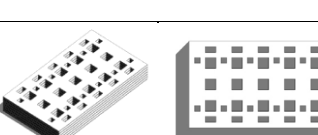
Type de l'hôpital	Les caractéristiques des chambres	Représentation graphique
Hôpital de type médiéval « LE HALL »	Grande salle de malades en forme de réfectoire ou de dortoir, prolongée par une chapelle.	
Maison hospitalière	Salles de malades réparties sur trois façades de la maison.	
Hôpital de type classique en forme de couvent « en damier »	Salles de malades séparées et disposées autour d'une cour fermée.	
Hôpital de type classique en forme de palais	Salles de malades séparées en fonction de plusieurs critères et disposées autour d'une cour ouverte.	
Hôpital de type peigne (dit pavillonnaire)	Salles de malades superposées dans des pavillons. bâtiments disposés en unités parallèles reliées par des galeries afin de limiter les contaminations.	
Hôpital pavillonnaire	salles de malades superposées dans des pavillons autour d'un jardin qui participe dans la notion du soin.	
Hôpital bloc en hauteur	Salle de malades superposées dans un bâtiment linéaire et élevé où la circulation se fait à partir des axes verticaux. C'est une réflexion fonctionnelle.	
Hôpital monobloc en hauteur sur socle	Les salles de malades réparties dans les étages, plus on monte, plus la surface consacrée aux chambres est grande.	
Hôpital poly bloc	Des chambres individuelles ou à deux, organisées dans des plots. Elles sont reliées entre elles et aux services techniques par des rues intérieures.	
Hôpital monospace	Les chambres de malades plus vastes, individuelles et ouvertes à la vue et à la lumière.	

Tableau V. 1. Evolution de la typologie hospitalière. Source : Jacques Lévy-Bencheton

2.5. Quelle configuration des chambres ?

Contrairement aux autres établissements de santé, l'hôpital peut accueillir un nombre assez important de patients pour des séjours de plus de 24 heures. Dans sa conception générale, le secteur principal qui constitue la composante essentielle de la conception est souvent destiné à l'hospitalisation vu qu'il comporte les éléments clés de l'hôpital qui sont les chambres de malades.

Dans la conception du secteur d'hospitalisation, la chambre de malades est un élément répétitif. Les autres éléments spatiaux et fonctionnels qui entrent en jeu dans la conception comprennent les

espaces de travail du personnel, les bureaux, le stockage, la distribution, les postes de contrôle, ainsi que les espaces de circulation horizontale dans le secteur, la gestion des conditions et des besoins particuliers des patients (Cahnman, et al. 2014).

Depuis l'émergence de l'hôpital monobloc, et la domination de l'idée d'isolation et de la séparation des chambres, la configuration de la chambre de malades s'est développée au fil du temps sur la base des études et des recherches dont leurs objectifs est l'optimisation, selon les besoins et les préférences des patients. Nous montrons dans cette section les différentes étapes évolutives de la configuration de la chambre de malades depuis les années 40 (Khan 2011).

La chambre en forme Cubique: en 1947, Isadore Roenfield (Maitre de l'architecture et du design hospitalier) propose une salle cubique pour huit patients avec deux portes d'entrée et deux toilettes. Les lits sont divisés deux par deux en position parallèle à la fenêtre et chaque lit peut être recouvert d'un paravent. Le Cabinet de travail a été placé dans la salle pour que les infirmières puissent y travailler et surveiller les patients constamment.

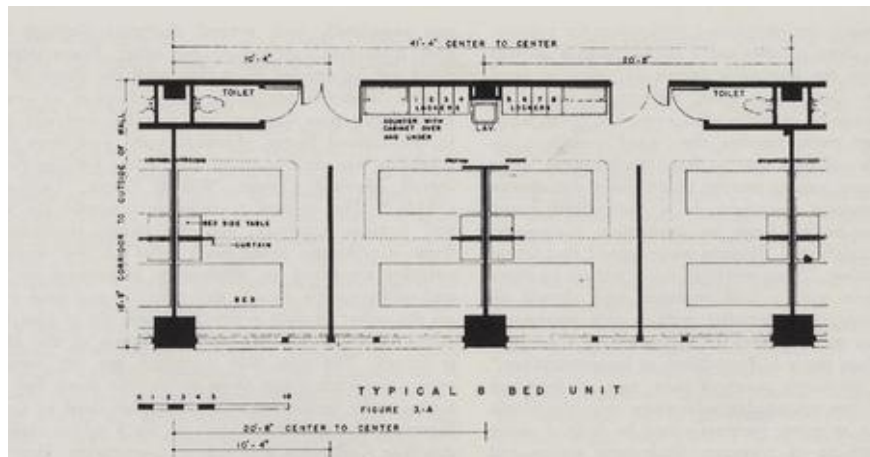


Figure V. 19. Plan représentatif d'une chambre de malades proposé par Isadore Roenfield. 1952

La chambre privée à deux lits: en 1951, l'architecte américain Carl A. Erikson (1891-1958) a développé un concept de la chambre privée à deux lits pour résoudre les problèmes posés de la chambre semi-privée. Chaque chambre possède deux zones privées isolées par un paravent en tissu et un couloir commun séparant les deux lits qui se disposent face à face. Chaque patient partage sa toilette avec son voisin de l'autre chambre.

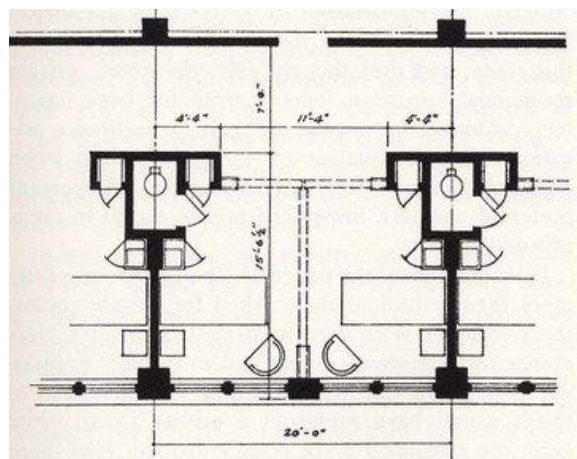


Figure V. 20. Plan représentatif d'une chambre de malades privée proposé par Erikson. 1951

La chambre double: le concept de chambre duo développé en 1965 est une nouvelle approche du concept de la chambre semi-privée. Les deux lits de la chambre ont été séparés par une cloison mobile coulissante avec une fenêtre pour chaque lit. De ce fait, chaque chambre devient ainsi une pièce semi-privée. Une toilette utilisée en commun était placée entre les deux portes. Nous citons comme exemple de cette configuration: hôpital woodland memorial.

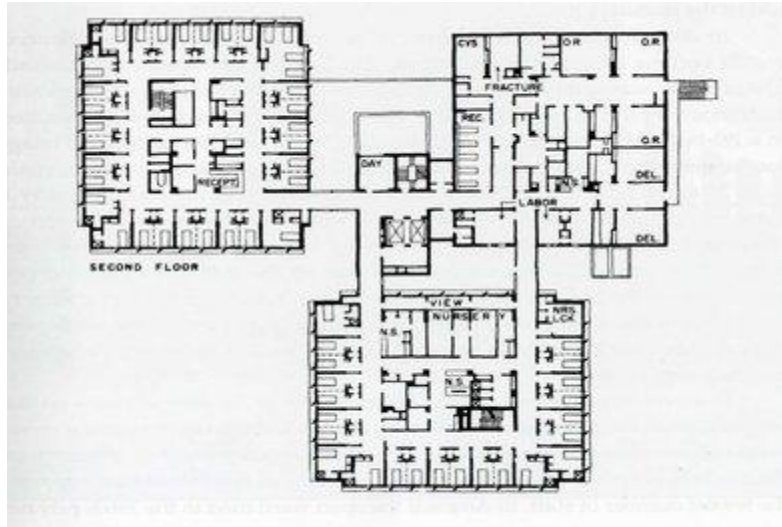


Figure V. 21. Plan de 2eme étage d'hôpital woodland memorial. Exemple représentatif de la chambre double

Les chambres regroupées: En 1968, le concept du regroupement a été développé dans l'objectif de faciliter le travail des infirmières lors des études de développement et d'ajustement de l'ergonomie hospitalière. Ce concept a été justifié comme une façon novatrice de minimiser les parcours de circulation et de marche pour les infirmières et de les rapprocher de plus à toutes les chambres des patients à la fois; ce qui facilite le contrôle, la gestion et les déplacements entre les chambres. Ce concept a été adopté pour la conception d'hôpital Mercy de Baltimore (1968) où nous pouvons trouver quatre chambres individuelles regroupées autour d'un foyer commun.

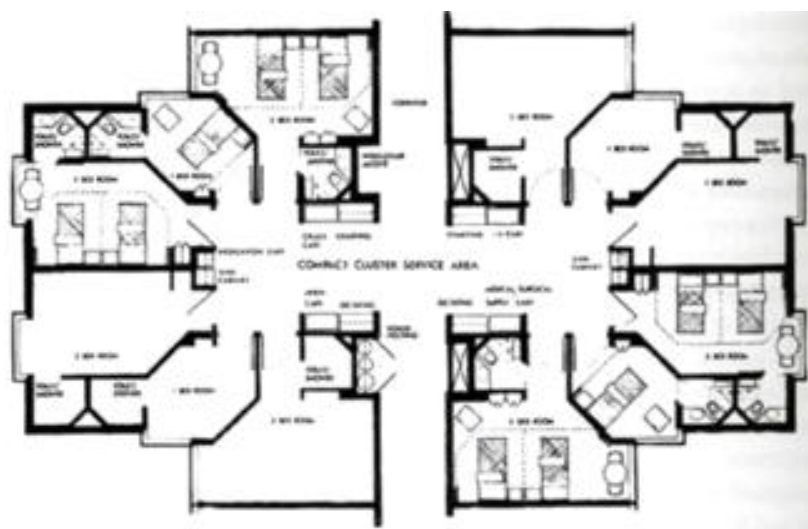


Figure V. 22. Regroupement des chambres des malades dans le plan d'hôpital Somerville (1974-1977).

V- SUR LE CORPUS D'ETUDE

Architecture des bâtiments de santé et confort thermique estival de l'utilisateur

Le concept de regroupement des chambres s'est étendu en Europe où il a été appliqué largement. En Bezirksspital (1981-1988) à Schwarzenburg, en Suisse, les chambres ont été regroupées à deux et à quatre avec des dispositions spécifiques pour augmenter l'intimité de chaque patient.

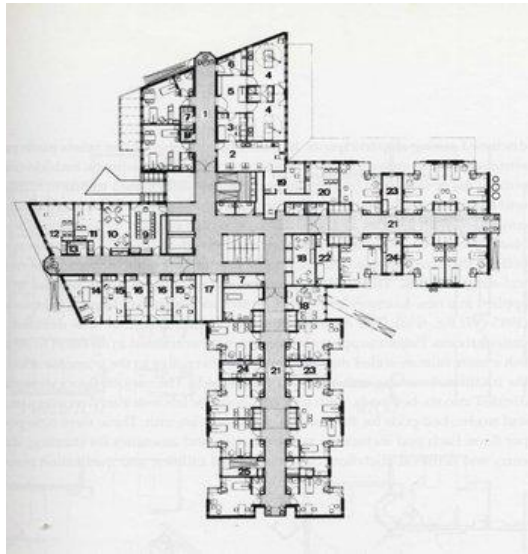


Figure V. 23. Regroupement des chambres des malades dans le plan d'hôpital Bezirksspital (1981-1988) de Schwarzenburg, Switzerland.

Chambre en forme de coin: Au milieu des années 1970, l'architecte Robert Hartman et l'architecte d'intérieur Emily Malino ont proposé une variante en forme de coin de cloison ouverte. Leur concept a été décrit comme combinant entre la chambre privée et le pavillon traditionnel. Dans ce modèle, une unité prototype de trente lits a été proposée, avec des cloisons espacées entre chaque groupe de lits. A l'intérieur de celle-ci, existait une zone vitrée contenant une infirmerie. La forme générale du secteur était télescopique, possédait une salle principale reliée à une épine centrale par une tige de liaison.

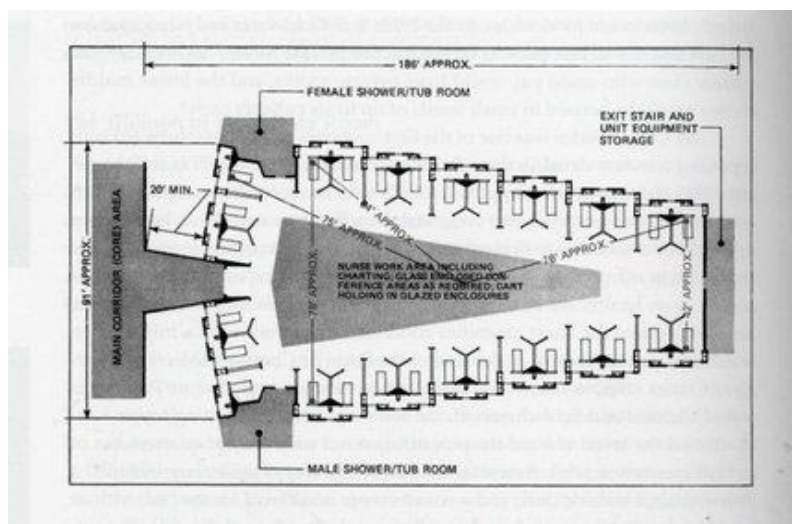


Figure V. 24. Concept de la chambre en forme de coin dans le plan prototype proposé par Hartman and Malino.

Concept de la fenêtre large: Dans les années 80, et avec l'émergence du concept de l'environnement participant à la guérison, un nouveau concept a été développé impliquant tout les

V- SUR LE CORPUS D'ETUDE

Architecture des bâtiments de santé et confort thermique estival de l'utilisateur

éléments de l'espace de la chambre dans le processus de la guérison; entre autres la fenêtre. Ce concept voit que la continuité visuelle et la relation directe à travers une grande fenêtre avec l'extérieur ont un impact très important sur la psychologie du patient et ainsi elles pourraient contribuer fortement à sa guérison.

Nous citons comme exemple l'hospice Charles Canu au centre hospitalier à vire en France (1991-1994) conçu par Yann Brunel. Dans cet exemple, les chambres ont été conçues avec de grandes dimensions pour répondre aux exigences des patients, avec deux grandes fenêtres transportant le patient à travers leurs vues panoramiques à l'extérieur de la chambre. Aux États-Unis, le concept a été appliqué dans le grand centre médical de Baltimore (1988-1991) à Baltimore.

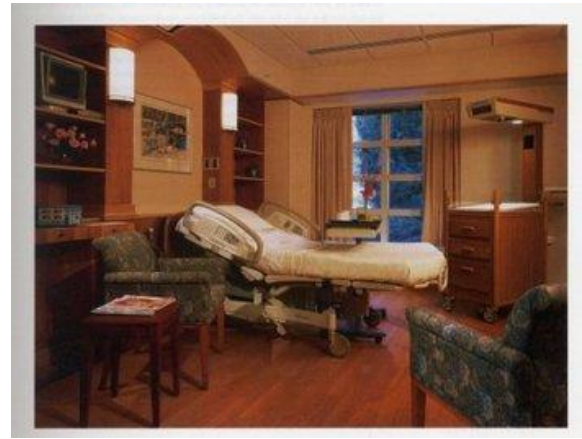


Figure V. 25. Les chambres de Charles Canu au centre hospitalier à vire en France (1991-1994).

Regroupement flexible des chambres: dans les années 90, les chambres ont été traitées dans une seule unité flexible, consacrée uniquement pour les patients. L'espace réservé aux infirmiers a été souvent placé en dehors des chambres. Chaque regroupement inclut six lits mis à part l'unité de réadaptation qui ont été réservées souvent pour quatre lits et l'unité de soins intensif qui peut accueillir jusqu'à douze lits. Ce concept a été développé dans les années 90 par De Somerville, et sa première application était dans l'hôpital Hermann de Houston (1995-1997).

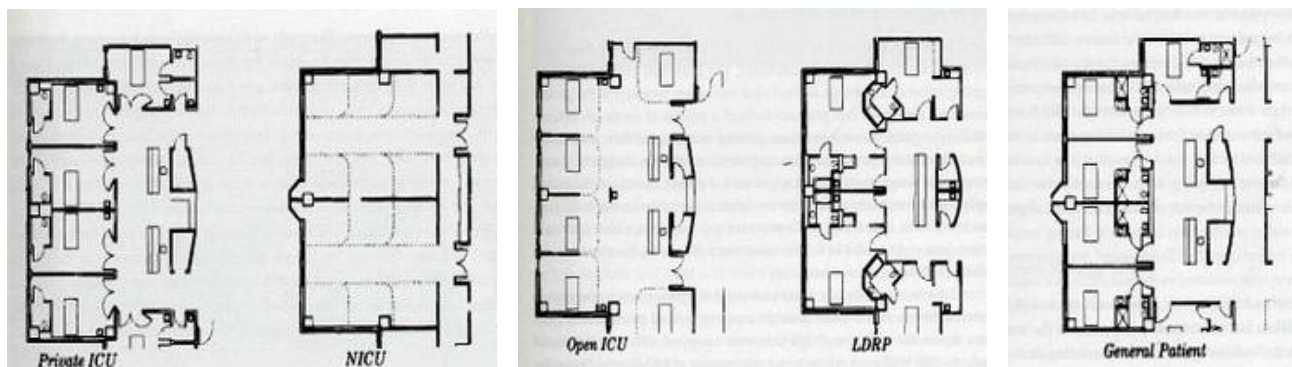


Figure V. 26. Les différents plans d'hôpital Hermann de Houston (1995-1997).

2.6. Normes et standards pour la conception des chambres de malades

Au cours des années 90, la société américaine **TAHPI** (Total Alliance Health Partners International: an international specialist in health facility planning and architecture) a créé la plus grande base de standards et réglementations internationales pour le design, la conception, la planification et l'équipement des établissements de santé: International Health Facility Guidelines.

International Health Facility Guidelines (iHFG s.d.) définit les normes et les principes de la planification, l'information, la conception et la construction des établissements de santé en mettant l'accent sur les priorités du patient en première considération. Ses normes sont générées sur la base des recherches approuvées récemment dans le domaine de l'architecture et la santé.

Cette base de normes a été créée dans l'objectif d'établir à l'échelle mondiale des établissements de santé durables à tous égards en tant que service public très intéressant; ils doivent être aussi conçus soigneusement et respectant les normes requises par rapport aux coûts d'investissement et d'exploitation sans compromettre la qualité des soins.

La base définit des lignes directrices à suivre pour tout le monde afin d'atteindre ces objectifs clés:

- ✓ Établir au moins les normes minimales acceptables.
- ✓ Maintenir la confiance du public à travers les établissements qui respectent ces lignes directrices.
- ✓ Etablir une base pour l'approbation et l'autorisation de construction des établissements de santé.
- ✓ Fournir des recommandations aux concepteurs sur les besoins particuliers des établissements de santé.
- ✓ La prise en considération du bien-être, de la sécurité, de l'intimité et de la dignité des patients, du personnel et des visiteurs.
- ✓ Éliminer les erreurs de conception qui mènent à des pratiques inacceptables.
- ✓ Autoriser les responsables de la santé publique à exiger le respect de ces directives.
- ✓ Fournir une base d'informations et de connaissances pour informer les futurs consultants en conception des établissements de santé.

Nous mettons l'accent dans cette section sur les normes établies pour les chambres des malades. D'après cette source, tout concepteur doit prendre en considération les recommandations ci-dessous lors de son processus de conception des chambres de malades:

- ✓ Les chambres des malades doivent être à proximité des bureaux des infirmiers pour faciliter la gestion et le contrôle.
- ✓ Les portes des chambres devraient s'ouvrir sur le couloir. La largeur de la porte ne doit pas être inférieure à 1,10 m. Chaque vantail devrait avoir une fenêtre d'observation.
- ✓ Dans des conditions de ventilation naturelle, la hauteur libre normale des chambres est comprise entre 3,20 m ~ 3,40 m, mais elle ne devrait pas être inférieure à 2,70 m.
- ✓ Le rapport entre la surface de la fenêtre et la surface du plancher ne doit pas être inférieur à 1/7.
- ✓ Les chambres à 3 lits et les chambres à 6 lits doivent être disposées en alternance.
- ✓ Les chambres à 4 lits et la chambre à 8 lits peuvent également être aussi utilisées.
- ✓ Tous les lits des patients doivent être parallèles à la fenêtre pour la prise de lumière naturelle.
- ✓ Chaque rangée devrait être inférieure à 4 lits.

V- SUR LE CORPUS D'ETUDE
 Architecture des bâtiments de santé et confort thermique estival de l'utilisateur

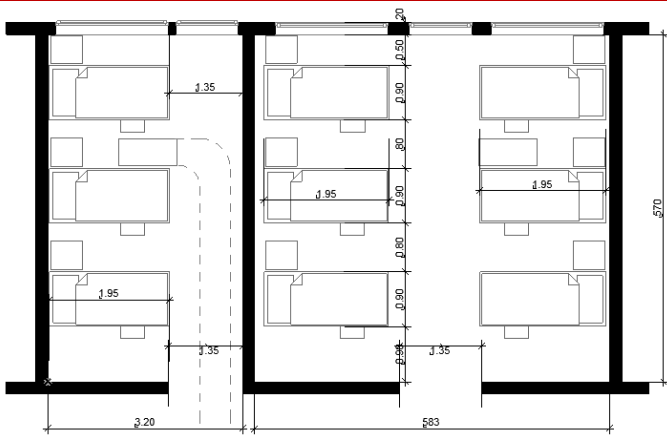


Figure V. 28. Chambre de 3 et chambre de 6 lits

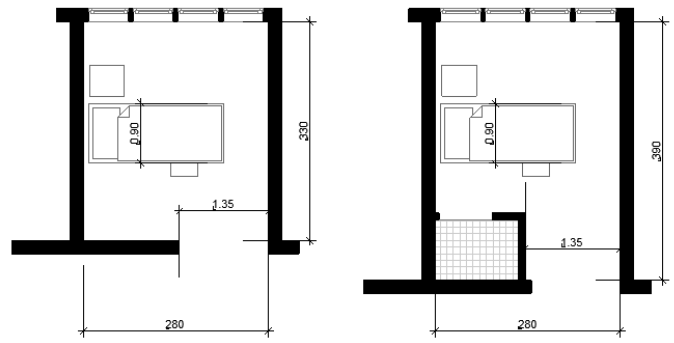


Figure V. 27. Chambre individuelle

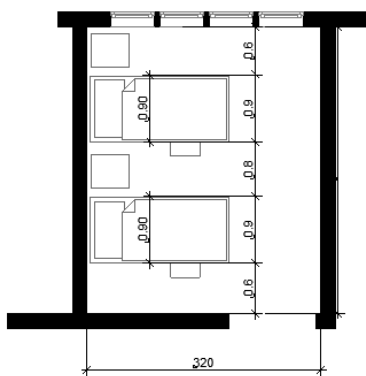


Figure V. 29. Chambre à deux lits

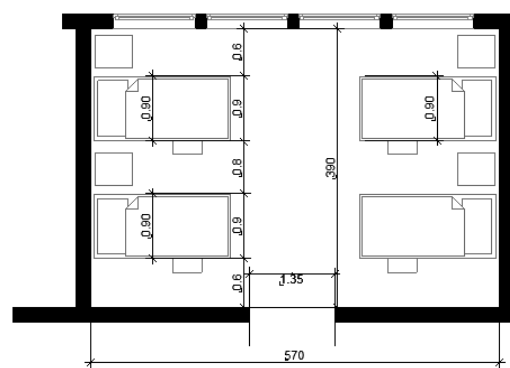


Figure V. 30. Chambre à quatre lits

- ✓ Dans les salles de patients à une seule rangée, la largeur libre de chaque allée ne doit pas être inférieure à 1,10 m.
- ✓ Dans les chambres des patients à deux rangées, la largeur libre de chaque allée ne doit pas être inférieure à 1,40.

2.6.1. Les principaux types des chambres de malades

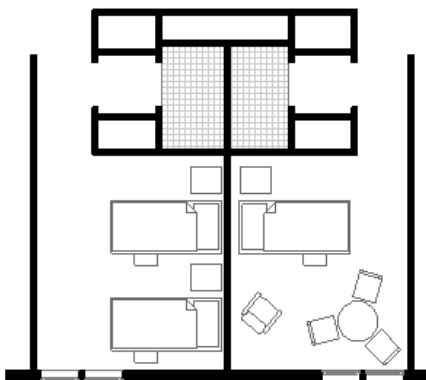


Figure V. 31. Chambre à deux lits avec sanitaire (à gauche) ; chambre individuelle avec sanitaire (à droite).

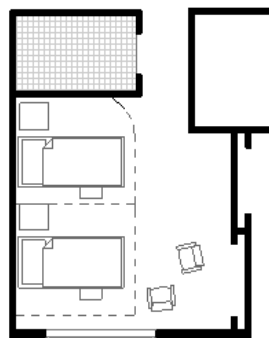


Figure V. 32. Chambre à deux lits avec sanitaire et bureau de control.

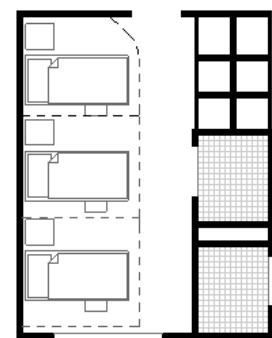


Figure V. 33. Chambre à trois lits avec sanitaire.

V- SUR LE CORPUS D'ETUDE

Architecture des bâtiments de santé et confort thermique

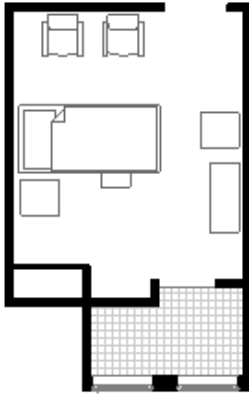


Figure V. 34. . Chambre individuelle avec sanitaire.

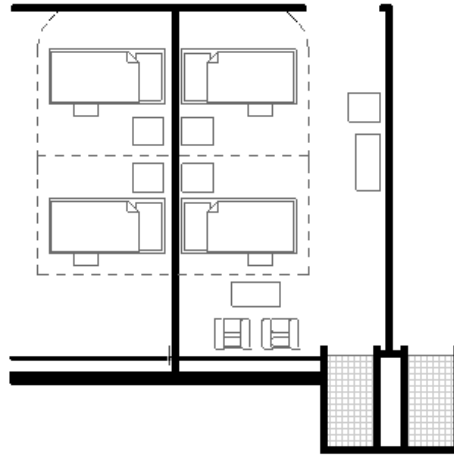


Figure V. 35. Chambre à deux lits avec sanitaire.

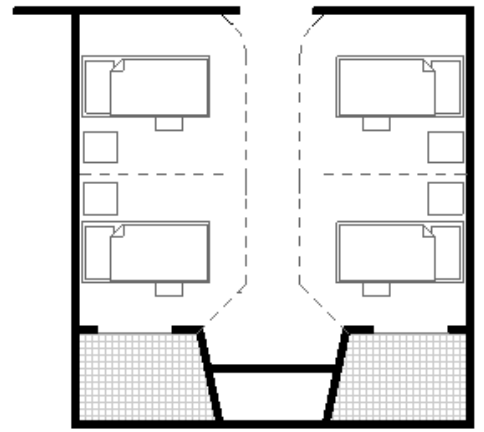


Figure V. 36. Chambre à quatre lits avec sanitaire.

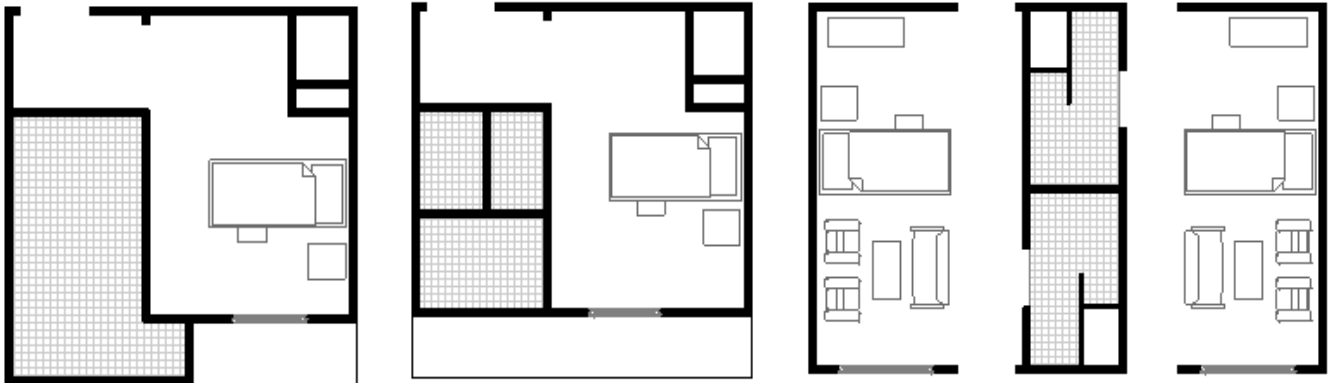


Figure V. 37. Trois types de chambre individuelle spacieuse avec sanitaire.

2.6.2. Les composants de la chambre des malades

- **La zone de soins:** cette zone comprend le lit et l'espace environnant y compris l'équipement installé sur le mur derrière le patient comme les gaz médicaux, les prises électriques, la surveillance, l'aspirateur des déchets, l'alarme et les moyens de communications.
- **La zone familiale:** la disposition d'un espace approprié pour permettre un hébergement familial confortable, y compris les nuitées, est devenue un élément important dans la salle. Cet espace qui est considéré comme espace de détente et de recueil peut être composé par un petit salon, qui comporte un seul fauteuil.
- **Zône de travail du personnel :** comprend au maximum un bureau ou un espace de stockage des médicaments et du matériel médical, des comptoirs avec lavabos pour le lavage des mains, des ordinateurs pour consigner et enregistrer les résultats, et des endroits pour éliminer en toute sécurité les matériaux souillés.
- **Zône sanitaire privée :** un espace supplémentaire mais nécessaire pour le confort du patient.

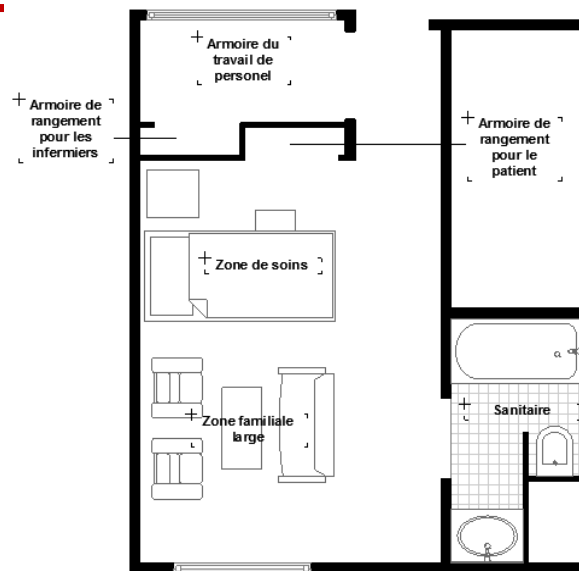


Figure V. 38. Plan type d'une chambre des malades avec équipement

2.6.2.1. La fenêtre

La fenêtre est une exigence fondamentale pour toutes les chambres des malades; elle permet une désinfection pure, saine et gratuite grâce aux rayons du soleil matinal. En outre, elle assure un renouvellement d'air et une ventilation mécanique passive.

Par ailleurs, plusieurs études ont confirmé la nécessité de la fenêtre pour le bien être psychologique du patient. Les études menées par Roger Ulrich et d'autres, ont soutenu l'importance de s'ouvrir sur l'extérieur et le grand atout de la pénétration de la lumière du jour à la chambre; cela permet un soulagement mentale au patient et réduit à la fois le stress. En raison de ces facteurs, l'orientation du lit du patient est généralement parallèle à la fenêtre pour fournir une vue directe sur l'extérieur (Ulrich 2001).

2.6.2.2. Les sanitaires

Le choix de l'emplacement des sanitaires dans la chambre des malades nécessite la connaissance de trois critères fondamentaux (S. F. Cahnman 2010) (Cahnman, et al. 2014) :

- Disposition 1 (à l'intérieur) : les sanitaires sont disposés sur le couloir intérieur de l'unité ou du service. Les avantages de cette disposition constituent des solutions effectives dans la conception générale de la chambre car elle permet de libérer le mur extérieur pour la fenêtre et la zone familiale. Loin de là, cette disposition limite la visibilité du personnel et parfois elle gêne le contrôle visuel direct des infirmiers.

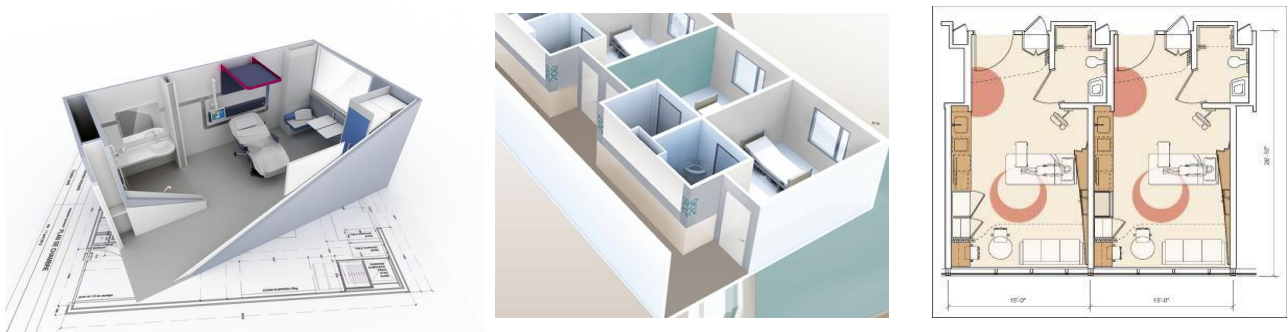


Figure V. 39. Exemples de la disposition 1

V- SUR LE CORPUS D'ETUDE

Architecture des bâtiments de santé et confort thermique estival de l'utilisateur

- Disposition 2 (sur l'extérieur) : les sanitaires sont disposés sur le mur extérieur de la chambre ou ils permettent un contrôle visuel bien maîtrisé pour le personnel ainsi qu'ils minimisent les distances de déplacement entre la porte de la chambre et le patient. Contrairement à la première disposition, l'espace réservé pour la fenêtre dans ce cas là est très limité en matière de forme, de taille et de position.



Figure V. 40. Exemples de la disposition 2

- Disposition 3 (modèle imbriqué) : ce modèle consiste à placer deux sanitaires adjacents pour deux chambres sur la longueur du mur intermédiaire. Cette solution permet de libérer le mur intérieur sur le couloir et de bénéficier d'un bon contrôle visuel; d'autre part, elle permet un grand espace pour la fenêtre et le coin familial avec des vues extérieures. Le seul inconvénient de ce modèle est bien qu'il nécessite une surface importante par rapport aux modèles précédents ; donc, il se réalise généralement pour les chambres à plusieurs lits.

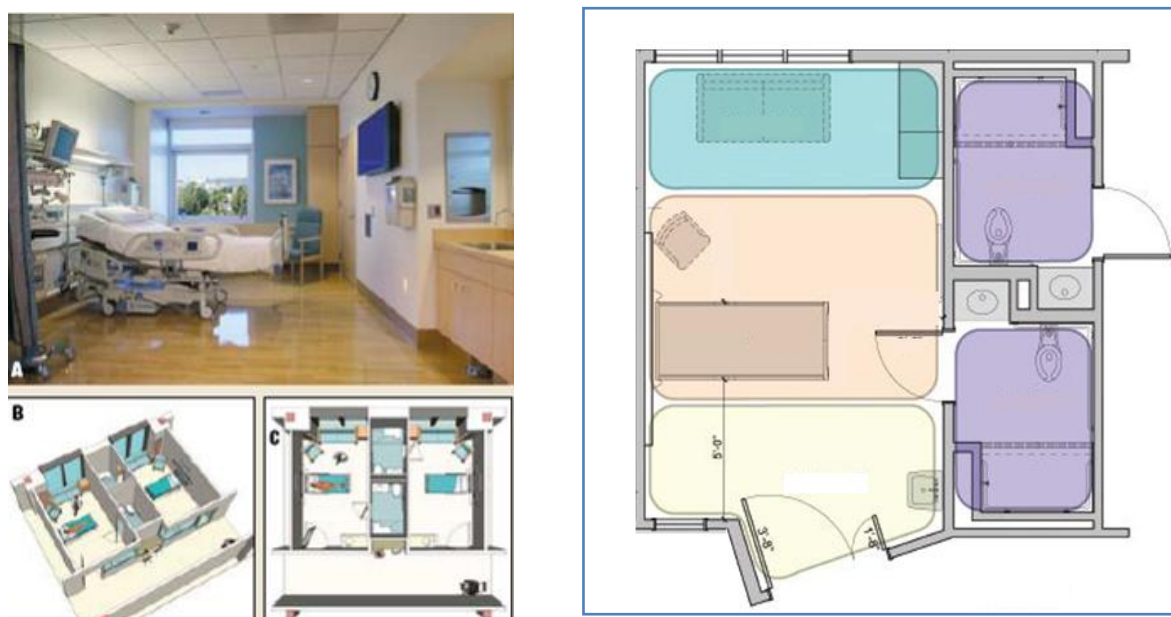


Figure V. 41. Exemples de la disposition 3

3. Confort thermique estivale et climatisation à l'hôpital

3.1. Les seuils du confort thermique estival dans les chambres d'hôpital

La chambre d'hospitalisation ou la chambre de malade comme nous l'appelons, doit répondre aux différentes exigences du patients, en assurant son bien être physiologique en première considération et cela par une température ambiante qui varie exclusivement dans la plage du confort hygrométrique spécifiée par les normes d'hospitalisation, avec un air qui se renouvelle selon un mécanisme naturel dans l'objectif d'améliorer la qualité et la pureté du climat intérieur.

Le confort thermique du patient ne se mesure jamais comme celui des gens normaux tel que l'équipe médicale ou les visiteurs; il dépend absolument de plusieurs autres paramètres pathologiques et psychologiques. Par conséquent, les seuils du confort thermique au sein de l'hôpital varient d'un espace à un autre, et parfois la même chambre peut réunir plusieurs exigences dans le cas de plusieurs malades.

Les longues périodes de surchauffe connues dans notre région et à tout le sud Algérien provoquent souvent de nombreux problèmes thermiques liés à la conception des lieux d'hospitalisation et d'hébergements hospitaliers en particulier. Le recours aux solutions banales comme l'introduction immédiate du refroidissement par l'installation des équipements de climatisation ne pourrait jamais arriver à résoudre ces problèmes épineux; en outre, l'usage excessif de l'air conditionné, non étudié et non maîtrisé, peut créer des effets néfastes sur l'état pathologique du patient. Mais il faut penser dès le début du processus conceptuel et constructif aux solutions techniques et architecturales permettant d'assurer un bon confort thermique adéquat et convenable aux personnes malades (Fidon, et al. 2004).

Pour l'être humain en général, les ambiances thermiques chaudes ou froides excessives peuvent induire des pathologies spécifiques générales et/ou locales. Parlant d'un climat intérieur chaud, généralement l'exposition à la forte chaleur et pour longtemps peut provoquer de nombreux problèmes physiopathologiques mais le cas devient pire lorsque la personne qui s'est exposée à des hausses températures est à l'origine souffrante d'une maladie quelconque. En effet, le métabolisme d'un corps souffrant déjà, avec des températures excessives peuvent lui produire des crampes douloureuses au niveau des muscles, ou des troubles cardio-circulatoires qui peuvent apparaître en phase ultime (Gustave, Jean Claude et Bruno 2003).

À titre d'exemple, l'effort immense produit par la femme pendant l'accouchement peut causer une sudation abondante et dans ce cas là, l'exposition à des températures ambiantes très élevées peut entraîner un état de déshydratation caractérisé par la soif, la fatigue, des vertiges, une oligurie (diminution de la quantité d'urine éliminée par 24 heures), une hyperthermie et à un stade avancé un délire, voire la mort. Par ailleurs, plusieurs autres problèmes dus aux températures élevées peuvent être considérés très dangereux pour les hospitalisés tel que: hypotension, infections intestinales causées par le coup ou la syncope de chaleur, aigues insuffisances rénales, la dysrythmie cardiaque, etc (Rupa, et al. 2012). Sans oublier que l'effet de l'humidité relative est assez important. Elle peut contribuer positivement ou négativement aux sensations de confort et d'inconfort thermique. D'une part, le taux élevé de l'humidité peut provoquer des problèmes respiratoires, de la dyspnée ou des troubles asthmatiques et sans doute des contaminations infectieuses dues aux propagations des bactéries notamment au manque de courant d'air et de ventilation évacuante. D'une autre part, le manque d'humidification peut causer une sécheresse agressive qui provoque les

allergies nasales et plusieurs autres maladies dangereuses et épidémiques dans les milieux hospitaliers. Ceci nécessite avant le traitement l'assurance d'un climat confortable pour ces situations sensibles.

Quand nous parlons du confort thermique des personnes d'origine malades, nous allons traiter en effet des exigences particulières non définies d'une catégorie très sensible; quand nous disons non définies, nous visons souligner exclusivement les préférences et les attentes des différentes catégories qui peuvent être déterminées seulement par l'écoute des patients ou à travers les tests d'observation et les enquêtes in situ. Mais avant les préférences, il y a les exigences des normes et des réglementations qui doivent être conçues et développées en plusieurs types selon les maladies et les catégories des patients.

3.2. Normes et réglementations internationales

Les normes et les réglementations thermiques regroupent généralement toutes les constructions et les établissements à caractère public pour des recommandations unifiées. Des exceptions sont, à chaque fois, spécifiées dans les catégories qui possèdent des exigences particulières.

Une spécification déterminée par la norme ISO 7730:2005 qui concerne l'Ergonomie des ambiances thermiques et qui porte l'appellation ISO/TS 14415:2005 applicable aux personnes ayant des exigences particulières. Cette norme propose des valeurs de température entre 23°C et 26°C dans les secteurs d'hospitalisation courante (médecine interne, pédiatrie, hospitalisation obstétriques, etc) (Standard 2005) (Olesen et Parsons 2002).

Egalement, la norme américaine ASHRAE Standard 55 qui s'intitule « Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy » définit les valeurs des températures opératives pour l'été de 23°C à 26°C avec une plage d'humidité confortable entre 30-60% (lorsque la vitesse de l'air est inférieure à 0,2 m/s, la température opérative est égale à la moyenne arithmétique de la température de l'air et de la température des parois) (ASHRAE 1992) (Besbas et Zemmouri 2018).

Tandis que, la norme AFNOR NF S90-351 : 2003 traite les ambiances dans les salles propres et les environnements maîtrisés sensibles comme les chambres d'hospitalisation (hôpitaux) ; et puis la norme européenne NF S 90-351 (2013) qui se focalise sur les établissements de santé et les exigences relatives à la maîtrise de la contamination aéroportée dans les zones à environnement maîtrisé proposant des valeurs de température comprises entre 19 et 26 °C (AFNOR, NF S90-351 2003) (AFNOR 2013).

La norme NBN EN 13779 (2004) préconise une plage d'humidité relative de 30-70 % dans la plage de température de 20-26°C, pour les secteurs d'hospitalisation courante (médecine interne, pédiatrie, ...). Par ailleurs, la même norme propose une plage de variation de vitesse entre 0,15 à 0,25 m/s pour une température des chambres de 26°C (AFNOR, NBN EN 13779 2004).

En se référant aux réglementations normatives françaises, le Conseil d'Etat français a défini les caractéristiques thermiques des bâtiments autres que l'habitation par l'article R. 111-21 du CCH qui précise qu'« ils doivent être construits et aménagés de la sorte que les consommations d'énergie pour la climatisation et le chauffage puissent être aussi réduites que possible » et envoie à des arrêtés ministériels le soin de préciser les caractéristiques requises en matière d'isolation thermique, de régulation et de programmation du chauffage, de ventilation et de climatisation.

L'arrêté du 11 mars 1988 concernant les équipements et les caractéristiques thermiques dans les bâtiments sanitaires et sociaux détermine ces règles pour les établissements de santé.

L'article R. 131-23 à l'arrêté du 25 juillet 1977 relatif à la limitation des températures dans les locaux des établissements sanitaires, fixe une plage de confort entre 22°C et 26°C (C. Fermand 2000).

3.3. Normes et réglementations nationales

Le problème qui se pose fortement au niveau national, c'est qu'il n'y avait malheureusement pas de réglementation thermique précise pour les établissements de santé. Il n'avait que des recommandations générales relatives aux créations, organisations et fonctionnement des établissements publics hospitaliers et des établissements publics de santé de proximité comme le Décret exécutif n° 07-140 du 2 Joumada El Oula 1428 correspondant au 19 mai 2007 (Gouvernement 2007).

En outre, le décret exécutif n° 2000-90 du 24 avril 2000 a été lancé dans la perspective d'optimisation de la gestion des ressources énergétiques à travers la loi n°99-09 du 28 juillet 1999 relative à la maîtrise de l'énergie. Ce décret portant sur la réglementation thermique dans les bâtiments neufs, il oblige l'utilisation de l'isolation thermique dans les bâtiments neufs ; malheureusement son application n'est toujours pas entrée en vigueur à cause de l'absence d'organisme de vérification et de suivi et ceci par l'inexistence d'outils opérationnels permettant aux bureaux d'études en architecture de mettre en exécution cette réglementation dans la conception des bâtiments (C.D.E.R s.d.).

A travers cette réglementation, le centre national de la recherche de l'industrie du bâtiment a préparé trois documents techniques réglementaires à l'usage des professionnels du bâtiment (CABINET, 2010) :

- Le DTR.C 3-2 : illustre les règles de calcul des déperditions calorifiques en hiver pour les bâtiments à usage d'habitation;
- Le DTR.C 3-4 : relatif aux règles de calcul des apports calorifiques en été pour les bâtiments;
- Le DTR.C 3-31 : relatif à la ventilation naturelle des locaux à usage d'habitation.

3.4. La climatisation dans les établissements de santé

La climatisation est un mode de confort thermique adapté, surtout en été, et dans les régions chaudes ayant des températures extérieures excessives.

Généralement, ce système est souvent utilisé pour des raisons de confort ou pour des raisons techniques. Il nous permet de modifier et de contrôler les conditions climatiques (température, humidité, niveau de poussières, etc.). Il nous aide à régler:

- le degré de pollution de l'air ambiant (local à traiter) : renouvellement, soit par extraction forcée de l'air hors du local, soit par introduction forcée d'air neuf (air extérieur) dans le local, soit par renouvellement partiel de l'air ambiant pollué (adjonction d'un caisson de mélange),
- la température de l'air : modification en fonction des saisons (chauffer ou refroidir),
- le degré d'hygrométrie de l'air traité : humidification ou déshumidification,
- la teneur en poussières de l'air : traitement par filtration de l'air soufflé ou repris,

- le maintien permanent des conditions intérieures (la régulation).

Au niveau des établissements de santé, il est impératif d'installer les systèmes de climatisation comme initiative et précaution contre la canicule que nous subissons chaque année en été.

Au sein de ces établissements, nous pouvons distinguer trois systèmes de climatisation en fonction des lieux de production de chaleur et de froid (Bedouin 2004):

- Les climatiseurs individuels: sont des appareils autonomes placés dans chaque local à rafraîchir.
- Les systèmes centralisés ou semi-centralisés: sont composés de groupes de production de froid souvent réversibles (avec production de chaud) disposés dans des locaux techniques et d'une distribution par des systèmes « tout air » ou « tout eau » dans les locaux du bâtiment à rafraîchir ou à chauffer.
- Les systèmes décentralisés: ont recours à des unités divisionnaires qui sont installées dans chaque local ou chaque zone du bâtiment et sont raccordées à une boucle d'eau parcourant le bâtiment.

Par ailleurs, l'installation des systèmes de climatisation nécessite une étude complète pour réaliser un environnement sain et pur. Ceci fait partie des règles d'hygiène hospitalière pour protéger les patients contre les infections dues à une contamination par l'air (ou aérobiocontamination); ce qui fait, il est important de penser à intégrer une qualité d'air irréprochable quand nous pensons aux solutions de climatisation (Xpair 2011).

Egalement, il est important de consolider nos connaissances et nos renseignements techniques et météorologiques en ce qui concerne les conditions de base nécessaires pour l'installation de la climatisation dans les établissements sanitaires. Il est nécessaire, donc, de bien connaître les conditions extérieures qui nous permettent de fixer les températures sèches et les hygrométries car elles nous aident à calculer les charges maximales à combattre dans différents services. En parallèle, la maîtrise du programme fonctionnel et des exigences imposées par chaque espace et ses occupants permet de bien gérer les températures de confort et les hygrométries intérieures.

Nous avons cité les points les plus essentiels, mais plusieurs autres conditions de base sont aussi nécessaires à connaître et à maîtriser lors de la proposition et l'installation des systèmes de conditionnement d'air au sein des établissements de santé, et surtout l'impact de la climatisation sur la santé des patients.

3.5. Incidence de la climatisation sur la santé des patients

Au fil des années, la technologie a rendu nos vies beaucoup plus simples qu'avant. Elle nous assure le bien être et la facilité de nos vies quotidiennes et dans tous les domaines et de plusieurs façons. Aujourd'hui, il nous paraît très difficile de se passer ou de s'éloigner de la climatisation, à titre d'exemple, lorsque la température est assez élevée. Particulièrement en été, la plupart d'entre nous préfèrent passer le temps dans des endroits climatisés, mais cela peut avoir des effets néfastes sur notre santé. Les effets deviennent pires sur la santé des personnes d'origines souffrantes et malades mais surtout si le cas est des patients hospitalisés. Nous présentons en quatre points les majeurs effets de la climatisation sur la santé des hospitalisés :

- Il est évident que le patient qui a déjà une immunité perturbée devient sensible aux faibles infections et contaminations. Les grands écarts entre les températures extérieures et intérieures peuvent développer facilement des pathologies infectieuses respiratoires, virales ou bactériennes

qui contribuant largement à l'augmentation des températures corporelles internes et peuvent entraîner des sensations de froid et de malaise. Pour cela, Il convient d'éviter en permanence l'impact d'un écart trop important de température avec l'extérieur.

- Mais bien plus grave est le risque de pénétration d'agents infectieux dans le système de climatisation particulièrement la bactérie responsable des infections pulmonaires, voire une insuffisance respiratoire et une pneumopathie chez les sujets les plus fragiles. Donc, il faut éviter par une surveillance, un entretien et un soufflage bien maîtrisé et permanent des installations; ainsi qu'un nettoyage ou un changement fréquent des filtres des climatiseurs, ce qui n'est pas toujours le cas.
- En outre, certains médicaments peuvent causer des interactions moléculaires provoquant l'augmentation des températures basales internes (de la fièvre) et dans le cas d'une climatisation excessive, le patient peut subir un choc thermique.
- Loin de là, l'utilisation permanente du climatiseur et l'exposition prolongée à un air trop rafraîchi et trop sec a tendance à dessécher l'atmosphère, ce qui est déconseillé pour un corps déjà malade (Bedouin 2004) (Puchkova 2012).

3.6. Par rapport aux effets sur l'environnement

Il est clair que la climatisation a contribué depuis son apparence aux changements climatiques et aux transformations météorologiques nombreuses notamment l'augmentation des températures saisonnières, outre qu'elle a participé avec un grand impacte dans la pollution environnementale et la dégradation des systèmes naturels terrestres.

Par rapport aux radiations, certains fluides frigorigènes utilisés dans les systèmes de climatisation ont un pouvoir radiatif compris entre 1300 et 2000 fois que celui du CO₂; par conséquent il est très important d'apporter une attention particulière à la nature des fluides frigorigènes employés, à l'étanchéité du système et au contrat de maintenance (notamment en termes de compétence pour la récupération en fin de vie) (Bedouin 2004).

Egalement, la manière avec laquelle nous utilisons la climatisation semble d'être contradictoire avec les stratégies de la durabilité, surtout que l'en pense aux consommations énergétiques dues à l'utilisation excessive en été.

Et enfin, certains produits tels que le Bromure de lithium (LiBr) utilisés dans les machines à absorption (climatisation utilisant de l'eau, de l'ammoniac et le gaz naturel comme source d'énergie, dans une machine à absorption produisant de l'eau chaude et glacée utilisable simultanément), sont à la fois dangereux pour la santé et pour l'environnement.

3.7. Eléments de la réglementation relative à la température de confort, la ventilation et la climatisation

En réalité, le cadre normatif en matière du confort thermique dans les établissements de santé reste toujours le parent pauvre sur le plan général. L'assemblage et le mélange entre les différentes réglementations mondiales comme (ASHRAE, ISO, DIN, HACCP, AFNOR...) permet de définir quelques normes et indications permettant de se rapprocher d'une certaine "philosophie" du confort et de l'hygiène hospitalière. Il est probable que ceci est du à la complexité du monde hospitalier fonctionnellement, spatialement mais surtout techniquement en considérant les multiservices et le multi-usage (la variation des usagers et des utilisateurs).

Pour définir les seuils du confort thermique et hygrométrique dans les bâtiments de santé, il est important d'abord de définir le type de maladie des patients en question; Certaines catégories de patients, devraient être particulièrement prises en compte.

Parmi les rares normes relatives à la ventilation et la climatisation et qui traite le confort thermique de l'équipe médicale et des patients, nous citons les suivants:

- La norme européenne (DGKH et al, 2002; CBZ, 2004; VDI, 2004; NFS90: 351:2003) (Aspec 2013) (Jean-Michel 2013).
- La norme brésilienne (7256 NBR, 1982 et MS, 2002) (Brasil 1995).
- Les normes américaines (ANSI / ASHRAE 62.1-2010; ASHRAE, 2005; ASHRAE, 2003; ASHRAE, 1999 et AIA, 2001; CDC et HICPAC) (ASHRAE 2010).
- ISO 14698, Salles blanches et environnements maîtrisés associés (ISO 2015).

En France, le ministère de la construction a adopté une initiative dans l'objectif de pousser les utilisateurs à modérer leur utilisation de la climatisation en promulguant l'Art. R. 131-29 dans le décret n°2007-363 du 19 mars 2007 qui interdit le fonctionnement des climatiseurs lorsque la température des locaux est inférieure ou égale à 26 °C (JORF 2007).

Et à partir du 4 juillet 2009, cette normalisation a imposé aux spécialistes de la climatisation et/ou réfrigération de:

- Présenter une « attestation de capacité » fournie par un organisme agréé, certifiant que son personnel est compétent et qu'il dispose de l'outillage adéquat.
- Déclarer à l'Ademe, annuellement, la quantité de fluides utilisée et récupérés (Cf. statistiques et « traçabilité » de ces produits soumis à réglementation).

En revanche, la normalisation allemande définit un ensemble de recommandations qui discutent et établissent de nombreuses exigences pour les techniques de la CVC dans les hôpitaux. Elle impose des températures de confort comprises entre 18 °C et 24 °C (le cas échéant, jusqu'à 27 °C dans le service de chirurgie pédiatrique), et le taux d'humidité ne doit pas dépasser 50% (DGKH 2002) (Melhado, et al. 2006).

D'autres réglementations comme CBZ, 2004 (Normalisation appliquée aux Pays-Bas), VDI, 2004 (Normalisation allemande et suisse), Rao, 2004 (Normalisation de la Hollande) et plusieurs autres normes, mettent en lumière les blocs opératoires et elles contiennent des informations sur les critères de construction intervenant dans les salles d'opérations en particulier où elles fixent les normes des systèmes de ventilation recommandés, le chauffage, la climatisation et le confort thermique en détail. Dans ces documents, aucune information n'a été incluse sur les exigences des chambres d'hospitalisation.

4. Conclusion

Dans ce chapitre qui décrit la composition architecturale de l'hôpital, nous distinguons trois temps forts qui ont marqué l'évolution du monde hospitalier : le temps où il accueille l'indigent, le temps où il mène le malade vers la mort et le temps beaucoup plus récent, où il porte l'ambition de mener le patient à la guérison.

Il nous décrit aussi la chambre des malades avec ses différentes formes et configurations et il met en lumière les conditions et les normes thermiques de cet espace selon les exigences des occupants. Pour le confort thermique estival dans l'hôpital, nous avons présenté quelques concepts et notions

basant sur la compréhension des phénomènes pathologiques et physiologiques du patient et qui pousse à prendre en particulier les exigences thermiques de cette catégorie en considérant leurs besoins changeables et déséquilibrés parfois.

Au vue des normes, le confort thermique des patients ne peut être affirmé que dans une plage de température très étroite (de 23°C à 26°C) avec des conditions sévères d'hygiène, de renouvellement d'air (vitesse de l'air comprise entre 0,15 à 0,25m/s), d'humidité relative (entre 30% et 60%) et de conditionnement de l'air soit par climatisation ou par ventilation.

Les conditions climatiques pénibles et les températures chaudes et excessives nous obligent à recourir aux solutions de climatisation. Mais avant de les utiliser, il faut bien comprendre que les climatiseurs sont conçus pour que nous nous sentions à l'aise en été et non pas pour induire artificiellement le sentiment de l'hiver. Sinon, la climatisation présente de nombreux effets néfastes sur la santé du patient.

En effet, pour modérer l'utilisation des climatiseurs, il est impératif de penser aux solutions passives en premier lieu. Par exemple, lors de la construction de bâtiments neufs, l'orientation des bâtiments et la position des ouvertures doivent être bien choisis, dans l'objectif d'éviter les apports solaires d'été en période de vague de chaleur. En outre, l'utilisation des climatiseurs exige une gestion rigoureuse et un entretien des équipements, si l'on ne veut pas créer un risque supplémentaire pour les patients.

**PARTIE PRATIQUE : EXPERIMENTATION
ET SIMULATION**

CHAPITRE VI : EQUETE IN SITU

1. Introduction

« L'enquête est une « méthode interrogative. »

(Matalon 1992)

« L'enquêteur se trouve ainsi dans un apparent paradoxe parce qu'il tente d'obtenir des réponses spontanées en réponse à un questionnement planifié. »

(Salès-Wuillemin 2006)

En préambule, il est nécessaire de rendre compte que l'enquête in situ occupe une place particulière dans le domaine de la recherche.

En effet, elle permet une bonne appréciation des avis et des réalités à travers l'inclusion sociale du chercheur. Par le travail sur terrain et l'observation directe ou participante de la population, le chercheur peut établir une véritable base de données pour ses études. En outre, il peut aller plus loin en détails grâce aux discussions et aux entretiens implicites.

Puisque la complexité se trouve dans l'exploration des sensations et des perceptions thermiques des gens et surtout quand il s'agit de personnes ayant des problèmes physiologiques et ou psychologiques, alors nous avons choisi de s'orienter vers l'enquête in situ. L'objectif était de formuler des recommandations à partir de l'expérimentation fondée sur les appréciations et les avis des patients. En tenant compte que les patients constituent les usagers principaux des chambres d'hôpital donc les débats avec ces usagers contribuent à une formalisation utile à la conception des espaces.

Ce présent chapitre est divisé en deux parties. La première présente un état de l'art sur les enquêtes in situ et ses méthodes utilisées dans les études du confort thermique. La deuxième partie peut être considérée comme une présentation détaillée sur la méthodologie de l'investigation (méthodes, scénarios, déroulement et matériel). A travers cette dernière, nous tentons d'exposer de façon aussi concise qu'il est possible de lire des impressions non exprimées à travers les gestes communicatifs et les comportements.

2. Etat de l'art

2.1. L'enquête in situ dans la recherche qualitative entre dire et agir

Pour traiter les sujets des recherches qualitatives, nous avons deux stratégies : soit les aborder du point de vue intellectuel en effectuant des études de philosophie des sciences, soit, du point de vue de la pratique (Lacombe 1997). La première stratégie nous aide à comprendre le sujet théoriquement à travers la littérature et l'analyse philosophique, mais il restera toujours ambigu. La deuxième stratégie, nous permet de juger le sujet au plus près de la réalité et de son environnement, ainsi qu'elle nous donne l'opportunité de vivre, de sentir et de percevoir les mêmes conditions et parfois de s'impliquer dans les activités et les pratiques quotidiennes de l'espace étudié. C'est ce qu'on appelle « l'étude du terrain » et parmi ses méthodes : « l'enquête in situ ».

L'enquête in situ est une approche dans le domaine de la recherche qualitative, et l'un de ses piliers fondamentaux (Strauss, et al. 2004). Selon Claude Allegre la recherche sur terrain donne beaucoup d'information sur la réalité, et selon Warda BOULFANI l'investigation in situ montre clairement le fond des choses, elle nous aide d'arriver à une compréhension explicative de notre hypothèse d'une façon confirmative où infirmative (WARDA 2010).

Quelques soient les circonstances et les difficultés de l'étude, tous les types de l'enquête : questionnaire, entrevue, discours, observation participante ou non participante, peuvent créer une interaction réciproque entre les sujets abordés et le chercheur. Ce dernier s'identifie au terrain, ceci résulte d'une bonne lecture analytique des données récoltées à travers une mémoire expérimentale acquise au cours de l'enquête.

Dans cette perceptive, pour mieux voir les choses, il s'agit de voir au plus loin et d'entendre ce qui n'est pas dit ; car les réponses des sujets comprennent des mots prononcés et des mots implicites que nous recevons par des gestes, des actions, des réactions et des comportements. Elles se traduisent également dans les nuances subtiles, les interrelations et surtout les sentiments. Ceci nécessite une grande sensibilité et conscience de l'esprit scientifique pour les comprendre et les exploiter. D'autre part, le chercheur doit être objectif lors de l'analyse afin d'avoir une interprétation impartiale et précise (Strauss, et al. 2004).

Plusieurs chercheurs avancent que l'objectivité et la sensibilité sont deux contradictoires nécessaires pour réussir une enquête in situ (Selye 1956). Mais le plus difficile à contrôler est de savoir comment s'y prendre pour immerger dans les données collectées tout en maintenant un équilibre entre les deux caractères (Strauss, et al. 2004).

Dans le sens théorique abstrait, être objectif, nécessite d'avoir une attitude d'esprit très loin de soi afin d'atteindre l'universalité dans ses jugements. Dans un deuxième sens, la pensée de l'enquêteur objectif s'accorde avec le réel (le jugement conforme à son objet). Le moment où le jugement est sorti de la conscience, il devient d'une manière ou d'autre subjectif et il reflète les passions, les préjugés et les choix personnels (Longeart 2014).

La sensibilité est nécessaire pour se rapprocher au plus près des situations réelles et pour se familiariser avec les sujets enquêtés. Puis, il sera nécessaire de revenir à l'objectivité au cours de l'analyse et l'interprétation des données.

D'un point de vue personnel, le chercheur en tant qu'être humain vivant dans une société avec des modes de pensées très variés, et entouré par des sciences, des idiologies, des événements et des histoires; il avance des jugements qui sont certainement soumis aux préjugés. Cela ne disqualifie pas

pour autant ses travaux mais il doit cibler correctement ses pensées dans une directive scientifique pure, et ceci dépend de la maturité scientifique du chercheur.

2.2. Recensement en bref : l'enquête in situ dans les recherches du confort thermique

Il paraît à travers la littérature sur les enquêtes in situ réalisées en domaine du confort thermique, qu'il y avait de nombreuses études qui ont été faites dans cette courte période récente (2007-2017) ; entre autres, une étude réalisée par Bassam MOUJALLED dans le cadre de son doctorat. Son atout était de combiner entre l'aspect adaptatif du confort thermique et l'aspect analytique pour obtenir une vision globale du confort thermique en conduisant une étude expérimentale in situ dans les bâtiments concernés pour explorer de plus près le confort adaptatif et caractériser l'interaction entre l'occupant et le bâtiment. Et D'après MOUJALLED, les études in situ sur le confort thermique ont constitué une étape importante pour ouvrir la voie devant l'approche adaptative du confort thermique dans les bâtiments (MOUDJALLED 2007).

Dans le cadre d'une recherche doctorale effectuée par Mathieu BONTE à l'université de Toulouse, l'enquête in situ a joué un rôle primordial dans la caractérisation du comportement de l'occupant et de son influence sur la performance énergétique et d'un autre part l'impact individuel de différentes actions sur la sensation thermique de l'occupant (Bonte 2014).

Une autre enquête réalisée par la chercheuse Française Cécile BATIER, dont l'objectif est d'accomplir une étude qui permet de proposer une amélioration des simulations thermiques dynamiques dans le domaine du bâtiment par l'introduction de scénarios dynamiques de comportement de l'occupant, issus de relevés réels. La méthodologie adoptée pour cette étude est une enquête auprès des habitants de treize appartements, l'enquête a été accompagnée par des mesures in situ qui permettent d'identifier plusieurs ambiances thermiques correspondant à plusieurs profils de comportement réels. Le but de cette méthode est de convertir les comportements en scénarios, ensuite aux données quantitatives pour effectuer des simulations à l'aide du logiciel Pleiades+Comfie (Batier 2015).

Sur l'échelle nationale, il est intéressant de mentionner l'étude réalisée à Constantine sur le confort thermique adaptatif dans les espaces d'enseignement. L'étude s'est basée sur des mesures physiques in situ pour une évaluation objective et des questionnaires longitudinaux pour une évaluation subjective de l'environnement thermique.

Les résultats de cette étude ont montré qu'il n'y a pas une température neutre unique pour une même population et que les occupants préfèrent les sensations thermiques chaudes en hiver. Par contre, ils préfèrent les sensations thermiques froides en période chaude. A la fin, ils ont déclaré que la norme ISO 7730 n'est pas applicable dans cette étude puisque les occupants ont affiché une plus grande tolérance aux sensations thermiques que ne le prévoit cette norme (Benharkat et Rouag-Saffidine 2015).

Récemment, la pensée de la recherche qualitative et les études in situ sont devenu de plus en plus essentielles. Dans cette courte période 2016-2018, il est probable qu'il y avait un nombre infini des études intéressantes dans diverses disciplines qui ont été menées dans cette perspective. A titre d'exemple, une investigation réalisée dans le campus de l'Université nationale de Singapour en adoptant une enquête longitudinale dans l'objectif d'évaluer le confort thermique et les comportements adaptatifs des occupants qui vivent dans des dortoirs ventilés naturellement. Cette

étude a révélé que les occupants vivant dans des bâtiments naturellement ventilés étaient exposés à des températures opératoires plus élevées que celles recommandées par les normes ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers). D'autre part, les ajustements comportementaux les plus favorables aux occupants consistaient à augmenter la vitesse de l'air intérieur en activant les ventilateurs mécaniques et en ouvrant la porte / les fenêtres pour la ventilation transversale; ou bien à changer de vêtements et s'habiller avec moins de vêtements. En fin de compte, les auteurs ont suggéré de prévoir une deuxième étude complémentaire pour développer un modèle statistique pour corrélérer les comportements adaptatifs avec les variations de température pour les climats tropicaux (Gou, et al. 2018).

2.3. Les différents types d'enquêtes utilisées dans les recherches de confort thermique

- Enquêtes exploratoires : cherchent à déterminer les conditions du confort thermique dans différents types de bâtiment sous différents climats. Approuvée dans les travaux d'Oseland (Oseland 1995).
- Enquêtes pour évaluer les différentes normes et indices du confort thermique, elles ont été bien exploitées dans les travaux de De Dear, Schiller et Bush (Busch 1990) (De Dear et Auliciems, Validation of the Predicted Mean Vote model of thermal comfort in six Australian field surveys 1985) (De Dear et Fountain 1994) (G. Schiller 1990).
- Enquêtes pour étudier l'influence d'un élément particulier sur le confort thermique.
- Enquêtes pour développer un nouvel indice ou une nouvelle loi en matière de confort thermique, comme celles de De Dear, Nicol et Bouden (Bouden et Ghrab 2005) (De Dear, Brager, et al. 1998), (J. F. Nicol 2001).
- Enquêtes basées sur des simples mesures physiques de la température et de l'humidité.
- Enquêtes basées sur des mesures physiques détaillées de l'ambiance thermique avec une évaluation perceptuelle de cette ambiance par différents sujets, accompagnée par les observations sur leurs vêtements, leurs comportements, et leurs activités.

2.4. Classification des enquêtes in situ

D'après Nicol, il y'a deux méthodes de classification des enquêtes in situ (F. Nicol 1993).

2.4.1. Classification selon le mode d'échantillonnage

Qui nous résulte deux types d'enquêtes :

a-Enquêtes longitudinales : peuvent être réalisées avec un nombre limité d'individus suivis sur une période prolongée. Une large base de données s'offre ainsi pour une étude sur l'aspect dynamique du confort thermique (à travers une analyse de séries chronologiques) ainsi que sur les différences interindividuelles. Mais la limite pour ce genre d'enquête consiste à trouver des personnes disponibles pour y participer vu l'importance du temps qu'ils doivent y consacrer (le sujet doit remplir un questionnaire plusieurs fois par jour). Dans le cas des patients, ce genre d'enquête ça va être impossible vu sa situation psychique due à la maladie. Certainement, il va refuser de participer tout les jours et de remplir un questionnaire plusieurs fois pendant la journée. Ça va être un dérangement pour lui. Par conséquent il est impossible de trouver le nombre suffisant des participants et le nombre faible peut biaiser les résultats (MOUDJALLED 2007).

b- Enquêtes transversales : elles sont préférables pour explorer la qualité des ambiances thermiques dans les bâtiments. Ce genre d'enquête offre la possibilité de travailler avec une large population. Par conséquent il permet d'avoir des résultats plus fiables et plus précis. De plus, l'enquête transversale ne nécessite pas une participation journalière. Ce qui limite la perturbation du quotidien des sujets participants en minimisant le nombre d'interventions. Même si ce type d'enquête ne permet pas un suivi de près du confort thermique sur une séquence de temps, il permet d'explorer les conditions thermiques typiques dans les différents types de bâtiment et les comparer aux perceptions et aux attentes des occupants afin d'en dégager les conditions de confort thermique pour les différents cas. Pour cela, il faut construire une base de données tout en tenant compte du contexte climatique, architectural et social (MOUDJALLED 2007).

2.4.2. Classification selon l'étendue et la précision de mesures réalisées

Selon Moudjalled Bassam, il existe trois types principaux (MOUDJALLED 2007) :

a - Type I :

Ce type d'enquête permet d'effectuer une évaluation de l'ambiance thermique de l'espace sans beaucoup impliquer les occupants. Et pour ce faire, on relève les mesures de la température de l'air avec ou sans l'humidité à un seul endroit dans le local.

Les mesures peuvent être ponctuelles ou continues. Par ailleurs elles peuvent être accompagnées d'une description succincte des sujets et de certaines caractéristiques du bâtiment ainsi que d'une évaluation asynchrone de l'ambiance thermique par les sujets. Les travaux qui ont été réalisés pour développer le modèle primitif du confort adaptatif par Humphreys et Auliciems sont basés sur ce type d'enquête.

b - Type II :

Ce type d'enquête permet d'évaluer l'ambiance thermique de l'espace en deux volets, un volet quantitatif qui s'agit du relevé des mesures physiques de l'ambiance thermique: température de l'air, température radiante, vitesse de l'air et humidité de l'air. Le deuxième est le volet qualitatif qu'on peut réaliser à l'aide d'échelles de jugements subjectives (vote de perception, vote d'évaluation et vote de préférence).

c - Type III :

Il se trouve clairement dans les travaux de Schiller, 1988, Busch, 1990, De Dear, 1985. C'est le type le plus précis dans ses résultats. Il est basé sur la même méthodologie du type précédent mais avec plus de détails et d'informations sur les vêtements et les activités des sujets pour permettre de calculer les différents indices de confort, notamment le PMV/PPD et le SET. Le confort, déduit des indices calculés, peut ainsi être comparé à celui perçu par les sujets in situ. Par ailleurs l'observation participante joue un rôle primordial dans ce type d'enquêtes et elle peut être la modification la plus utilisée par les sujets et qui peut réduire l'inconfort dans la chambre, concentré sur le comportement des sujets (l'utilisation des moyens de contrôle de l'ambiance thermique) selon l'étendue et l'objectif de l'enquête.

2.5. Positionnement épistémologique

L'important état de l'art accompli à la base des recherches précédentes dans les différentes méthodes d'évaluation du confort thermique au sein des espaces hospitaliers (chapitre I) et l'aperçu sur les enquêtes in situ réalisées dans les recherches du confort thermiques étayées aux paragraphes

précédents de ce chapitre ont permis, non seulement la compréhension ,la maîtrise de la thématique ,la définition des objectifs ciblés et une méthodologie plus appropriée, mais aussi la capitalisation transversale des connaissances acquises. Ceci en construisant un background nous aidant à traiter les problématiques de la recherche.

En se basant sur ce background, nous avons choisi un type d'enquête appelée enquête transversale selon la classification de MOUDJELLED Bassam (Classification selon le mode d'échantillonnage).

Le choix d'une enquête transversale correspond le mieux à notre étude qui traite la problématique du confort thermique avec un échantillon très particulier les patients. Avec lesquels nous devons être rapides et succincts pour éviter tout dérangement et toute perturbation pouvant nuire à leurs états psychiques. Avec ce type d'enquête nous avons la possibilité de minimiser le nombre d'interventions des sujets participants le maximum possible.

Par rapport à la classification selon l'étendue et la précision des mesures réalisées, nous avons choisi le niveau III car il nous permet aussi de calculer les différents indices afin de rendre possible leur évaluation. A la suite de ces enquêtes, nous pourrions construire une base de données comportant les informations quantitatives et qualitatives sur les ambiances thermiques dans les services des hôpitaux enquêtés pour les conditions estivales (**MOUDJALLED 2007**).

Cette méthode d'enquête est améliorée aussi, en cherchant de concevoir un triptyque qui combine entre trois réalités à relever au cours de l'enquête :

1. Réalité perceptible : une campagne d'enquêtes qualitatives (questionnaires).
2. Réalité mesurable : une campagne d'enquêtes quantitatives (mesures physiques).
3. Réalité observable (palpable) : ce sont les observations et les entretiens enregistrés.

3. Investigation in situ sur les ambiances du confort thermique dans les chambres des malades à l'hôpital (Méthode et déroulement de l'enquête)

3.1. Enquête sociologique auprès des médecins

«L'enquête sociologique, au sens large, peut être définie à partir de l'ensemble épistémologique complet qui comprend la posture scientifique du sociologue, la construction de l'objet, la définition des hypothèses, les modes d'objectivation, la méthodologie d'enquête, les instruments d'analyse des résultats et les formes d'écriture.»

(Paugam 2012)

En sens simplifié, l'enquête sociologique est une appréciation des avis d'une société donnée ou d'un groupe représentatif dans la société concernant un sujet, une situation ou un phénomène. Et d'après plusieurs sources en sociologie, il existe deux types d'enquête sociologique (Paugam 2012)(Lacombe 1997):

- *L'enquête de terrain* : où l'on a un contact direct entre le chercheur et la réalité étudiée. Alors, le chercheur se déplace pour s'identifier au terrain d'étude; il discute avec les sujets dans leur environnement réel en utilisant des questionnaires, des discussions accompagnées par des observations ou des entretiens.
- *L'enquête documentaire* : où l'on observe la réalité de manière indirecte, à travers des documents qui sont les traces laissées par les phénomènes que l'on va étudier.

Dans cette présente recherche, nous avons adopté une enquête sociologique auprès un groupe de médecins exerçant dans les cas d'études. L'objectif étant d'évaluer leurs avis sur les catégories des malades les plus sensibles à l'ambiance thermique.

L'enquête s'est fondée sur un questionnaire très simplifié; les réponses à ce dernier dépendent de l'évaluation de certains indicateurs qui ont un impact sur l'état du confort thermique d'un corps malade; les premiers indicateurs sont :

- l'astreinte thermique qui varie en fonction de l'élévation de la contrainte thermique environnementale. Cet indicateur contient six sous-indicateurs:
 - Température profonde du corps
 - Fréquence cardiaque
 - Taux de sudation (la sueur)

Les autres indicateurs sont :

- La douleur
- La bronchite (La toux)
- La dyspnée (problème respiratoire lié au cœur/ poumons)

Lorsque ces indicateurs changent de la normale, ils indiquent inévitablement que le corps humain a perdu son équilibre thermique. Delà, les médecins peuvent juger et distinguer les catégories les plus affectées par ces indicateurs.

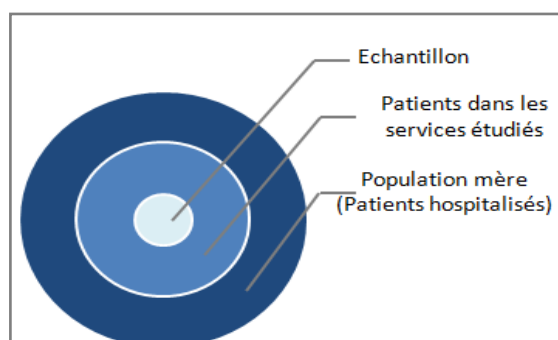


Figure VI. 1. Principe de sélection de l'échantillon

Les résultats de l'enquête sociologique ont montré que les patients au service de médecine pneumologie, service de médecine rhumatologie et service de gynécologie-obstétrique, suivant cet ordre peuvent être les plus représentatifs.

Nous nous trouvons donc devant une variété de patients hospitalisés qui constituent la population mère de cette recherche.

Services Classes	Pneumologie	Gynécologie	Rhumatologie	Pédiatrie	Cardiologie
1	100%	0%	0%	0%	0%
2	0%	0%	90%	3,33%	6,66%
3	0%	70%	10%	10%	10%
4	0%	16,66%	0%	67%	20,00%
5	0%	13%	0%	20%	63%

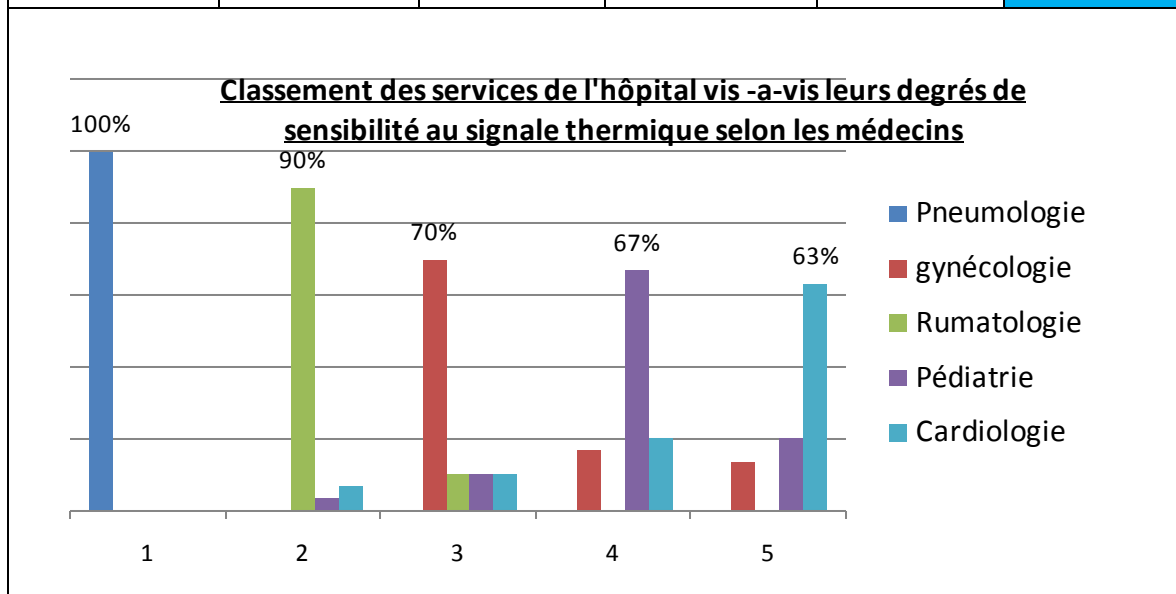


Figure VI. 2. Résultats de l'enquête sociologique avec les médecins concernant les catégories des patients les plus sensibles à l'ambiance thermique

3.2. L'univers de l'enquête et la population enquêtée (l'échantillon)

« L'univers de l'enquête fait référence à la population visée, C'est dans cet univers que sera découpé l'échantillon. »

(Saès-Wuillemin 2006)

« Echantillon est un sous-ensemble d'éléments d'une population donnée. »

(Maurice 1997)

Autrement dit, c'est le plan sur lequel on a choisi d'effectuer l'enquête, ce plan constitue la source des résultats. Idéalement et théoriquement, l'échantillon a exactement les mêmes caractéristiques, pourcentages et composantes que la population mère. Par conséquent, les résultats issus des enquêtes sont semblables à ceux qui seraient obtenus si l'enquête faites auprès de l'ensemble de la population mère. Pratiquement, dans toute opération, le coefficient de pondération est toujours

présent ; puisque la représentativité d'un échantillon n'est jamais parfaite, celle-ci comporte toujours une marge d'erreur qui s'appelle «une erreur d'échantillonnage»(Dépelteau 2010). La présente étude consiste à mener une investigation architecturale au niveau de l'hôpital. D'autre part, les résultats de l'enquête sociologique avec les médecins mentionnés précédemment ont montré que les patients au service de médecine pneumologie, service de médecine rhumatologie et service de gynécologie-obstétrique, suivant cet ordre sont les catégories les plus sensibles à l'ambiance thermique. De ce fait, l'investigation a été appliquée sur une variété de patients hospitalisés et qui constituent la population mère de cette recherche. Concernant la taille de l'échantillon, le travail s'est effectué sur 96 patients ; 48 patients au service de la maternité et 48 au service de la pneumologie et qui sont traités pendant 24 jours successifs au mois de juillet

3.3. Présentation des cas d'étude

L'enquête s'est déroulée dans deux services hospitaliers conçus dans des périodes de temps différentes.

3.3.1. Maternité

Le premier est la maternité de Biskra ; il s'agit d'un bâtiment neuf caractérisé par un plan typique simple avec des chambres réparties sur l'axe Nord/sud; il présente une structure en béton de très faible hauteur (seulement RDC), des murs construits en brique creuse avec des lames d'air pour l'isolation thermique. Des chambres de 21,35m² avec une seule fenêtre pour chaque chambre caractérisée par un vitrage simple et protection solaire extérieure (surface ombragée=75%) (Figure.VI.3 ; Figure.VI.4) (Annexe II).

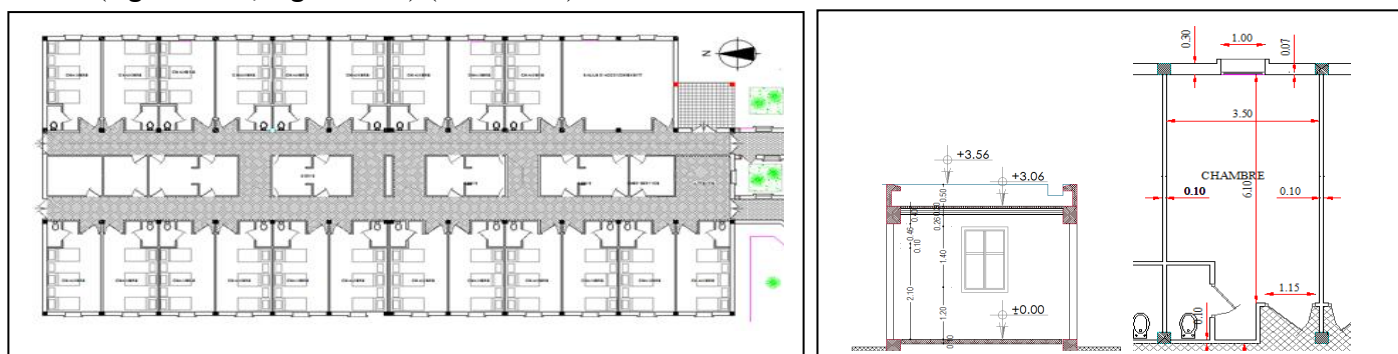


Figure VI. 3. Plan et coupes de l'établissement hospitalier spécialisé en gynécologie obstétrique, pédiatrie et chirurgie pédiatrique de Biskra



Figure VI. 4. Vues et situation de l'établissement hospitalier spécialisé en gynécologie obstétrique, pédiatrie et chirurgie pédiatrique de Biskra

3.3.2. Service pneumologie

Le deuxième est le service de la pneumologie à hôpital Hakim Saadane qui constitue une construction ancienne. Il présente un plan rectangulaire conçu avec des dimensions complètement différentes à celles du bâtiment précédent. Les chambres sont très étroites avec une surface de 11,62m². Elles sont réparties sur l'axe Nord/sud avec deux fenêtres sans protection solaire. Le bâtiment est caractérisé par des murs épais de 0.50m et construits avec des briques alvéolaires en terre cuite (Figure.VI.5) (Annexe II).

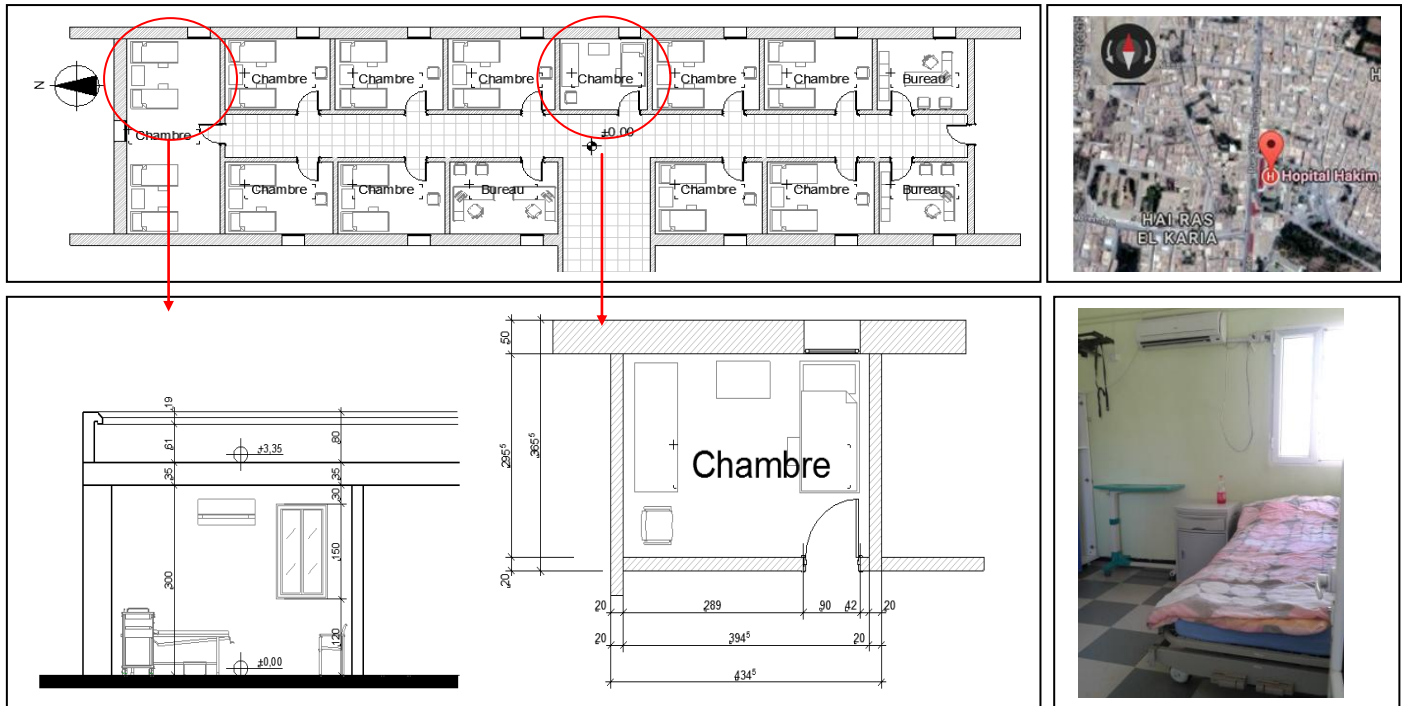


Figure VI. 5. Plan, coupes, situation et vue d'hôpital Hakim Saadane de Biskra, service pneumologie

3.4. Période de l'enquête et climatologie

3.4.1. Méthode de design-day

La période de l'expérimentation est d'une importance majeure. Elle nous permet d'exploiter toutes les conditions climatiques et environnementales de l'espace étudié, et de mettre les sujets dans une image réelle afin d'avoir le résultat le plus précis. Choisir la période de l'expérimentation est une tâche difficile à effectuer, car le confort thermique du point de vue quantitatif dépend de plusieurs valeurs annuelles (température ambiante, humidité, vitesse de l'air, rayonnement, etc). Ceci nécessite le recours aux données météorologiques des années précédentes et de définir un profil météorologique en utilisant le concept du design-day (Kheilil 2015) qui définit une journée typique représentant les conditions climatiques les plus représentatives de la période et de la région. Dans notre présente recherche, le concept a été extrapolé vers le mois représentatif de la période chaude. Les schémas ci-dessous montrent les moyennes de la température journalière des trois mois estivaux (Juin, Juillet, Aout) pendant les quinze années successives de 2000 jusqu'au 2015. Les calculs des températures moyennes journalières sont présentés dans l'annexe III.

3.4.2. Application de la méthode

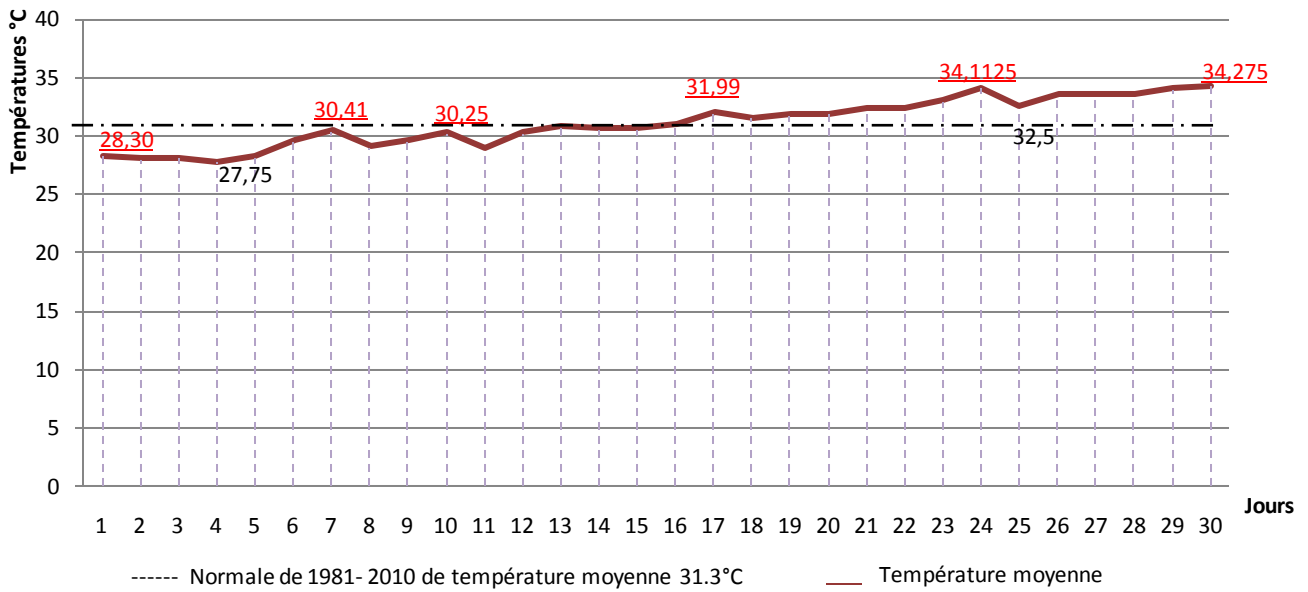


Figure VI. 6. Shéma représentant la moyenne des températures de juin à Biskra pendant la période 2000- 2015

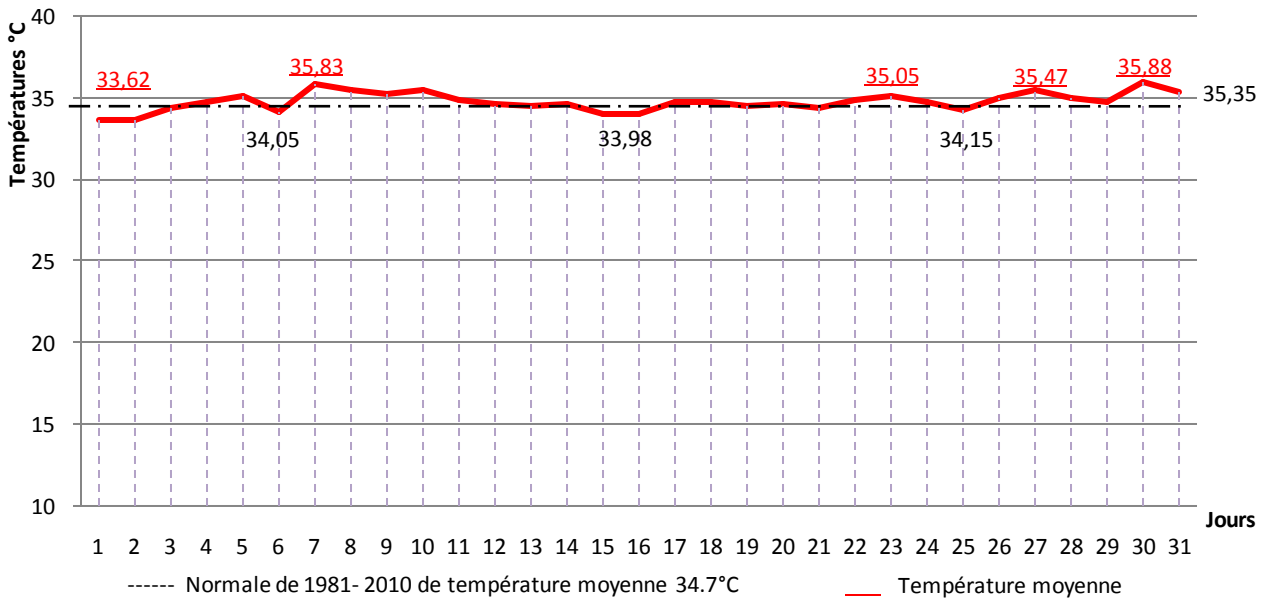


Figure VI. 7. Shéma représentant la moyenne des températures de juillet à Biskra pendant la période 2000- 2015

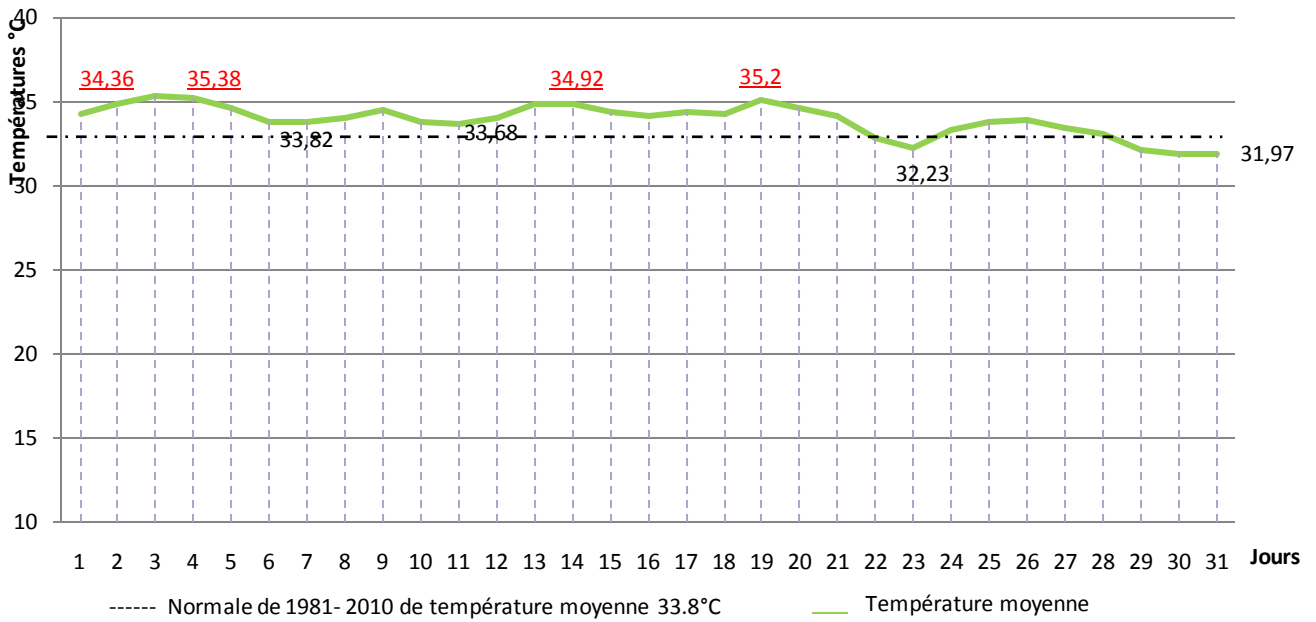
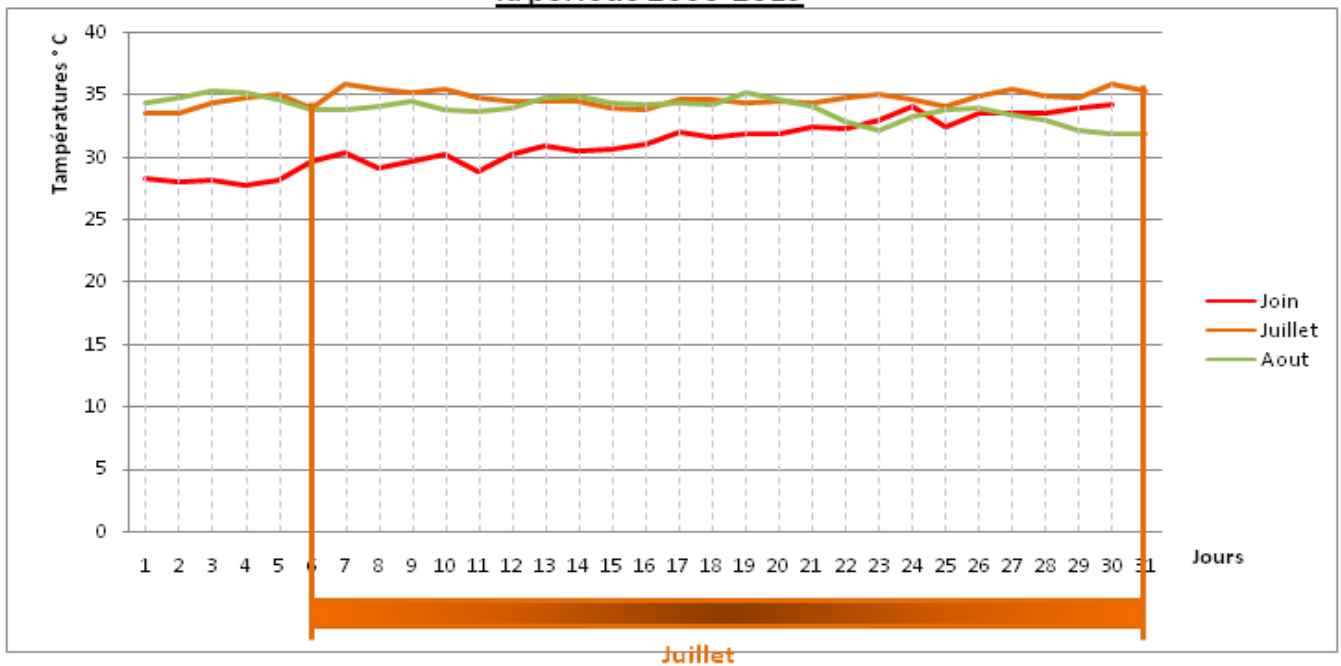


Figure VI. 8. Shéma représentant la moyenne des températures de juillet à Biskra pendant la période 2000 - 2015

Schéma représentatif des températures moyennes en été à Biskra sur la période 2000-2015



Le période de surchauffe

Figure VI. 9. Shéma représentatif de la période la plus chaude à Bisra selon les résultats de la dernière quinze années

Le schéma ci-dessus (Figure.VI.9) est le résultat du design-month élaboré dans cette recherche dans l'objectif de définir la période la plus chaude à Biskra pendant ces dernières 15 années 2000-2015. D'après les résultats, les températures les plus élevées ont été enregistrées sur la courbe du mois de juillet, où la température moyenne augmente au dessus de 35°C au cours de la deuxième semaine et de même pour la quatrième semaine. Pendant la troisième semaine, les températures varient dans les limites de 33 et 35°C.

3.5. Enquête de satisfaction auprès des patients

L'enquête auprès des malades peut constituer une mission très compliquée et difficile à gérer, étant donné que les malades sont des cas particuliers en toutes considérations. Il est, en revanche, possible de simplifier le sens de l'enquête dans cette situation, en la traitant en tant qu'enquête de satisfaction. Cette dernière, se réalise dans les hôpitaux européens annuellement afin d'améliorer les qualités de service et de l'ergonomie hospitalière (Guisset 2002).

Ce type d'enquête peut s'effectuer en la divisant selon les indicateurs, en deux: indicateur verbal qui peut être suscité grâce à une série de questions, et indicateur comportemental qui peut être évalué par l'observation et les discussions ou les entrevues. Cette méthode s'inscrit dans un concept qui s'appelle "étude des attitudes".

Le concept "étude des attitudes" est apparu en psychologie sociale dans la recherche de Thomas et Znaniecki (1918-1920), sur l'intégration des paysans polonais aux Etats-Unis. Puis, il a eu plus d'importance grâce aux travaux de Fazio sur la force des attitudes, ou de Pratkanis, Eagly et Chaiken sur leur structure, ou encore de Petty et Cacciopo sur les conditions de changement et plus particulièrement les processus de persuasion (Salès-Wuillemin 2006).

Sur ce plan, notre enquête s'est effectuée en deux parties, les questionnaires accompagnés par des mesures physiques, et d'autre part, les observations accompagnées par les entrevues.

3.6. Protocole de l'enquête

3.6.1. Approche communicative

Les questionnaires constituent un outil méthodologique important dans les études in situ. Ils se formulent par un ensemble de questions qui s'enchaînent d'une manière structurée. Ils sont présentés sous une forme papiers distribués aux participants au moment des mesures et leur permettent d'évaluer l'état thermique personnel ainsi que la qualité de l'environnement intérieur de l'espace visé sur des échelles prédéfinies.

En outre, ils permettent aussi d'avoir des informations personnelles sur la vêtue et l'activité des participants afin de calculer des différents indices de confort. La maladie, la santé, et l'état psychique. Ce sont des renseignements privés mais il est nécessaire de les récolter afin d'effectuer une estimation plus précise. Les réponses recueillies par les questionnaires servent à qualifier l'environnement intérieur de l'espace enquêté du point de vue des occupants (les patients), ainsi que d'évaluer les indices théoriques du confort thermique.

Afin de répondre à nos objectifs, nous avons choisi d'utiliser un type de questionnaire simple et efficace qui nous permet d'avoir les votes sensoriels. Le degré de satisfaction et les préférences des sujets ainsi que les informations personnelles sur leurs vêtues, leurs activités et leurs maladies sans

compromettre leurs sentiments et leurs états psychique tant que patients, ce qui nécessite un questionnaire court, succinct et facile à lire et à remplir.

La réponse à ce questionnaire se fait parallèlement aux mesures physiques complémentaires. Pour développer ce questionnaire que nous décrivons ci-après, nous nous sommes inspirés de différents questionnaires présents dans la littérature et destinés également à une étude de l'environnement thermique d'un bâtiment tout en prenant en compte les spécifications de la norme ISO 10551 relative à l'évaluation de l'influence des ambiances thermiques à l'aide d'échelles de jugements subjectifs (J. F. Nicol 2001) (BARBAT 2000) (BRUANT 1997) (MOUDJALLED 2007) (Schiller, Arens et Bauman 1988) (AFNOR 2001).

3.6.1.1. Indicateur verbal (questionnaire)

Le questionnaire ne se résume pas à une suite de questions spontanées mais à des outils présentant des garanties de validité. Ces outils sont les indicateurs du thème étudié et les facteurs que nous devons vérifier.

De ce fait, Notre formulaire de questions a été établi d'une manière courte et succincte et il est rempli par les participants une seule fois lors de l'enquête pour éviter tout dérangement et toute perturbation qui peut influencer négativement notre relation avec les patients participants. Le questionnaire se résume dans des tableaux afin de faciliter les réponses (Annexe IV). Ces tableaux sont composés de quatre parties.

Partie 1 : est une partie de généralités, elle comporte quatre dimensions qui constituent un ensemble d'informations sur l'espace pour définir et localiser la chambre enquêtée, puis des informations personnelles qui vise à identifier le sexe, l'âge, la taille, la position, la maladie, et l'état psychique du sujet, pour voir l'interaction entre le coté physiologique/ psychique et la sensation subjective d'un malade. En dernier, le sujet doit répondre à la question de la vêtue, il doit choisir à partir d'une liste donnée les pièces vestimentaires qu'il porte au moment des mesures. La liste des pièces vestimentaires a été déterminée en se basant sur la norme ISO 9920 [AFNOR, 1995] qui propose pour chacune des pièces la valeur de l'isolement vestimentaire.

Partie 2 : Ambiance et paramètres du confort thermique. Cette partie permet d'évaluer les paramètres du confort thermique à l'intérieur de l'espace à l'aide des échelles de jugement perceptif (sensation), évaluatif (satisfaction) et préférentiel (préférences) préconisés par la norme ISO 10551 [AFNOR, 2001]. Les paramètres qu'on vise à évaluer dans cette partie ce sont : Température, qualité de l'air, vitesse de l'air, humidité et température des parois.

Partie 3 : Evaluation personnelle, cette partie vise à récolter l'évaluation subjective de l'ambiance générale de la chambre en été et en hiver par des sujets. Puis, une question sur les conditions générales de la chambre pour évaluer l'importance de chaque paramètre d'ambiance. Cette partie nous permet de définir les bonnes conditions qui peuvent assurer l'atmosphère convenable aux patients.

Partie 4 : Contrôle individualisé, Dans cette partie, le sujet doit indiquer s'il a possibilité d'agir personnellement sur les moyens de contrôle disponibles dans la chambre. Cette question nous permet d'avoir une idée sur les modifications les plus effectuées par les sujets et qui peuvent réduire en maximum l'inconfort.

3.6.1.2. Les mesures physiques

L'investigation a été effectuée par l'appareil de mesure Testo-480, avec lequel on mesure la température, l'humidité, la vitesse de l'air, le PMV et le PPD, en installant l'appareil au centre de la chambre et la sonde doit être légèrement déplacée à environ 60 cm au-dessus du sol (vitesse : env. 1,5 m/s) jusqu'à ce que les valeurs affichées se stabilisent.



Figure VI. 10. La prise des mesures à l'aide de l'appareil Testo 480

a. Matériel

Testo 480, appareil de mesure multifonctionnel; il est disponible au niveau de notre laboratoire et il nous aide à effectuer de différentes opérations de mesures in situ dans le domaine climatique et environnemental.

Testo 480, nous permet de réaliser des mesures ultra-précises des paramètres climatiques grâce à sa vaste gamme de sondes. Parmi ses caractéristiques les plus avantageuses c'est qu'il a un petit format, léger et donc il est pratique et facile à maintenir. Il se déplace et se fixe sur un pied support qui porte aussi les différentes sondes et câbles.

Il permet d'évaluer : l'écoulement, la température, l'humidité, la pression, le PMV/PPD, l'intensité lumineuse, la chaleur de rayonnement, le degré de turbulence et le CO2 dans chaque étendue de mesure.



Figure VI. 11. Appareil de mesures Testo 480



Figure VI. 12. Les différentes sondes

b. Facteurs à vérifier

1- Paramètres de l'environnement thermique intérieur

Les paramètres environnementaux intérieurs relevés dans les chambres pendant la période de l'enquête sont :

- ✓ La température, à l'aide de la sonde d'humidité et de température très précise (Ø 12 mm ; Ref. 0636 9743).
- ✓ L'humidité de l'air
- ✓ La vitesse de l'air

2- Acceptabilité de l'environnement thermique et têt de satisfaction

L'acceptabilité thermique est analysée en fonction des critères quantitatifs représentés par le vote moyen prévisible (PMV).

3.6.2. Approche observationnelle

D'après Peter Drucker (1909-2005), théoricien américain du management :

«La chose la plus importante en communication, c'est d'entendre ce qui n'est pas dit.»

La perception, les sentiments et tout ce qui vient de l'esprit s'exprime par les paroles qui permettent aux êtres humains de communiquer avec autrui et de s'intégrer socialement (Belleville 2014). Mais, la parole ne suffit pas pour transmettre tout ce qu'engendre la pensée. D'habitude, les expressions verbales s'accompagnent par des actions, des réactions et des comportements explicites ou implicites, c'est ce qu'on appelle «le langage des gestes».

Le geste est un moyen de transmission d'une information, ça peut être intentionnel ou non intentionnel (Losson 2000).

Le geste intentionnel peut se transmettre implicitement dans le discours; en tant que chercheurs ayants un background sur les sujets enquêtés, nous percevons intuitivement, tous aisément ce que peut recouvrir les gestes de ces sujets. Par contre, pour examiner les gestes non intentionnels venant de la subconscience, nous devons les observer de près et sans avoir les informer. Dans cette optique, nous devons adopter la méthode dite «observation participante ».

3.6.2.1. Les observations

Parfois, l'observation permet de comprendre les impressions et les sensations des gens sans avoir besoin à passer par une verbalisation (Salès-Wuillemin 2006) ; elle permet également de déduire plusieurs informations implicites et de recueillir des réponses exprimées par le comportement.

En général, pour récolter les données dans les enquêtes in situ et les observations, le chercheur s'introduit au terrain d'étude en déclarant son intention et en révélant son identité professionnelle. Dans ce cas là, le risque inhérent est de générer des modifications de comportements artificiels. Dans le cas inverse, qui est l'observation participante basée sur une méthode clandestine, où le chercheur est sur le terrain parmi les observés, sans que ces derniers le sachent ; et par conséquent, le risque de tout comportement artificiel n'existe pas (Bendaoud, et al. 2016).

Alors, l'observation participante est d'une démarche inductive qui vise à découvrir par observation les pratiques, les réactions et les comportements des sociétés exotiques et inconnues (Quentin 2013). Une fois que nous nous sommes situées dans l'approche générale de la démarche d'observation, la question de la stratégie en cohérence avec l'objet de la recherche, s'est posée. Quelle stratégie nous devons adopter pour des observations multiples distribuées sur plusieurs chambres et plusieurs

patients à la fois ? Comment pouvons-nous synchroniser avec les deux autres méthodes ? Et quels sont les indicateurs qui devraient être mis en évidence ?

En suivant la méthode clandestine qui s'appelle également "observation cachée" ou "observation masquée", Notre choix s'est focalisé sur la notion dite "stratégie entriste".

Au sens strict, l'entrisme signifie que l'observateur ne déclare pas son identité et ses intentions ni son adhésion (Lapassade 1992-1993). Ce qui est parfaitement convenable au cas des patients, là que la meilleure façon pour les contrôler mais surtout pour recueillir des observations importantes est de discuter avec eux en tant qu'infirmière exerçante dans le service. Cette stratégie entriste nous donne l'opportunité de parler à l'aise et profondément avec les patients en évitant tous risques et problèmes d'éthique. D'autant que l'infirmière est la personnalité la plus proche aux patients au sein de l'hôpital, vu sa relation directe avec eux, et le volume horaire qu'elle passe au service.

Dans l'ensemble, nos observations se sont effectuées sans la connaissance des sujets, discrètement et sans les provoquer pour ambition de percevoir des comportements réels dans des conditions naturelles de l'environnement hospitalier.

Le rôle de l'infirmière nous a permis aussi de gérer plusieurs situations et de se déplacer entre les chambres facilement pour contrôler au même temps et séparément les patients dans les chambres Est et Ouest et ça se fait en remplissant une grille d'observations que nous avons préparée précédemment.

Du fait que l'enquête s'est appuyée sur deux autres méthodes outre l'observation, la question de la synchronisation à été prise en première considération.

L'approche communicative était surtout limitée dans le temps, cependant que les observations et les entrevues étaient encore plus improvisées. Pour clarifier ce point, nous nous sommes permis de remplir la grille d'observation à n'importe quel moment, ça dépend de la situation et les changements comportementaux effectués par les sujets. En revanche, les questions des entrevues ont été incluses dans le cadre habituel des discussions entre l'infirmière et les patients.

La grille d'observation porte sur les paramètres du confort thermique; elle a mis en lumière quelques indicateurs cités dans les questionnaires et que nous pouvons reconnaître par l'observation. En se basant sur ces indicateurs nous avons cité de différents profils représentatifs pour les comportements les plus potentiels.

La première partie de la grille concerne principalement les observations périphériques ; précisément, la vêtue, les activités, les situations et les positions. La deuxième partie se focalise sur les activités liées aux comportements des sujets.

Il est clair que les activités qui se reflètent sur les indicateurs: température, qualité de l'air, humidité et vitesse de l'air, et qui s'implique sous la dimension: Ambiance et paramètres de confort thermique, peuvent être représenté par des comportements explicites entre autres:

- Ajustement des vêtements, utilisation de couvertures, problème de respiration, enlèvement des couvertures, transpiration excessive, le malaise, se déplacer à l'extérieur et l'inconfort lié à la sécheresse.

Dans quelques situations, il arrive parfois que les patients ont la possibilité d'agir personnellement sur l'espace et d'avoir tout le pouvoir pour contrôler individuellement les conditions et les ambiances environnantes; et parfois ils s'imposent pour ajuster l'environnement selon leurs degrés de confort. Parmi les activités qui expriment l'insatisfaction des patients :

- Ouverture/fermeture de fenêtre, Ouverture/fermeture des portes, Changer la position des rideaux ou stores, Allumer/éteindre les lampes de la chambre, Contrôler le fonctionnement de la climatisation ou demander l'aide des infirmières pour ajuster les climatiseurs.

Pour plus de détails, nous avons joint la grille d'observations dans l'annexe V.

3.6.2.2. Les entretiens

Dans cette partie, nous examinons en outre la crédibilité des paroles exprimées dans les discussions masquées.

Contrairement aux questionnaires, les entretiens, cette fois-ci, se déroulaient sans que les patients le sachent, en utilisant des questions simples et implicites, et en recevant des réponses spontanées et honnêtes. L'outil approuvé pour cette méthode est l'enregistrement par un appareil téléphonique caché.

Le choix de réconcilier les entretiens avec les observations provient de la logique constitutive des entretiens réactivés utilisés souvent dans le fameux laboratoire Cresson de Grenoble, et qui se base sur la valorisation des commentaires relatifs aux activités (Leroux et Bardyn 2003).

Dans cette optique, les questions n'étaient pas particulières, elles étaient abordées dans les débats avec les patients aux moments des soins ou pendant les visites de la permanence. A chaque fois, il était important de s'interroger sur le degré du confort ou d'inconfort que le patient ressent dans la chambre. Est-il dans un environnement conforme à son état physiologique et surtout psychologique ou non?

Bien qu'il soit intéressant aussi de savoir l'incidence des changements de la température ambiante sur sa santé, mais, la question était souvent abrégée dans des commentaires sur l'ambiance thermique pour éviter de tomber dans le style de questionnaire indirect ou dans les discussions trop vastes et pleines de considérations subjectives. Nous avons également ajouté quelques interrogations sur les préférences concernant le conditionnement d'air, les modes d'utilisations et les seuils des températures ambiantes. Ainsi que quelques questions sur l'espace pour avoir des informations sur les interactions entre les patients et la relation occupant/environnement thermique.

D'un point de vue méthodologique, la partie des entretiens n'est pas assez importante par rapport aux observations et aux questionnaires mais elle peut être considérée comme une partie supplémentaire qui nous permet de renforcer ce que nous avons obtenu par les autres méthodes.

3.7. La synchronisation de l'expérimentation

Sur la base des résultats obtenus par l'application du concept desing-day et relativement à ce que s'est enregistré en termes de température pendant ces 15 dernières années, nous avons défini la période de surchauffe à Biskra qui s'étale principalement sur le mois de juillet. De ce fait, cette expertise au sein des hôpitaux a été effectuée pendant 24 jours en juillet 2016. Puisque les caractéristiques de la période de surchauffe sont assez similaires tout au long du mois de juillet, ainsi que les jours sont semblables concernant l'humidité, le type du ciel et la vitesse de l'air avec des températures très convergentes. Alors, les deux bâtiments ont été enquêtés séquentiellement, une journée pour la maternité, le lendemain pour le deuxième hôpital et ainsi de suite jusqu'à la fin des 24 jours.

Cette synchronisation nous a permis d'être présent dans les deux hôpitaux et de gérer personnellement et indépendamment notre expérimentation. Par ailleurs, l'enquête et la prise des

mesures sont distribuées sur quatre périodes différentes dans la journée, qui s'étalent du matin jusqu'au soir et elles sont séparées par un intervalle de deux heures :

De 9h00- 11h00 ; de 13h00- 15h00 ; de 16h00- 18h00 ; 20h00- 22h00

Le temps entre ces périodes s'est consacré pour la récolte des observations y compris la création des discussions avec les patients; ceci nécessite de s'installer toute la journée dans un seul hôpital.

Chaque période de l'enquête a pris environ deux heures (2h). Pendant lesquelles nous avons interrogé les patients occupant deux chambres sur l'est et deux autres sur l'ouest. Pendant ces deux heures:

- Nous entrons dans la chambre en tant qu'infirmière de contrôle,
- Nous commençons l'enquête par le questionnaire et nous déclenchons le Testo 480 pour la prise des mesures.
- Nous demandons aux patients de répondre aux questions et nous remplissons le formulaire de questions de chaque patient personnellement.

3.8. Préparation des données

Afin de faciliter la tâche d'analyse des résultats, nous avons préparé des tableaux résumant en une seule feuille Excel :

- Le jour de l'enquête.
- Les numéros des chambres enquêtées.
- Les caractéristiques des chambres: situation (RDC/étage), orientation, nombre d'occupants.
- Informations personnelles des sujets enquêtés: le sexe, la taille, la maladie, la position, Etat psychique, vêtements.
- Les réponses aux questionnaires.
- Les mesures physiques.

Tout cela se répète en quatre tableaux similaires, chacun représente les résultats d'une seule période. A la fin, nous avons obtenu 96 Tableaux répartis sur les périodes de l'enquête et les bâtiments enquêtés. Chaque tableau contient 4 chambres entre orientation Est et Ouest, Donc nous avons enquêté en totale 384 chambres entre le service pédiatrique (la maternité) et le service de pneumologie (Hakim Saadane). Un exemple est présenté dans l'annexe VI.

4. Analyse et interprétation

Comme il est mentionné précédemment, la méthode de travail s'appuie sur le traitement des trois réalités qui se déroulent dans l'espace étudié. Le va-et-vient entre ces réalités permet de relever les différents paramètres thermiques et non thermiques influençant le confort thermique.

Les questionnaires (la réalité perceptible) permettent d'évaluer l'état thermique personnel, la sensation, le taux de satisfaction et les préférences ainsi que la qualité de l'environnement intérieur par les patients. Les mesures physiques (la réalité mesurable) constituent le moyen le plus efficace pour décrire les ambiances intérieures dans les bâtiments et de traduire les sensations aux données quantitatives, mesurables. Par ailleurs, les entrevues (la réalité observable) facilitent l'observation et la compréhension de tous les comportements, les actions et les réactions faites par les patients au sein de leurs propres espaces. L'ensemble des résultats relevés constitue un triptyque combinant les différents paramètres (perceptibles, mesurables et observables) influençant le confort thermique des patients à l'intérieur des chambres de l'hôpital.

4.1. Quantification de l'ambiance thermique par mesures physiques

Selon les mesures physiques relevées en juillet 2016 à la maternité, les valeurs de température sont souvent élevées et ont atteint 36 et 37°C. Il est indéniable que les températures les plus extrêmes (les plus hautes) ont été enregistrées le matin de 9h00 à 11h00. Ceci est dû certainement à l'absence totale de la climatisation, pour objectif de renouveler l'air et de bénéficier du soleil matinal en permettant la pénétration des rayonnements solaires aux chambres. Quoique cette opération augmente largement et rapidement les températures ambiantes à l'intérieurs, mais elle est indispensable pour ces espaces qui sont considérés comme des zones très favorables pour la croissance bactérienne et la propagation des infections. Les valeurs de température à cette période varient entre 27,95°C et 36,6°C. Tandis qu'à la période de 13h00 à 15h00, lorsque les climatiseurs sont mis en service, la situation change graduellement jusqu'à ce que la différence entre les valeurs extrêmes soit de 5°C. Dans cette période la valeur maximale se situe entre 29,85 et 29,55°C; des valeurs quand même élevées par rapport aux valeurs indiquées dans les normes. La température reprends des valeurs considérablement élevées l'après-midi; de 16h00 à 18h00 elles se varient dans les environs de 31 et 29,75°C. Finalement, elles se stabilisent en quelque sorte entre 27 et 24,65°C dans la fin de la journée de 20h00 à 22h00 (Figure. VI.13).

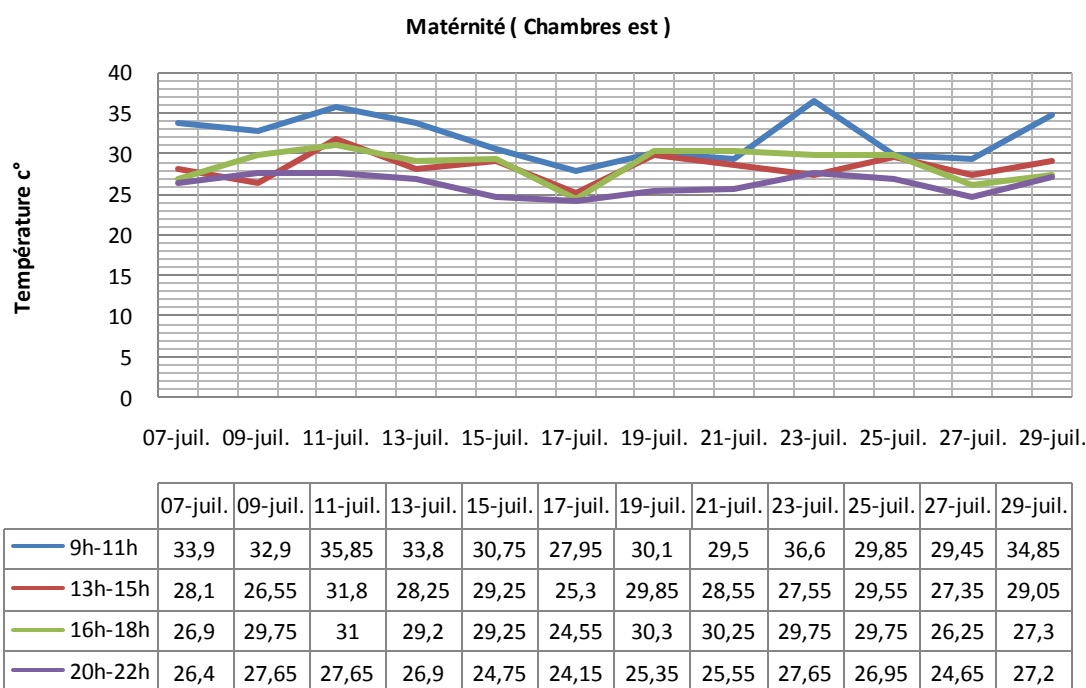


Figure VI. 13. Variations de températures ambiantes mesurées à l'aide de Testo 480

En revanche, les valeurs enregistrées dans les chambres orientées sur l'Ouest ne sont pas très loin de celles des chambres Est. Seulement que la période matinale de 9h00 à 11h00 les valeurs se déplacent entre 29 et 33°C, seulement deux valeurs qui sont dans les extrêmes, la maximale est 35,25°C tandis que la minimale est 27,15°C. La différence peut être remarquée aussi dans les variations des températures nocturnes qui diminuent jusqu'au 22°C (Figure. VI.14).

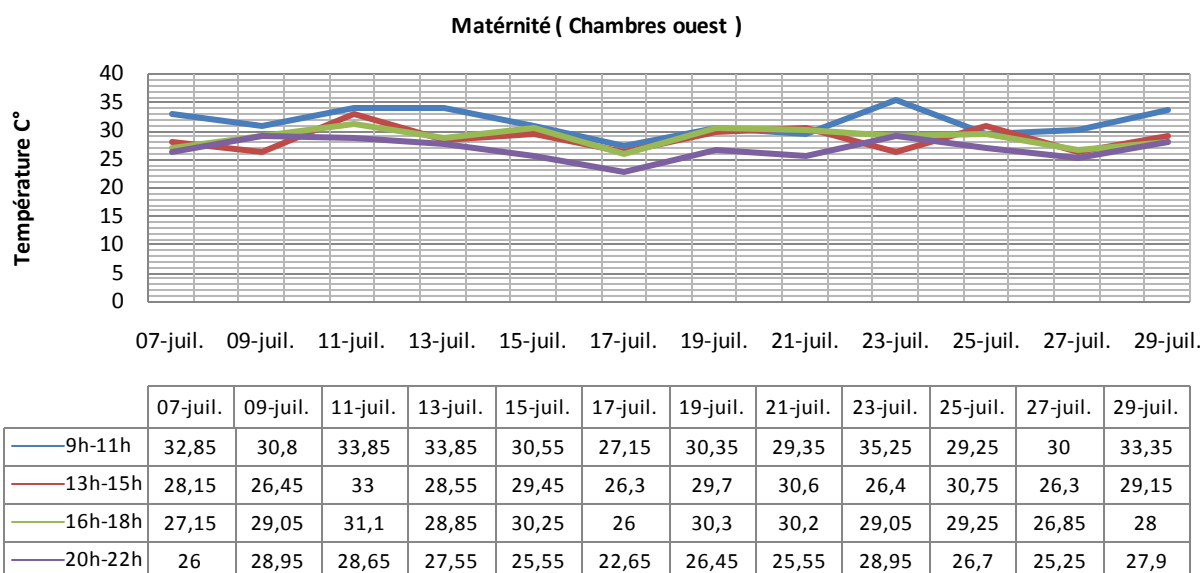


Figure VI. 14. Variations de températures ambiantes mesurées à l'aide de Testo 480 Chambres Ouest

Contrairement à ce qui précède, les valeurs de température enregistrées dans le deuxième hôpital (service de pédiatrie) sont toutes en dessous de 28°C. En partant de la période matinale de 9h00 à 11h00, où elles atteignent leur valeur maximale 28,2°C le 26 juillet, sinon elles restent dans les environs de 26 et 23°C. De 13h00 jusqu'au 18h00 sous l'effet de la climatisation, les valeurs sont très convergentes et elles se présentent dans les limites de 24 et 19°C. Alors qu'à la nuit, les majorités des valeurs enregistrées sont dans les limites de 22, 19 et 18°C. Ces chiffres sont en dessous de la zone de température recommandée pour les chambres des malades et indiquée dans les normes (Figure. VI.15). Pour les chambres Ouest du même bâtiment, les valeurs enregistrées sont presque similaires. Sauf que, de 9h00 à 11h00 les températures dans les chambres Est sont plus basses que celles des chambres Ouest, tandis que les températures de la période 16h00 à 8h00 sont plus élevées (Figure. VI.16).

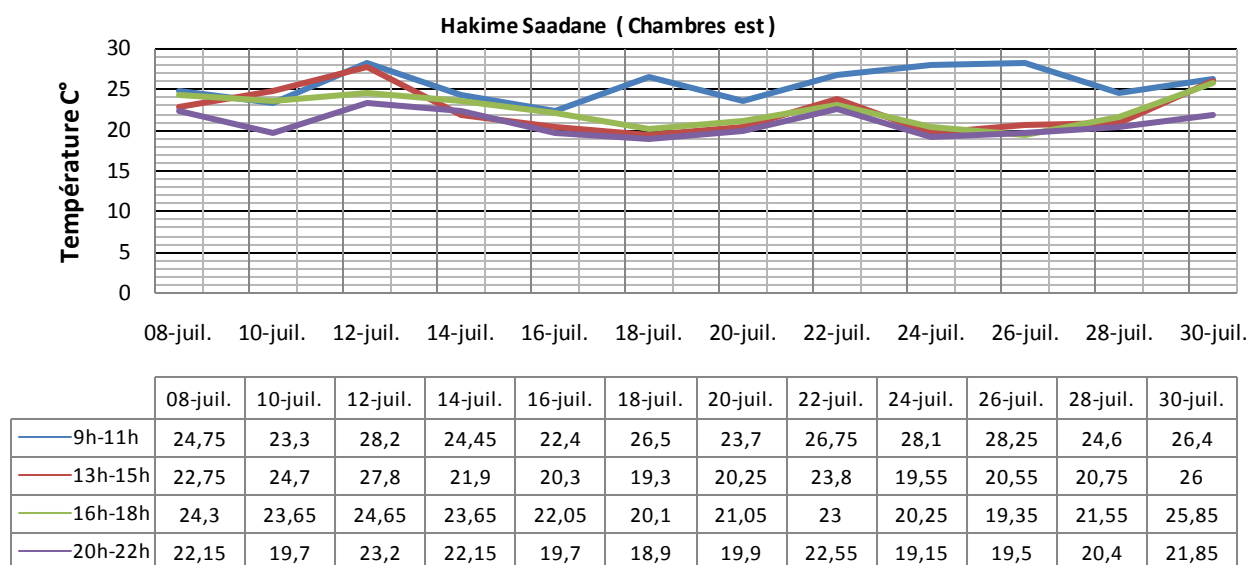


Figure VI. 15. Variations de températures ambiantes mesurées à l'aide de Testo 480. Chambres Est

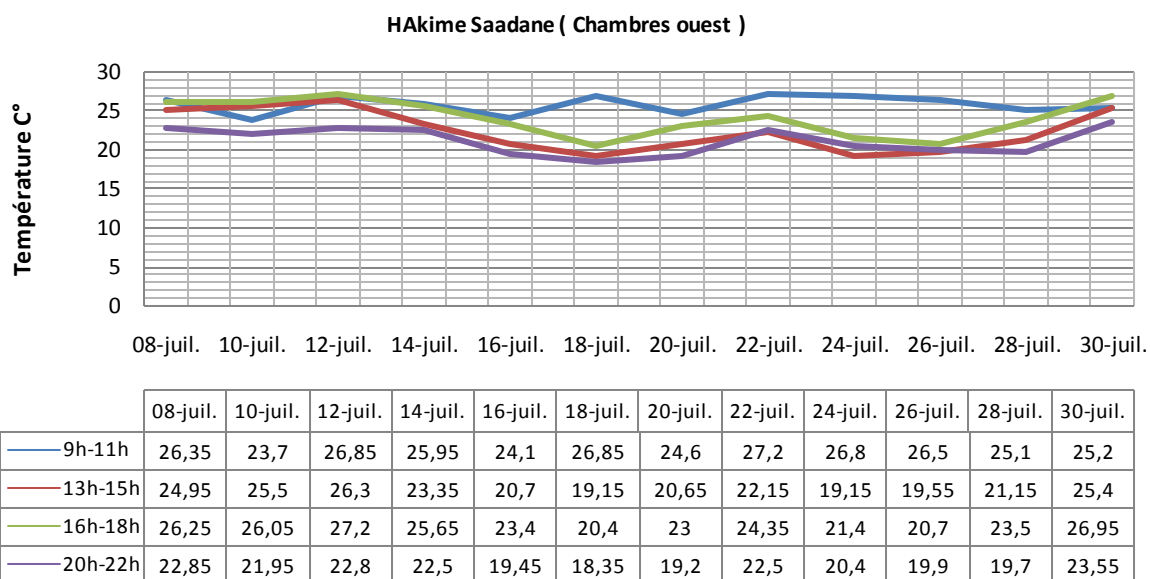


Figure VI. 16. Variations de températures ambiantes mesurées à l’aide de Testo 480. Chambres Ouest

En ce qui concerne les autres mesures physiques, elles ont toutes variées dans des intervalles aussi larges, notamment l’humidité, des mesures enregistrées ont indiqué également que l’humidité relative des deux bâtiments resterait souvent dans les normes. Notons que la norme européenne NBN EN 13779 (2004), préconise une plage d’humidité relative de 30-70 % dans la plage de température de 20-26°C, pour les secteurs d’hospitalisation courante (médecine interne, pédiatrie, ...). Pour le même secteur, la norme américaine ASHRAE 55 - 1992 définit une plage d’humidité confortable entre 30-60%.

Le bâtiment neuf de la maternité (service chirurgie obstétrique et pédiatrie) les valeurs d’humidité sont généralement au dessous de 34% pendant la journée. Pendant la nuit elle augmente avec une légère croissance estimée à 2%.

Pour l’ancien bâtiment (service pneumologie-Hôpital Hakim Saadane) les mêmes constats restent valables et restent toujours dans les normes (Figure.VI.17 ; Figure.VI.18).

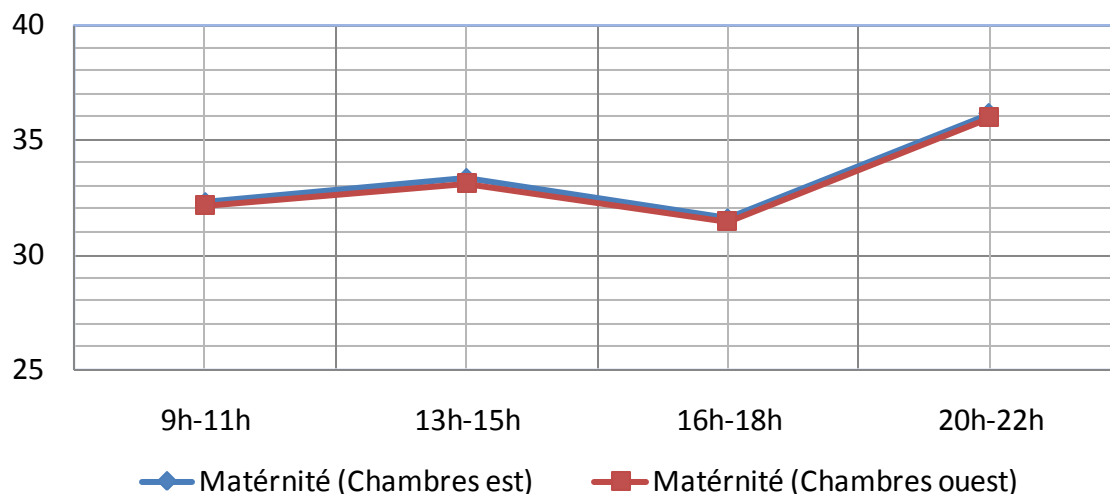


Figure VI. 17. Mesures in situ de la moyenne d'humidité relative de la période du 07/07/2016 – 29/07/2016

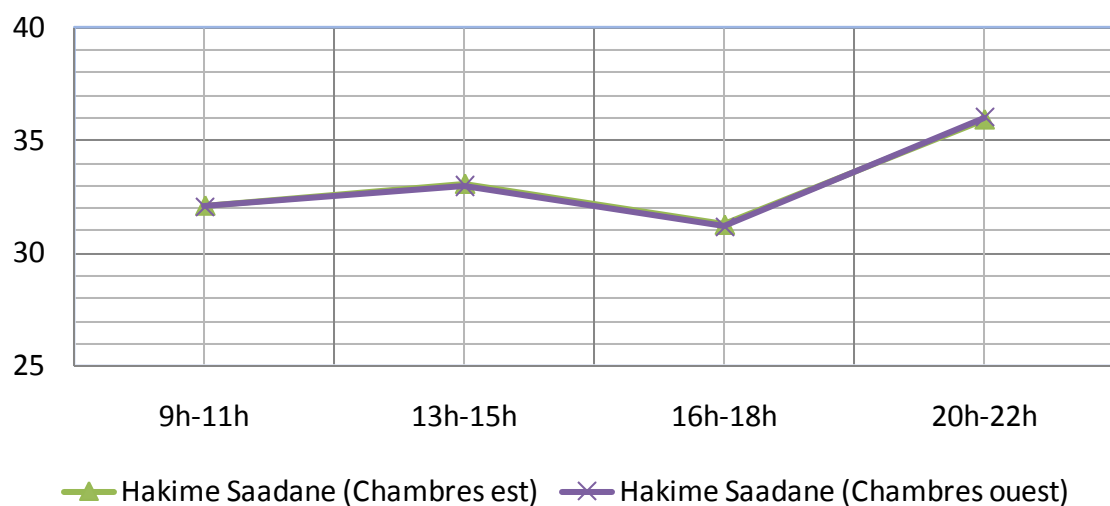


Figure VI. 18. Mesures in situ de la moyenne d'humidité relative de la période du 08/07/2016 – 30/07/2016

L'utilisation permanente de la climatisation impose la fermeture des portes et des fenêtres tout le temps, ce qui entraîne un manque de courant d'air et une vitesse d'air assez constante, estimée par les mesures physiques à environ 0.025 m/s, pour les deux orientations dans le service de chirurgie obstétrique et pédiatrie (la maternité) (Figure.VI.19). Les valeurs enregistrées dans le service de pneumologie (Hôpital Hakim Saadane) sont plus au moins variées mais la moyenne de cette vitesse ne dépasse jamais les 0.05 m/s (Figure.VI.20).

Par contre, la norme européenne NBN EN 13779 (2004) propose une plage de variation de vitesse entre 0,15 à 0,25 m/s pour une température des chambres de 26°C.

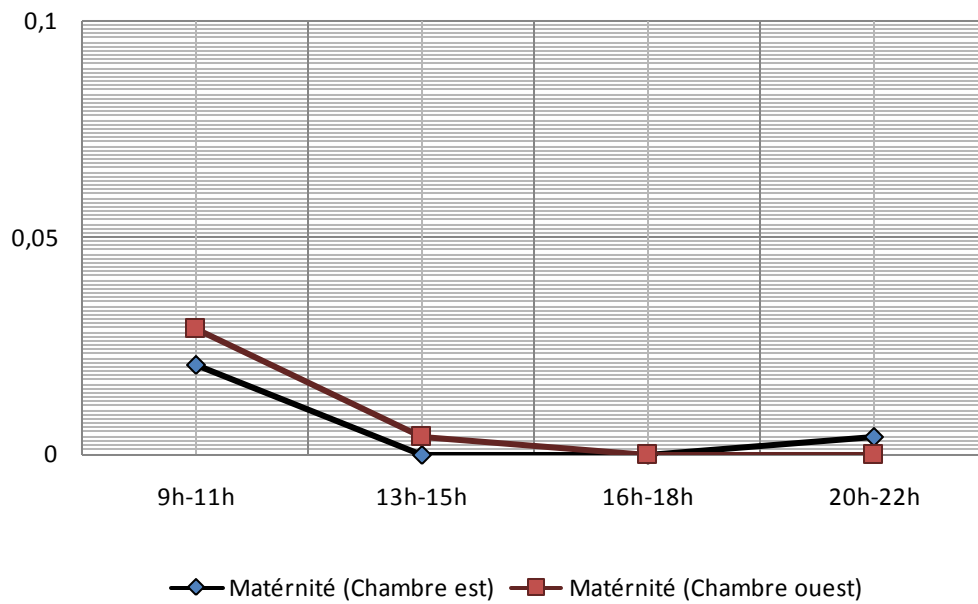


Figure VI. 19. Mesures in situ de la vitesse de l'air de la période du 07/07/2016 – 29/07/2016

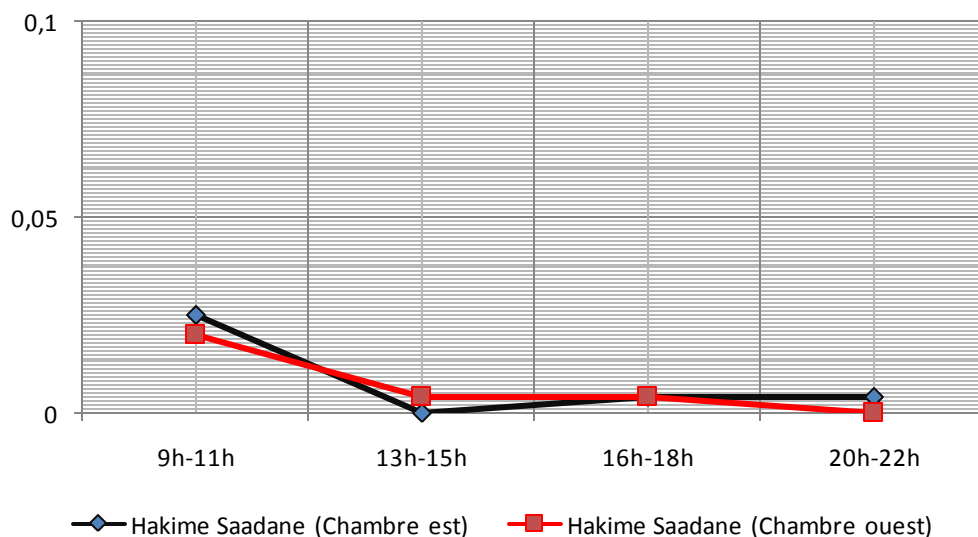


Figure VI. 20. Mesures in situ de la vitesse de l'air de la période du 08/07/2016 – 30/07/2016

4.2. Comparaison entre les mesures relevées et les normes internationales

La prise des mesures sans et avec climatisation, nécessite un travail spécifique dans les jours les plus chauds. En fait, la sélection des journées les plus chaudes à cette période, a été effectuée sur le support du design-day, ces journées sont (11/07-12/07-13/07 et 30/07). Pour atteindre l'objectif de cette étape, il était nécessaire d'actionner manuellement à la climatisation.

La figure. VI. 21 montre les valeurs de température dans les deux bâtiments dans les conditions naturelles (sans climatisation) par rapport aux valeurs de température recommandée par les normes ISO et ASHRAE. Les températures au service pneumo- hôpital Hakim Saadane, sont plus basses (maximum 35 C°) alors que les températures enregistrées au service de gynécologie obstétrique, pédiatrie et chirurgie pédiatrique dépassent les 40 C°.

VI- ENQUETE IN SITU

Loin de là, la norme ISO 7730 (2005) propose une plage de confort située entre les valeurs 23°C et 26°C et de même ASHRAE 55 – 1992 définit des valeurs les températures confortables pour l'été de 23°C à 26°C (lorsque la vitesse de l'air est inférieure à 0,2 m/s, la température opérative est égale à la moyenne arithmétique de la température de l'air et de la température des parois).

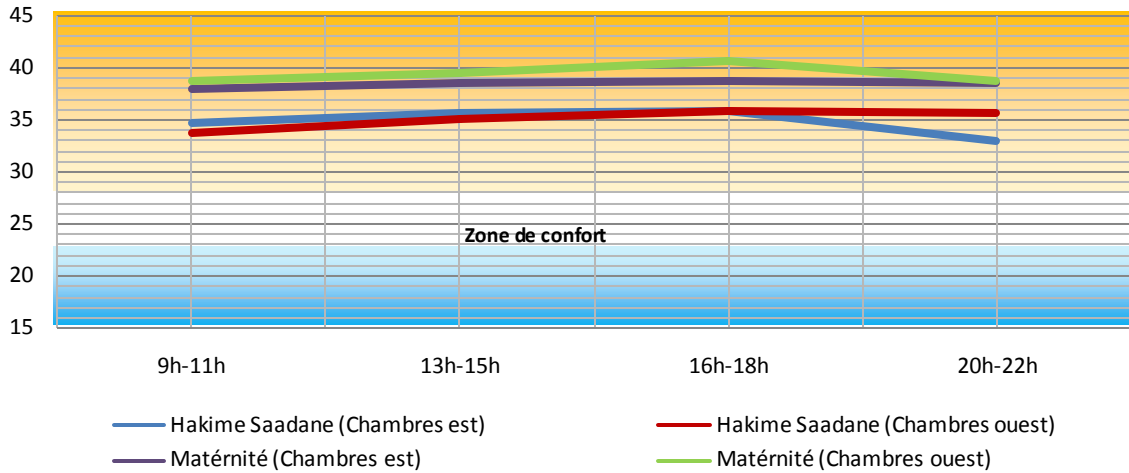


Figure VI. 21. Schéma représentatif des températures ambiantes dans les chambres sans climatisation

La différence est apparue clairement lorsque les climatiseurs se sont mis en service. Les valeurs de température à l'ancien bâtiment ont diminué peu un peu jusqu'à l'entrée dans la zone de confort. Quoique les températures de la maternité ont diminué aussi, mais elles restaient encore hors de la zone indiquée dans les normes (Figure.VI.22).

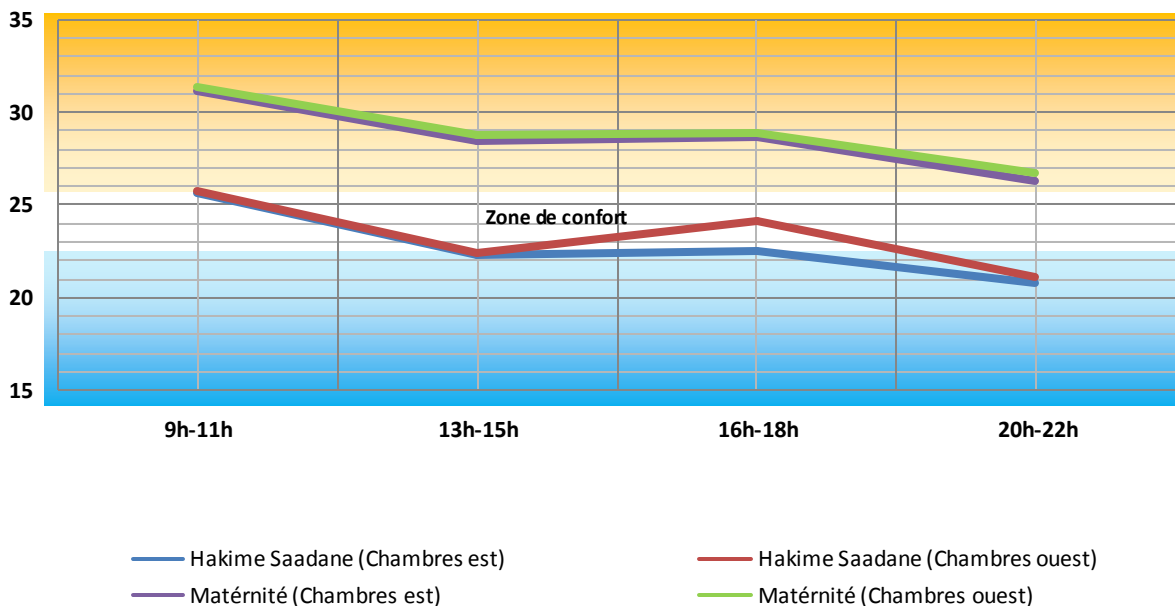


Figure VI. 22. Schéma représentatif des températures ambiantes dans les chambres avec climatisation

4.3. Ambiance et paramètres général du confort thermique

4.3.1. Evaluation personnelle du climat général : Analyses des questionnaires

Dans un premier temps, nous avons les interrogés sur la température, en demandant une évaluation personnelle selon une échelle de sept points afin d'avoir une évaluation qualitative comparable avec les mesures quantitatives.

Dans le bâtiment neuf (service de chirurgie obstétrique de la maternité) l'évaluation personnelle du climat général des chambres dans les deux orientations, est estimée globalement entre chaude et trop chaude (1/7 et 2/7) le matin jusqu'à 13h00. Lorsque les climatiseurs sont mis en service l'après midi à partir du 13h00, l'évaluation personnelle du climat général des chambres devient généralement non supportable sans climatisation (6/7); alors que les chambres orientées vers l'ouest ont été évaluées qu'elles sont non supportables même avec climatisation la période de 13h00 à 18h00. Les figures ci-dessous montrent l'évaluation personnelle des sujets (les patients) en termes de température dans les conditions naturelles ainsi que dans l'environnement climatisé.

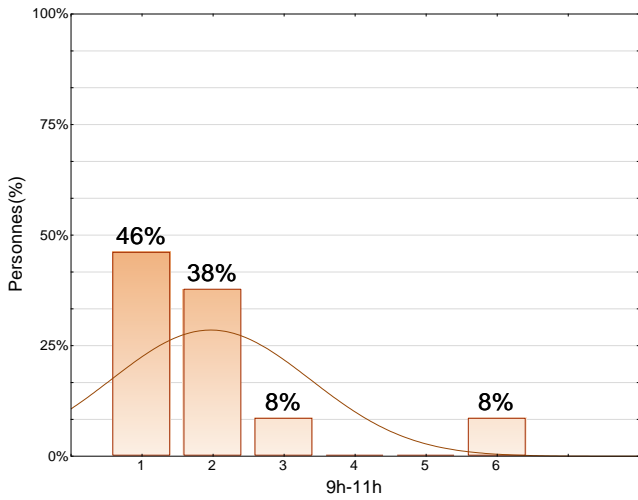


Figure VI. 23. Evaluation personnelle de la température dans les chambres est de la maternité pendant la période matinale (conditions naturelles sans climatisation)

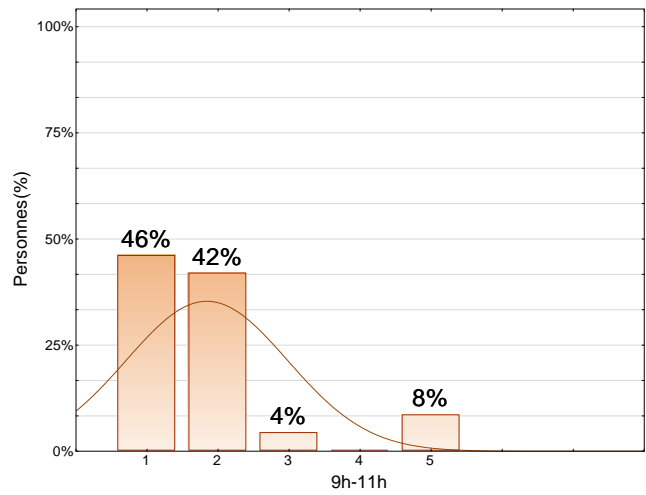


Figure VI. 24. . Evaluation personnelle de la température dans les chambres ouest de la maternité pendant la période matinale (conditions naturelles sans climatisation)

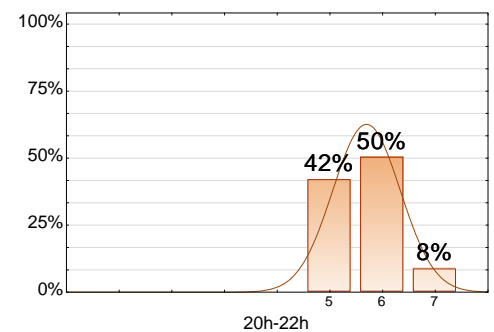
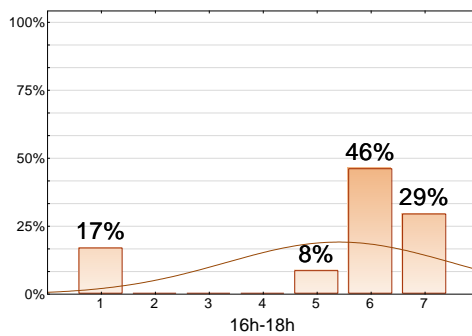
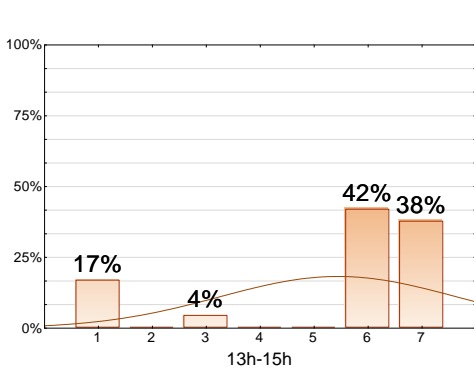


Figure VI. 25. Evaluation personnelle de la température dans les chambres est de la maternité pendant les périodes après -midi et nuit (conditions avec climatisation)

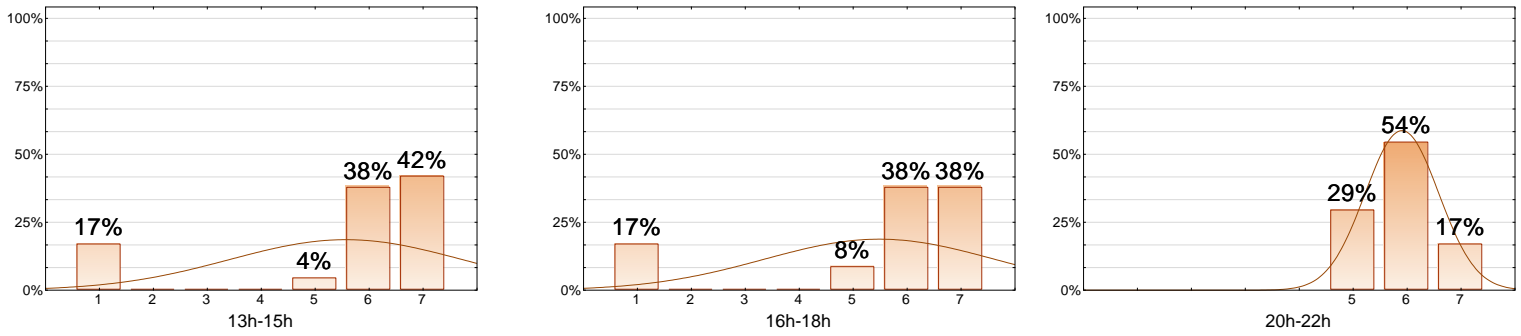


Figure VI. 26. Evaluation personnelle de la température dans les chambres ouest de la maternité pendant les périodes après-midi et nuit (conditions avec climatisation)

Tandis qu'à l'ancien bâtiment (le service de pneumologie-Hôpital Hakim Saadane), les résultats sont très différents par rapport aux précédents. La majorité des sujets trouvent que le climat général des chambres dans les deux orientations est acceptable. Les votes du matin ont été distribués entre chaud et légèrement chaud (2/7 et 3/7); pendant que les votes de la période à partir de 13h00 jusqu'au 22h00 ont varié entre (5/7 et 6/7): modéré avec climatisation et non supportable sans climatisation (Figure. VI.27 ; Figure. VI.28 ; Figure. VI.29).

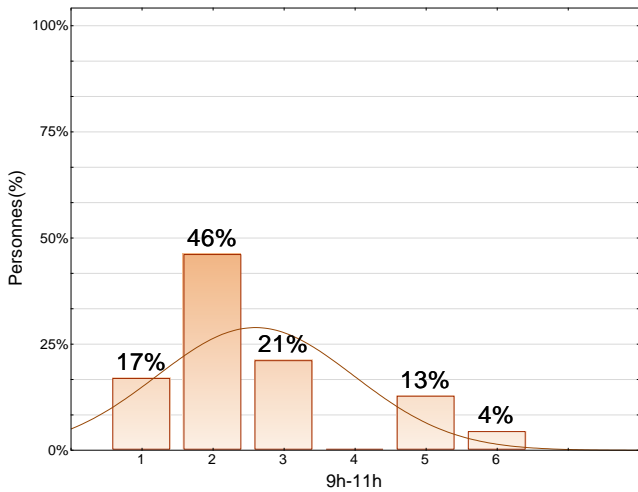


Figure VI. 27. Evaluation personnelle de la température dans les chambres est du service pneumologie pendant la période matinale (conditions naturelles sans climatisation)

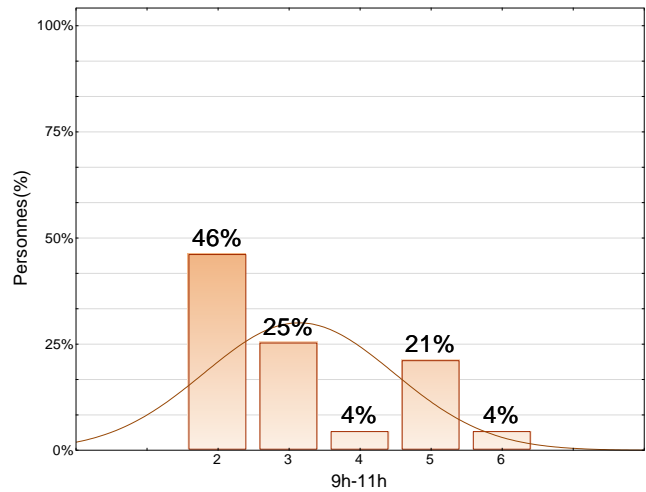


Figure VI. 28. Evaluation personnelle de la température dans les chambres est du service pneumologie pendant la période matinale (conditions naturelles sans climatisation)

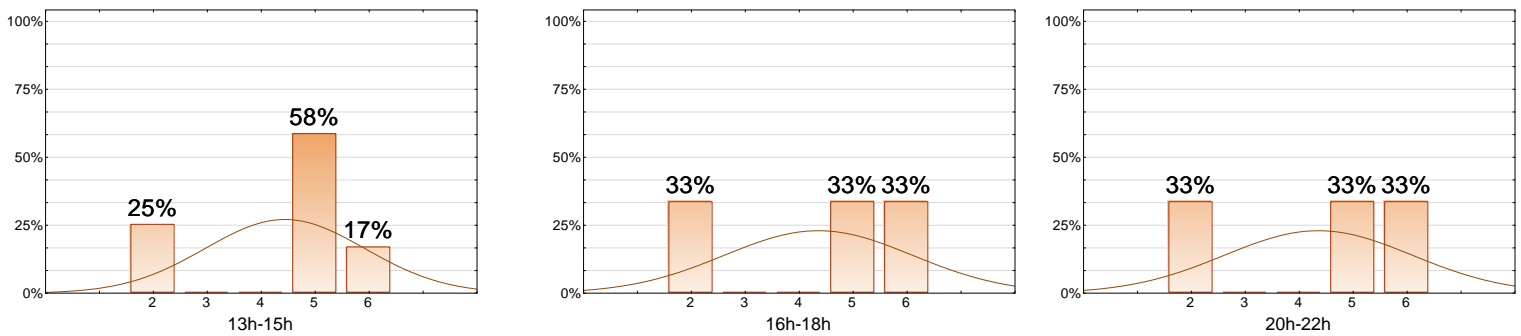


Figure VI. 29. Evaluation personnelle de la température dans les chambres est de la maternité pendant les périodes après-midi et nuit (conditions avec climatisation)

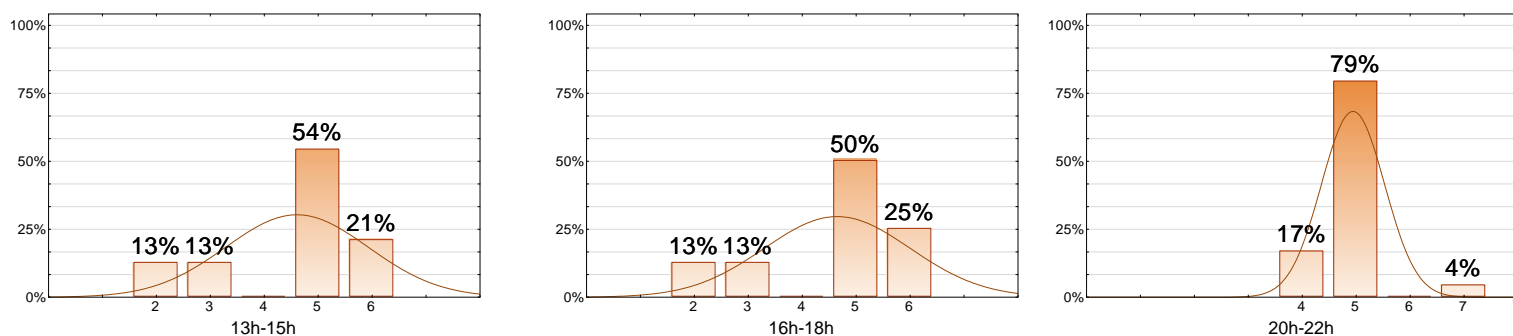


Figure VI. 30. Evaluation personnelle de la température dans les chambres ouest de la maternité pendant les périodes après -midi et nuit (conditions avec climatisation)

Notant que l'échelle de jugement adopté est le suivant:

1= Trop chaud, 2= Chaud, 3= légèrement chaud, 4= modéré naturellement, 5= modéré avec climatisation, 6= non supportable sans climatisation, 7= non supportable même avec climatisation.

Dans les figures suivantes, nous analysons la distribution des votes de satisfaction et de préférences en fonction des votes de sensation thermique qui ont été présentés précédemment par les votes d'évaluation de la température.

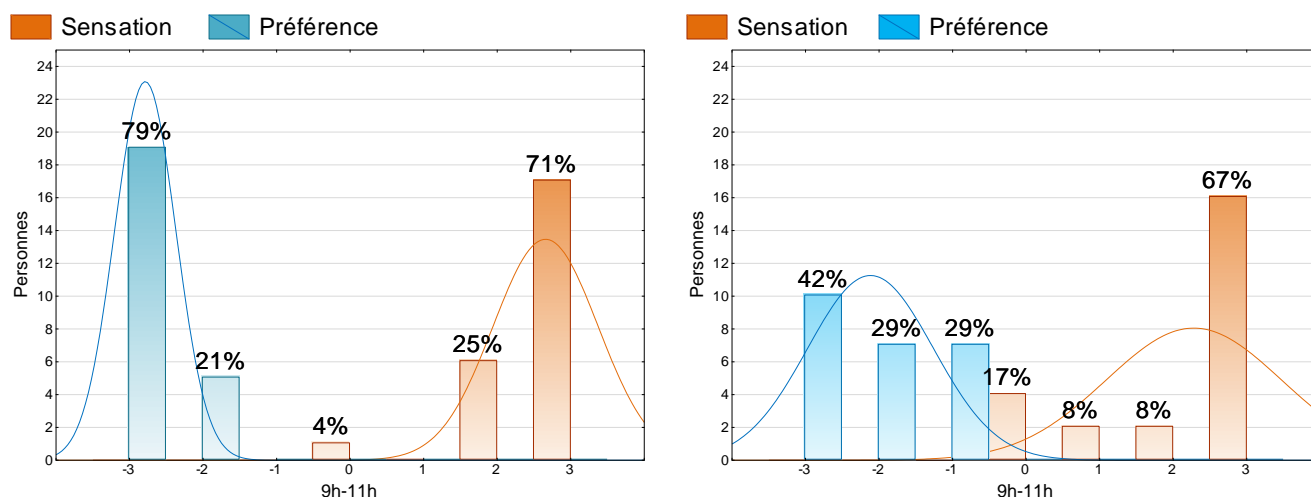


Figure VI. 31. Votes de préférences /votes de satisfaction en ce qui concerne la température ambiante dans les chambres est et ouest de la maternité pendant la période matinale (conditions sans climatisation)

Sachant que :

Echelle de sensation : -3 = Très froid ; -2 = Froid ; -1 = Légèrement froid ; 0 = Neutre ; 1 = Légèrement chaud ; 2 = Chaud ; 3 = Très chaud.

Echelle de préférence : -3 = Beaucoup plus froid ; -2 = Plus froid ; -1 = Un peu plus froid ; 0 = Sans changement ; 1 = Beaucoup plus chaud ; 2 = Plus chaud ; 3 = Un peu plus chaud.

Les sujets qui ont déjà évalué le climat général des chambres par (1/7:Très chaud et 2/7: Chaud), ils ont de même confirmé leurs sensations par les votes d'inacceptabilité thermique. Près de 71% ont senti que l'environnement thermique semble à être très chaud pendant la période matinale. Dans ces égards, ils ont préféré (près 79% dans les chambres Est et 42% dans les chambres Ouest) avoir un climat beaucoup plus froid.

De 13h00 à 22h00, les fréquences des votes varient en fonction temps, là où un pourcentage varié entre 83% et 73% ont voté qu'il est aussi très chaud pour la période de 13h00 à 18h00 et dans les deux orientations. De même, entre 88% et 83% dans les chambres Est et près de 63% dans les chambres Ouest ont préféré de changer le climat vers un autre beaucoup plus froid. Alors que pendant la nuit, la majorité des sujets ont choisi (2:chaud) pour exprimer leurs sensations vis à vis l'environnement thermique nocturne. La différence a été marquée dans leurs préférences, où la majorité des sujets dans l'orientation ouest (près de 67%) ont préféré d'avoir un environnement seulement plus froid. Par contre, dans les chambres Est près de 54% ont préféré de l'avoir beaucoup plus froid.

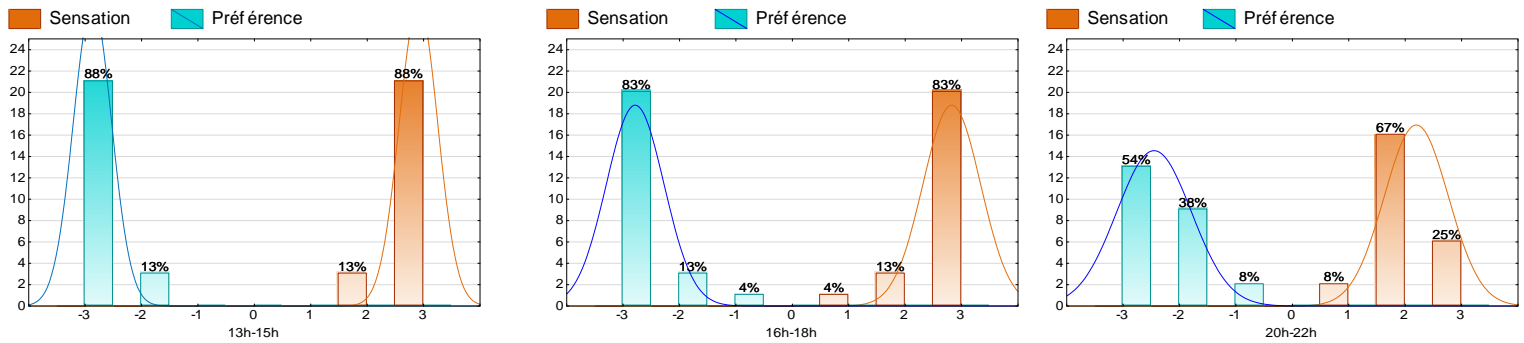


Figure VI. 32. Votes de préférences /votes de satisfaction en ce qui concerne la température ambiante dans les chambres est de la maternité pendant la période matinale (conditions avec climatisation)

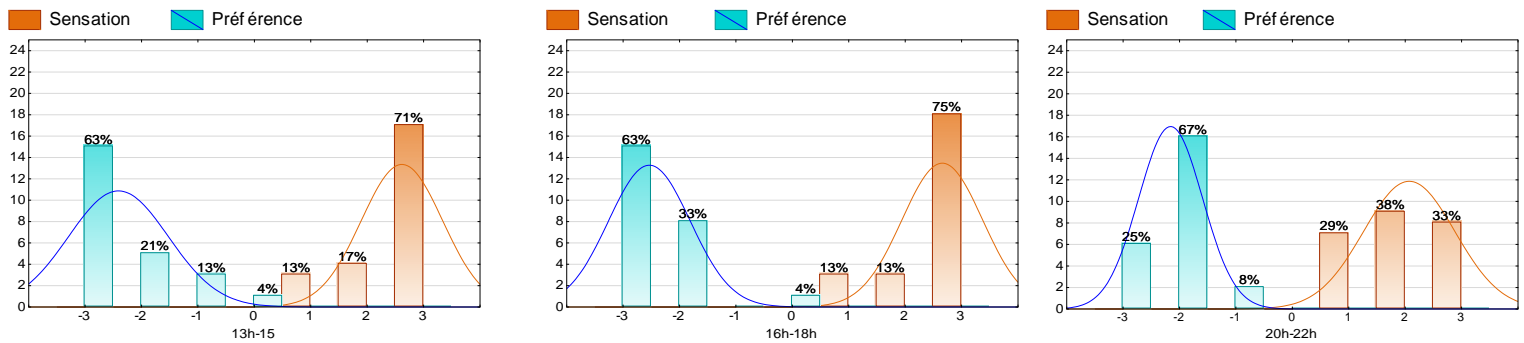


Figure VI. 33. Votes de préférences /votes de satisfaction en ce qui concerne la température ambiante dans les chambres ouest de la maternité pendant la période matinale (conditions avec climatisation)

En parallèle, au niveau de l'ancien bâtiment (service de pneumologie-Hôpital Hakim Saadane), les sensations chaudes sont plus ou moins acceptables. Entre 73% et 64% des sujets dans les chambres Est et Ouest ont estimé que l'environnement intérieur était globalement chaud, cependant il est supportable et ils n'ont même voulu aucun changement dans les chambres Est (votes par près de 66%). les préférences des sujets dans les chambres Ouest ne sont pas très loin, ils ont juste préféré d'avoir un peu plus de fraîcheur. Les votes de préférences et de sensations pendant la période de 13h00 à 22h00 ne sont pas très différents à celles de la matinée, ils ont été distribués entre 1 (légèrement chaud) et 2 (chaud) pour la sensation et entre 0 (neutre) et -2 (plus froid) pour les préférences.

VI- ENQUETE IN SITU

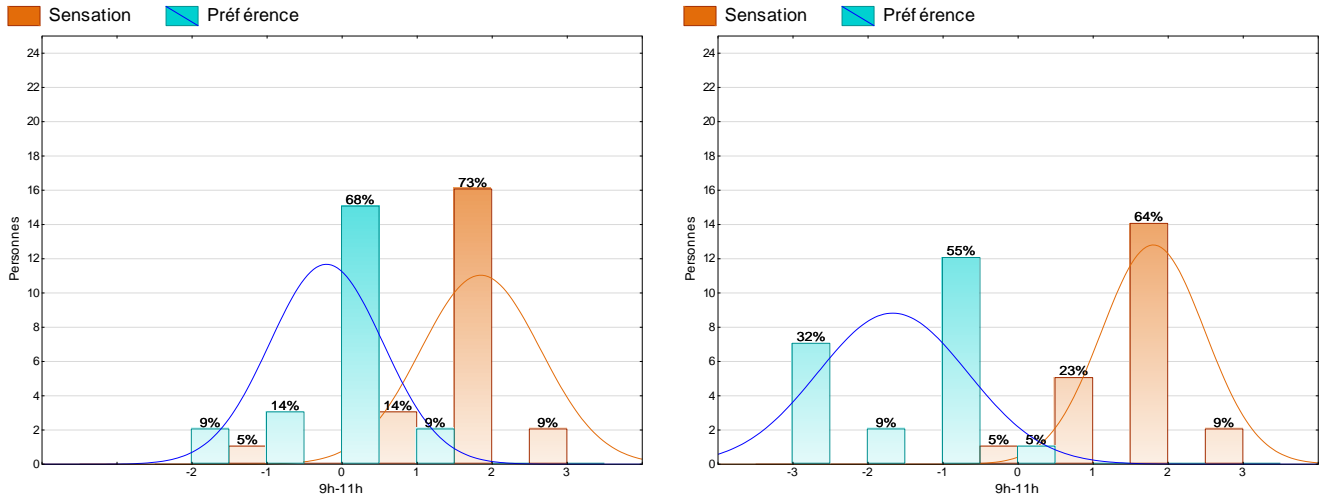


Figure VI. 34. Votes de préférences /votes de satisfaction en ce qui concerne la température ambiante dans les chambres est et ouest du service pneumologie pendant la période matinale (conditions sans climatisation)

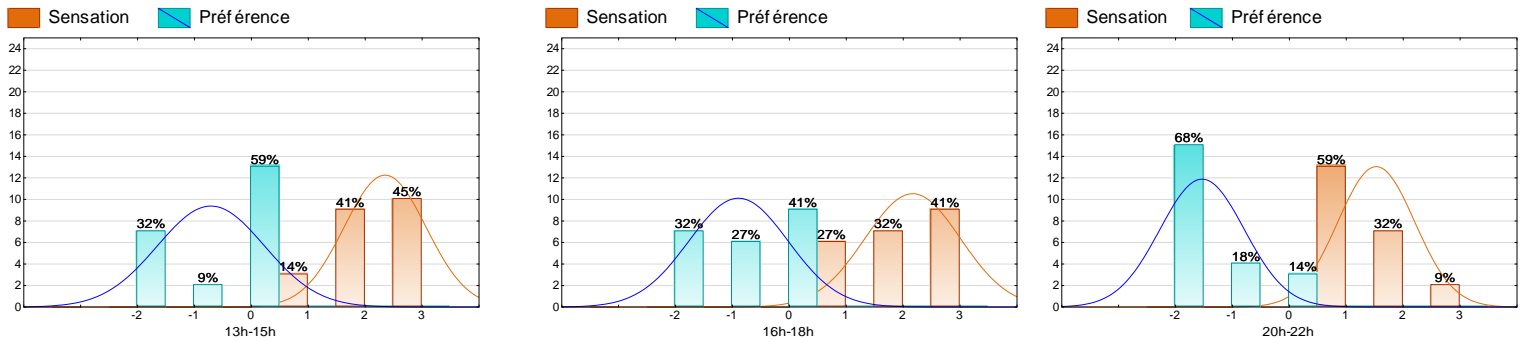


Figure VI. 35. Votes de préférences /votes de satisfaction en ce qui concerne la température ambiante dans les chambres est du service pneumologie pendant la période matinale (conditions avec climatisation)

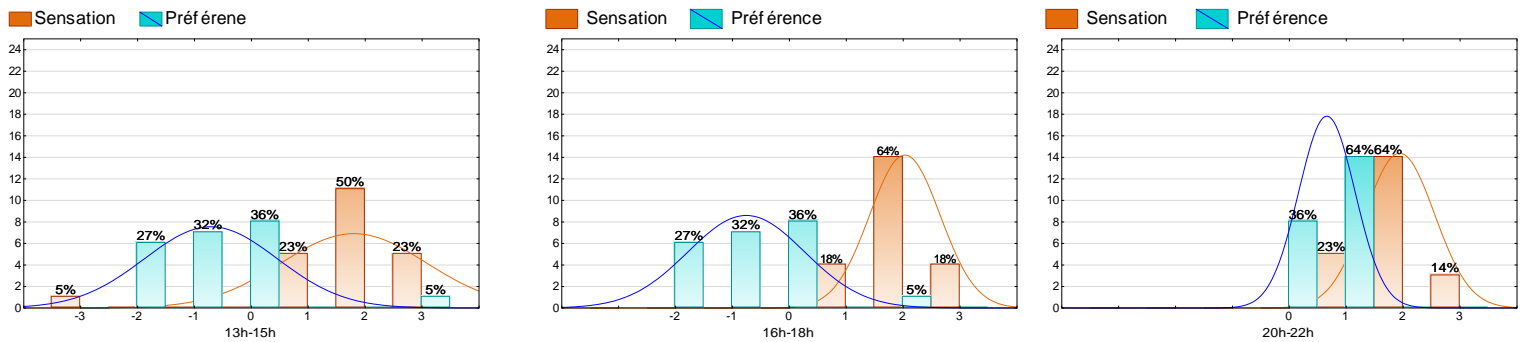


Figure VI. 36. Votes de préférences /votes de satisfaction en ce qui concerne la température ambiante dans les chambres ouest du service pneumologie pendant la période matinale (conditions avec climatisation)

Concernant l'évaluation personnelle de la vitesse de l'air, dans le bâtiment neuf (service de chirurgie obstétrique et pédiatrie) les sujets (à peu près 90%) dans les chambres Est et Ouest n'acceptaient pas l'absence du courant d'air. Egalement ils préféraient avoir beaucoup plus de renouvellement d'air naturel et de rafraichissement.

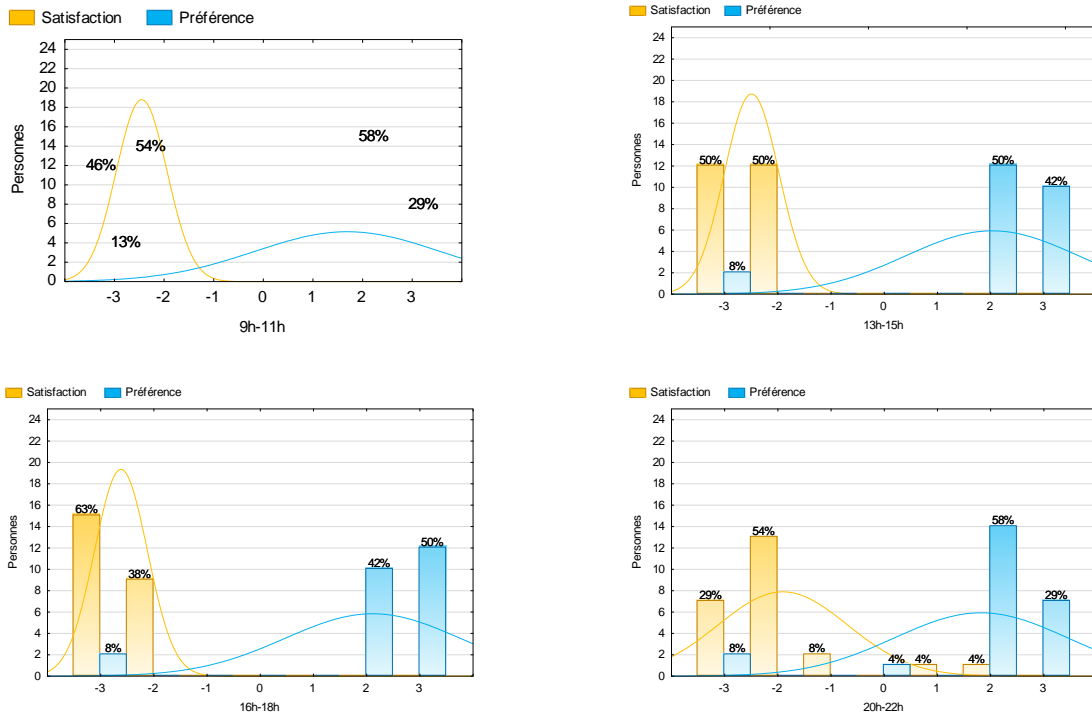


Figure VI. 37. Evaluation personnelle de la vitesse de l'air dans les chambres est du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie)

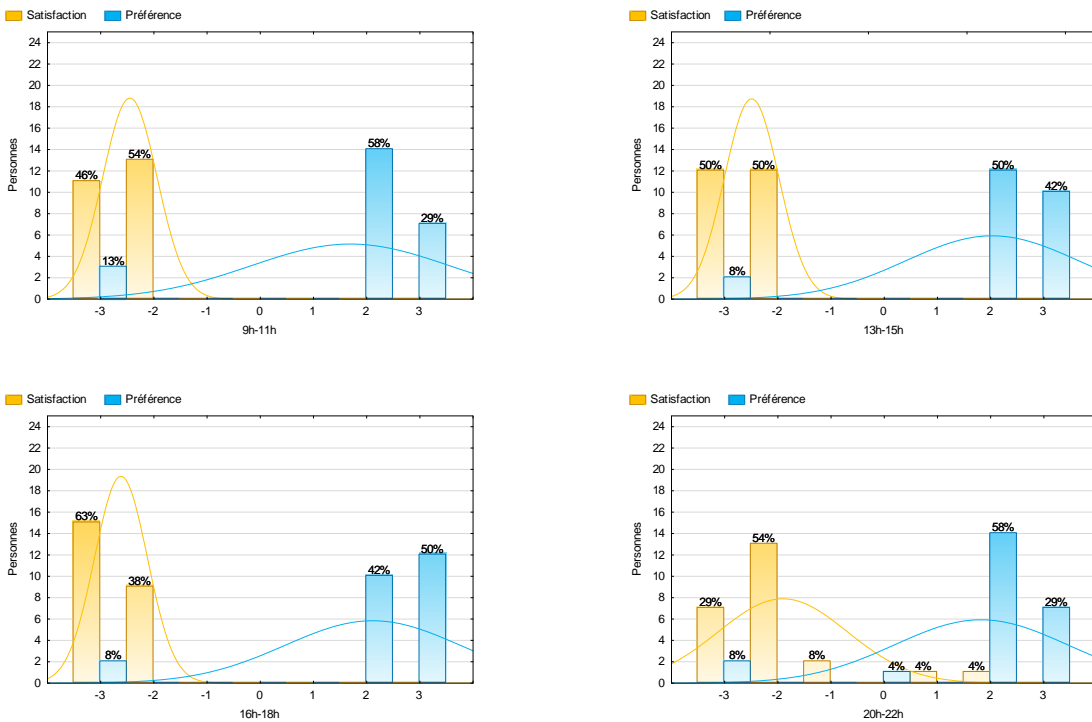


Figure VI. 38. Evaluation personnelle de la vitesse de l'air dans les chambres ouest du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie)

Par rapport au service de pneumologie (Hôpital Hakim Saadane), près de 43% des sujets ont vu que la vitesse de l'air intérieur est globalement acceptable; mais pour leurs préférences nous avons

constaté deux résultats ; la majorité dans les chambres Ouest ne souhaitent aucun changement, au moment où les sujets dans les chambres Est (près de 54%) préféraient avoir un peu plus de courant d'air. Cette variation de choix dût probablement à l'état pathologique et la sensibilité de cette catégorie de patients au moindre changement de ventilation.

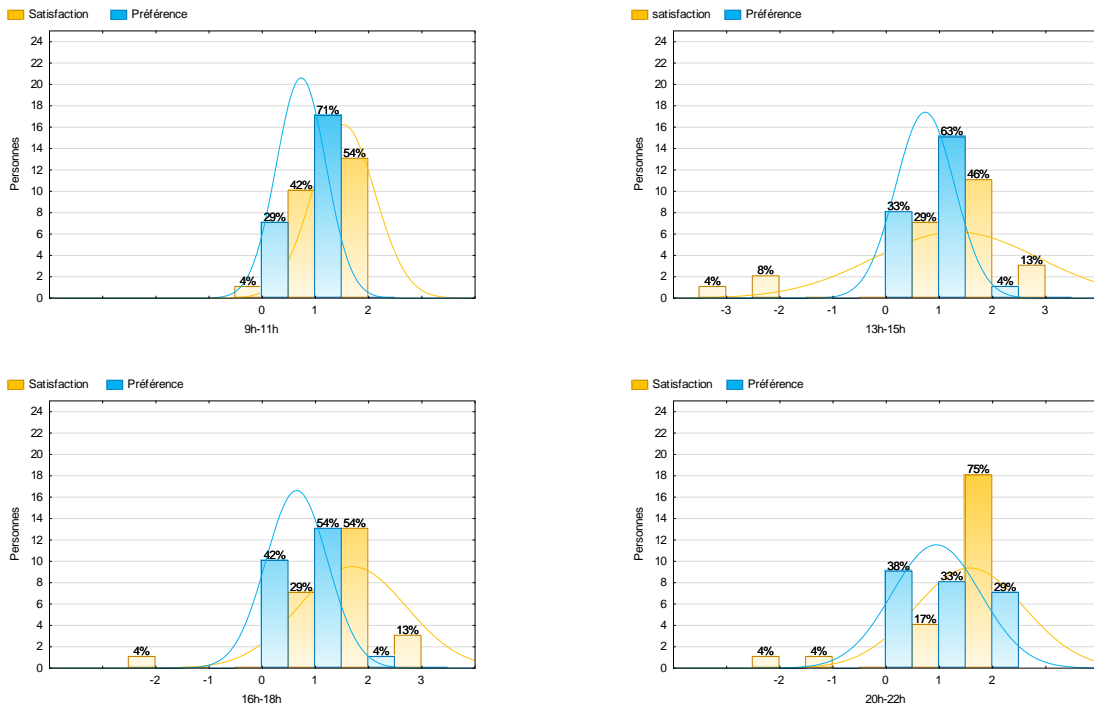


Figure VI. 39. Evaluation personnelle de la vitesse de l'air dans les chambres est du service pneumologie à hôpital Hakim Saadane

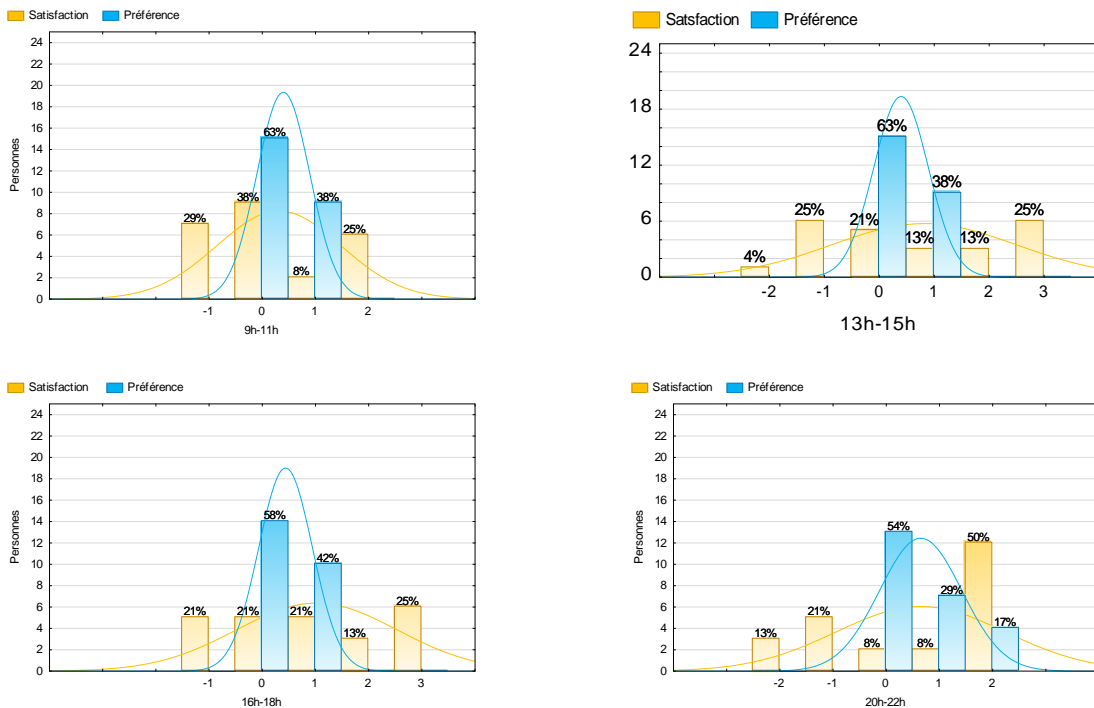


Figure VI. 40. Evaluation personnelle de la vitesse de l'air dans les chambres ouest du service pneumologie à hôpital Hakim Saadane

Il avait en outre une question test de sensation et de préférence concernant l'humidité relative de l'aire où les sujets ont exprimé clairement leurs opinions. Dans le service de chirurgie obstétrique et pédiatrie (le bâtiment neuf de la maternité), les votes de sensation ont été centrés sur la neutralité, et pour les préférences nous constatons aussi que la majorité ne préférerait aucun changement. Les résultats restent valables pour les deux orientations pendant toute la journée sauf que la nuit nous avons noté qu'il y avait une légère différence au niveau des préférences où les sujets préfèrent avoir moins d'humidité; cette sensation peut être estimée normale dans ces espaces vu l'absence de courant d'air et l'utilisation permanente de la climatisation. Encore plus important, l'hygrométrie dans les maternités et les services d'obstétrique doit toujours être maintenue, les bébés étant particulièrement sensibles à l'air sec. Donc, ces espaces assument parfois des interventions d'humidification par différentes techniques d'évaporation.

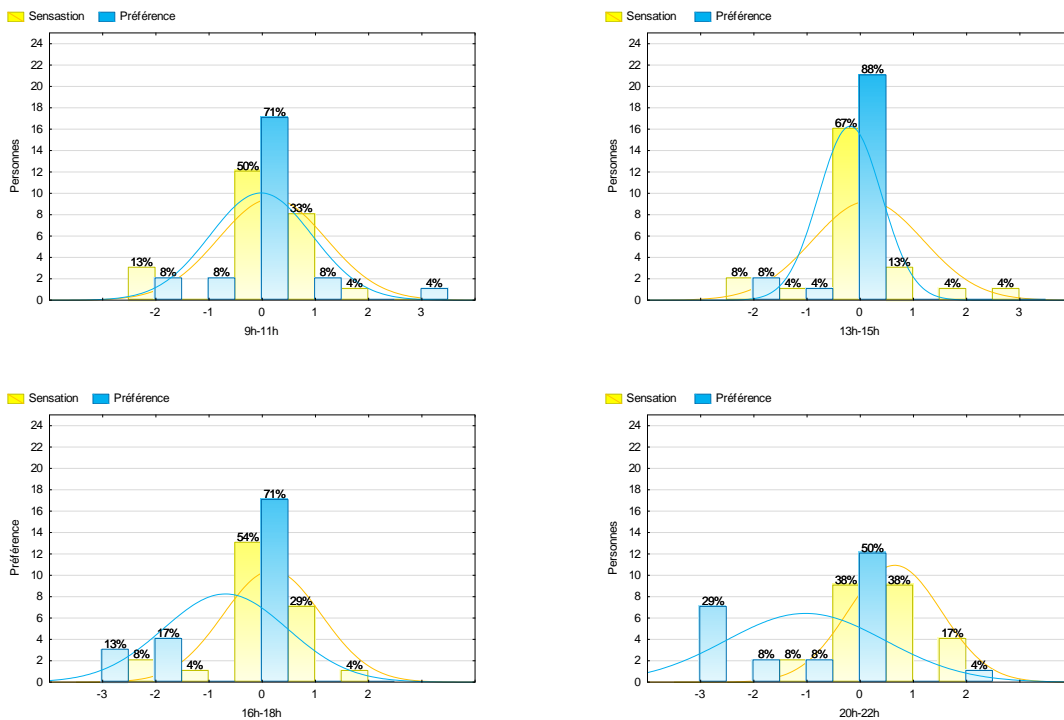
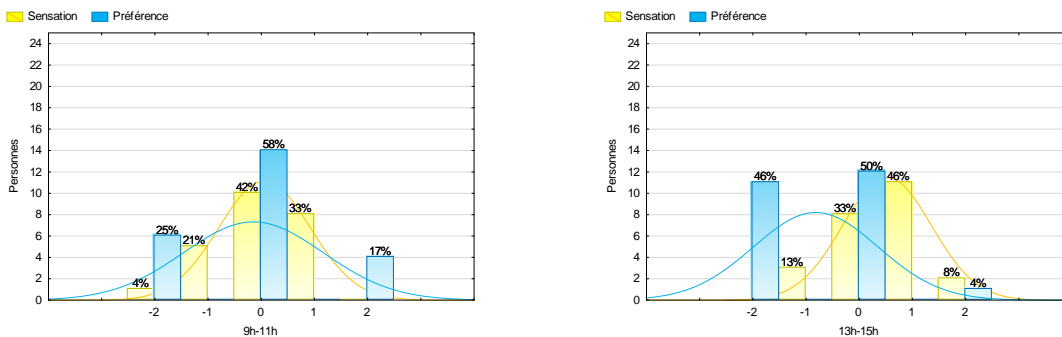


Figure VI. 41. Evaluation personnelle d'humidité relative dans les chambres est du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie)



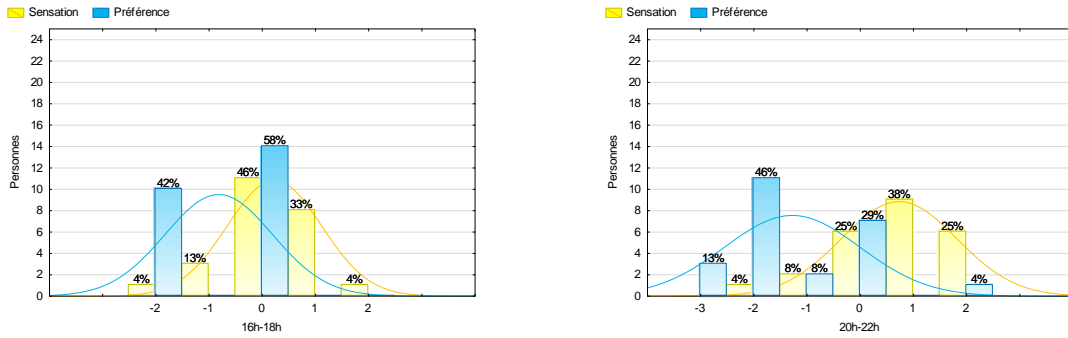


Figure VI. 42. Evaluation personnelle d'humidité relative dans les chambres ouest du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie)

Sachant que :

Echelle de sensation : -3 = Très inacceptable ; -2 = inacceptable ; -1 = Légèrement inacceptable ; 0 = Neutre ; 1 = Légèrement acceptable ; 2 = acceptable ; 3 = Très acceptable.

Echelle de préférence : -3 = Sans ; -2 = Moins ; -1 = Un peu moins ; 0 = Sans changement ; 1 = un peu plus ; 2 = Plus ; 3 = Beaucoup plus.

Pour le cas du bâtiment ancien (service pneumologie à hôpital Hakim Saadane), les sujets refusaient carrément l'humidification causée par l'enfermement et les climatiseurs. Les votes de sensation ont été distribués sur l'échelle tandis que les votes de préférences ont été limités entre sans aucun changement et environnement sans humidité.

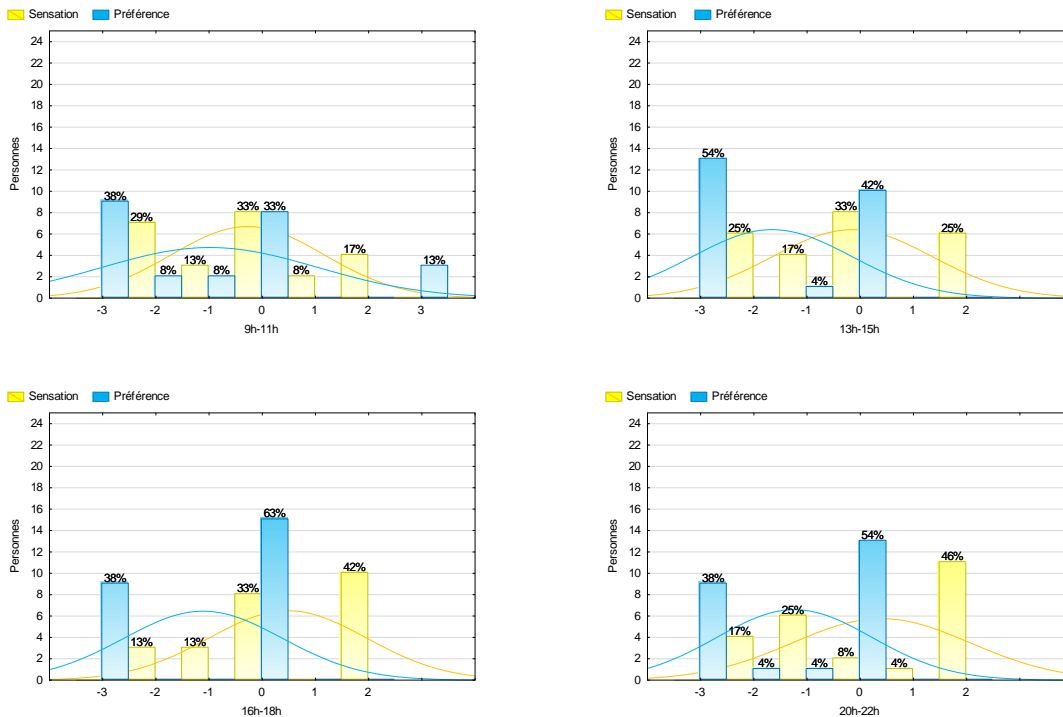


Figure VI. 43. Evaluation personnelle d'humidité relative dans les chambres est du service pneumologie à hôpital Hakim Saadane

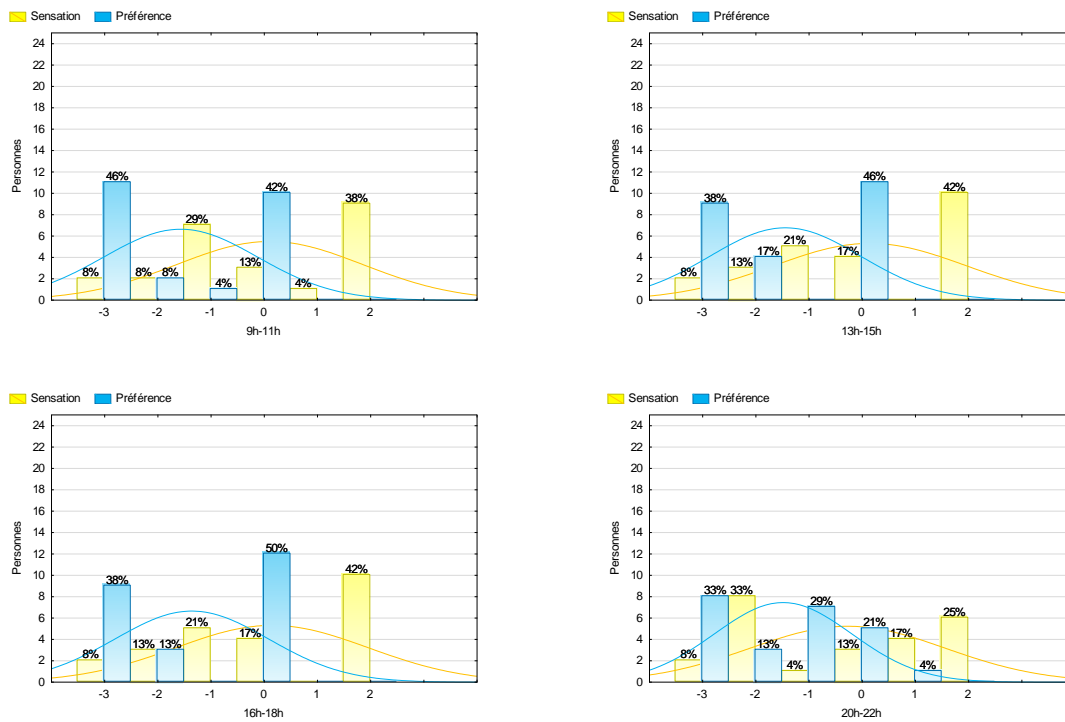


Figure VI. 44. Evaluation personnelle d'humidité relative dans les chambres ouest du service pneumologie à hôpital Hakim Saadane

La bonne qualité de l'air intérieur constitue une dimension indispensable dans les équipements sanitaires. L'air pur et frais qui ne gêne jamais les patients et ne transmet aucune pollution et aucune maladie infectieuse contribue largement à la guérison des patients. Pour cela, nous avons examiné la satisfaction des sujets enquêtés vis à vis ce point essentiel. L'idée de la question vise à évaluer la qualité de l'air intérieur sur une échelle de 7 points en commençant par: -3= très étouffant ;.....jusqu'à 3= Très frais.

Pour le bâtiment neuf (le service de chirurgie obstétrique et pédiatrie de la maternité) les votes se sont limités entre -2 et 1 pendant la période matinale. Au reste du jour, de 13h00 à 22h00 les résultats se sont penchés fortement sur le point -3 (très étouffant). Les sujets ont exprimé tout franchement leurs avis en déclarant le degré de gêne provoqué par l'enferment, le manque d'aération, et le mauvais système de ventilation, tout particulièrement pendant la nuit. Les constats restent valables pour les deux orientations (Figure.VI.45 ; Figure.VI.46).

Ce n'est pas très loin, les patients à l'ancien bâtiment (service de pneumologie hôpital Hakim Saadane) se plaignent du même problème. Il est constaté donc que ce problème épineux de la mauvaise qualité de l'air intérieur dans les équipements sanitaires semble être très répandu quoique les usagers de ces espaces soient très fragiles et très sensible à ce facteur.

Au cours du matin, la majorité des sujets dans les chambres Est et Ouest ont voté dans les limites de -1 et 1, ceci peut être considéré en quelque sorte acceptable. Ensuite, pour la période de 13h00 à 15h00 la majorité ont voté par -1; puis les résultats se dégradaient de plus en plus jusqu'à -3 la note

donnée par la majorité des sujets pendant la nuit. Les figures ci-dessous présentent les résultats des deux bâtiments (Figure.VI.47 ; Figure.VI.48).

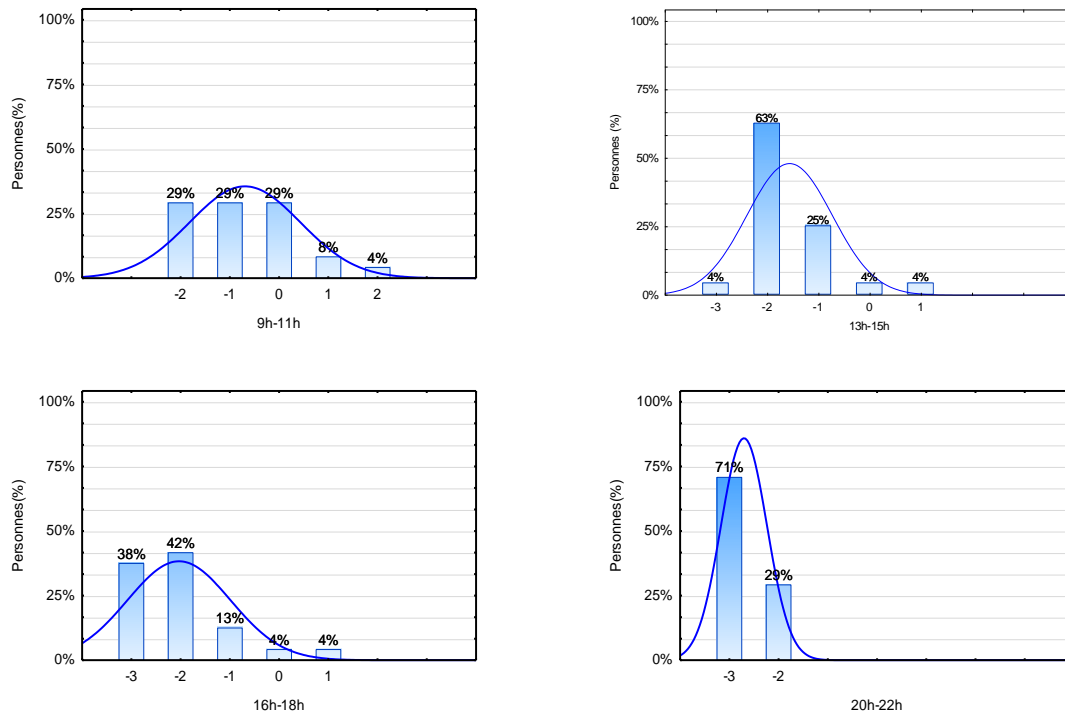


Figure VI. 45. Evaluation personnelle de la qualité de l'air dans les chambres est du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie)

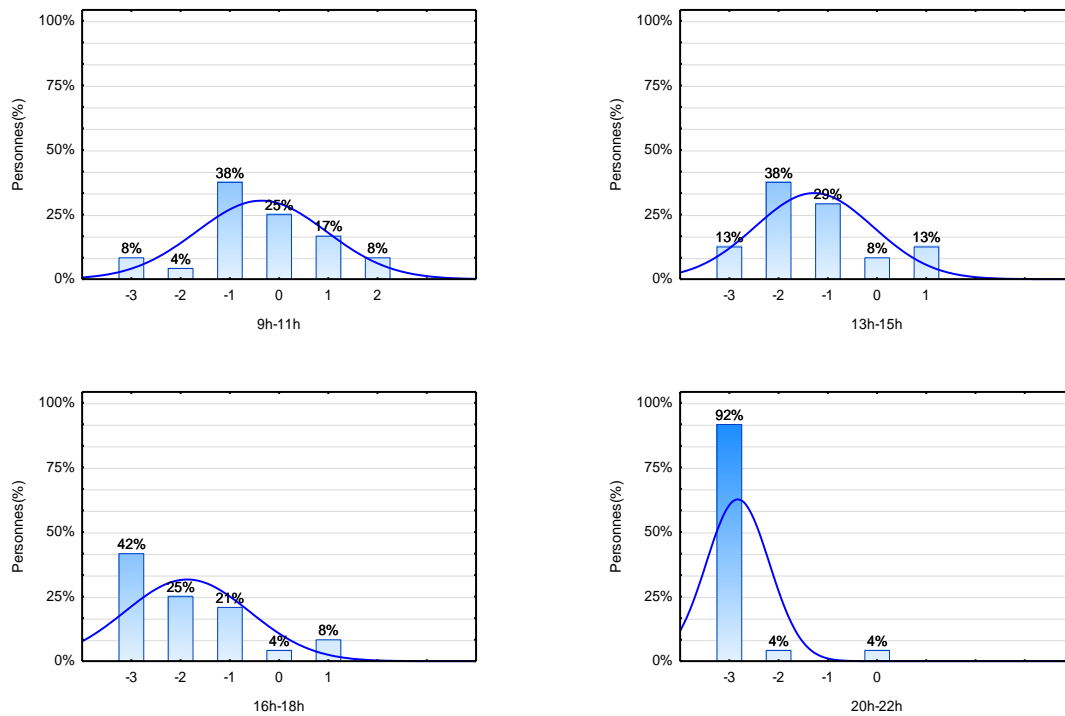


Figure VI. 46. Evaluation personnelle de la qualité de l'air dans les chambres ouest du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie)

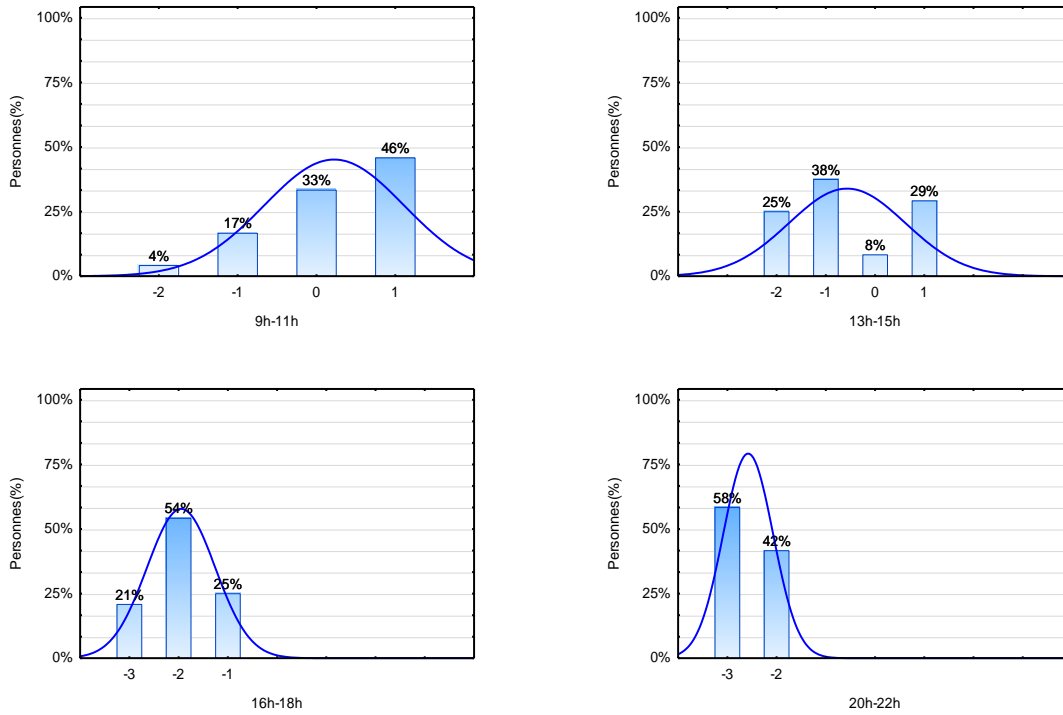


Figure VI. 47. Evaluation personnelle de la qualité de l'air dans les chambres est du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie)

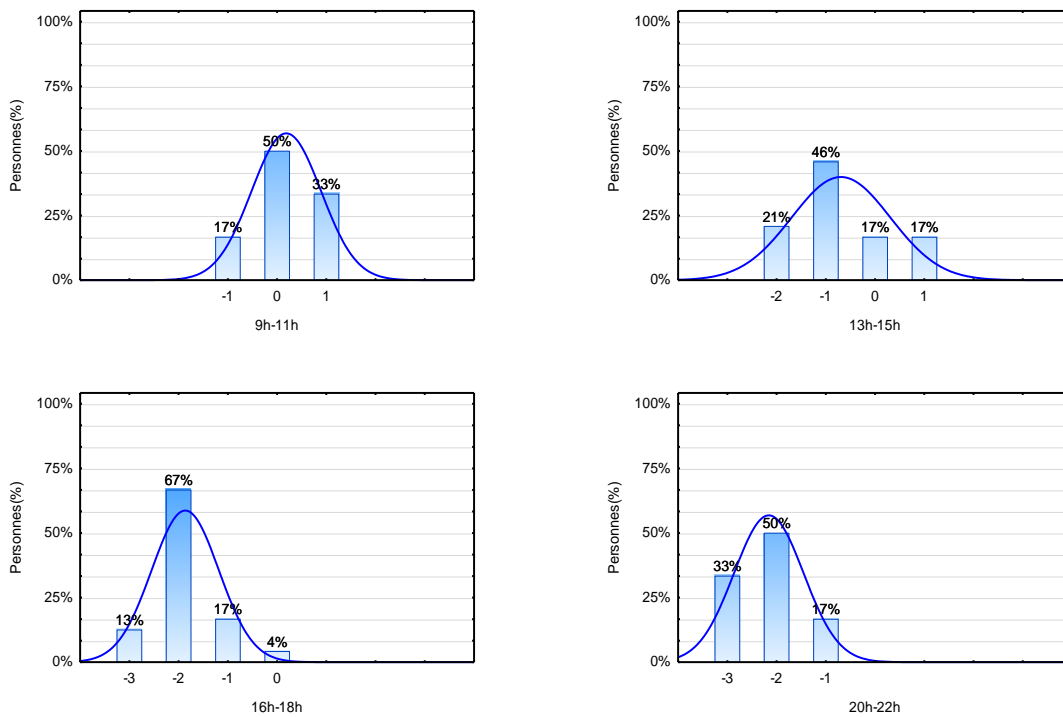


Figure VI. 48. Evaluation personnelle de la qualité de l'air dans les chambres ouest du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie)

4.4. Evaluation personnelle du climat général : Analyses des observations et des entrevues

4.4.1. Notion de comportement

Définition 1 : Comportement n.m 1. Manière de se comporter, de se conduire ; ensemble de réactions d'un individu. Comporter v.pr. 1. se conduire d'une certaine manière. Se comporter en honnête homme. 2. Fonctionner, réagir d'une certaine façon, dans des conditions données. Ex : Cette voiture se comporte bien dans les virages (LAROUSSE 1992).

Définition 2 : En psychologique, un comportement est défini comme étant un ensemble de réactions, observable objectivement, d'un individu qui agit en réponse à une stimulation venue de son milieu intérieur ou du milieu extérieur (LAROUSSE 1992).

Définition 3 : En éthologique, un comportement est considéré comme une séquence motrice ordonnée susceptible de variations individuelles, effectuée en fonction du milieu intérieur et du contexte environnemental instantané du sujet (LAROUSSE, Grand Larousse Universel 1990-1992).

Dans un premier temps, la notion du comportement s'est confondue avec le «behaviorisme » de J.B. Watson et H. Piéron. Ce concept, traite les comportements comme données en réponse à des événements de l'environnement ou stimuli. Le même concept exclut pour le premier regard, la dimension psychologique et prend en considération seulement les activités directement observables. Ensuite c'était l'apparition du "cognitivisme" et les sciences cognitives qui croyaient qu'il existe un lien fort entre le comportement et les stimuli (SEHABA 2005).

A ces égards, SEHABA a défini le comportement comme étant un ensemble de réactions observables, à différents niveaux, en réponse à des stimulations à des objets d'intérêt (appelés Stimuli).

4.4.2. Analyse de comportements par observation des actions

Notre tâche consiste à identifier un ensemble de comportements prédéfinis par analyse des réactions des sujets enquêtés face à des situations et des stimuli de l'ambiance thermique environnante créés intentionnellement pour but de tester leurs réactions. Les situations provoquées sont:

- ✓ Allumer/ éteindre les climatiseurs tout à coups ;
- ✓ Ouvrir/fermer les porte et les fenêtres juste après l'entrée de l'infermière ;
- ✓ Changer la situation des ouvertures et les stores ;
- ✓ Demander aux sujets s'ils avaient besoins de couvertures.

Les réactions face à celles-ci peuvent être de nature visuelle (direction du regard par exemple), des gestes implicites, ou des inclinations de tête pour exprimer leurs choix. Comme elles peuvent être des contre-actions, des réclamations, ou des interrogations. D'ici, nous analysons la façon dont les réactions des sujets ont évolué afin d'obtenir une interprétation de leurs comportements (Figure. VI.49).

L'approche que nous avons adoptée pour cette analyse est inspirée par une étude doctorale en informatique qui a été menée dans l'objectif d'observer et d'analyser les comportements des enfants autistes à l'aide des logiciels interactifs. Et de même, cette étude est le résultat d'une inspiration venante de plusieurs fondements théoriques entre autres la théorie des affordances (SEHABA 2005).

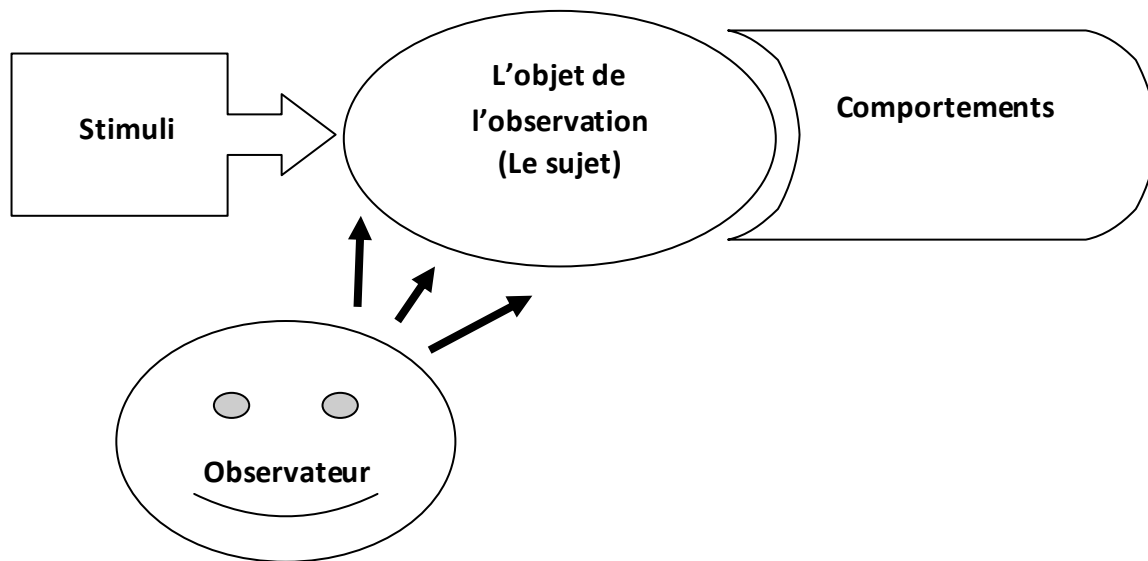


Figure VI. 49. Principe de l'approche adoptée pour l'analyse des comportements

Les observations sont accompagnées par des questions implicites dans des discussions masquées traitants avec la technique entriste exprimée précédemment. Alors, nous avons attribué les questions selon les périodes d'enquête. Par exemple, le matin nous avons posé des questions sur le courant d'air s'il existe ou non, une autre question assez générale sur l'importance de certain paramètres.

La période de 13h00 à 18h00 nous les avons interrogés sur leurs avis concernant l'exposition au soleil et la distribution des ouvertures. Avec quelques autres questions sur la distribution générale des chambres, les variations de températures entre les chambres et les différents autres espaces tels que les couloirs.

Ensuite, les questions posées pendant la nuit étaient de nature variée concernant la possibilité d'agir sur les différents éléments de la chambre, les ouvertures (portes/fenêtres), la position des rideaux et les stores, l'éclairage général de la chambre, la gestion de la climatisation, etc. La dernière question était concernant les modifications apportées par les sujets et l'effet de ces modifications sur leurs confort.

Le tableau suivant montre quelques exemples de réactions et des comportements générés par les sujets face à des situations gênantes provoqué par l'observateur pendant la période matinale.

Le temps	Stimuli	L'objet de l'observation (le sujet)		Situation	Comportements observés
9h00-11h00	- Fermer la porte	Chambre 01	Sujet 01	Allongé	Demandé à l'infirmière de rouvrir la porte
			Sujet 02	Allongé	Aucun signe
			Sujet 03	Assis	Expression de malaise
	- Fermer la fenêtre	Chambre 02	Sujet 01	Assis	Rouvrir la fenêtre personnellement après quelques minutes
			Sujet 02	Assis	Sortir de la chambre
			Sujet 03	Assis	expression de malaise
	- Fermer la porte et la fenêtre	Chambre 03	Sujet 01	Allongé	Réclamer et demandé pourquoi
			Sujet 02	Assis	Demander à l'infirmière de rouvrir la fenêtre
			Sujet 03	Allongé	Rouvrir la fenêtre après quelques minutes
	- Fermer la porte et la fenêtre	Chambre 04	Sujet 01	Assis	Expression de malaise
			Sujet 02	Assis	Rouvrir la fenêtre après quelques minutes
			Sujet 03	Allongé	Rouvrir la porte après quelques minutes

Tableau VI. 1. Tableau d'observations et d'analyse de comportement des sujets de la maternité (Service de chirurgie obstétrique et de pédiatrie) pendant la période matinale

A ce moment là, nous avons posé à l'occasion deux questions concernant le courant d'air et le degré de sa variation. Les réponses sont présentées dans les graphes ci-dessous, sachant que l'échelle d'évaluation est le suivant :

1= Trop ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 7= Jamais

1=Vairé; 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 7= Constant

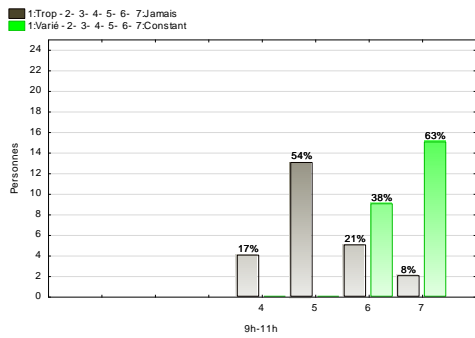


Figure VI. 50. Evaluation personnelle du courant d'air dans les chambres est du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie)

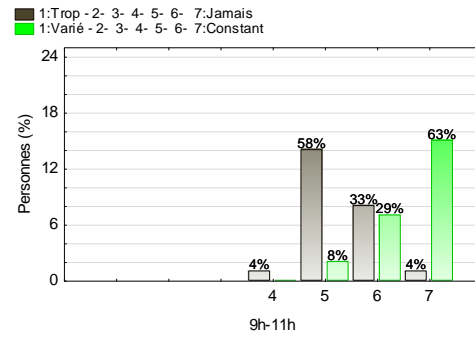


Figure VI. 51. Evaluation personnelle du courant d'air dans les chambres ouest du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie)

Les graphes suivants représentent les réponses des sujets sur une question concernant l'importance de certains paramètres :

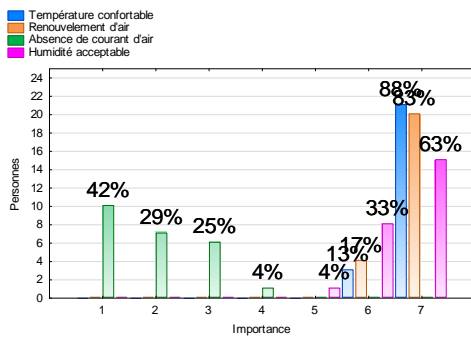


Figure VI. 52. Degrés d'importances des paramètres de l'ambiance thermique, lumineuse et acoustique d'après les sujets dans les chambres du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie)

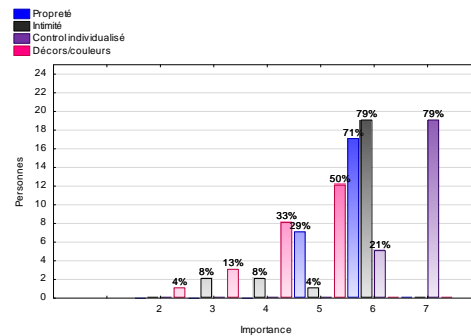
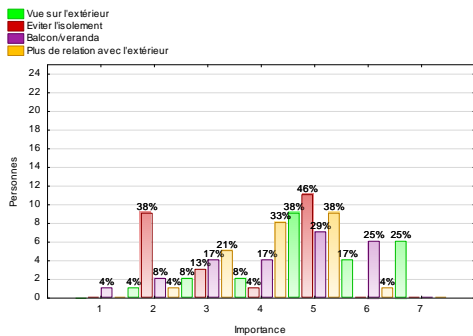
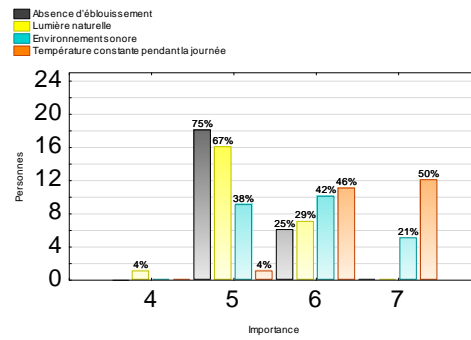


Figure VI. 53. Degrés d'importances des paramètres de la forme et de l'espace d'après les sujets dans les chambres du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie)

Dans une comparaison entre les paramètres de l'ambiance thermique, la température de confort occupe une position remarquable par rapport aux autres paramètres, où près de 88% des sujets ont donné une note de 7/7 (très important). Avec des résultats très similaires, l'importance de renouvellement d'air a été estimée par près de 83% qu'il est aussi très important (7/7); et ce n'est pas très loin, les résultats de l'humidité (humidité acceptable) occupe la troisième position sur le point 7/7 par près de 63%. Pendant que l'absence de courant d'air n'était pas préférable pour les sujets, et les résultats de ce dernier ont été distribués sur les trois faibles point 1/7, 2/7 et 3/7. Ce qui fait rappel aux résultats obtenus par votes de sensation, préférence et satisfaction (Figure. VI.50 ; Figure.

VI.51). D'ici, et à partir des comportements observés en réaction face aux situations d'inconfort appliquées sur les sujets, nous pouvons constater que les patients peuvent supporter des situations de températures élevées, pour but d'avoir la possibilité de s'ouvrir à l'extérieur et de respirer de l'air frais. En revanche, avoir une température constante pendant toute la journée était l'ambition primordiale pour près 50% des sujets, et 46% ont voté par 6/7 pour ce paramètre. 67% des sujets préfèrent avoir une lumière naturelle au lieu de l'éclairage artificiel. Néanmoins 75% entre eux préfèrent ne pas être exposé à l'éblouissement. Egalement, l'importance de séjourner dans un environnement sonore acceptable est assez remarquable, entre 6/7 et 5/7 les votes étaient distribués. Dans une appréciation des avis concernant la disparité d'importance de différents paramètres spatiaux, les sujets ont interagi de manière impressionnante et ils ont exprimé leurs préférences. Notant que tous les paramètres y compris vue sur l'extérieur, avoir un balcon ou véranda et avoir plus de relation avec l'extérieur ayant une importance pas moins de 5/7 (assez important) aussi qu'ils ont une influence indéniable sur l'ajustement de confort dans la chambre.

La tâche d'introduire la dimension psychologique à travers des questions sur les perceptions et les préférences des sujets concernant la chambre comme espace intime, nous a permis d'explorer les ajustements qui peuvent contribuer au maximum à leurs guérisons. Par exemple, 79% des sujets préfèrent avoir un control individualisé sur les différents éléments de la chambre. Le même pourcentage a donné la note d'importance 6/7 pour l'intimité, et sur le même point d'importance, 71% ont voté pour la propreté et 50% pour les décors et les couleurs.

Le tableau ci-dessous représente les différents comportements observés sur les sujets du service pneumologie à hôpital Hakim saadane, et qui étaient évoqués par les mêmes stimuli utilisés avec les sujets du bâtiment neuf (Tableau. VI.2).

Le temps	Stimuli	L'objet de l'observation (le sujet)		Situation	Comportements observés
9h00-11h00	- Fermer la porte	Chambre 01	Sujet 01	Allongé	Rouvrir la porte tout de suite
			Sujet 02	Allongé	Expression de malaise
	- Fermer la fenêtre	Chambre 02	Sujet 01	Allongé	Demander à l'infirmière de rouvrir la fenêtre
			Sujet 02	Assis	Réclamer et demander pourquoi
	- Fermer la porte et la fenêtre	Chambre 03	Sujet 01	Allongé	Rouvrir la fenêtre après quelques minutes
			Sujet 02	Allongé	Rouvrir la fenêtre après quelques minutes
	- Fermer la porte et la fenêtre	Chambre 04	Sujet 01	Assis	Rouvrir la fenêtre après quelques minutes
			Sujet 02	Allongé	Rouvrir la fenêtre tout de suite

Tableau VI. 2. Tableau d'observations et d'analyse de comportement des sujets de Hakim Saadane (Service de pneumologie) pendant la période matinale

Rouvrir la fenêtre et la porte juste après quelques minutes ou tout de suite, c'était le comportement le plus fréquent par les sujets dans ce bâtiment. Cela s'exprime clairement par les avis des sujets concernant l'importance des paramètres ayant une influence sur l'ajustement de l'ambiance thermique environnante. Là où, les sujets ont reconnu à 100% que la température, le renouvellement d'air et l'humidité ayant une importance indispensable dans l'assurance du confort thermique dans les chambres. L'absence de courant d'air peut être légèrement importante vu la sensibilité de cette catégorie des patients aux effets des courants d'air (Figure. VI.54 ; Figure. VI.55).

En fait, entre l'absence de l'éblouissement, la lumière naturelle, l'environnement sonore acceptable et avoir une température constante pendant toute la journée; les sujets ont donné la grande importance 7/7 au dernier choix. Pendant que l'absence d'éblouissement, la lumière naturelle et l'environnement sonore acceptable ont été estimés avec des pourcentages convergents par une note de 5/7. Aussi bien, sur le point d'importance 6/7 ont été focalisés la majorité des votes concernant les paramètres spatiaux. Nous pouvons noter en première position le choix d'avoir plus de relation avec l'extérieur; ce constat du à la forme très étroites des chambres et du service en général ce qui donne la sensation de gêne dans l'espace. Juste après, le choix d'avoir un espace semi privé (balcon ou véranda) dans la chambre occupe la deuxième position par près de 58%.

Contrairement aux résultats du bâtiment neuf, les sujets dans ce bâtiment ont préféré d'avoir de nouveaux décors et de nouvelles couleurs pour leurs chambres. Et de même 50% des sujets ont voté par 7/7 (très important) pour le contrôle individualisé de l'équipement. Les votes concernant les paramètres intimité et propreté ont été variés entre 4/7 et 6/7.

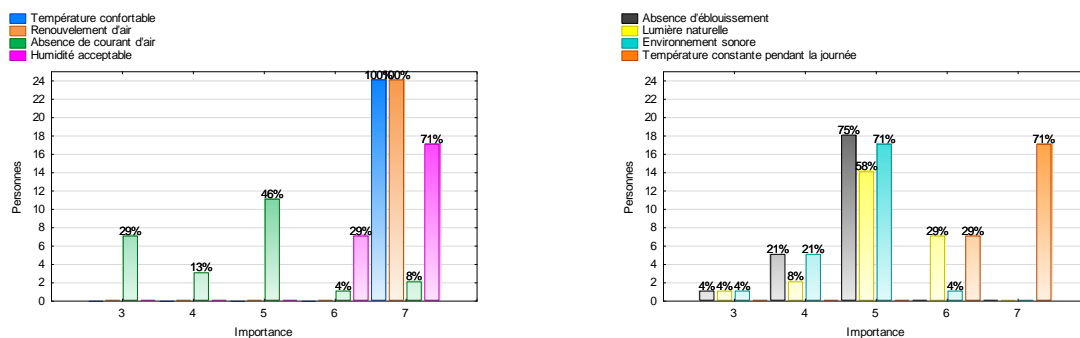


Figure VI. 54. Degrés d'importances des paramètres de l'ambiance thermique, lumineuse et acoustique d'après les sujets dans les chambres du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie)

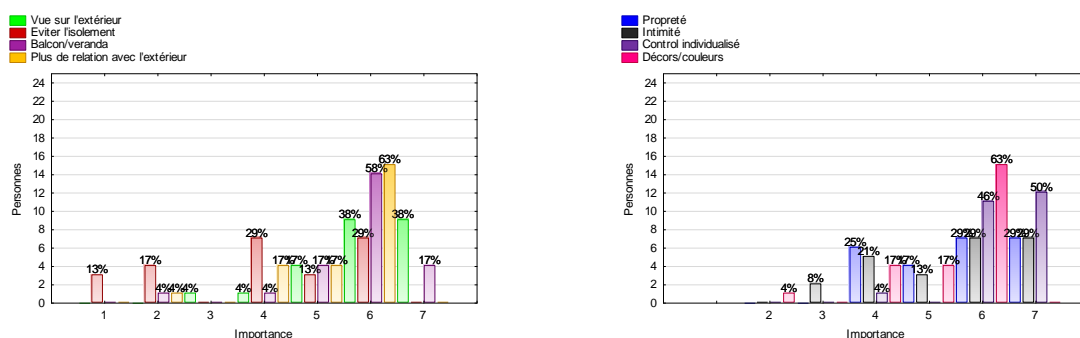


Figure VI. 55. Degrés d'importances des paramètres de l'ambiance thermique, lumineuse et acoustique d'après les sujets dans les chambres du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie)

Par ailleurs, les réactions générées par l'allumage des climatiseurs étaient très rapides et significatives. A ce moment là, nous avons constaté que les sujets n'avaient plus de patience pour supporter les situations chaudes

Le temps	Stimuli	L'objet de l'observation (le sujet)		Situation	Comportements observés
13h00-18h00	- Allumer les climatiseurs tout à coup	Chambre 01	Sujet 01	Allongé	Expression de soulagement
			Sujet 02	Assis	Demander à l'infirmière de fermer la porte
			Sujet 03	Allongé	Fermer la fenêtre personnellement
	- Allumer les climatiseurs tout à coup - Changer la situation des ouvertures	Chambre 02	Sujet 01	Allongé	Demander à l'infirmière de fermer la fenêtre
			Sujet 02	Allongé	Aucun signe
			Sujet 03	Allongé	Expression de soulagement après la fermeture de la fenêtre
	- Changer la situation des ouvertures - Allumer les climatiseurs tout à coup	Chambre 03	Sujet 01	Assis	Demander à l'infirmière de mettre le climatiseur en service
			Sujet 02	Allongé	Expression de soulagement après la l'allumage du climatiseur
			Sujet 03	Assis	Aucun signe
	- Allumer les climatiseurs tout à coup	Chambre 04	Sujet 01	Allongé	Expression de soulagement
			Sujet 02	Assis	Expression de soulagement
			Sujet 03	Assis	Fermer la fenêtre personnellement

Tableau VI. 3. Degrés d'importances des paramètres de l'ambiance thermique, lumineuse et acoustique d'après les sujets dans les chambres du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie)

Les avis des sujets en ce qui concerne l'exposition des chambres au soleil et la pénétration de la lumière naturelle n'étaient pas très variés. La grande majorité presque focalisés sur le point 3/7 ; une évaluation proche à la neutralité qu'à la vue positive ou négative. Et de même les votes d'évaluation de la position des ouvertures ont été focalisés sur le point 4/7.

Lorsqu'ils ont discuté ce point, ils nous ont transmis une sensation de satisfaction mais parfois d'inattention. Ce qui exprime que le confort thermique constitue leur souci primordial dont ils ont parlé avec intérêt et beaucoup d'interaction.

Les figures ci-dessous présentent l'évaluation personnelle de l'exposition des chambres au soleil et la pénétration de la lumière naturelle ainsi que la position des ouvertures (Figure. VI. 56 ; Figure. VI. 57).

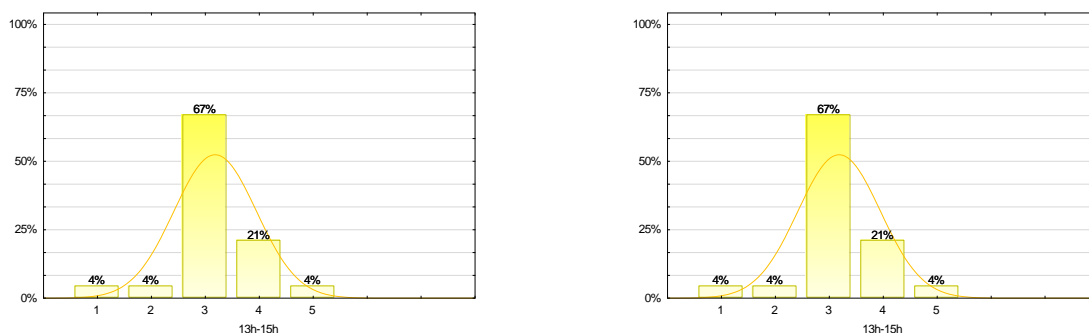


Figure VI. 56. Evaluation personnelle de l'exposition au soleil et la pénétration de la lumière naturelle d'après les sujets dans les chambres du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie)

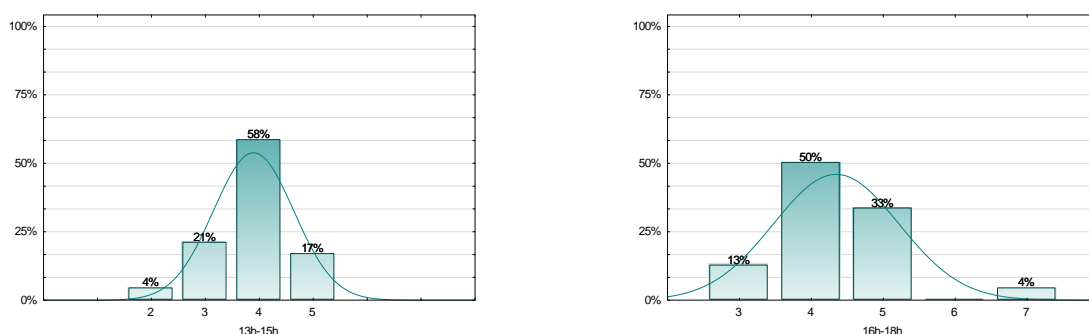


Figure VI. 57. Evaluation personnelle de la position des ouvertures d'après les sujets dans les chambres du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie)

Au service de pneumologie, les sujets ont exprimé avec beaucoup d'intérêt leurs satisfactions et leurs sensations de soulagement quand les climatiseurs ont été mis en service.

Et dans les discussions à propos de leurs avis concernant l'exposition des chambres au soleil, la grande majorité ont convenu qu'elle est susceptible d'être excellente, ils l'ont noté par 6/7, ce qui fait la position des ouvertures aussi considérée comme si bonne et elle était estimée par 5/7 (Figure. VI. 58 ; Figure. VI. 59).

2	Stimuli	L'objet de l'observation (le sujet)		Situation	Comportements observés
13h00-18h00	- Allumer les climatiseurs tout à coup	Chambre 01	Sujet 01	Allongé	Expression de soulagement
			Sujet 02	Allongé	Expression de soulagement
	- Allumer les climatiseurs tout à coup - Changer la situation des ouvertures	Chambre 02	Sujet 01	Allongé	Demander à l'infirmière de fermer la fenêtre
			Sujet 02	Allongé	Expression de soulagement
	- Changer la situation des ouvertures - Allumer les climatiseurs tout à coup	Chambre 03	Sujet 01	Allongé	Demander à l'infirmière de mettre le climatiseur en service
			Sujet 02	Allongé	Fermer la fenêtre personnellement
	- Allumer les climatiseurs tout à coup	Chambre 04	Sujet 01	Allongé	Demander à l'infirmière de fermer la fenêtre
			Sujet 02	Assis	Expression de soulagement

Tableau VI. 4. Tableau d'observations et d'analyse de comportement des sujets de Hakim Saadane (Service de pneumologie) l'après-midi

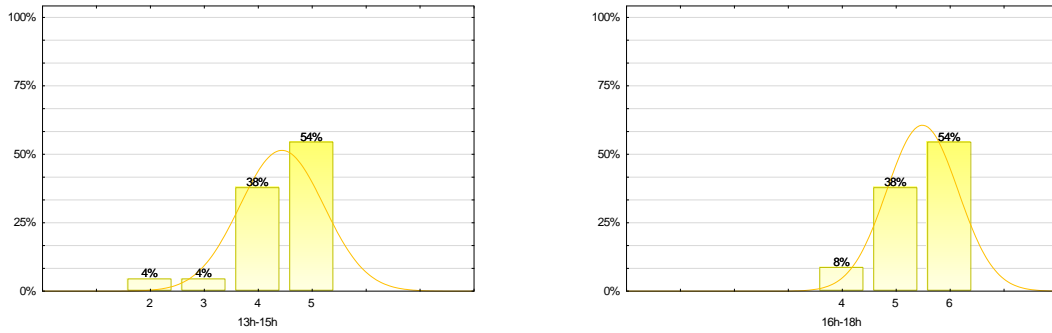


Figure VI. 58. Degrés d'importances des paramètres de l'ambiance thermique, lumineuse et acoustique d'après les sujets dans les chambres de Hakim Saadane (Service de pneumologie)

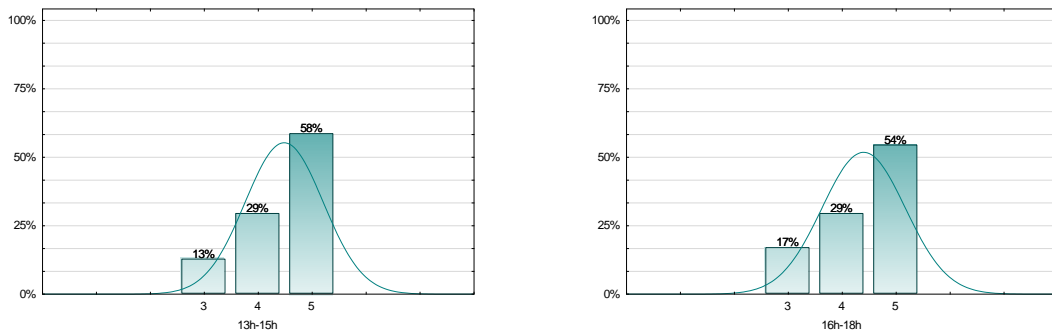


Figure VI. 59. Degrés d'importances des paramètres de l'ambiance thermique, lumineuse et acoustique d'après les sujets dans les chambres de Hakim Saadane (Service de pneumologie)

La gestion de la climatisation dans un hôpital semble être une problématique majeure dans un environnement sensible où un contrôle précis de la température est indispensable. Des températures excessives peuvent rallonger les périodes de rétablissement et engendrent le développement plus rapide des infections. Egalement, des températures surélevées peuvent provoquer des situations de gêne et de malaise et peuvent contribuer largement à la rechute des patients. Dans cette optique, nous avons voulu faire ressortir leurs opinions en ce qui concerne le fonctionnement de la climatisation dans les chambres. En effet, les réponses collectées sont représentées dans les graphes suivants:

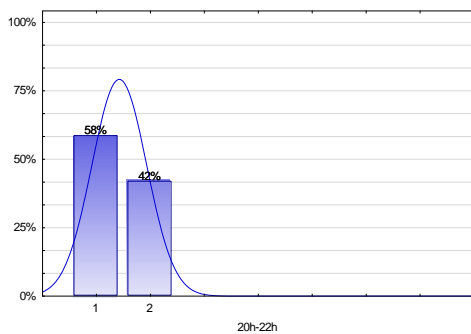


Figure VI. 60. Evaluation personnelle du fonctionnement de la climatisation d'après les sujets dans les chambres du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie)

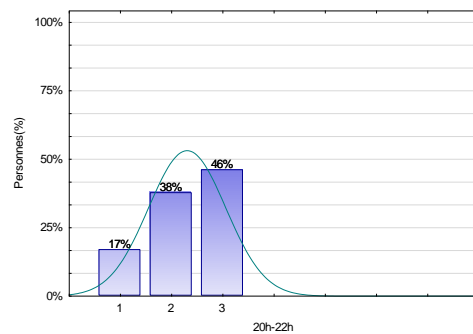


Figure VI. 61. Evaluation personnelle du fonctionnement de la climatisation d'après les sujets dans les chambres de Hakim Saadane (Service de pneumologie)

Au vu des résultats, nous avons constaté que le patient comme tout propriétaire d'un espace, il préfère avoir un contrôle individualisé de tout ce qui est matériel de confort de soi entre autres la

climatisation. Ce qui apparait clairement à travers les votes des sujets sur la question concernant la qualité de climatisation et du fonctionnement des climatiseurs.

Au niveau du service maternité, les sujets ont voté par (1/7 : très mauvaise et 2/7 : mauvaise) et ce n'est pas très loin les votes des sujets du service de pneumologie ont été centrés sur 3/7 et 2/7. Ce résultat est provenu forcément parce que les patients n'ont pas le droit de choisir la température convenable à leurs situations et leurs degrés de satisfaction, mais surtout ils n'ont pas le droit de démarrer ou d'éteindre les climatiseurs selon leurs besoins thermiques.

Le problème est similaire pour les autres éléments qui sont normalement à la disposition de l'occupant de l'espace car c'est son domaine de compétence comme nous avons mentionné précédemment. Par exemples, les sujets ayant parfois la possibilité de fermer la porte de la chambre. Parfois ils peuvent modifier la position des rideaux ou des stores et parfois non, quoi que ces modifications permettent d'améliorer la situation gênante et réduire leurs inconfort. Dans les figures ci-dessous nous présentons les votes des sujets en ce qui concerne leurs possibilités d'agir sur plusieurs éléments dans la chambre (Figure. VI. 62 ; Figure. VI. 64) et nous montrons aussi jusqu'à quel degré ces ajustements peuvent réduire l'inconfort thermique des sujets (Figure. VI. 63 ; Figure. VI. 65).

Indiquez si dans votre chambre vous avez la possibilité d'agir personnellement sur les éléments suivants :

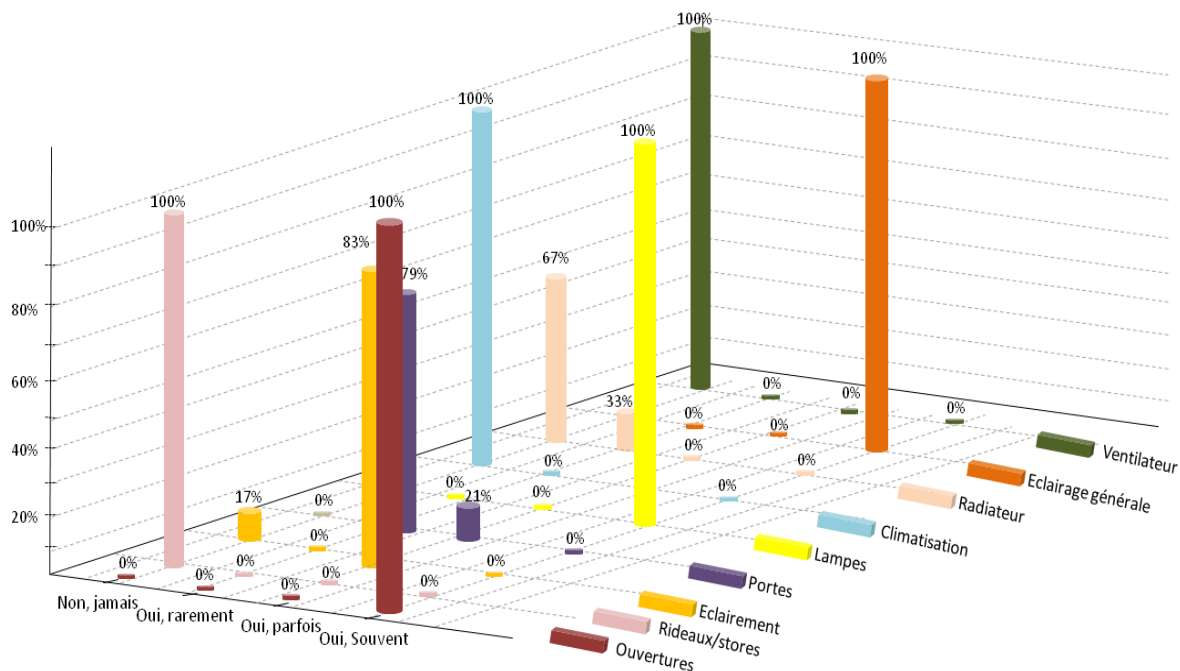


Figure VI. 62. Possibilité de control individualisé des différents éléments dans les chambres du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie)

Ces modifications vous permettent de réduire votre inconfort

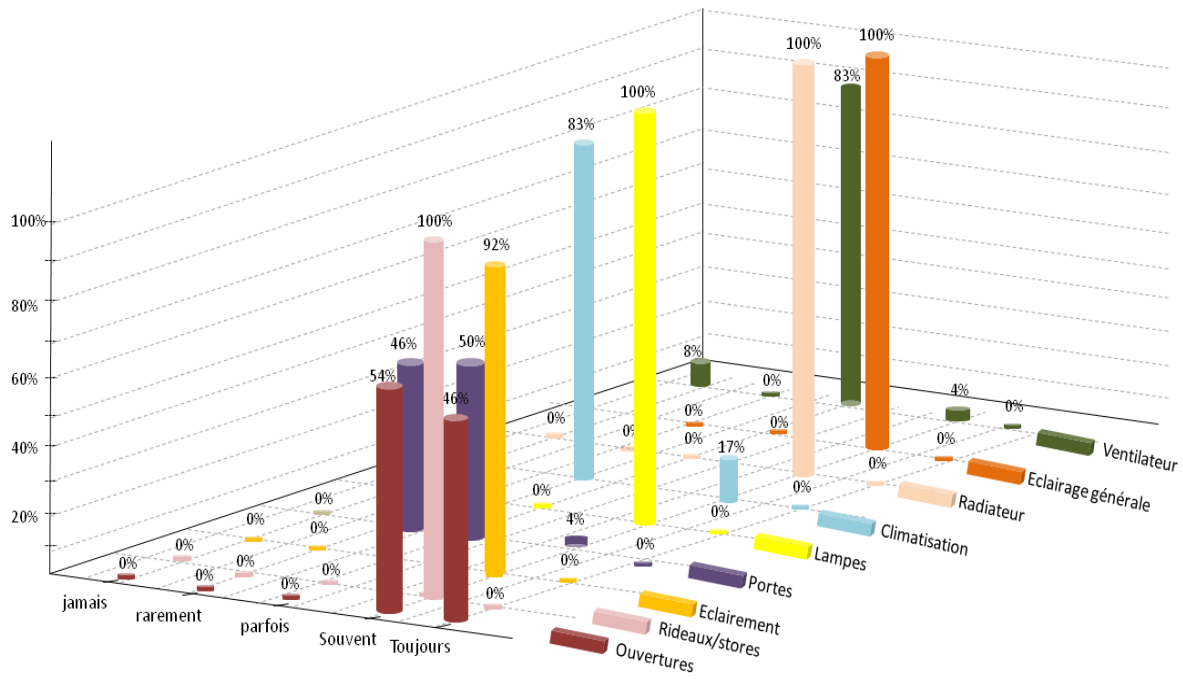


Figure VI. 63. Les résultats possibles des modifications apportées par les sujets du service maternité (chirurgie obstétrique et pédiatrie)

Indiquez si dans votre chambre vous avez la possibilité d’agir personnellement sur les éléments suivants :

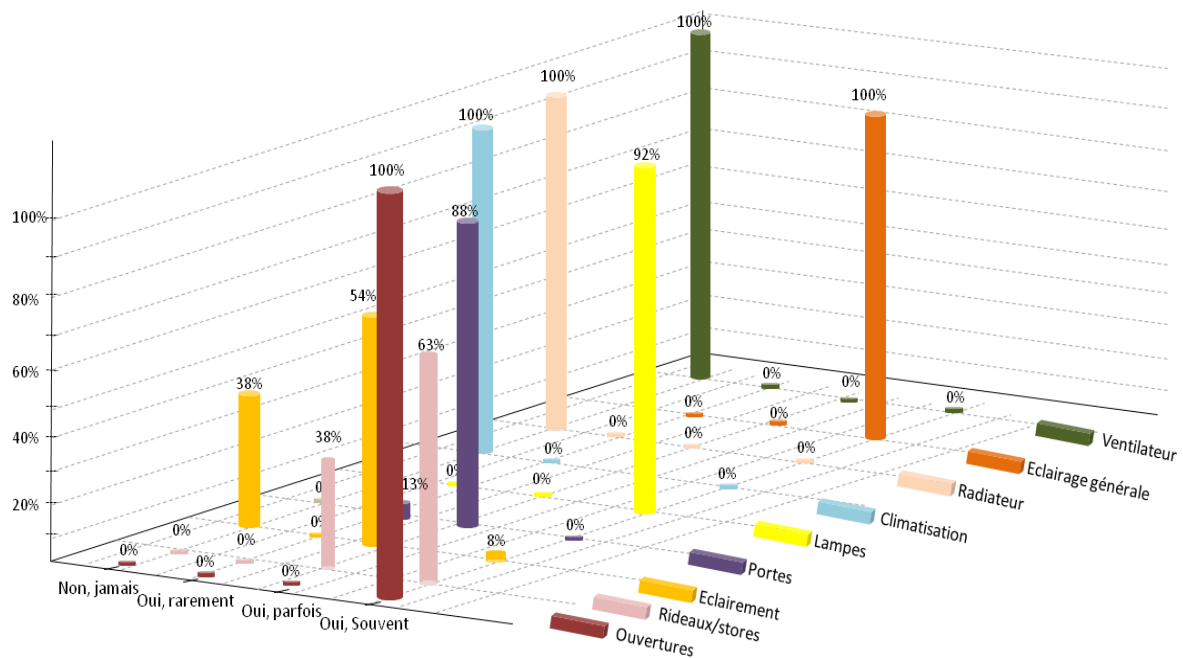


Figure VI. 64. Possibilité de control individualisé des différents éléments dans les chambres de Hakim Saadane (Service de pneumologie)

Ces modifications vous permettent de réduire votre inconfort

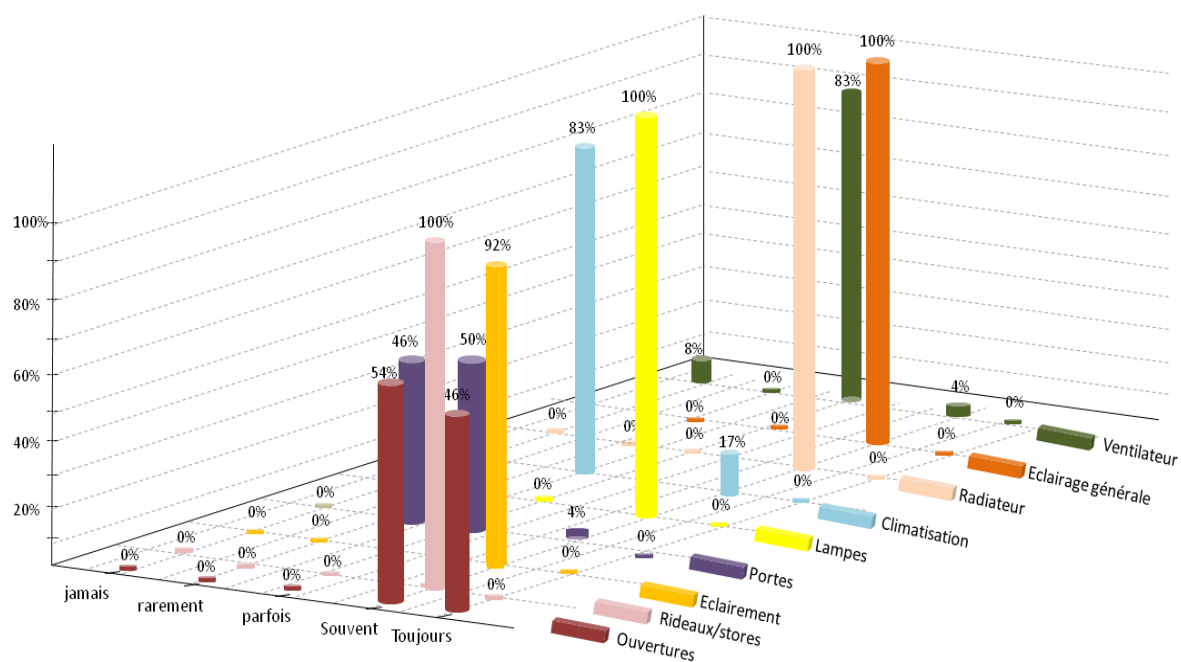


Figure VI. 65. Les résultats possibles des modifications apportées par les sujets de Hakim Saadane (Service de pneumologie)

En ce qui concerne les comportements observés pendant la nuit, nous les présentons dans les tableaux suivants:

Le temps	Stimuli	L'objet de l'observation (le sujet)		Situation	Comportements observés
20h00-22h00	- éteindre les climatiseurs tout à coup	Chambre 01	Sujet 01	Assis	Réclamer et demander pourquoi
			Sujet 02	Allongé	Sortir de la chambre après quelques minutes
			Sujet 03	Allongé	ouvrir la fenêtre après quelques minutes
	- Demander aux sujets s'ils avaient besoins de couvertures.	Chambre 02	Sujet 01	Assis	Expression de malaise
			Sujet 02	Allongé	Refuser et justifier qu'il fait chaud
			Sujet 03	Allongé	Refuser et justifier qu'il fait chaud
	- éteindre les climatiseurs tout à coup	Chambre 03	Sujet 01	Allongé	ouvrir la fenêtre après quelques minutes
			Sujet 02	Assis	Sortir de la chambre vers les couloirs
			Sujet 03	Allongé	Aller à la fenêtre
	- Demander aux sujets s'ils avaient besoins de couvertures.	Chambre 04	Sujet 01	Allongé	Expression de malaise
			Sujet 02	Allongé	Refuser

VI- ENQUETE IN SITU

			Sujet 03	Allongé	Refuser
--	--	--	----------	---------	---------

Tableau VI. 5. Tableau d'observations et d'analyse de comportement des sujets de la maternité (Service de chirurgie obstétrique et de pédiatrie) pendant la nuit

Le temps	Stimuli	L'objet de l'observation (le sujet)		Situation	Comportements observés
20h00-22h00	- éteindre les climatiseurs tout à coup	Chambre 01	Sujet 01	Allongé	Expression de soulagement
			Sujet 02	Allongé	Accepter pour peu de temps
	- Demander aux sujets s'ils avaient besoins de couvertures.	Chambre 02	Sujet 01	Assis	Demander à l'infirmière d'éteindre le climatiseur pour un peu de temps
			Sujet 02	Allongé	Accepter
	- éteindre les climatiseurs tout à coup	Chambre 03	Sujet 01	Allongé	Ouvrir la fenêtre avec aucune réclamation
			Sujet 02	Allongé	Aucun signe au début, réclamé après une heure
	Demander aux sujets s'ils avaient besoins de couvertures	Chambre 04	Sujet 01	Allongé	Accepter
			Sujet 02	Allongé	Accepter avec une expression de soulagement

Tableau VI. 6. Tableau d'observations et d'analyse de comportement des sujets de Hakim Saadane (Service de pneumologie) pendant la nuit

Ces constats montrent qu'il y a une grande différence entre le climat nocturne des chambres de la maternité et celui des chambres d'hôpital Hakim Saadane.

Les sujets dans la maternité n'acceptaient pas de rester sans climatisation et ils ont réclamé fortement de les rallumer. En parallèle et dans les mêmes conditions extérieures, les sujets dans le service de pneumologie à Hakim Saadane exprimaient leurs satisfaction même dans les conditions naturelles nocturnes sans conditionnement d'air.

4.5. Confort thermique adaptatif

Dans les figures suivantes nous présentons les résultats de PMV relevés dans les deux établissements pendant la période de l'enquête in situ.

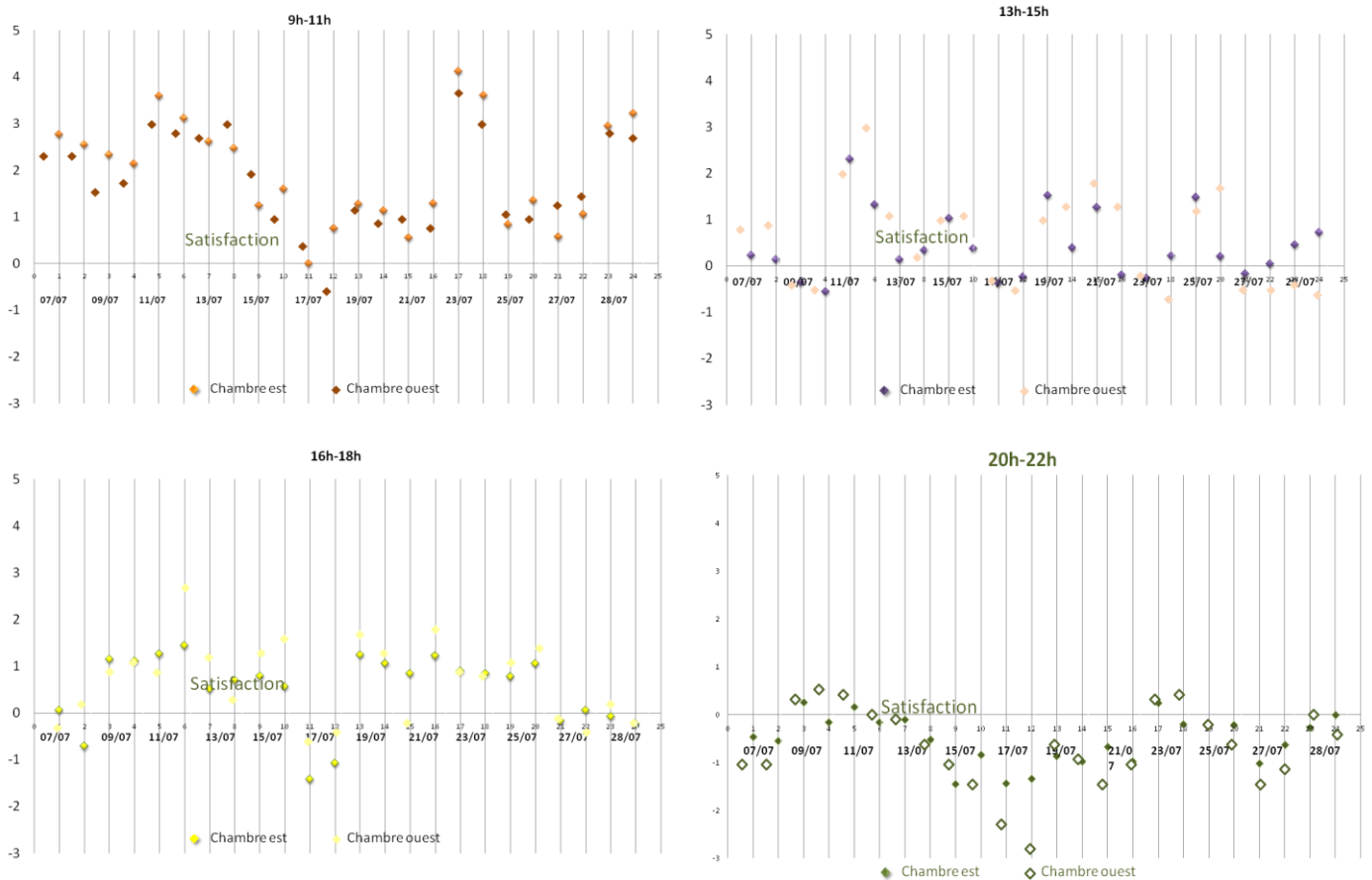


Figure VI. 66. Valeurs de PMV calculés pour les sujets de la maternité (Service de chirurgie obstétrique et de pédiatrie)

Les résultats relevés des indices PMV et PPD de l'établissement neuf renforcent largement les résultats des questionnaires et des entretiens. Près de 89% pendant la période matinale, 55% l'après midi et 75% du 16h-18h dépassent la zone de satisfaction vers la zone chaude et très chaude (Figure.VI.66). Ce qui confirme la validité des résultats obtenus par le questionnaire et les entretiens. Il montre un changement qui peut être positif au cours de la nuit. Ce changement suite la diminution de la température extérieure.

Au niveau du deuxième établissement (Service pneumologie- Hôpital Hakime Saadane), les résultats de PMV sont extrêmement différents (Figure.VI.67). La majorité des mesures se présentent en-dessous de la zone de satisfaction, ce qui traduit l'insatisfaction des patients vis-à-vis l'ambiance thermique, quoique ce résultats est constaté pendant la période de surchauffe.



Figure VI. 67. Valeurs de PMV calculés pour les sujets de Hakim Saadane (Service de pneumologie)

5. Conclusion

Dans ce chapitre nous abordons une description générale de notre méthodologie de recherche en étudiant le confort thermique à travers une expérimentation in situ réalisée dans deux services hospitaliers construits dans des périodes de temps différentes. L'objectif visé est d'établir une comparaison entre les deux types de bâtiments basée sur l'enquête in situ avec ses trois approches (qualitative et quantitative et observationnelle).

Nous exposons l'interprétation des résultats en comparant les deux bâtiments et les deux méthodes à la fois. Par la suite, nous présentons les résultats récoltés par l'observation des comportements et les entretiens abrégés sous forme de tableaux.

L'enquête quantitative est basée sur les mesures physiques des différents indices du confort thermique (température, humidité, vitesse de l'air...) outre que les indices adaptatifs PMV et PPD. Elle nous a montré une différence remarquable entre les températures ambiantes enregistrées dans les deux services, cette différence est pondérée par près de 7°C. La température moyenne journalière au sein des chambres du service maternité dans le bâtiment neuf est égale à 29.54°C, alors qu'elle est estimée par 22.03°C dans les chambres du service de pneumologie à l'ancien bâtiment.

L'enquête qualitative s'est fondée sur l'appréciation des avis des patients en explorant leurs sensations, préférences et leurs degrés de satisfactions vis-à-vis de l'ambiance thermique à partir d'un questionnaire d'évaluation. Les résultats de ce dernier ont validé les résultats des mesures physiques. Les observations nous ont permis de traduire les actions et les réactions des patients alors nous avons eu l'occasion d'explorer leurs comportements thermiques au plus près de la réalité. L'interprétation des résultats va être complétée dans le chapitre suivant, où elle va nous expliquer clairement les relations entre les différentes variables et par conséquent comprendre assez bien l'influence des indices thermiques sur les sensations des patients.

CHAPITRE VII : ETUDE DES LIAISONS ENTRE LES VARIABLES

1. Introduction

Ce présent chapitre est un complément indispensable du chapitre précédent. Après une étude expérimentale des résultats des enquêtes qualitatives et quantitatives, nous avons besoins de comprendre les relations et les différentes liaisons entre eux. Du coup, il est nécessaire d'étudier les corrélations entre les différentes variables et les différentes échelles d'évaluation. Ceci nous aide à prévoir le taux de crédibilité des votes en fonction des mesures in situ, et d'un autre part, il nous permet de déterminer la capacité des mesures quantitatives à prévoir le confort thermique in situ. En considérant les deux conditions du climat ambiant (naturelles et avec climatisation) nous commençons par l'étude des relations entre les échelles de votes en testant les corrélations entre les votes de sensation et de préférences ainsi qu'entre les votes de sensation et de la satisfaction. Après nous présentons une étude des relations entre l'ambiance thermique représentée par les valeurs de la température opérative mesurée et les moyennes des votes de sensation. Pour la suite, nous comparant par la suite avec les pourcentages de la satisfaction thermique. Au troisième point, nous parlons des relations entre les votes de sensation (les mesures qualitatives perçues) et les votes de PMV (les mesures quantitatives prévues) avant d'étudier l'indice de PMV en fonction de la température opérative T_o (C). À la fin, nous mettons la lumière sur l'influence des paramètres et facteurs non thermiques qui peuvent influencer le confort thermique du patient, dont la configuration de la chambre, le control individualisé, les ajustements personnels et d'autres comme l'âge, le sexe, la production métabolique et surtout l'état physiologique ou pathologique.

2. Etude qualitative des échelles de vôtés de l'ambiance thermique

Le questionnaire que nous avons adopté pour notre enquête qualitative auprès des patients se compose de trois échelles de jugement comme suggéré par la norme ISO 10551 (Chapitre VI) : perceptif « sensation thermique », évaluatif « acceptabilité thermique » et préférentiel « préférence thermique » (AFNOR 2001).

L'analyse des résultats obtenus par l'évaluation de ces trois échelles nous a montré quelques particularités différentielles par rapport à ce qui est motionné par la norme ISO 7730 et ce qui est décrit dans les recommandations et les études sur le confort thermique hospitalier. Ceci nous a incité à étudier les relations entre ces échelles après l'analyse de leurs résultats, ainsi que leurs corrélations avec l'ambiance thermique.

2.1. Les relations entre les échelles du confort thermique

Dans une première étape, nous avons étudié les relations entre les échelles de vote de satisfaction et de préférence avec celle de la sensation thermique dans les deux bâtiments neuf et ancien. Pour le faire, nous avons commencé par une analyse bivariable représentée par une matrice de corrélation dont le coefficient choisi est « le Rhô de Spearman ». Nous justifions ce choix par la nature des données qui sont ordinales qualitatives. La figure.VII.1 réunit, à la fois, les régressions entre la satisfaction et la sensation ainsi que les préférences et la sensation dans le bâtiment neuf (service de chirurgie obstétrique de la maternité) en comparant les résultats dans des conditions naturelles avec celles dans des conditions avec climatisation.

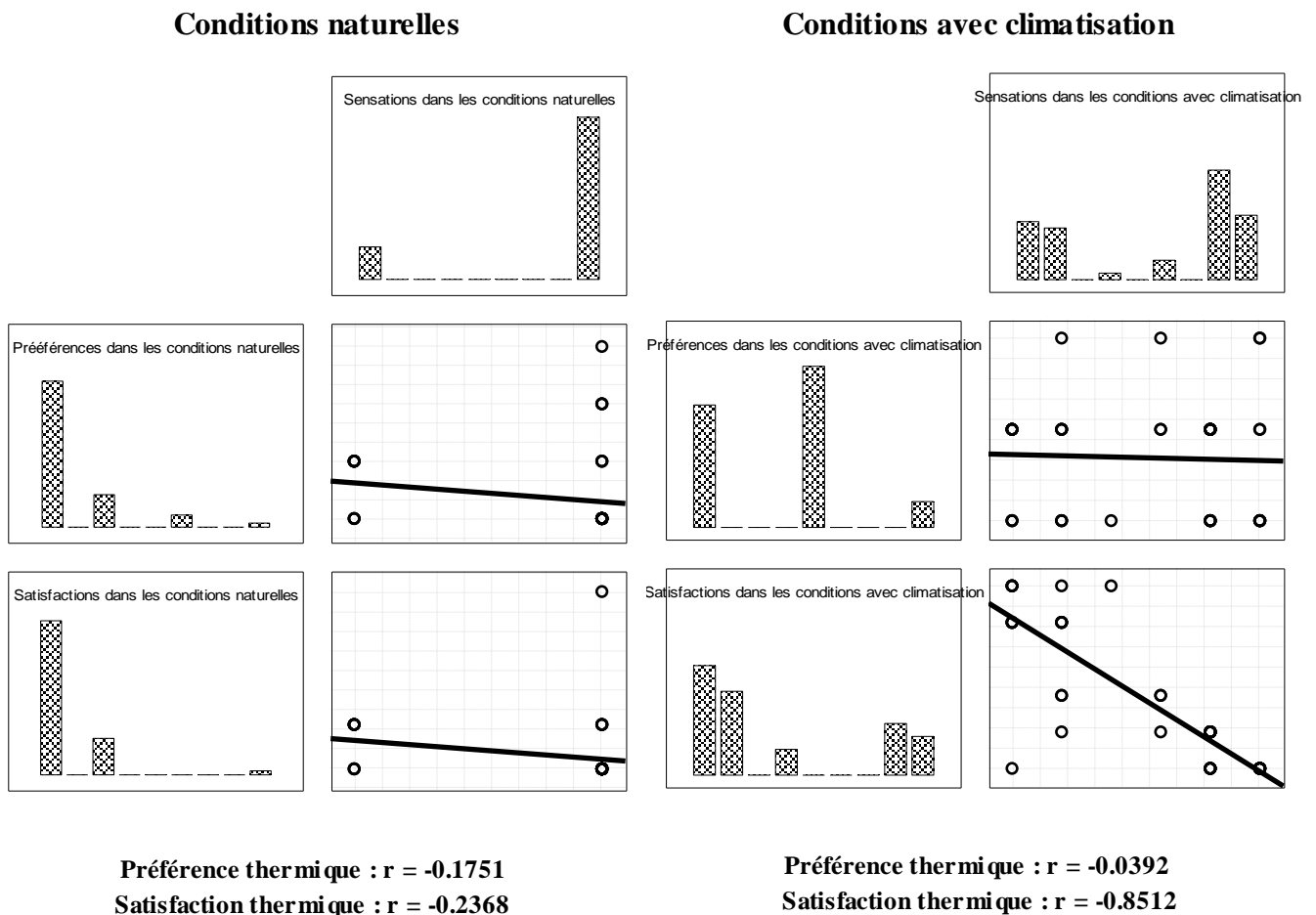


Figure VII. 1. Relation entre les échelles du confort thermique dans le bâtiment neuf (service de chirurgie obstétrique de la maternité)

Dans les conditions naturelles, nous constatons qu'il existe une corrélation négative entre les votes des préférences et celles de la sensation thermique ($r = -0.1751$) et de même une corrélation négative entre le taux de satisfaction et la sensation ($r = -0.2368$). Cela signifie que les patients qui ont des sensations négatives (chaudes $= +2$, très chaudes $+3$) préfèrent avoir un environnement (froid $= -2$ et beaucoup plus froid $= -3$), ce qui les incite à exprimer leurs degrés de satisfaction négativement (non satisfait $=$ très inacceptable $= -3$). En effet, les échelles de préférence et satisfaction sont liées inversement avec l'échelle de la sensation (relation opposée).

Dans le cas des chambres climatisées, le taux de la régression s'approche de plus de 0 ($r = -0.0392$) ; Cela signifie qu'il existe une faible corrélation négative entre les votes des préférences et l'échelle de la sensation.

Analytiquement, nous pouvons expliquer ce résultat par le fait que les probabilités des votes de sensation dans un environnement climatisé sont plus ou moins variées entre (chaud, légèrement chaud et légèrement froid); de même, les votes de préférence sont très proches de celles des sensations. Dans ces conditions de climatisation, les patients préfèrent avoir des températures légèrement basses par rapport aux températures ambiantes.

Les votes de satisfaction varient inversement à ceux des sensations; lorsque la moyenne des votes de la sensation thermique s'approche de (froid $= -2$ et légèrement froid $= -1$) la satisfaction observée prend des valeurs positives (légèrement acceptable $= 1$ et acceptable $= 2$). Tandis qu'elle prend des valeurs négatives lorsque la sensation s'approche des impressions de malaise venant de la surchauffe (chaud $= 2$ et très chaud $= 3$). Ce qui exprime le résultat qui représente une forte corrélation négative ($r = -0.8512$) entre la sensation et les votes de satisfaction.

La figure.VII.2. Montre les résultats de corrélation entre les échelles : sensation, préférence et satisfaction au niveau de l'ancien bâtiment le service de pneumologie (Hôpital Hakim Saadane).

D'après la matrice ci-dessous, il est clair qu'il y a une corrélation positive entre les votes de préférences et celles de la sensation thermique ($r = 0.0711$), mais le plus important dans le résultat présent, est que le coefficient de Rhô s'approche de 0, indiquant que la corrélation est faible. Ceci peut s'expliquer par le fait que les sensations des patients dans ce bâtiment ne sont pas extrêmement chaudes ; au moment où les votes s'approchent de (1 =légèrement chaud), la majorité des votes de préférence se concentrent sur (-2 =froid) (Chapitre VI).

Le coefficient de corrélation de la satisfaction thermique est également positif ($r = 0.0597$) exprimant une faible corrélation; En effet, la même interprétation peut être valable pour ce résultat.

Dans les conditions avec climatisation, la corrélation entre l'échelle de sensation et celle de préférence est positive ($r = 0.1000$), de même la corrélation entre l'échelle de sensation et la satisfaction est significative positive ($r = 0.3119$).

Les histogrammes présentés au chapitre précédent illustrent mieux les ratios différentiels des résultats de vote et peuvent traduire clairement les corrélations obtenues à ce chapitre.

Les patients qui ont l'impression que leurs climats est légèrement froid (-1), ils ne préfèrent aucun changement (ils ont voté par 0), alors que les patients qui ont des sensations de froid (-2) préfèrent avoir un climat ambiant légèrement froid (-1). En parallèle, plus les votes de sensation sont concentrés sur les seuils de rafraîchissement (légèrement froid $= -1$, froid $= -2$), plus la satisfaction est élevée (acceptable $= 2$ et très acceptable $= 3$).

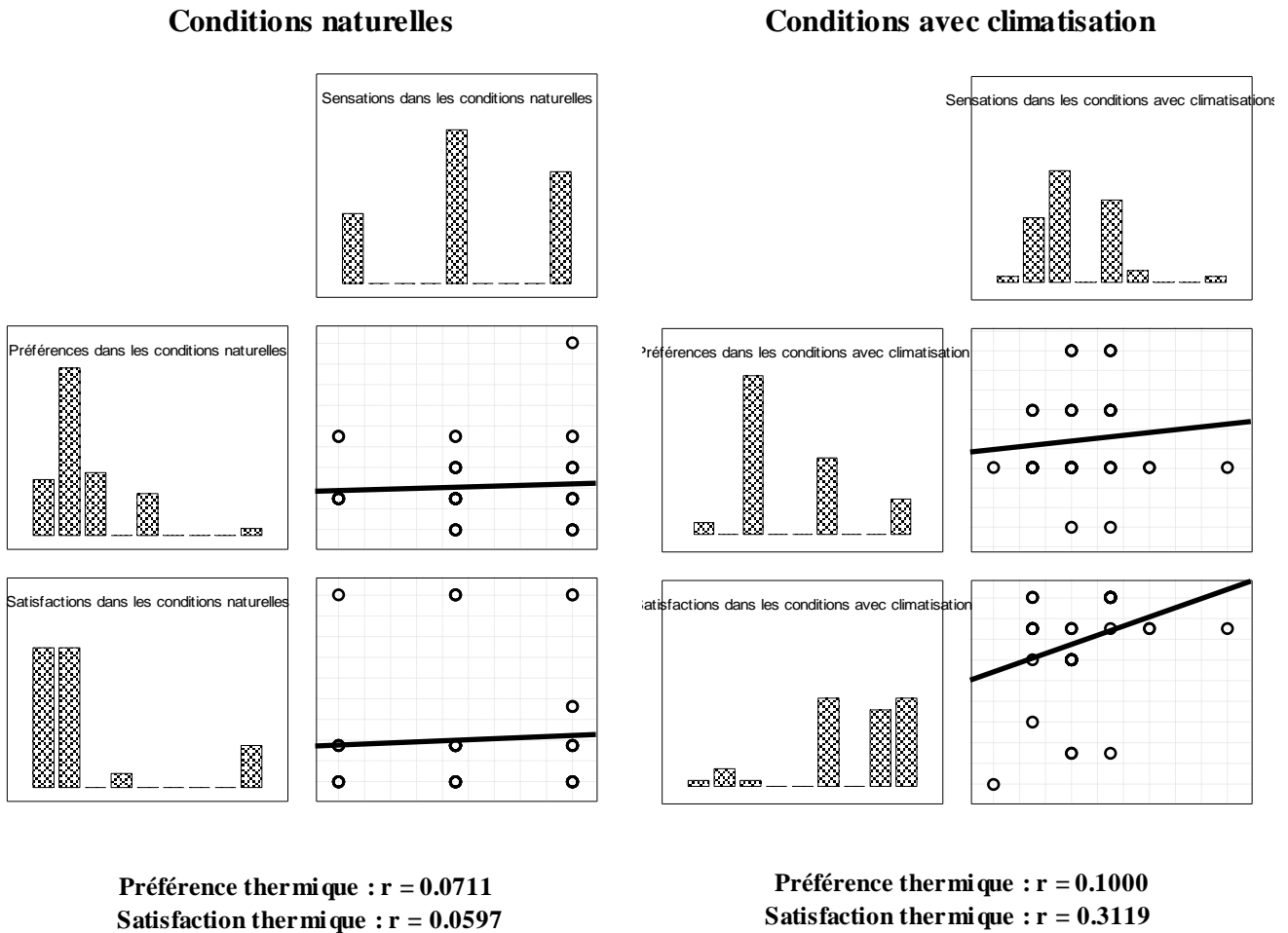


Figure VII. 2. Relation entre les échelles du confort thermique dans le bâtiment ancien (service pneumologie à Hôpital Hakim Saadane).

2.2. Relations entre les vôtés et l'ambiance thermique

Les relations entre les vôtés et l'ambiance thermique sont représenté par l'ensemble des liaisons entre les indices du confort thermique et les vôtés récoltés au moment de l'enquête qualitative.

Deux objectifs sont visés par cette étude des relations ; ils consistent à valider les résultats de l'évaluation par les échelles des votes et de vérifier leurs degrés de crédibilité.

Ceci constitue une étape essentielle dans le processus d'étude de notre cas particulier. En effet, les jugements des patients concernant l'ambiance thermique portent souvent des probabilités d'incertitude en considérant leurs sensations et par conséquent les degrés de satisfaction peuvent être influencés par des facteurs physiologiques, pathologiques ou psychologiques.

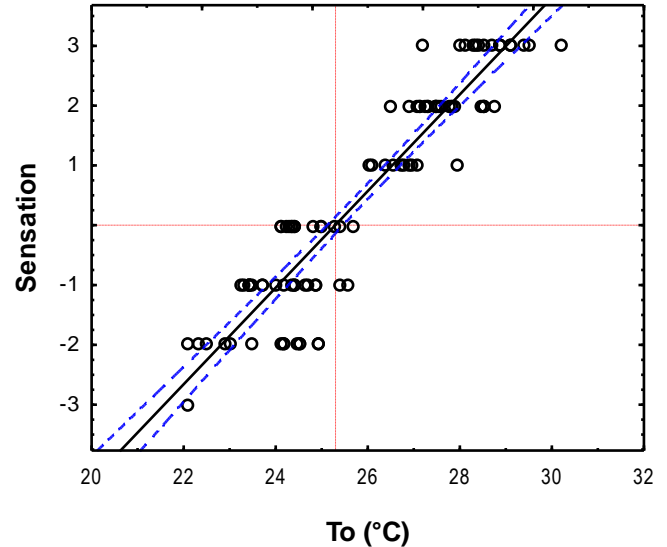
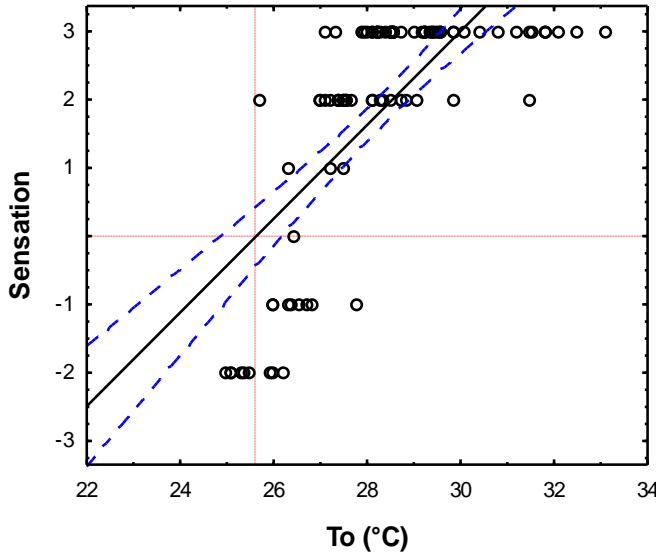
Pour cela, nous nous intéressons dans cette partie à étudier la relation entre la température opérative mesurée et les moyennes des vôtés de sensation.

La figure VII.3. Montre le résultat de la régression linéaire des vôtés de sensation sur l'ensemble des températures opérative relevées au moment de l'enquête quantitative dans les deux bâtiments : service de la maternité et service de pneumologie. Les deux graphes présentent, en effet, les régressions pondérés par le nombre des observations pour chaque valeur de la température opérative; les mesures de cette dernière ont été obtenues entre (25 et 34°C) dans les chambres du bâtiment neuf,

tandis qu'elles ont été distribuées dans la plage de (22 et 30°C) dans les chambres de l'ancien bâtiment du service pneumologie.

Le batiment neuf, service de la maternité

Le batiment ancien, service de pneumologie



Equation de régression :
 $Sensation = -17,5946 + 0,6865 * x$
 $r = 0.7217 ; r^2 = 0.5209 ; p = 0.0000 ; T_{neut} = 25.6^{\circ}C$

Equation de régression :
 $Sensation = -20,186 + 0,7979 * x$
 $r = 0.9289 ; r^2 = 0.8628 ; p = 0.000 ; T_{neut} = 25.3^{\circ}C$

Figure VII. 3. Résultat de la régression linéaire des votes de sensations sur la température opérative T_o (°C)

D'après les résultats, la corrélation qui se présente entre la sensation thermique et la température opérative dans le bâtiment neuf peut être considérée modérée : $0.7 < r = 0.72 < 0.8$ et $0.5 < r^2 = 0.52 < 0.65$; cela signifie que seulement 52 % de la variabilité du vote de sensation thermique est expliquée par la corrélation. Alors que, la température opérative permet d'expliquer près de 86% de la variabilité du vote de sensation thermique avec : $r^2 = 0.86$; ceci indique un bon résultat de corrélation positive représentée par : $r = 0.92$.

L'écart de température opérative entre les deux cas explique largement la différence de l'ambiance thermique estivale de chaque bâtiment. Tandis que, les résultats des corrélations peuvent être expliqués réellement par le fait que les patients du service maternité sont moins sensibles aux variations de la température opérative que les patients du service pneumologie.

La valeur p (p-value) dans les deux cas est prédite 0.0000, ceci suggère qu'il n'y avait absolument aucune chance d'obtenir ce résultat si l'hypothèse nulle était vraie. En réalité, le 0.0000 est une valeur approximative approuvée par le logiciel des calculs lorsque la valeur de p est très petite ou non considérable (< 0.0005).

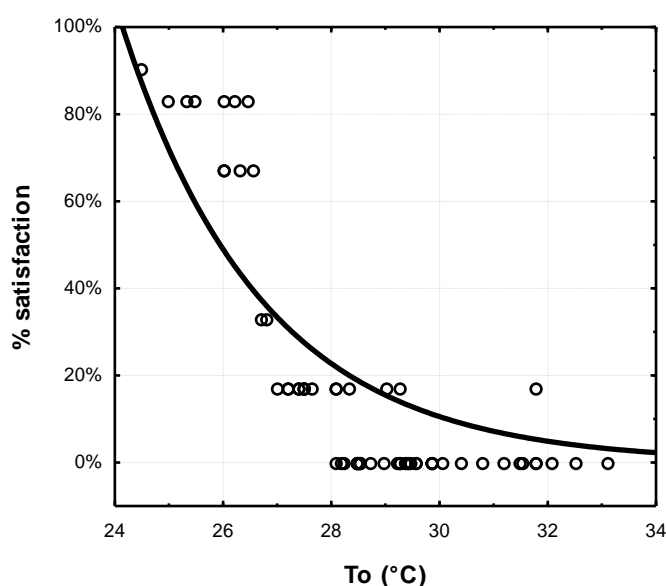
La neutralité thermique ou la température de neutralité peut s'obtenir en résolvant l'équation pour Sensation Thermique (ST) égale à zéro. Par rapport aux patients enquêtés, cette valeur représente la température de confort.

D'après les courbes de régressions la température de neutralité déduite est $T_{neut} = 25.3^{\circ}C$ selon les votes de sensation des patients de la maternité. Pas trop loin, la température de neutralité définie sur

la courbe de la régression des sensations déclarées par les patients du service pneumologie est $T_{neut} = 25.6^{\circ}\text{C}$.

Après l'analyse des résultats de la sensation thermique, nous nous intéressons à analyser les résultats des votes de la satisfaction exprimés par les patients vis-à-vis de l'ambiance thermique de leurs chambres dans les deux hôpitaux. Pour le faire, nous avons comparé la régression des pourcentages de la satisfaction (ST) sur les températures opératives mesurées des deux cas d'étude comme il est montré dans la figure. VII.4.

Le bâtiment neuf, service de la maternité

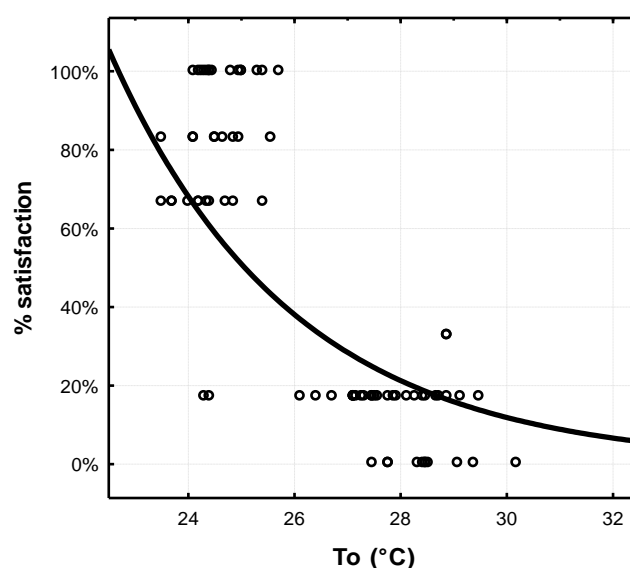


Equation de régression :

$$\% \text{ ST} = 10546,3087 \cdot \exp(-0,3837 \cdot x)$$

$$r = -0,7590 ; p = 0.0000$$

Le bâtiment ancien, service de pneumologie



Equation de régression :

$$\% \text{ ST} = 742,7517 \cdot \exp(-0,2914 \cdot x)$$

$$r = -0,6817 ; p = 0.0000$$

Figure VII. 4. Pourcentage de satisfaction thermique (ST) en fonction de la température opérative (To)

Nous remarquons pour les deux cas, qu'il existe une relation inversée (corrélation négative peut être considérée forte).

Dans le bâtiment neuf, même pour des températures entre 24.5°C et 25.5°C le niveau de satisfaction thermique ne dépasse pas les 85% ; et pour des températures plus de 26°C le pourcentage de satisfaction recule jusqu'à 0%. Contrairement à l'exponentiel des pourcentages de satisfaction de l'ancien bâtiment, qui présente des niveaux de satisfaction très élevés (100%, 83% et 67%) dans les environs de 24°C à 26°C . Ce résultat confirme bien que les patients du service pneumologie sont plus sensibles aux variations de la température, et qu'ils peuvent accepter des températures modérées et plus élevées que celles indiquées dans les normes.

3. Etude des relations entre le perçu et le prévu

Nous nous intéressons dans cette partie à étudier la relation entre les vôtés de sensation (résultats de l'enquête qualitative) et les mesures de l'indice analytique PMV (résultats de l'enquête quantitative). En effet, cette étude a été menée afin de déterminer non seulement le degré de crédibilité des vôtés mais aussi la capacité de PMV de prévoir le confort thermique in situ.

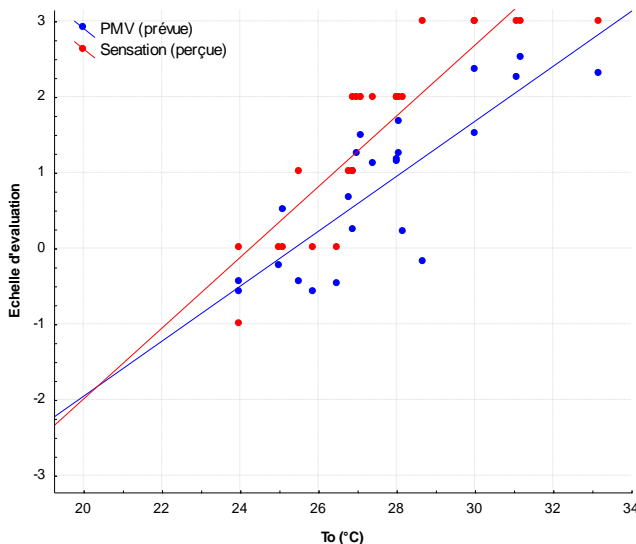
Nous croyons que chaque variable de ces deux peut prouver la validité de l'autre à travers la convergence ou la divergence entre eux ainsi que leurs corrélations avec la température opérative des chambres.

Ceci est présenté dans les figures ci-dessous notant que la figure.VII.5. montre la relation entre la sensation (perçue) et l'indice PMV (prévu) en présentant leurs régressions linéaires sur la variabilité des températures opératives T_o (°C) dans les conditions de climatisation des deux bâtiments. Tandis que la figure .VII.6. présente les mêmes graphes dans les conditions naturelles.

Les résultats des deux bâtiments dans les deux cas sont significatifs ($p < 0.05$) ce qui indique qu'il n'y avait absolument aucune chance d'obtenir ces résultats si l'hypothèse nulle était vraie.

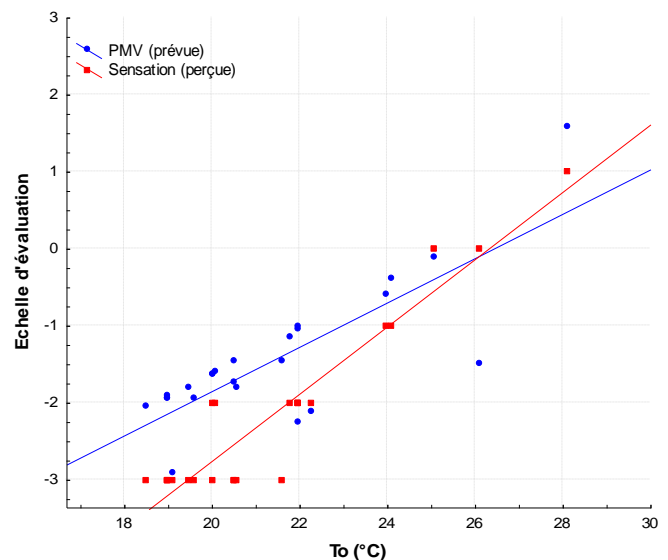
Au cas du bâtiment neuf dans un environnement climatisé, pour des valeurs neutres de confort et de températures chaudes supérieures à 0 le PMV (le prévu) est inférieur au vôte de sensation thermique (le perçue). Alors que pour les mêmes conditions thermiques dans le bâtiment ancien, le vôte de sensation prend des valeurs froides inférieures à -1 tandis que le PMV prend des valeurs supérieures à celles de la sensation (figure. VII.5).

Le bâtiment neuf, service de la maternité



Equations de régression : Sensation = $-11,3112 + 0,467 * x$
 r (sensation) = 0,88 ; r^2 (sensation) = 0.77
Equations de régression : PMV = $-9,1953 + 0,3629 * x$
 r (PMV) = 0.81 ; r^2 (PMV) = 0.67

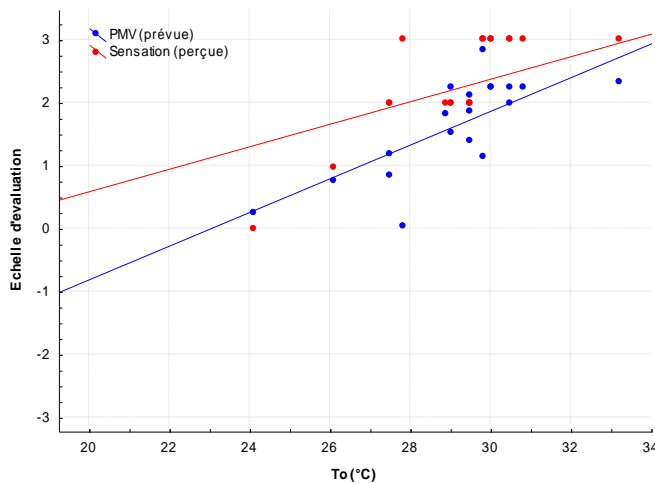
Le bâtiment ancien, service de pneumologie



Equations de régression : Sensation = $-11,4857 + 0,4367 * x$
 r (sensation) = 0,94 ; r^2 (sensation) = 0.88
Equations de régression : PMV = $-7,602 + 0,2878 * x$
 r (PMV) = 0.80 ; r^2 (PMV) = 0.64

Figure VII. 5. Comparaison entre la sensation (perçue) et l'indice PMV (prévu) en fonction de la température opérative dans les conditions de climatisation.

Le bâtiment neuf, service de la maternité



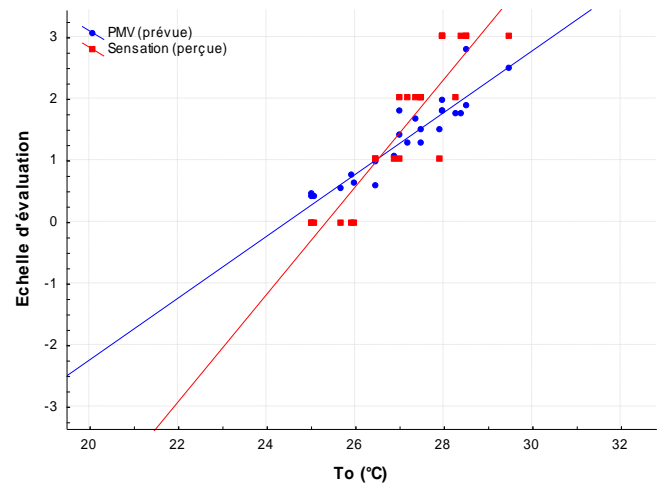
Equations de régression : Sensation = -2.9729 + 0,1788*x

r (sensation) = 0,71 ; r² (sensation) = 0.51

Equations de régression : PMV = -6.1469 + 0,2675*x

r (PMV) = 0.86 ; r² (PMV) = 0.75

Le bâtiment ancien, service de pneumologie



Equations de régression : Sensation = -22.0898 + 0,8723*x

r (sensation) = 0,90 ; r² (sensation) = 0.82

Equations de régression : PMV = -12.2574+0.5018*x

r (PMV) = 0.92 ; r² (PMV) = 0.84

Figure VII. 6. Comparaison entre la sensation (perçue) et l'indice PMV (prévue) en fonction de la température opérative dans les conditions naturelles.

Dans les conditions naturelles, le vote de sensation est supérieur à celui de PMV pour des valeurs supérieures à +1 dans les deux bâtiments. En effet, l'analyse de ces résultats nous montre que le vote de sensation des patients surestime la sensation de chaleur dans le cas des sensations neutres et chaudes et la sous-estime dans le cas des sensations froides.

Le coefficient de régression dans les quatre graphes, nous explique, dorénavant, la forte corrélation entre les deux variables (perçue et prévue) avec la température opérative dans les différentes conditions. Par ailleurs, la convergence entre les régressions et les différentes valeurs de r et r² peut valider largement les résultats obtenus in situ et par enquête qualitative.

4. Etude de l'indice PMV

Dans une étape précédente nous avons comparé la sensation avec l'indice analytique PMV et après les validations de ses résultats, nous nous intéressons maintenant à analyser la variation seule de cet indice en fonction de la température opérative dans les deux conditions ensemble (naturelles et avec climatisation).

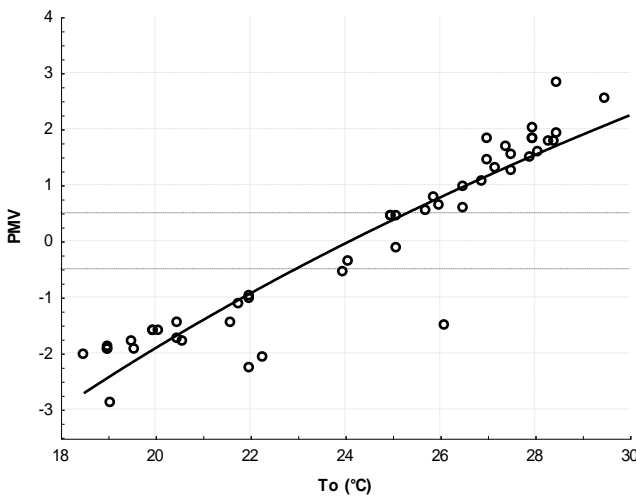
Nous présentons les résultats de la régression logistique de l'indice PMV sur la température opérative pour les deux bâtiments dans la figure VII.7. Les deux graphes présentent une forte corrélation positive de PMV avec la température opérative : r (bâtiment neuf)= 0.87 ; r (bâtiment ancien)= 0.94. Pour le bâtiment neuf, dans les conditions de climatisation ou la température allant de 24°C à 28°C, le vote de PMV se distribue dans la plage de confort +0.5 à -0.5 ; à partir de 27°C il commence à prendre les valeurs de la sensation chaude de +1 qui évolue jusqu'à 3.5.

Dans le cas de l'ancien bâtiment, les valeurs de PMV augmentent en fonction de la température opérative de -3 jusqu'à -0.5 dans la plage de 18°C à 24°C puis ils s'évaluent entre +1 et +2 lorsque la température va de 27°C à 28.5°C. Ceci indique que le PMV dans le cas des patients sous-estime la

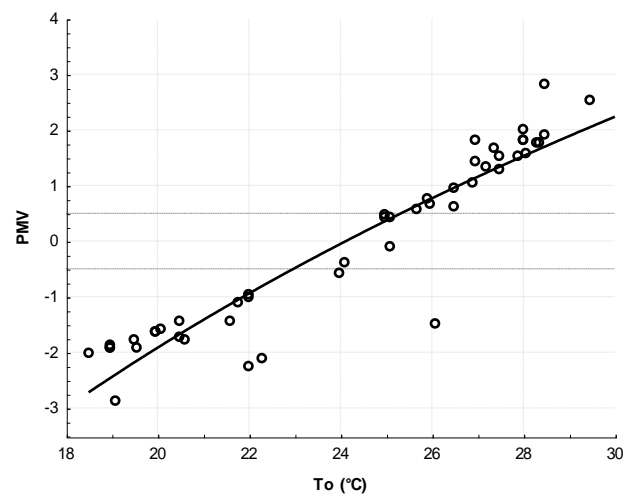
sensation de chaleur dans des températures entre 26°C et 30°C et surestime la sensation de froid dans des températures de 24°C jusqu'à 18°C.

La figure VII.8. montre le pourcentage d'acceptabilité effectué par le vote PMV en fonction de la température et en le comparant avec le pourcentage d'acceptabilité établi par l'expression des sensations thermiques. D'après les graphes, les votes récoltés par l'enquête in situ prévoit des sensations d'inconfort et des situations inacceptables à partir de 28°C, et légèrement acceptable entre 27°C et 28°C pour les patients du bâtiment neuf alors que les patients de l'ancien bâtiment peuvent supporter des températures plus élevées. En parallèle, les deux échantillons sont très satisfaisant dans des températures allant de 24°C jusqu'à 26°C. Ces résultats prouvent, en effet, ce qui est relevé dans les résultats précédents.

Le bâtiment neuf, service de la maternité



Le bâtiment ancien, service de pneumologie

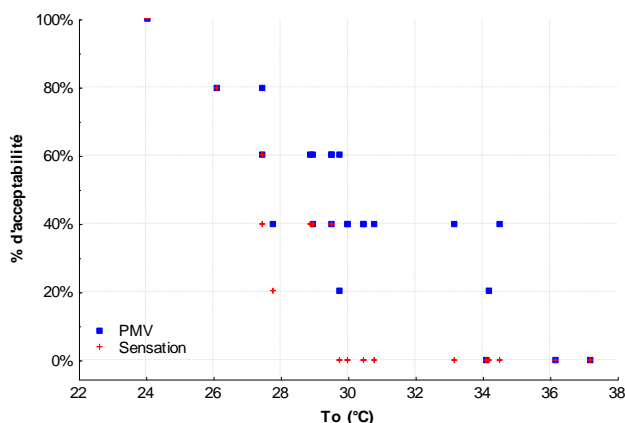


Equations de régression : $PMV = -31,2912 + 22,3924 * \log_{10}(x)$
 $r = 0,87 ; p = 0.0000$

Equations de régression : $PMV = -32,6233 + 23,5992 * \log_{10}(x)$
 $r = 0,94 ; p = 0.0000$

Figure VII. 7. Résultat de la régression logistique de l'indice PMV sur la température opérative T_o (°C).

Le bâtiment neuf, service de la maternité



Le bâtiment ancien, service de pneumologie

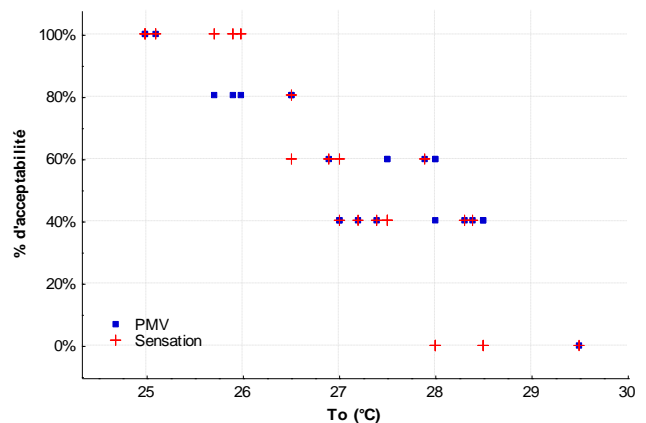


Figure VII. 8. Résultat de la régression logistique de l'indice PMV sur la température opérative T_o (°C).

5. Les paramètres non thermiques

Les paramètres non thermiques incluent les éléments ayant aucune relation avec la physique et la physiologie thermique de l'être humain quoiqu'ils l'influencent de manière significative ainsi qu'ils participent largement dans la régulation et l'ajustement des conditions thermiques environnementales. Ils sont plusieurs de différentes natures, ils nous entourent, et font partie de nos compositions humaines comme les facteurs psychologiques et comportementaux (MOUDJALLED 2007). Il est indéniable que *la configuration spatiale* de l'espace étudié affecte activement le comportement thermique de l'occupant par ses dimensions ses équipements et ses ouvertures. En effet, l'occupant de n'importe quel espace cherche souvent à s'adapter avec les ambiances et les conditions environnantes, dès qu'il s'habitue à cet espace, il commence à ajuster les conditions de vie selon ses habitudes et ses attitudes qui assurent son degré de confort. Ceci vient consciemment ou inconsciemment pour *contrôler individuellement* son espace de vie.

Dans le cas où les modifications apportées sur l'espace et ses éléments ne peuvent pas satisfaire les besoins et le confort de l'occupant, il adoptera immédiatement d'autres solutions et il pensera en premier aux *ajustements personnels* comme la réduction ou le changement des vêtements.

Afin de déterminer les points essentiels de ces trois paramètres nous avons introduit au questionnaire une partie qui se concentre sur l'importance de certains facteurs susceptibles d'affecter la perception de l'ambiance thermique des patients. Ceci est effectué sur une échelle d'évaluation de 1 à 7 points. En outre, il est important de souligner qu'il y avait d'autres paramètres qui peuvent avoir une influence significative sur le confort de chacun de nous; entre autre *l'âge, le sexe, l'activité et l'état pathologique*.

5.1. La configuration spatiale

Les questions d'importance de ce paramètre visent en premier lieu, les dimensions de l'espace (de la chambre) et leurs impacts sur les sensations des patients. Puisque les chambres du bâtiment neuf sont plus spacieuses de celles de l'ancien bâtiment Hakim Saadane, nous avons effectué la comparaison entre les deux types des chambres par le fait de tester leurs avis concernant l'importance de ce facteur sur les sensations de patients de chaque hôpital.

Les résultats sont obtenus comme il a été pondéré, les patients de la maternité préfèrent avoir des chambres moins spacieuses pour pouvoir les maîtriser et pour minimiser le nombre d'occupants l'espace et par conséquent avoir plus d'intimité et de contrôle sur ses différents éléments. Ceci peut affecter de plus l'efficacité de la climatisation. En parallèle, les patients du service pneumologie sont plus satisfaits malgré que leurs chambres soient très étroites (Figure.VII.9).

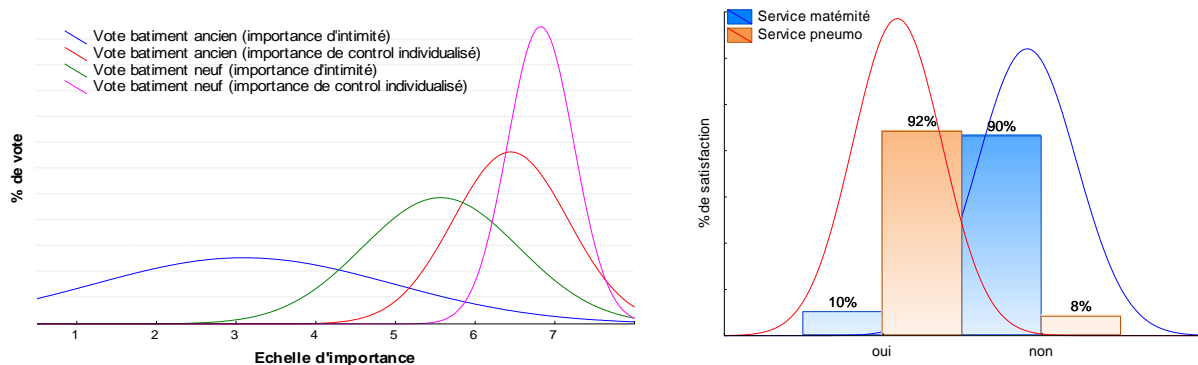


Figure VII. 9. Pourcentage de la satisfaction vis-à-vis la température ambiante dans les deux types de chambre.

De plus, nous nous sommes s'interrogés sur la composition de la chambre et nous avons récolté les préférences des patients en ce qui concerne l'existence ou l'absence d'autres compléments spatiaux tel que les balcons, les vérandas et l'importance d'avoir plus de relations avec l'environnement à travers les vues sur l'extérieur. Le chapitre précédent traite en détail l'appréciation des avis de patients concernant ce point (Chapitre VI).

5.2. Le control individualisé

Au-delà des recommandations des normes, il existe toujours le facteur "adaptation psychologique". Ce dernier n'avait aucune relation avec les normes et les réglementations désignées, il est absolu et abstrait et dépend de la personne elle même, de ses dimensions psychologiques, et sa situation du moment.

Pour atteindre un certain niveau d'adaptation psychologique, l'occupant fait preuve d'une réelle compétence à maîtriser son environnement selon le degré de son confort. C'est pour cela que la majorité des patients dans les deux hôpitaux insistaient sur l'importance du control individualisé dans les chambres (Chapitre VI). Le fait de savoir quand et pourquoi le patient apporte les modifications et les ajustements sur les différents éléments de l'espace comme la fenêtre, les stores, la climatisation. Ceci nous permet de définir la température de confort nécessaire pour chaque catégorie de patient et pour chaque période de temps. Par conséquent, il nous aide à améliorer la gestion, le contrôle et le suivi des ambiances thermiques hospitalières en fonction du service et du type de construction.

Les tableaux ci-dessous (tableau.VII.1. et tableau.VII.2) présentent les différents résultats de la régression logistique qui nous permet d'analyser l'utilisation des contrôles individuels pour traduire les actions adaptatives des patients dans leurs chambres vis-à-vis de l'ambiance thermique.

Nous avons choisi la régression logistique pour présenter ces résultats parce qu'elle est utilisée en origine pour modéliser des variables binaires ou des sommes de variables binaires et pour étudier les interactions avec les paramètres thermiques de l'ambiance (MOUDJALLED 2007) (Nicol 2004).

Le principe du modèle de la régression logistique est de relier la survenance ou la non survenance d'un événement au niveau de variables explicatives. Par exemple, dans les conditions naturelles, nous cherchons à évaluer à partir de quel niveau de température extérieure la fenêtre sera fermée et lorsqu'elle est fermée, quelle est la température ambiante intérieure qui sera mesurée.

Le tableau.VII.1 montre les résultats des régressions logistiques des contrôles individualisés qui concernent les éléments les plus susceptibles à gérer personnellement (fenêtres, stores et climatisation) dans le bâtiment neuf. Ces régressions ont été calculées par le logiciel « STATISTICA » et ont été obtenues en fonction de la température extérieure et la température ambiante des chambres. Le tableau.VII.2 présente les résultats de l'ancien bâtiment avec les mêmes principes.

Pour le cas du bâtiment neuf, nous révélons une forte corrélation négative entre la fenêtre, les stores et la température extérieure ($r_{\text{fenêtre}} = -0.85$; $r_{\text{store}} = -0.85$). Par contre, le premier graphique dans la deuxième colonne, nous montre une faible corrélation positive entre le contrôle des fenêtres et la température ambiante. Tandis que le graphique juste au-dessous présente une corrélation positive modérée entre les stores et la température ambiante. Ceci indique que les patients ouvrent la fenêtre et les stores pendant la période matinale pour apporter de l'air frais qui permet un renouvellement d'air en évacuant l'air pollué et les odeurs gênantes. Plus de 33°C les patients ne supportent pas, ils ferment les fenêtres immédiatement pour conserver une température ambiante modérée dans leurs

VII- ETUDE DES LAISONS ENTRE LES VARIABLES

chambres. Par ailleurs, le moment où les fenêtres sont ouvertes la température ambiante varie entre 29°C et 37°C et elles se mesurent entre 32°C jusqu'à 28°C lorsque les fenêtres sont fermées et presque les mêmes résultats sont obtenus pour les stores. Ceci signifie que dans cette période d'été, la chaleur qui pénètre de l'extérieur surmonte les températures ambiantes au lieu de rafraîchir l'air intérieur et même les rayons solaires tombants sur le vitrage peuvent augmenter la température de la chambre. Ce qui fait, à partir de 11h du matin les patients doivent fermer les fenêtres et les stores. Contrairement ou résultats précédents, la climatisation a une corrélation assez forte et positive avec la température extérieure ($r_{\text{climatisation}} = 0.88$) mais négative avec la température ambiante ($r_{\text{climatisation}} = -0.71$). Plus la température extérieure augmente plus les patients utilisent les climatiseurs, et par conséquent la température ambiante sera diminuée.

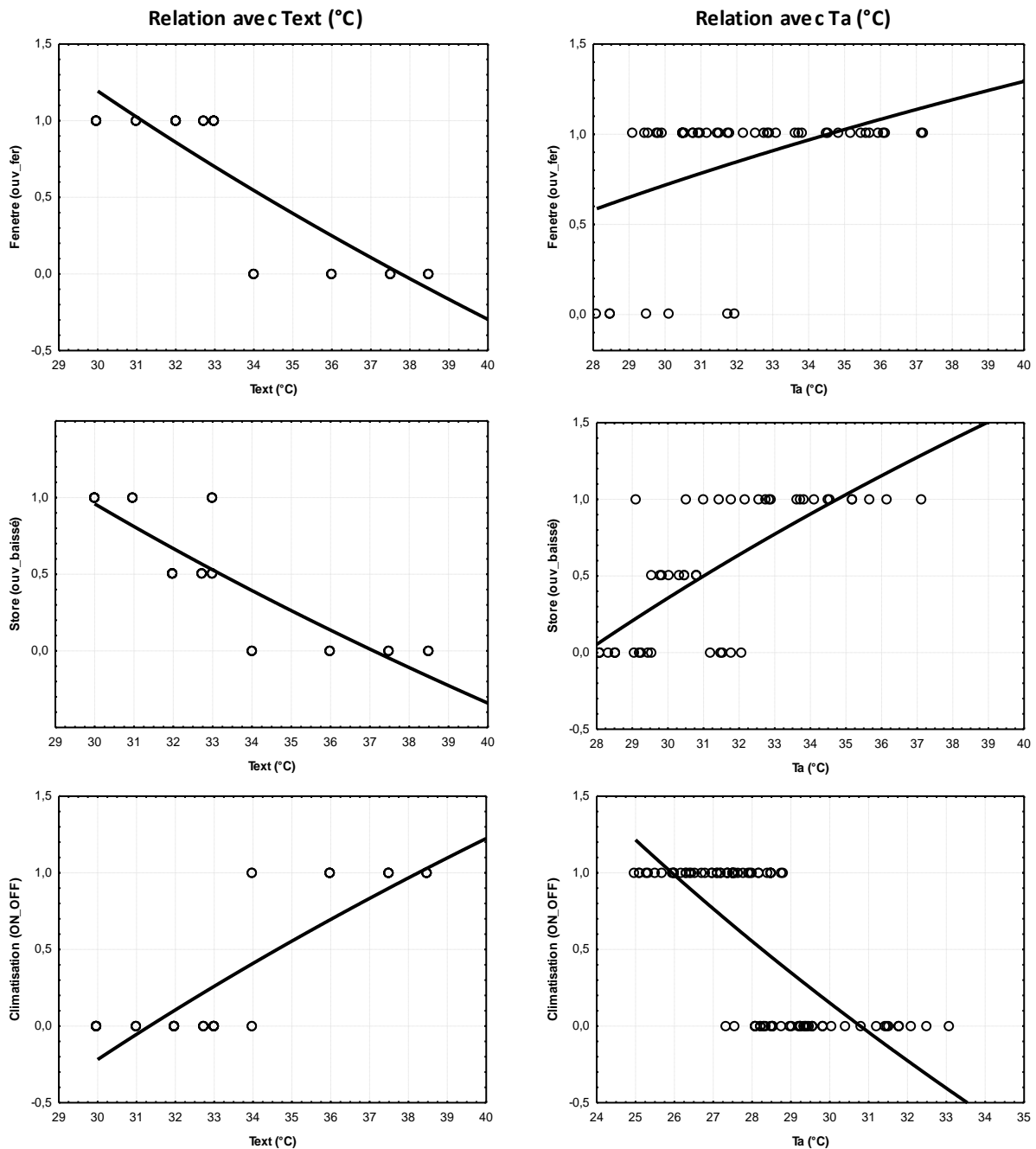


Tableau VII. 1. Résultats des régressions logistiques dans le bâtiment neuf.

Même, les résultats de l'ancien bâtiment présentent une forte corrélation négative entre le control des fenêtres et la température extérieure, aussi qu'entre la température extérieur et les stores ($r_{\text{fenêtre}} = -0.83$; $r_{\text{store}} = -0.85$). En effet, La même explication peut être valable pour ces résultats sauf que la température ambiante est corrélée négativement de manière très faible avec le contrôle des fenêtres ($r_{\text{fenêtre}} = -0.075$), ceci est justifié par les points de vote qui tombent sur des températures allant de 28°C jusqu'à 34°C dans les deux cas (des fenêtres ouvertes et fermées). Ce résultat indique que la température extérieure prend un temps considérable pour affecter et surélever la température ambiante des chambres. L'enveloppe du bâtiment contribue largement à ces résultats à travers l'inertie thermique importante de ses matériaux de construction.

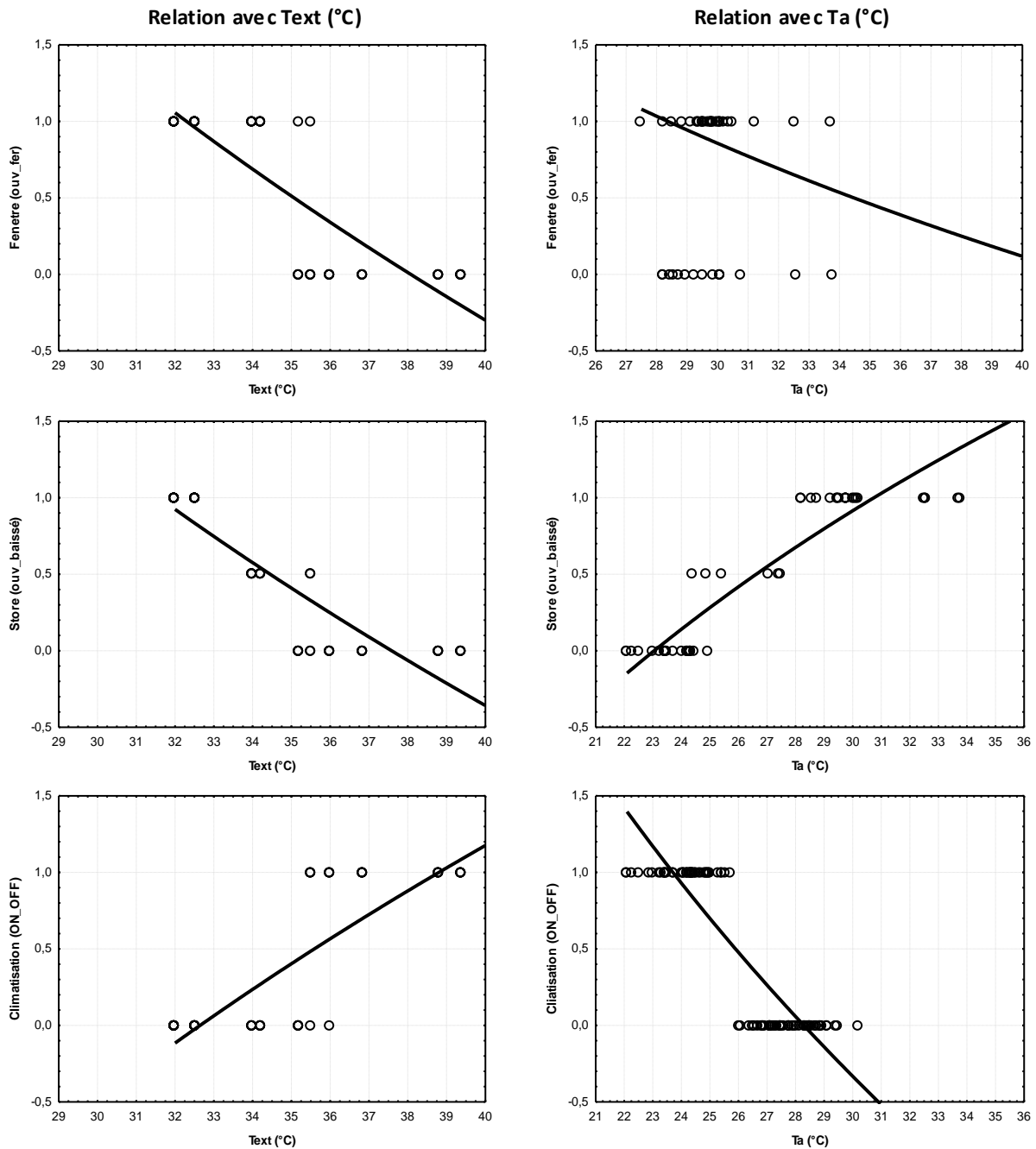


Tableau VII. 2. Résultats des régressions logistiques dans le bâtiment ancien.

L' utilisation de la climatisation est corrélée positivement d' une manière assez forte avec la température extérieure ($r_{\text{climatisation}} = 0.82$) et d' une manière très forte mais négative avec la température ambiante ($r_{\text{climatisation}} = -0.89$).

En revenant au point de l'inertie thermique, nous présentons au-dessous deux histogrammes comparatifs qui montrent l'appréciation des sensations des patients concernant le transfert thermique entre l'extérieur et l'intérieur des chambres dans les deux hôpitaux. Nous avons demandé a chacun d'exprimer ses sentiments lorsqu'il s'approche de la paroi pour un bon moment et nous avons récolté les résultats suivants :

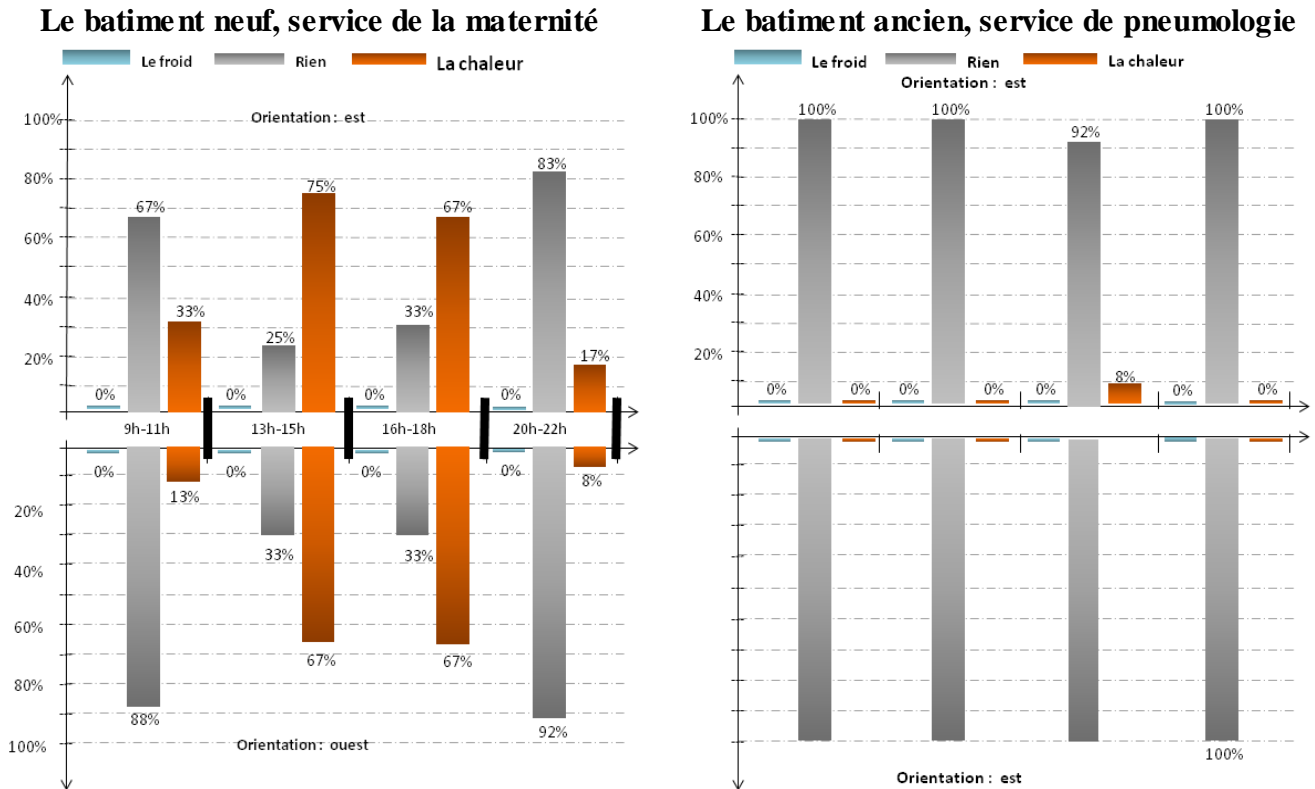


Figure VII. 10. Résultats des régressions logistiques dans le bâtiment ancien.

L'inertie est le grand atout thermique d'une construction ancienne comme le cas de l' ancien bâtiment. Parmi les choses qui font la différence entre ce type de construction et les constructions neuves est la technique qui permet de garder pour longtemps la chaleur ou la fraîcheur ressentie.

En été, ces murs limitent les surchauffes intérieures en accumulant pendant la journée une partie de la chaleur qu'il ne restitue que plus tard, pendant la nuit. Pour ne pas perdre ce bénéfice, il faut trouver un équilibre entre cette technique passive et la gestion de la climatisation selon les besoins, les attitudes et les habitudes thermiques des patients.

Le cas du service de gynécologie dans le bâtiment neuf est largement différent. Dans cette construction, une série de problèmes techniques et architecturaux s'est posé et qui peut influencer négativement sur le confort thermique des patients entres autres, l'apport de chaleur à travers les murs. Ceci est dû certainement au choix des matériaux de construction et la technique d'isolation (la lame d'air) qui est sans doute, non fiable pour ce cas. Afin de régler ce problème, les

murs peuvent simplement recevoir une correction thermique qui peut participer largement à l'amélioration du confort.

5.3. Les ajustements personnels

En principe, elles font parties d'un ensemble de tentatives d'adaptation avec l'environnement thermique des chambres, d'où le patient penserait à modifier et à ajuster ses vêtements pour se sentir encore mieux et plus à l'aise. Mais pratiquement et spécifiquement dans ces deux services, nous ne l'avons pas rencontré (peut être absolument) des patients qui changent leurs vêtements dans ces conditions ou pour ces raisons. Ceci ne signifie jamais que ça n'existe pas, mais c'est une action logique, très adoptée par toutes les personnes en général qui modifient et ajustent leurs vêtements en fonction des conditions extérieures et des variations de la température ambiante (MOUDJALLED 2007). Ceci est expliqué par le fait que les patients du service de pneumologie sont très sensibles à la faible variation de température et à cause de la nature de leurs maladies, ils préfèrent de bien s'habiller et se protéger même si la température est élevée.

L'observation est pareille pour le service de la maternité ; dans ce cas les femmes enceintes ou accouchées portent généralement en été des vêtements très légers (robe courtes, robe d'été longue...etc, avec un minimum de sous vêtements). Donc, elles ne penseraient que rarement à changer leurs vêtements, et elles n'ont aucun effort minimum pour le faire.

Toutes ces explications viennent après la confirmation que dans nos établissements de santé il n'y avait pas de vêtements spéciaux et uniformes pour tous les patients quoiqu'ils soient imposés par les normes et les réglementations nationales et internationales. Par conséquent, nous avons pris dans les considérations des calculs de l'isolement vestimentaire de chacun, la moyenne de ce qu'il porte. En effet, les résultats obtenus sont variés dans un intervalle étroit de 0.34 à 0.74 clo.

5.4. Le sexe, l'âge, l'activité et l'état pathologique

Dans cette étude, le sexe, l'âge, l'activité et l'état pathologique ont été pris en considération dans les tableaux de choix des échantillons (annexe....).

Dans le bâtiment neuf (service de la maternité) nous nous trouvons devant un échantillon presque limité dans l'âge ; la majorité des femmes que nous avons rencontrées pendant l'enquête sont entre 20 et 48 ans. Donc, nous avons choisi de travailler avec la même catégorie d'âge à l'ancien bâtiment (service de pneumologie). Concernant le sexe, nous avons choisi les deux types au service de pneumologie afin de pouvoir généraliser les résultats. Et pour plus de précision dans la généralisation, nous avons effectué un mini test de comparaison entre les résultats de votes des hommes et ceux des femmes. Le graphique ci-dessous présente la distribution des votes des hommes (en haut) et des femmes (en bas) concernant leurs sensations thermiques dans les quatre périodes de temps de l'enquête.

Il est clair, d'après les résultats, que les deux histogrammes sont symétriques et très semblables; la seule différence que nous pouvons souligner est au deuxième graphique (les votes des femmes) précisément de 13h à 15h, où elles ont votés par près de 15% que le climat ambiant est froid dans les conditions de climatisation. Cette différence peut être considérée négligeable vu que le pourcentage est très petit. Sinon, nous pouvons justifier ce résultat par le fait que la nature corporelle de l'homme y compris l'épaisseur de sa peau et sa composition hormonale peuvent supporter des températures plus basses par rapport à celles que peuvent supporter les femmes (Figure VII.11).

Au cours de l'enquête, nous avons rencontré les patients en général en trois positions majeurs soit allongé ou assis en repos soit en marche mais lentement, comme le font les femmes au sein de la maternité. C'est pour cette raison que nous avons pris les taux métaboliques dans cette étude entre 58 et 70w/m²; sachant que le taux métabolique d'une personne assise détendue est de un (1) Met, où 1 Met = 58w/m² et pour celui qui est debout ou fait la marche lente 1.2 Met = 70 w/m².

Pour l'état pathologique, nous avons pris en considération les situations sensibles de notre échantillon tous pareilles et puis nous avons éliminé les cas les plus délicats qui peuvent s'exprimer par des sensations neutres ou exagérées.

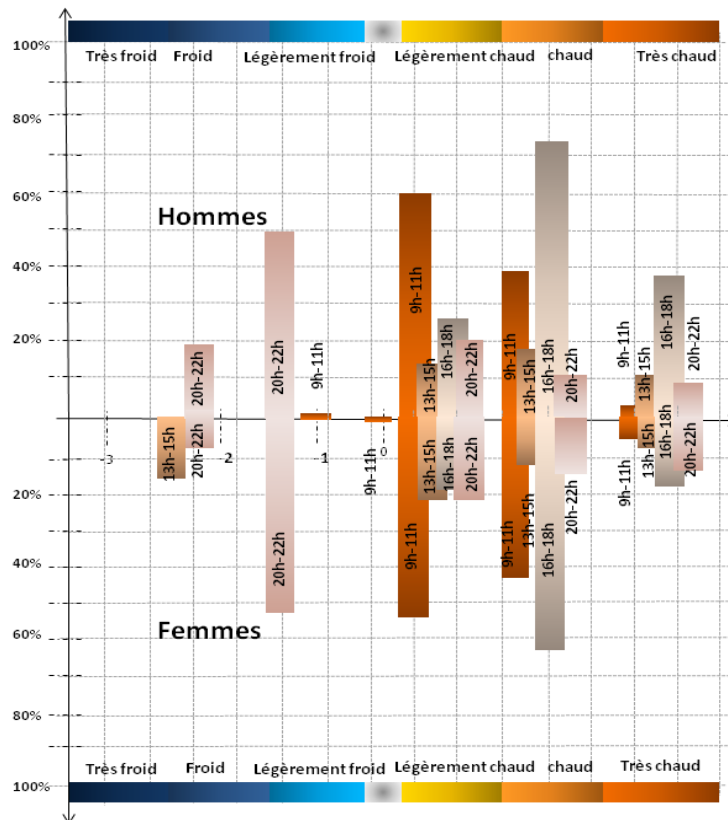


Figure VII. 11. Distribution des votes des hommes et des femmes concernant leurs sensations thermiques.

6. Conclusion

L'approche expérimentale que nous avons commencée au chapitre précédent n'aurait pu être complétée que par une autre étude analytique qui se présente dans ce chapitre. Cela a pour objectif d'approfondir nos connaissances en ce qui concerne le confort thermique des patients dans ses différentes approches.

Cette étude analytique a été divisée en trois parties majeures :

Une étude qualitative qui s'est concentrée sur les résultats des votes et les échelles d'évaluation du confort thermique et qui nous a permis de comprendre au mieux la manière dont les patients perçoivent l'ambiance thermique et à découvrir leurs attentes dans les différentes périodes de temps. En effet, les patients du service de pneumologie sont apparus plus satisfaits dans les deux conditions par rapport aux patients de la maternité, et du coup leurs préférences ont été stabilisées

sur le point de neutralité (aucun changement). Tandis que les patients de la maternité ont exprimé leurs sensations par l'inconfort thermique dans les deux conditions et de même, leurs votes de satisfactions ont été extrêmement négatifs.

Ensuite, une étude des relations entre le quantitatif et le qualitatif nous a montré que la catégorie des patients surestime la sensation de chaleur dans le cas des sensations neutres et chaudes et la sous-estime dans le cas des sensations froides.

Finalement, une troisième étude sur l'influence de ce qui n'est pas considéré comme paramètre thermique mais peut affecter le confort thermique. Et puisque nous avons travaillé avec une même catégorie d'âge composée par des personnes malades qui ne pouvaient effectuer aucune activité métabolique et qui étaient presque dans les mêmes conditions pathologiques. Dans cette étude en particulier ces facteurs n'avaient eu aucune possibilité d'influencer les résultats.

**CHAPITRE VIII: VALIDATION DES
MODELES ET EVALUATION PAR LA
SIMULATION**

1. Introduction

La simulation thermique dynamique (STD) est une étape importante pour réussir des bâtiments économes et confortables, aussi bien dans la construction que dans la rénovation et l'optimisation (RABOUILLE, 2014). Ainsi qu'on peut la considérer comme un outil d'aide fiable dans le domaine de la recherche scientifique; et depuis sa première création, elle a été largement utilisée pour la vérification et la validation des résultats.

De ce fait, ce chapitre est consacré à la simulation thermique dynamique appliquée sur les deux corpus d'études (les deux services hospitaliers) dont l'objectif est de compléter et de consolider les résultats obtenus par l'enquête et les mesures in situ.

Tout d'abord, le logiciel choisi pour la simulation thermique dans cette étude est le Trnsys, le choix de ce logiciel vient de plusieurs raisons, entre autres les capacités offertes par ce logiciel aussi bien au niveau de la modélisation et la matérialisation que dans le traitement des inputs.

Par principe, la modélisation à l'aide du Sketch Up se base sur la détermination des zones. En effet, chaque zone représente une chambre à l'hôpital, ce qui doit être réalisée virtuellement selon toutes les caractéristiques architecturales et techniques du modèle réel. D'une autre part, les protections solaires (Shading) sont considérées comme des compléments indépendants et nécessaires pour réussir les calculs thermiques.

La définition des types des parois est une opération très importante et elle s'effectue au moment de la modélisation, tandis que la détermination des matériaux de construction s'effectue au niveau du logiciel TRNBuild avant la simulation.

Les caractéristiques des ouvertures, les infiltrations, la ventilation, le chauffage, la climatisation, les charges internes, le confort et les scénarios comportementaux qui se déroulent au sein des zones à simuler sont tous des inputs demandés par le logiciel ; ceci indique probablement que le taux de la précision et de la crédibilité des résultats est très élevé.

La simulation s'est effectuée au mois de juillet afin d'avoir les mêmes conditions climatiques des mesures ; et le plus important est d'avoir des résultats qui prouvent ce qui a été obtenu par les mesures et l'enquête in situ. Tout à fait, c'est ce que nous essayons de montrer dans ce présent chapitre.

2. À propos de la simulation

2.1. La simulation thermique dynamique

2.1.1. Concept de base

La simulation thermique dynamique (STD) est une étude thermique qui permet de modéliser le comportement thermique d'un bâtiment sur une période définie grâce à un calcul effectué selon un pas horaire et en fonction de la météo, de l'occupation, de la localisation et l'orientation etc (DELMAS, 2014).

2.1.2. Principe

Les logiciels de STD s'appuient sur les données suivantes (DELMAS, 2014) :

- La position géographique du site et l'orientation du bâtiment ;
- la météo locale ;
- Le concept architectural ;
- L'occupation des pièces et le comportement des usagers ;
- Les masques intégrés du bâtiment ;
- Les masques lointains ou proches de son environnement ;
- Les caractéristiques thermiques de ses parois et de ses vitrages ;
- Les sources de chaleur internes liées à son utilisation théorique.

Il faut prendre en compte les caractéristiques thermiques et hygrothermiques des parois constituant l'enveloppe du bâtiment ainsi que les parois internes de séparation entre les locaux. Ces caractéristiques sont les trois suivantes (ROCHE, 2013) :

- λ : conductivité thermique
- ρ : masse volumique
- C_p : capacité calorifique

Ces trois caractéristiques sont décrites pour chaque couche de chaque paroi qui est ainsi définie : C'est l'ensemble de ces paramètres qui influe sur le bilan qui est fait de façon dynamique. Elle permet de connaître :

- les températures,
- les besoins de chauffage et de climatisation,
- les apports solaires,
- la consommation finale

2.1.3. Les applications et les objectifs de la STD

La simulation thermique dynamique peut être utilisée pour atteindre un ou plusieurs objectifs ; car elle a plusieurs domaines d'applications.

En général, on utilise la STD pendant la conception d'un bâtiment et la formulation de ces composants pour :

- Optimiser le concept architectural (optimisation des épaisseurs, choix du système de l'isolation et choix des isolants, dimensionnement des protections solaires, choix du système constructif, minimisation du besoin thermique d'un bâtiment...).

- Choisir l'orientation optimale.
- Evaluer ses besoins énergétiques.
- Tester différentes solutions techniques à la recherche de l'optimum entre performances et investissements.

Les applications les plus courantes de la STD consistent en :

1-L'analyse du confort thermique d'été en l'absence de la climatisation. Pour cela, il est fréquent que les programmes indiquent un certain nombre d'heures de dépassement d'une température seuil. D'autres méthodes peuvent être utilisées. La plupart des outils permettent de réaliser ce type d'analyses en tenant compte de la température opérative qui dépend de la température de l'air dans la zone et de la température moyenne des parois (ROCHE, 2013).

Les objectifs de cette application sont :

- Evaluer le confort thermique estival du bâtiment.
- Evaluer les risques de surchauffes estivales dans une zone précise d'un bâtiment.
- Déterminer les périodes qui nécessitent la climatisation.
- Définir les besoins énergétiques.

2-La quantification de besoins de chaud pour le chauffage voir de froid en présence d'un système de rafraîchissement actif.

Les objectifs de cette application sont :

- Etudier les conséquences de différentes solutions techniques sur l'enveloppe.
- Préconiser des températures de consigne de fonctionnement permettant de minimiser les consommations énergétiques futures.

3-l'estimation de consommation prévisionnelle réaliste qui nécessite de mettre en œuvre des moteurs de calcul tenant compte de façon affinée des systèmes techniques, des systèmes de ventilation, ou des systèmes d'émission de chaud et de froid, voir de distribution et de production ...

Les objectifs de cette application sont :

- Evaluation de la consommation énergétique en fonction du confort thermique du bâtiment.

2.1.3. Les limites de la STD

1- La validation des données d'entrée :

La plupart des outils distribués sur le marché sont, en effet, validés à travers de travaux de recherche soit en comparaison avec des cellules tests, soit en comparaison entre logiciels. La robustesse des données de sortie dépend plus de la pertinence des données d'entrée que du logiciel utilisé. Parmi les hypothèses particulièrement les plus délicates à valider et à obtenir, sont les données météorologiques importantes. Leur sélection demande de se projeter sur l'analyse faite : il n'existe pas de fichier météorologique idéal. En fonction de l'analyse qui doit être menée, une sélection de données météorologiques pertinentes à utiliser doit être effectuée. En revanche, si l'objet est d'étudier les conditions de confort d'été en absence de climatisation, la sélection d'un été légèrement plus chaud qu'un été moyen des 10/15 dernières années, voir dans certains cas un été extrême, peut parfois s'avérer utile. Il existe plusieurs sources de données météorologiques plus ou moins fiables et d'origine mesurée ou extrapolée à partir des moyennes (ROCHE, 2013).

2-Les hypothèses de base de ce type de calcul qui est du modèle zone :

En effet, on considère qu'une zone représente la plupart du temps un local ou un groupement de locaux définis par une température d'air unique quelle que soit la position à l'intérieur de cette zone. Par conséquent, on ne tient pas compte des phénomènes de stratification à l'intérieur d'une zone ni des phénomènes convectifs localisés qui pourraient avoir lieu suite à un échauffement sur une paroi par exemple. Cette limite pose de véritables difficultés lorsqu'on est amené à modéliser des volumes importants type atrium (ROCHE, 2013).

3-La modélisation des transferts d'air entre des zones et l'extérieur et / ou entre zones est un élément délicat :

Dans la plupart des logiciels, les transferts d'air sont définis comme des saisies par l'utilisateur et doivent être défini au préalable. Cette façon de procéder ferme la porte à la modélisation des phénomènes aléatoires et non prévisibles tel que la ventilation naturelle par l'ouverture des fenêtres ou des transferts d'air par convection naturelle, comme par exemple dans un atrium. Certains logiciels disposent d'algorithmes simplifiés de calcul de transfert d'air entre zones et / ou entre zones et l'extérieur (ROCHE, 2013).

4-La STD s'appuie sur des scénarios d'utilisation. Si ceux-ci évoluent (plus ou moins grande occupation, comportement énergivore des utilisateurs...) les consommations réelles ne sont plus en phase avec les résultats de la STD.

5- Les calculs de temps de retour sur investissement se font par rapport au coût de l'énergie à un instant « t ». Mais quel sera le coût du kWh électrique ou du litre de fioul dans 10, 20 ou 30 ans ?

2.2. La simulation thermique comportementale

La simulation thermique comportementale (STC) est une amélioration de la simulation thermique dynamique (STD) dans le domaine du bâtiment, par l'introduction de scénarios dynamiques de comportement d'occupant, issus de relevés réels (Batier, 2015).

Elle s'effectue par l'observation et l'enregistrement des actions et des réactions des occupants de l'espace en fonction de leurs sensations et leurs états de satisfactions vis-à-vis le confort thermique. L'analyse de ces observations nous permet d'établir plusieurs profils de comportement réels.

Afin de réaliser une simulation thermique dynamique au plus proche de la réalité, les profils de comportements sont convertis en scénarios qui servent de données d'entrée au logiciel.

2.3. Logiciels de simulation thermique du bâtiment

A la fin des années 80, deux types d'outils existaient pour étudier la performance thermique des bâtiments (Thierry Salomon, 2005) :

- Les méthodes simplifiées (bilans mensuels comme celui de la réglementation thermique (1988),
- Les outils détaillés (TRNSYS, DOE2, ESP...), quoi qu'ils ont été très peu utilisés par les professionnels car trop coûteux en temps de saisie et d'apprentissage.

C'est dans ce contexte qu'ont été développés des outils qui permettent d'effectuer des simulations thermiques, qui vont de simples feuilles de calcul à des outils très sophistiqués.

La majorité de ces outils a été développée initialement pour calculer les besoins thermiques de chauffage et de refroidissement d'un bâtiment, sur la base des caractéristiques de l'enveloppe.

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

De nos jours, avec les logiciels STD (Simulation Thermique Dynamique) le calcul des besoins thermiques et de la performance énergétique d'un bâtiment en exploitation, est effectué sur des courts de temps (généralement une heure) et de façon « dynamique ».

Donc, ces logiciels permettent de simuler le comportement thermique et énergétique du bâtiment, en estimant de façon fiable ses consommations prévisionnelles. En revanche, ils faut prendre en considérations les échanges thermiques et énergétiques avec l'environnement; ils permettent alors de calculer la performance thermique de l'enveloppe du bâtiment et de faire un bilan énergétique global.

2.3.1. Pléiades + Comfie

Pléiades est un logiciel complet de conception et d'évaluation énergétique et environnementale du bâtiment ; il a été développé par Izuba Energies. Le modeleur graphique Alcyone permet une saisie rapide de l'enveloppe du bâtiment avec visualisation en 3D permettant d'accélérer considérablement la saisie des projets. Une palette d'outils très complète permet de tracer rapidement un projet, d'affecter des ouvertures (fenêtres, portes) sur les parois, de créer des masques proches, de recopier un niveau, de sélectionner les zones thermiques, de changer l'orientation, de définir les caractéristiques thermiques, des systèmes et des informations concernant l'usage etc. Une image scannée peut être insérée en fond d'écran pour faciliter la saisie, dès la première esquisse (Thierry Salomon, 2005).

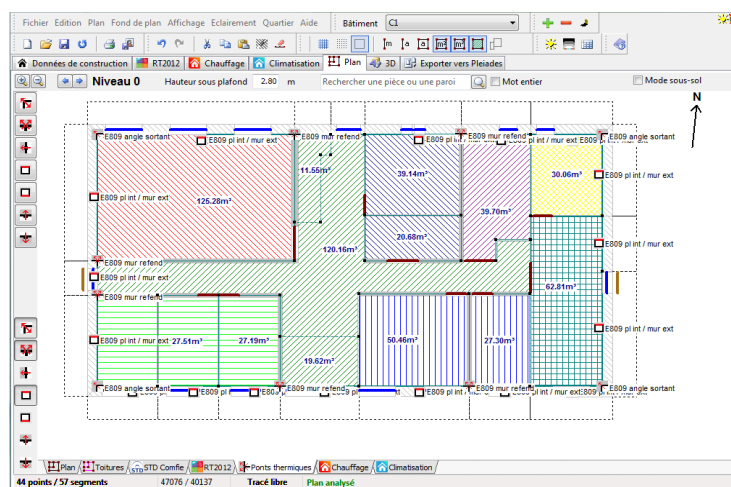


Figure VIII. 1. Saisie graphique par niveau- Pléiades + Comfie

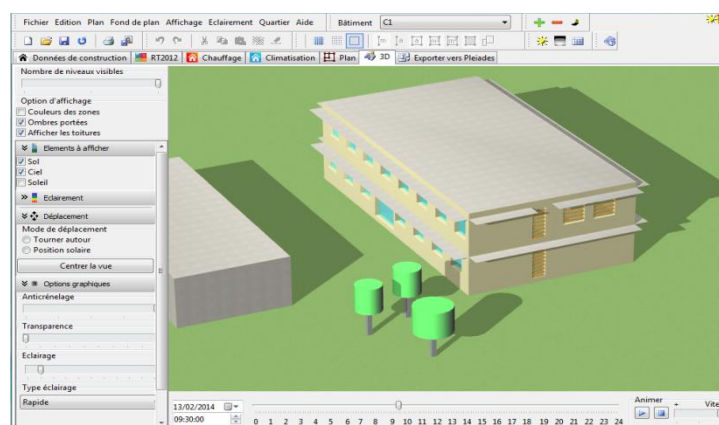


Figure VIII. 2. Visualisation en 3D- Pléiades + Comfie

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

Le calcul thermique est basé sur le moteur Comfie, qui a été développé par le Centre Efficacité énergétique des Systèmes de l'Ecole de Mines de Paris. Le calcul de l'éclairage naturel est basé sur le logiciel Radiance. La modélisation des systèmes est effectuée selon les règles Th-BCE 2012, à l'exception des centrales de traitement d'air qui ne sont pas modélisées (GOCZKOWSKI, HAMRI, & MILLET, 2015).

PLEIADES + COMFIE permet à un architecte, un BET ou un maître d'ouvrage d'analyser un projet ou d'envisager une réhabilitation dans une démarche complète d'analyse thermique, depuis les premières esquisses jusqu'aux étapes plus avancées du projet. Le logiciel est chaîné à EQUER, permettant d'évaluer les impacts environnementaux par analyse de cycle de vie. Cette double approche, à la fois précise sur la maîtrise des ambiances et à large spectre sur l'environnement permet de choisir entre différentes options avec une bien meilleure connaissance du comportement interne d'un bâtiment et de son impact environnemental global (Thierry Salomon, 2005).

- Fiche technique :

Détail technique du logiciel		Interface
Moteur de calcul	Comfie	
Points forts	<ul style="list-style-type: none"> Saisie et visualisation 3D sobre et conviviale. Possibilité d'effectuer un calcul réglementaire + dimensionnements + calcul SED + ACV avec une saisie commune. Import à partir de Sketch Up et format gbXML. Rapidité de calcul (de quelques secondes à quelques minutes pour 40 zones, limite maximale pour l'instant). 	
Axes d'amélioration (en cours ou à venir)	<ul style="list-style-type: none"> Outil historiquement orienté enveloppe : la modélisation des systèmes ne couvre pas encore tous les systèmes : Systèmes de traitement tout air (DAC/DAV) difficilement modélisables à cause du découplage entre bâtiment et systèmes (Comfie) Pas de possibilité de réinjecter les pertes de réseaux dans le bâtiment, à cause du découplage entre bâtiment et systèmes. Indicateurs de confort PPD / PMV à venir. 	
Fonctionnalités principales		Méthodes
	Calcul réglementaire	RT 2012
	Dimensionnement chaud	EN 12831
	Dimensionnement froid	RTS ASHRAE
	Indicateur de confort thermique	Nombre d'heures par température, zone de Brager
Autres fonctionnalités	<ul style="list-style-type: none"> Calcul éclairage naturel et des FLJ avec Radiance Calcul éclairage artificiel selon règles Th-BCE Module aéraulique Photovoltaïque intégré au bâtiment Analyse du Cycle de Vie (novaEquer) 	
Site internet	http://www.izuba.fr/logiciel/pleiadescomfie	



Tableau VIII. 1. Fiche technique du logiciel Pléiades + Comfie

2.3.2. ArchiWIZARD

ArchiWIZARD est un logiciel professionnel de simulation thermique et énergétique; le principe de ce logiciel consiste à la simulation des maquettes numériques compatible avec les maquettes numériques « principales » (Revit, ArchiCAD,...) et le logiciel de modélisation 3D Sketch Up. Son atout principal est de permettre d'importer la géométrie de conception ou de l'existant à partir de tous les formats actuellement existants, et d'effectuer en temps réel le calcul thermique et d'éclairage.

ArchiWIZARD permet d'effectuer une SED (simulation énergétique dynamique) et une STD (simulation thermique dynamique) voir partielle. En appelant le moteur de calcul Energy+. Pour l'instant, le modèle Energy+ est lancé sous la forme de besoins : les équipements d'émission, distribution et génération ne sont pas modélisés. Seulement les systèmes de ventilation (simple flux ou double flux) sont exportés en EnergyPlus (GOCZKOWSKI, HAMRI, & MILLET, 2015).

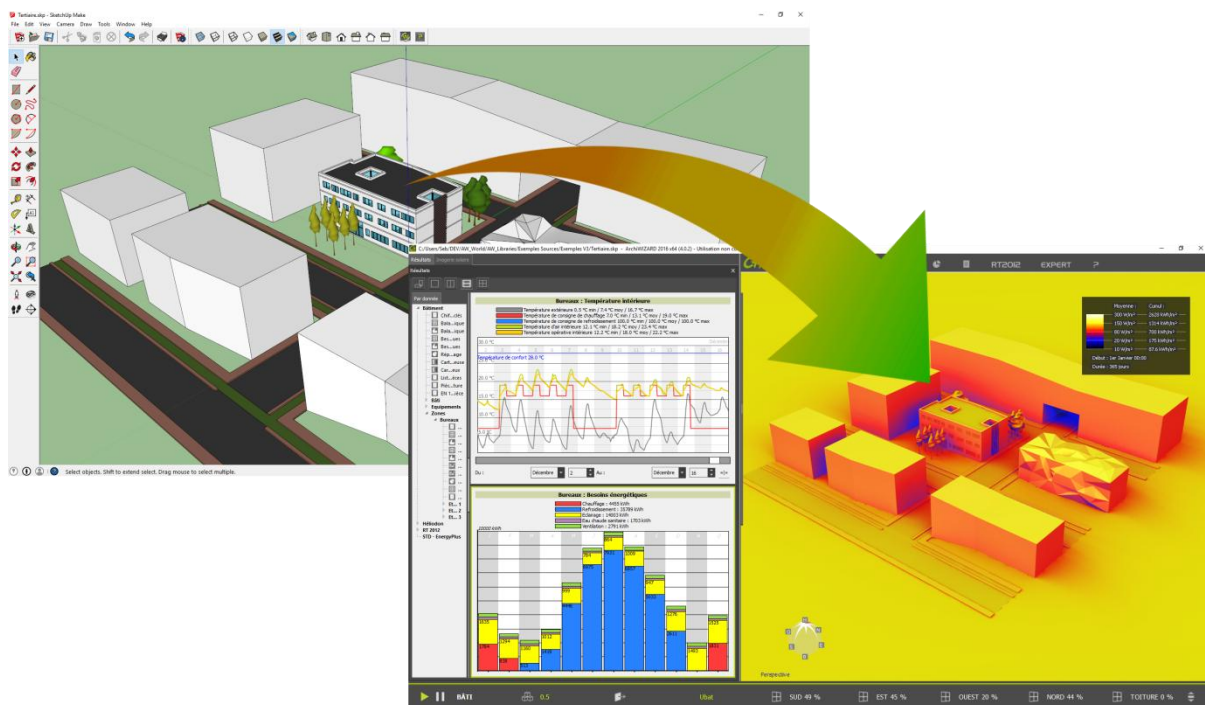


Figure VIII. 3. Importation de la maquette numérique à partir du SketchUp

Plateforme de travail collaborative basée sur la maquette numérique pour :

- Architectes & Dessinateurs
- Ingénieurs & Consultants
- Constructeurs de maison individuelle
- Industriels et Fournisseurs de la construction

ArchiWIZARD permet de:

- Améliorer les performances intrinsèques de l'enveloppe du bâtiment.
- Optimisation des apports solaires tant en énergie thermique qu'en lumière naturelle
- Optimiser les besoins énergétiques et les températures

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

ArchiWIZARD fait partie des interfaces les plus avancées et simples d'utilisation vers la simulation thermique dynamique EnergyPlus, référence des moteurs de Simulation Energétique Dynamique du bâtiment.

Le module STD EnergyPlus permet l'accès à toutes les possibilités classiques nécessaires à la simulation thermique dynamique couvrant l'enveloppe du bâtiment, les phénomènes d'inertie, les vitrages, les protections solaires, et l'analyse du confort des occupants, à partir du même modèle 3D utilisé pour les simulations bioclimatiques et les calculs réglementaires RT2012 (Le logiciel de simulation thermique 3D ArchiWIZARD, 2012).

- Fiche technique :


Détail technique du logiciel		Interface	
Moteur de calcul	EnergyPlus (partie bâtiment uniquement, pas de modélisation systèmes pour l'instant)		
Points forts	<ul style="list-style-type: none"> • Interface graphique 3D simple et intuitive • Importation des principaux formats de fichier CAD / CAO. • Possibilité d'effectuer un calcul réglementaire + dimensionnement + calcul SED. • Calcul d'éclairage naturel / éclairage artificiel rapide et détaillé (ray-tracing), adapté pour des géométries complexes. • Rapidité de calcul. 		
Axes d'amélioration (en cours ou à venir)	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de systèmes sous EnergyPlus : calcul en besoins + post-traitement. • Modèle d'éclairage artificiel : pas de gradation possible (interrupteur uniquement). 		
Fonctionnalités principales	Méthodes		
	Calcul réglementaire		RT 2012
	Dimensionnement chaud		EN 12831
	Dimensionnement froid		-
Autres fonctionnalités	Indicateur de confort thermique		
	-		
Autres fonctionnalités	<ul style="list-style-type: none"> • Calcul en temps réel de l'éclairage naturel grâce à un algorithme optimisé de ray-tracing, adapté pour des géométries complexes. • Calcul en temps réel des besoins chaud et froid en phase « esquisse », grâce à un modèle thermique simplifié 		
Site internet	http://www.archiwizard.fr/		

Tableau VIII. 2. Fiche technique du logiciel ArchiWIZARD

2.3.3. DesignBuilder

DesignBuilder est un logiciel de simulation dynamique, possédant une interface graphique offrant de nombreuses fonctionnalités. Depuis sa création, il repose sur le concept de BIM et les meilleurs moteurs de calcul afin d'offrir de nombreuses possibilités de simulation en conservant une ergonomie aisée.

Il est conçu pour améliorer la productivité des bureaux d'études, réduire la redondance des saisies et permettre une évolution fluide du modèle à chaque phase du projet.

Le logiciel est basé sur le moteur de calcul EnergyPlus, qui est un moteur de calcul développé par le DOE (département de l'énergie des US), et qui permet d'effectuer une simulation couplée du bâtiment et des systèmes CVC et d'éclairage naturel et artificiel (GOCZKOWSKI, HAMRI, & MILLET, 2015).

Parmi ses avantages, c'est qu'il offre une interface 3D autorisant la manipulation, duplication, extrusion, coupe des volumes du bâtiment à la souris. L'organisation hiérarchique Bâtiment – Bloc, Zone, Surface autorise la configuration des données (construction, fenêtres, chauffage, etc.) au niveau général ou détaillé selon le principe d'héritage (DesignBuilder, 2013).

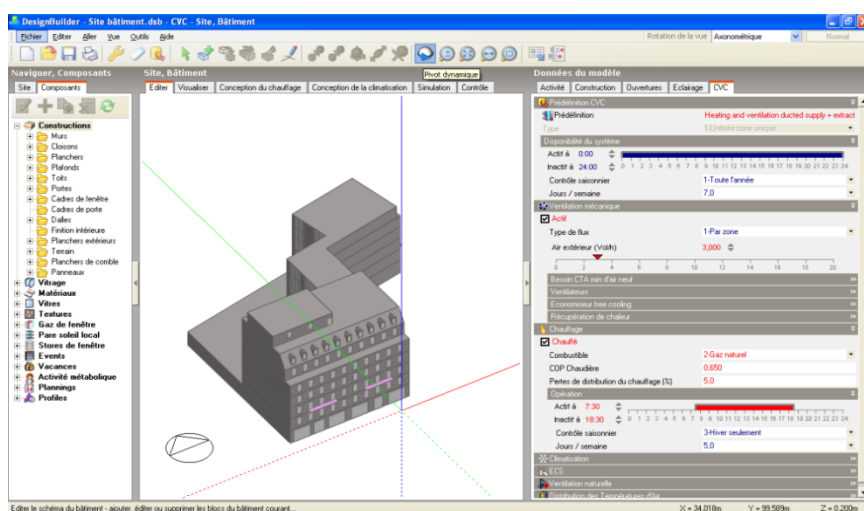


Figure VIII. 4. Interface 3D- DesignBuilder



Figure VIII. 5. Rendu 3D réaliste et visitable- DesignBuilder

Le bâtiment est immédiatement visualisable, à n'importe quel stade du projet. Il est possible de visiter le bâtiment à l'intérieur comme depuis l'extérieur, voir les ombres solaires à n'importe quelle date et heure (les vitrages sont transparents).

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

- Fiche technique :

Détail technique du logiciel		Interface
Moteur de calcul	EnergyPlus	
Points forts	<ul style="list-style-type: none"> Interface graphique 3D ergonomique. Import / export format gbXML. Possibilité d'effectuer un calcul réglementaire + dimensionnement + calcul SED. Modélisation détaillée des systèmes avec vue graphique des liaisons entre composants. Modélisation couplée bâtiment – éclairage - systèmes - ventilation naturelle. Large choix de contrôle des équipements (particulièrement pour les systèmes à air). 	
Axes d'amélioration (en cours ou à venir)	<ul style="list-style-type: none"> Pour accéder à certaines fonctionnalités spécifiques d'EnergyPlus (par exemple les pertes thermiques des réseaux hydrauliques), il est nécessaire un post-traitement du fichier de texte généré par DesignBuilder. Exemples : <ul style="list-style-type: none"> Pertes thermiques des réseaux hydrauliques. Temps de calcul relativement long, de quelques minute à plusieurs heures, causé principalement par le calcul d'ombrage effectué à chaque pas de temps. La dernière version d'EnergyPlus recodée commence à démontrer des gains significatifs. 	
Fonctionnalités principales	Méthodes	
	Calcul réglementaire	RT 2012
	Dimensionnement chaud	ASHRAE
	Dimensionnement froid	Heat Balance Method ASHRAE
	Indicateur de confort thermique	PMV/PPD/Nombre d'heures par température
Autres fonctionnalités	<ul style="list-style-type: none"> Modélisation CFD pour espaces de grande hauteur et ventilation naturelle Module d'optimisation du bâtiment Calculs FLJ par Radiance, Coût global, LEED EnR : PV, solaire thermique, géothermie Montages CVC complexes : Thermo-frigo-pompe, VRV, PAC + relève, dalle active... froid en phase « esquisse », grâce à un modèle thermique simplifié 	
Site internet	http://www.designbuilder.co.uk/	



Tableau VIII. 3. Fiche technique du logiciel - DesignBuilder

2.3.4. TRNsys Simulation Studio

C'est un logiciel spécialisé dans la simulation thermique dynamique appliquée au bâtiment. Il constitue une référence depuis des années à l'échelle mondiale.

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

Il a été créé dans les années 70 par l'Université du Wisconsin (USA) et développé les années 90 par un comité de développement international le CSTB.

L'atout de TRNSYS est d'être un logiciel extensif et très précis en ce qui concerne les inputs; il permet d'intégrer toutes les caractéristiques d'un bâtiment et de son équipement (systèmes de chauffage, climatisation) pour mener une étude mono ou multizone détaillée de son comportement thermique.

TRNSYS intègre les variables d'emplacement, de matériaux de construction, d'architecture globale, de concept énergétique choisi, y compris les plus complexes tels que les systèmes solaires innovants (TRNSYS, logiciel pour la simulation thermique des bâtiments et des systèmes, 2017).

TRNSYS permet d'effectuer les calculs après l'importation du fichier .idf de la 3D conçu et modélisés en SketchUp.

La bibliothèque standard de composants dans ce logiciel permet la modélisation de l'enveloppe d'un bâtiment (type 56), ainsi que de nombreux systèmes, selon plusieurs approches qui peuvent aller des plus simples au plus complexes. La facilité de modélisation des régulateurs et sa modularité rend TRNSYS un outil très adaptée pour la simulation des systèmes complexes (exemples : thermo-frigo-pompes, dalles actives, contrôle prédictif) (GOCZKOWSKI, HAMRI, & MILLET, 2015).

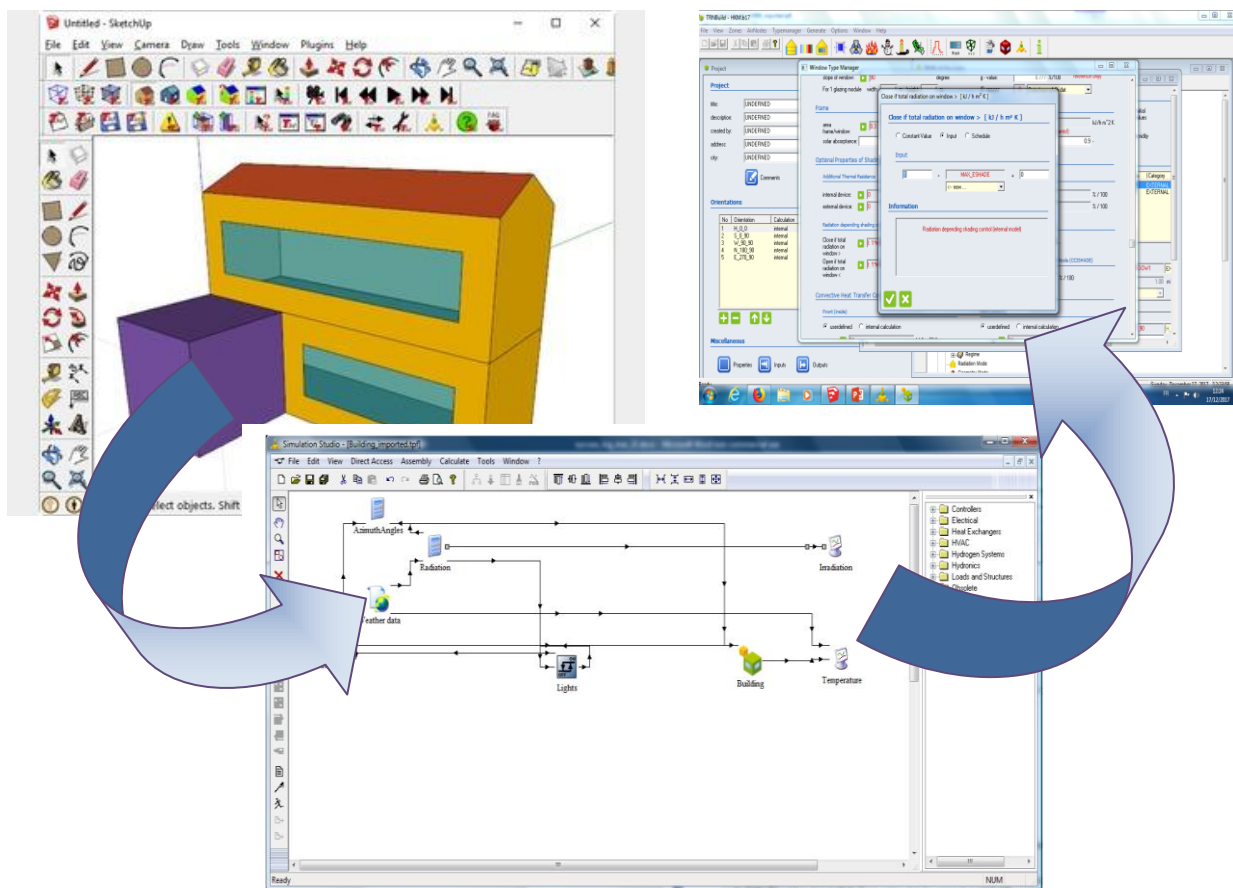


Figure VIII. 6. Importation du fichier .idf de la 3D à partir du SketchUp

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

- Fiche technique :

Détail technique du logiciel		Interface
Moteur de calcul	TRNSYS 17	
Points forts	<ul style="list-style-type: none"> • Modularité : outil basée sur des composants (« types ») qui peuvent être connectés entre eux librement pour créer son propre système. • Flexibilité : possibilité de définir des équations pour définir la logique de contrôle des équipements. • Extensibilité : possibilité d'ajouter des modules de calcul et des interfaces utilisateur. • Outil très adaptée pour la simulation des systèmes, en particulier pour les systèmes complexes (exemples : thermo-frigo-pompes, dalles actives, contrôle prédictif). 	
Axes d'amélioration (en cours ou à venir)	<ul style="list-style-type: none"> • Interface peu conviviale, y inclus l'interface pour la définition du bâtiment (TrnBuild). • Module 3D disponible sous Google Sketch Up mais pas très performant. • Pas de modélisation d'éclairage et d'éclairage dans le modèle de bâtiment (il est possible théoriquement de le faire par des modules utilisateur, mais approche lourd). • Outil « expert » : temps d'apprentissage long. 	
Fonctionnalités principales		Méthodes
	Calcul réglementaire	-
	Dimensionnement chaud	-
	Dimensionnement froid	-
	Indicateur de confort thermique	PMV, PPD, Top
Site internet	http://www.trnsys.com/	



Tableau VIII. 4. Fiche technique du logiciel TRNsys

3. Protocole de la simulation

3.1. Objectif de la simulation

Comme nous l'avons expliqué précédemment, la conception des équipements publics en Algérie semble une opération d'adaptation du même plan, même configuration et certainement avec les mêmes matériaux de construction et la même composition d'enveloppe, peu importe la région et le climat. C'est pour cette raison, que nous nous efforcerons dans cette étude à prouver par tous les moyens disponibles (enquêtes in situ, mesures physiques, observations et enfin la simulation) que les nouveaux équipements de santé ne répondaient pas aux exigences des normes et des usagers sur le plan confort thermique. Donc, nous voudrions dire: Stop, ces constructions ne sont pas confortables. En revanche, ce chapitre va être une introduction au chapitre suivant qui sera une initiative de recherche pour l'optimisation par la simulation thermique dynamique; dans l'objectif de trouver des solutions pour la réhabilitation des bâtiments.

3.2. TRNsys : critères de choix

La simulation thermique dynamique (STD) est aujourd'hui un outil incontournable pour la recherche, le développement et la conception de bâtiments confortable en matière d'ambiances et peu consommateurs d'énergie. Vu que le comportement thermique du bâtiment indique immédiatement l'état du confort intérieur ainsi que le taux de la consommation énergétique, les recherches scientifiques dans le secteur du bâtiment imposent largement les démarches de la STD et la SED en utilisant des logiciels très avancés.

TRNSYS figure parmi les outils de recherche les plus puissants permettant l'étude du comportement thermique du bâtiment. Ses très nombreuses fonctionnalités permettent de réaliser un travail en profondeur sur le comportement thermique des bâtiments et de leurs différents constituants.

TRNSYS permet de simuler les performances thermiques d'un bâtiment, y compris en géométrie 3D, afin de :

- Prendre en compte des phénomènes physiques dynamiques.
- Valider les choix architecturaux et d'équipements.
- Réaliser des bâtiments énergétiquement performants.
- Expérimenter des approches novatrices compatibles HQE.

En considérant tout ce qui précède, nous aussi avons choisi TRNsys pour la simulation thermique dynamique à cause de:

- La disponibilité au niveau du laboratoire.
- La précision demandée pour les inputs (les entrées).
- La richesse dans la bibliothèque des matériaux de construction.
- La précision dans les caractéristiques des matériaux de construction et de l'équipement.
- La possibilité d'introduire d'autres matériaux spécifiques.
- La possibilité de la simulation par zone.
- La variété des choix d'outputs.

Il est basé aussi sur des règles précises construites avec une logique très persuasive.

3.3. Période de la simulation et climatologie

La période choisie pour la simulation est la même période approuvée pour l'enquête et les mesures in situ ; nous effectuons les simulations des deux modèles pendant le mois de juillet (voir chapitre VI). Les caractéristiques climatiques de Biskra à cette période sont très dures. La température extérieure est souvent très élevée tout au long de la journée. L'humidité également, reste fréquemment constante dans les limites basales ; avec une vitesse de l'air aussi-bien constante (voir chapitre IV ; chapitre VI).

3.4. Modélisation géométrique

3.4.1. Modèle de la maternité

Un plan typique simple avec des chambres réparties sur l'axe Nord/sud (Figure. VIII.7 ; Figure. VIII.8 ; Figure. VIII.9).

3.4.1.1. Présentation graphique du modèle en 2D



Figure VIII. 7. Plan RDC du service maternité

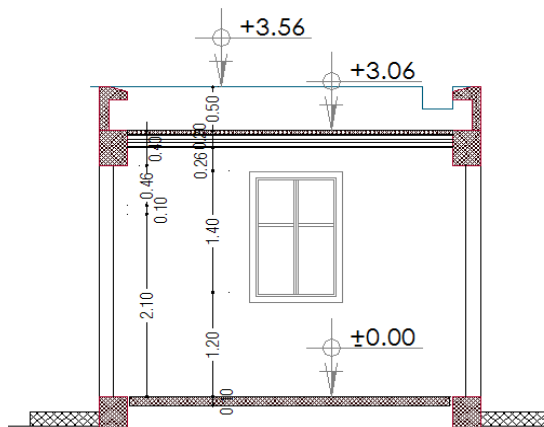


Figure VIII. 9. Coupe de la maternité

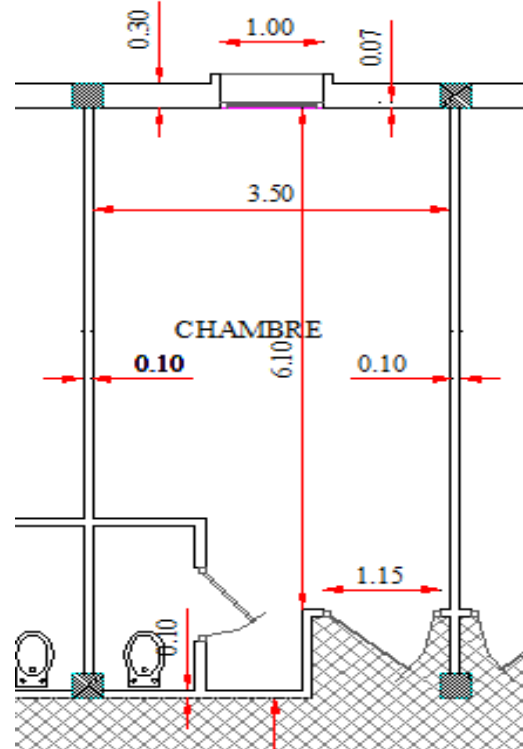


Figure VIII. 8. Détail d'une chambre au service de la maternité

3.4.1.2. Vues d'ensembles

Les figures VIII.10 et VIII.11, nous informent sur la modélisation géométrique extérieure et intérieure du bâtiment simulé. L'objectif étant de s'approcher, au plus près de la forme réelle dans la limite de la simulation thermique dynamique à l'aide du SketchUp.

Comme présentent les figures ci-dessous, la simulation a été appliquée sur 8 zones (chambres) dans le secteur.

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

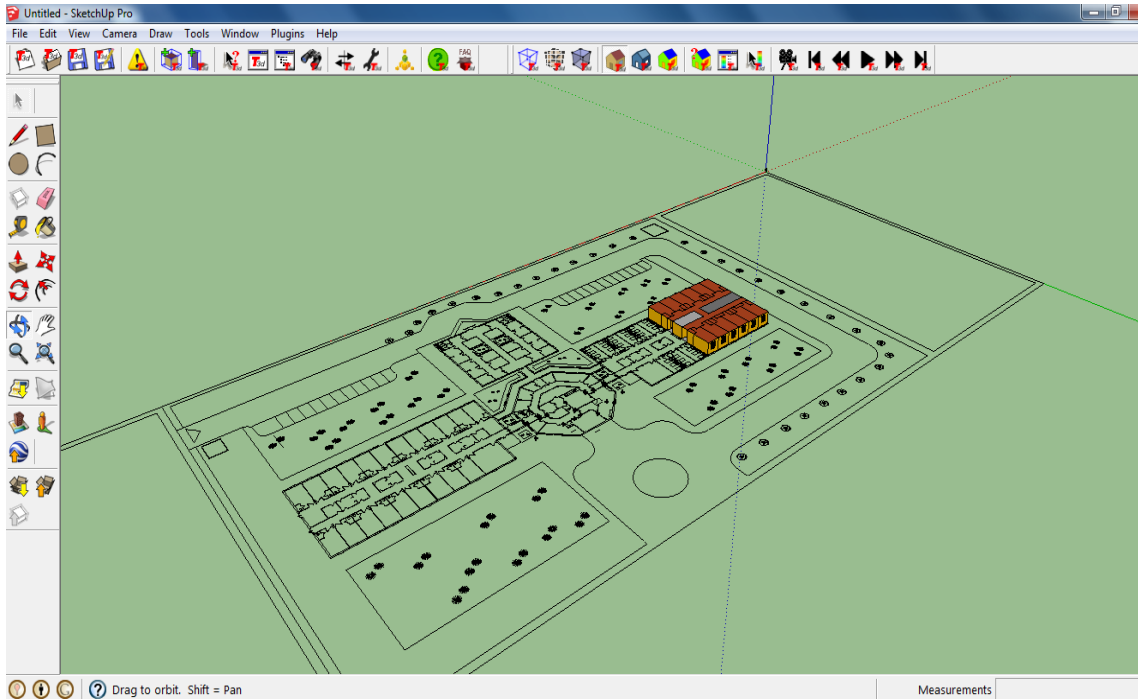


Figure VIII. 10. Vue générale (extérieure) du modèle de la maternité surSketchUp maternité

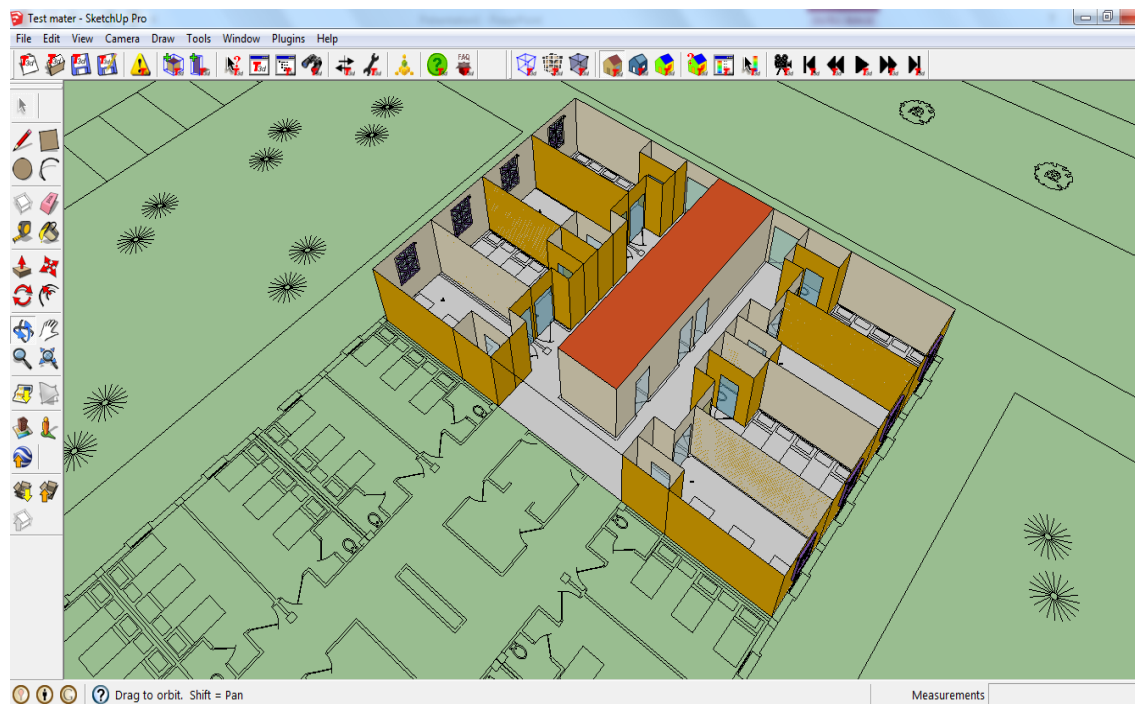


Figure VIII. 11. Modèle virtuel d'un secteur composé de 8 chambres (zones) du service maternité

3.4.1.3. Création des zones



En double clique sur l'icône "New Trnsys3d Zone" nous pouvons dessiner la géométrie de la première zone (Chambre 01). Nous devons répéter l'opération pour la création de chaque zone (Figure. VIII.12 ; Figure. VIII.13).

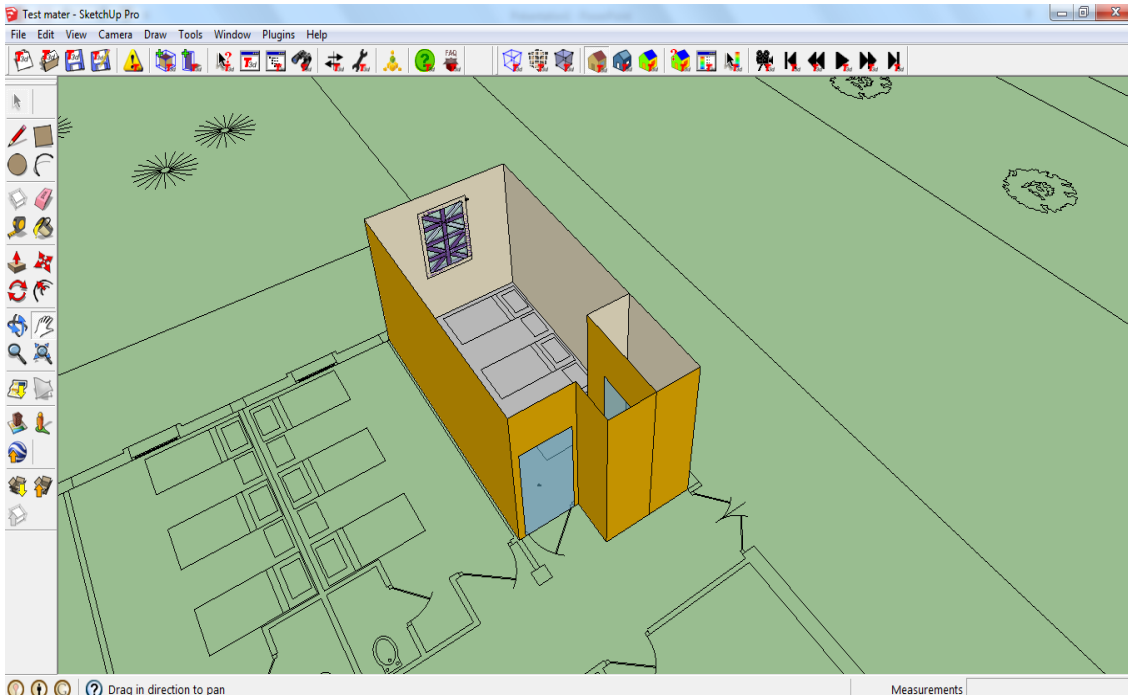


Figure VIII. 12. Modélisation d'une chambre (zone)

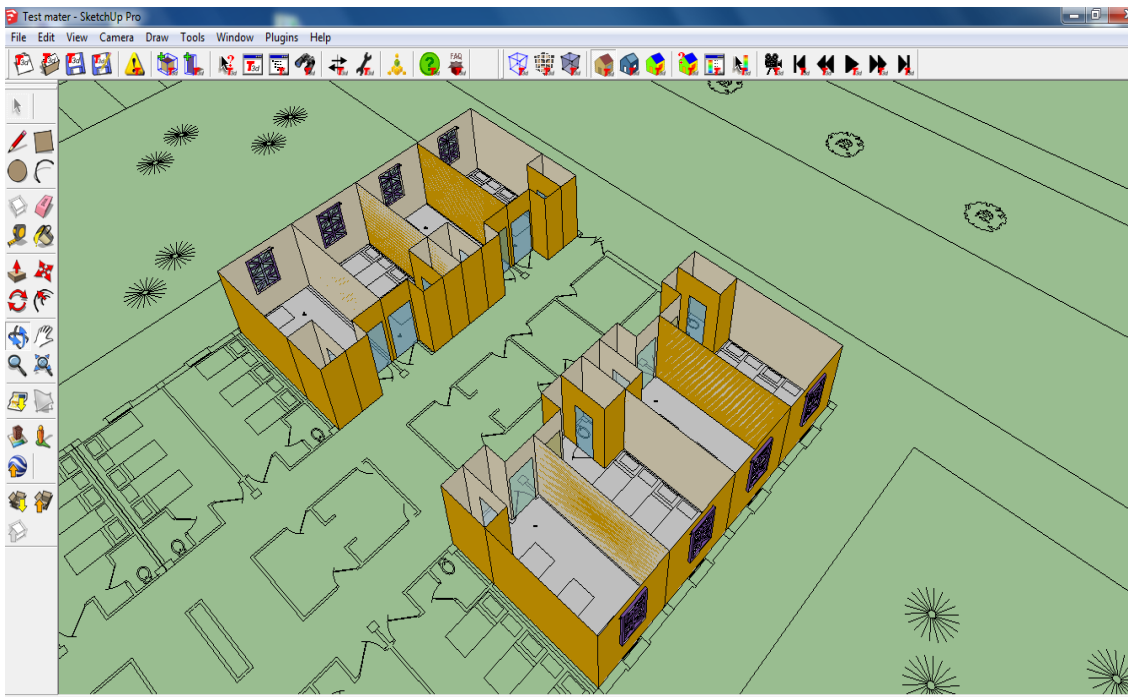



Figure VIII. 13. Ensemble des chambres (zones)

3.4.1.4. Les protections solaires (Shading)

En double clique sur l'icône "New Trnsys3d ShadingGoup"  pouvons dessiner la protection solaire de la première zone (Shading 1). Nous devons répéter l'opération pour la création de chaque Shading (Figure. VIII.14).

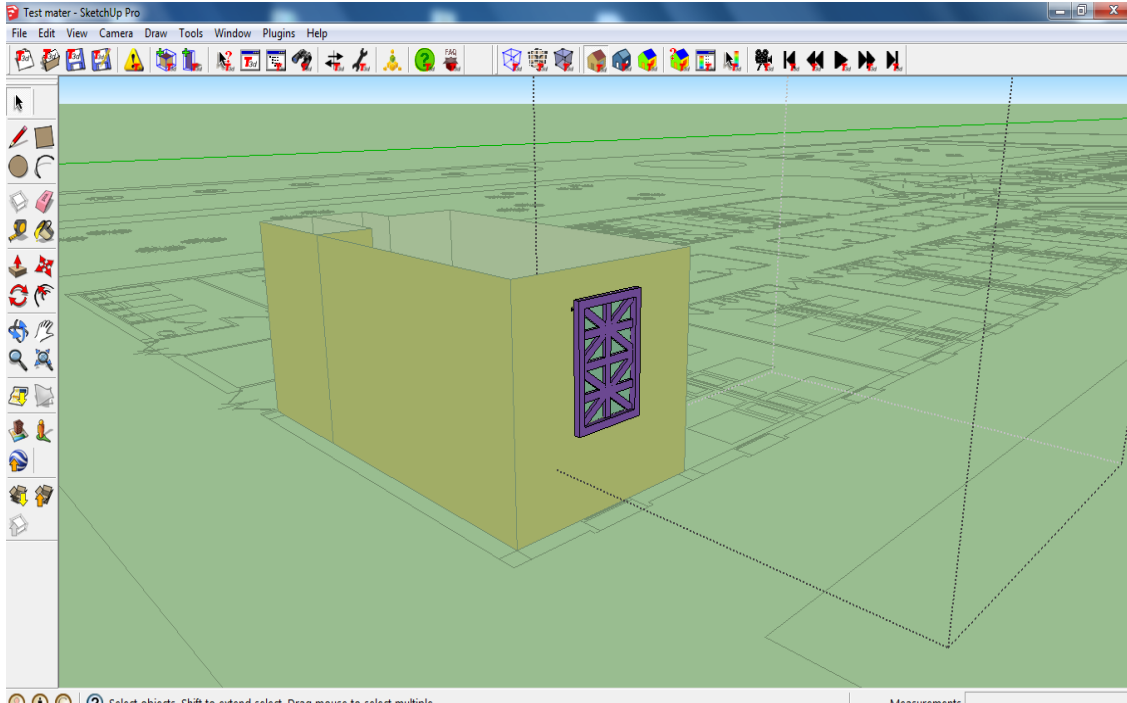


Figure VIII. 14. Modélisation des protections solaires

3.4.1.5. Définition des types des parois

Les cloisons entre les chambres et le couloir sont définis comme BND_WALL (Figure. VIII.15).

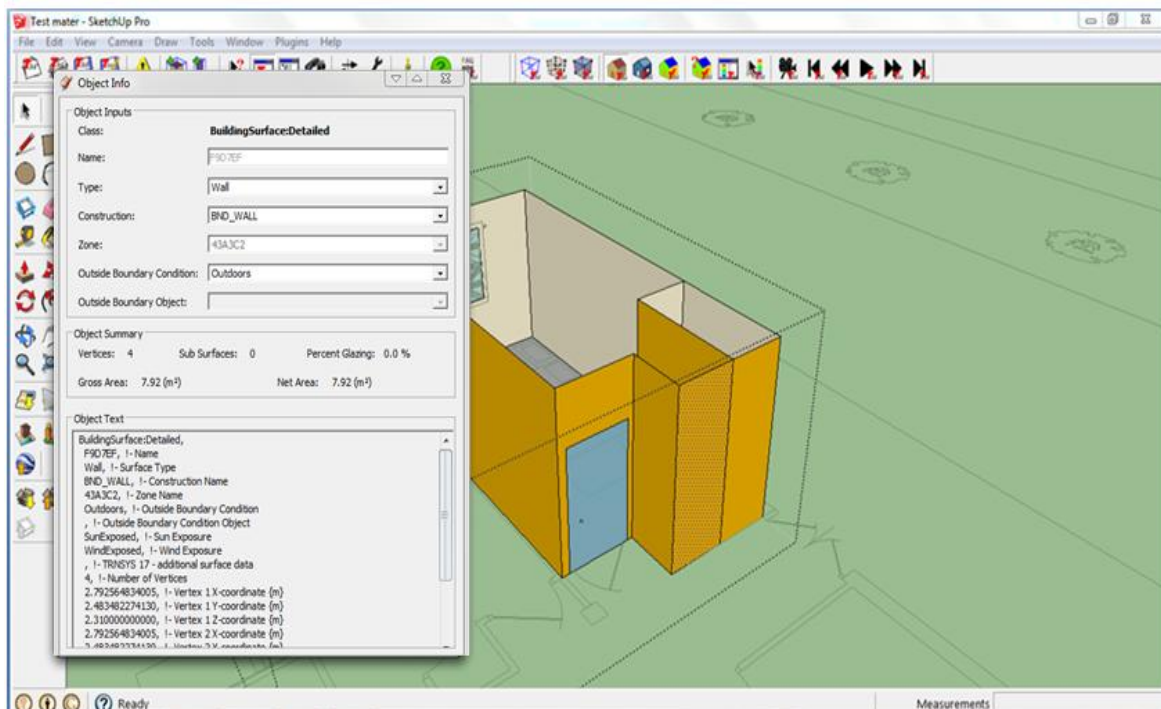


Figure VIII. 15. Définir les parois intérieures

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

Les portes des chambres sont aussi nommées par BND_WALL, type de surface : Door (Figure. VIII.16).

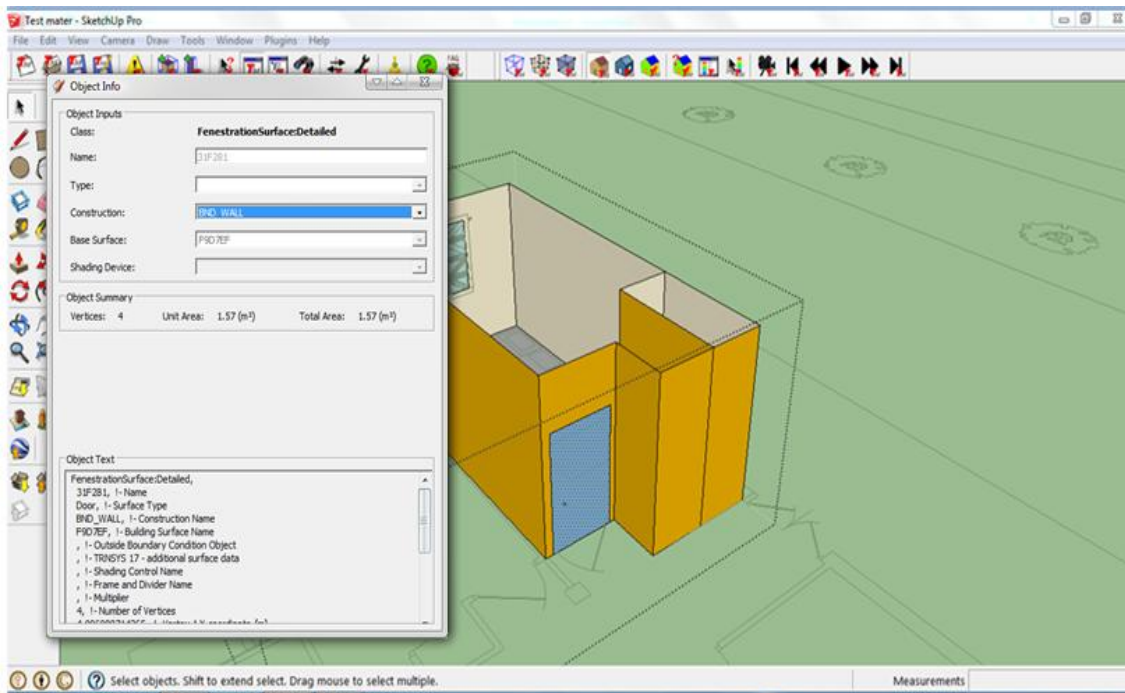


Figure VIII. 16. Définir les types des portes

Les cloisons Adjacentes des chambres sont définies comme ADJ_WALL (Figure. VIII.17).

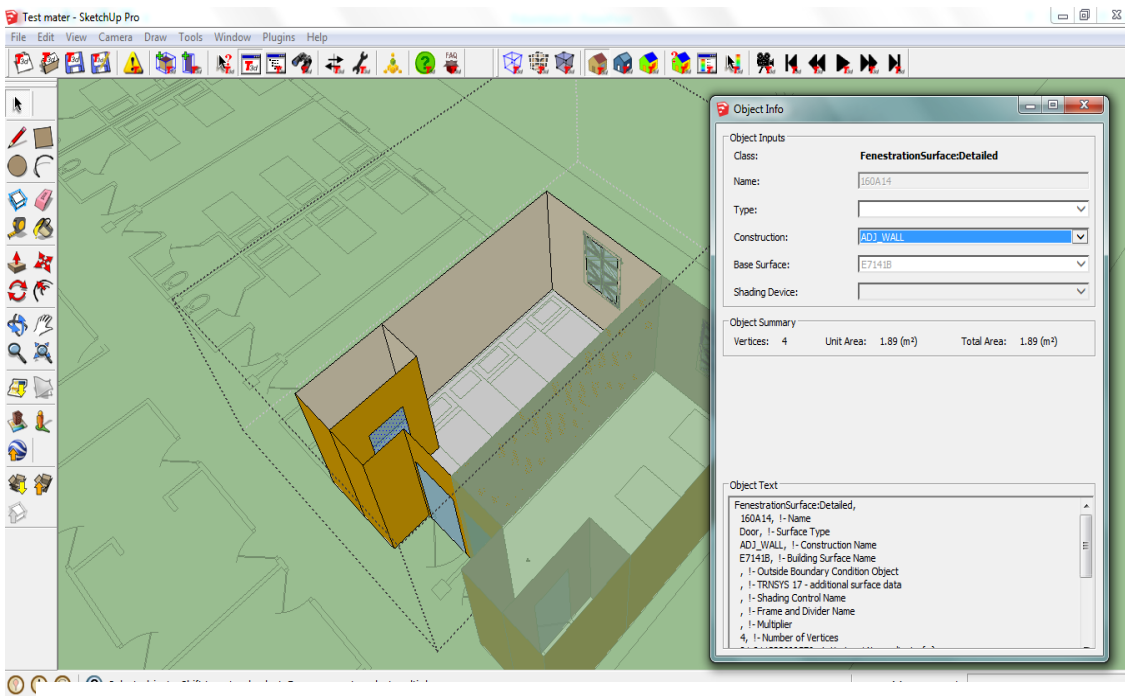


Figure VIII. 17. Définir les cloisons adjacentes

Tous les murs extérieurs sont définis comme EXT_WALL (Figure. VIII.18).

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

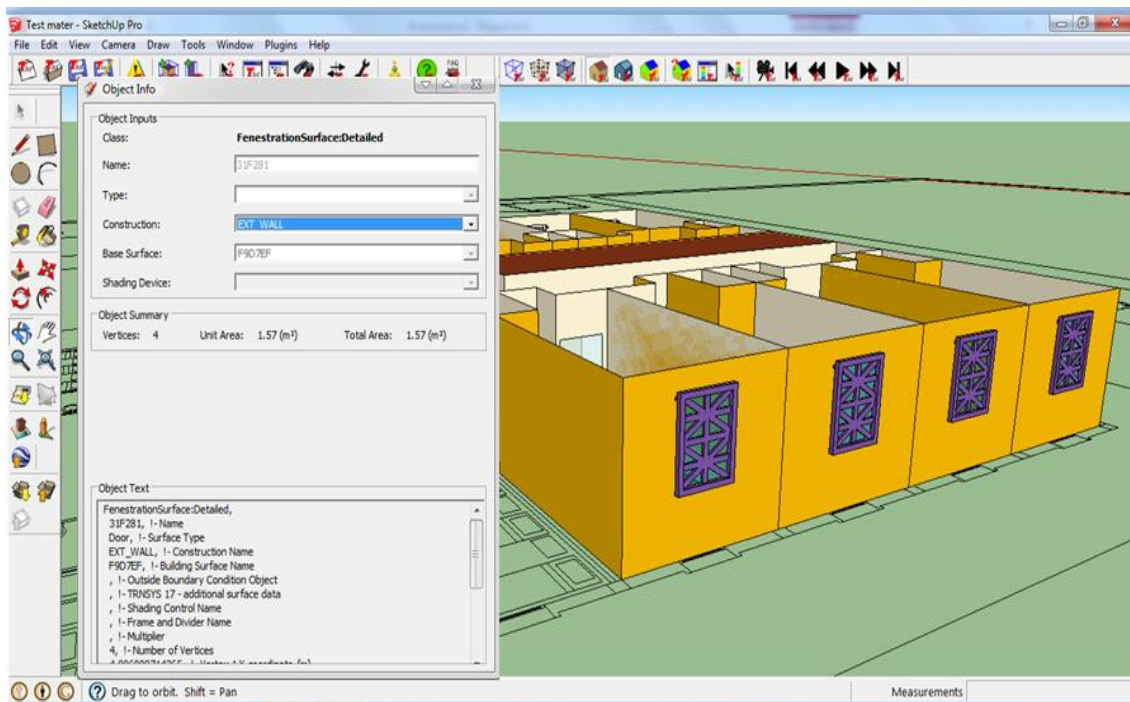


Figure VIII. 18. Définir les murs extérieurs

Nous pouvons donner une appellation pour chaque zone.

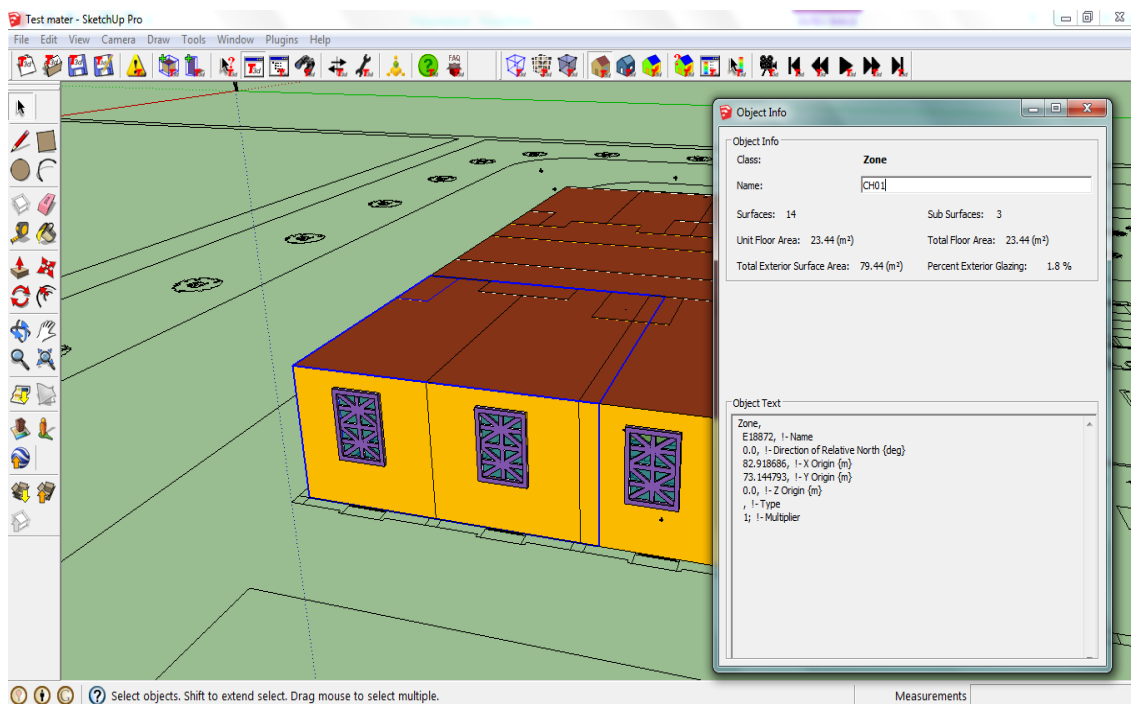


Figure VIII. 19. Nomination des zones (chambres)

3.4.2.2. Vues d'ensembles

Les figures VIII. 24 et VIII. 25 nous informent sur la modélisation géométrique extérieure et intérieure du bâtiment simulé.

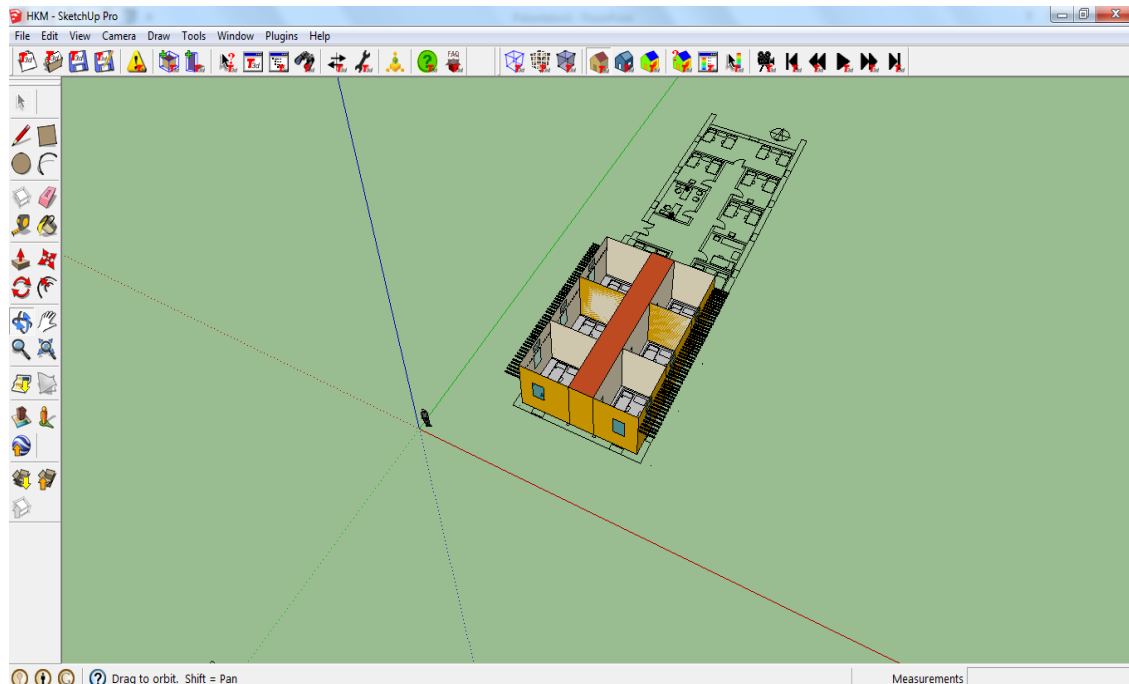


Figure VIII. 24. Vue générale (extérieure) du modèle de service pneumologie sur SketchUp

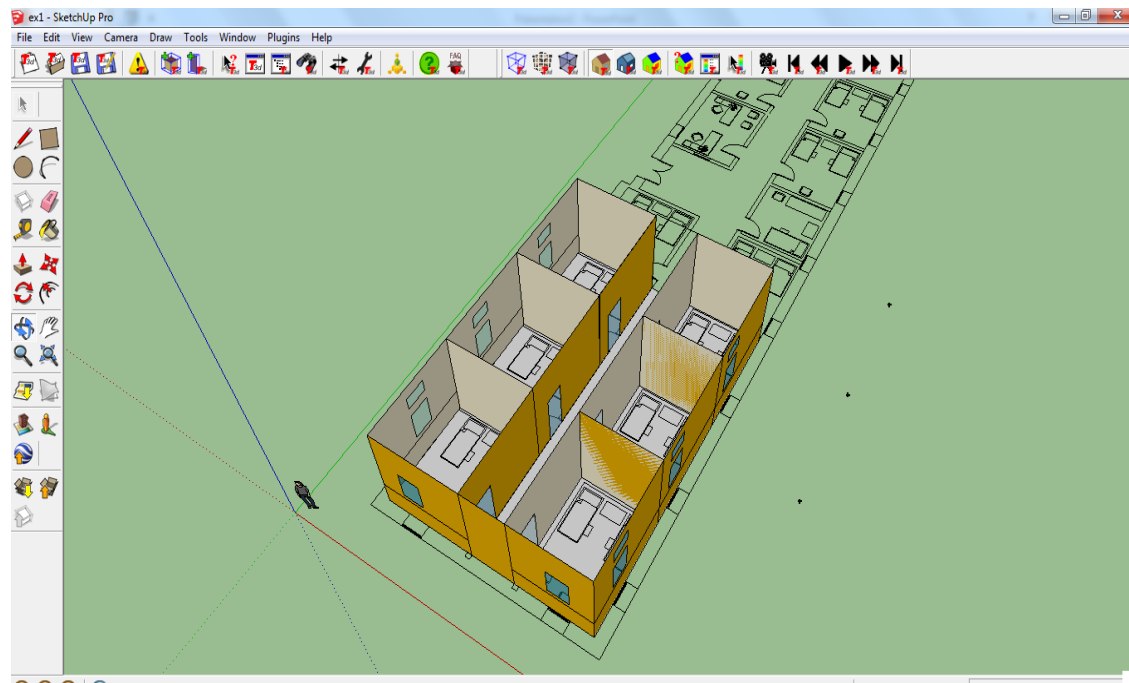


Figure VIII. 25. Modèle virtuel d'un secteur composé de 8 chambres (zones) du service pneumologie

3.4.2.3. Création des zones

En double clique sur l'icône "New Trnsys3d Zone"



is pouvons dessiner la géométrie de la première zone (Chambre 01). Nous devons répéter l'opération pour la création de chaque zone.

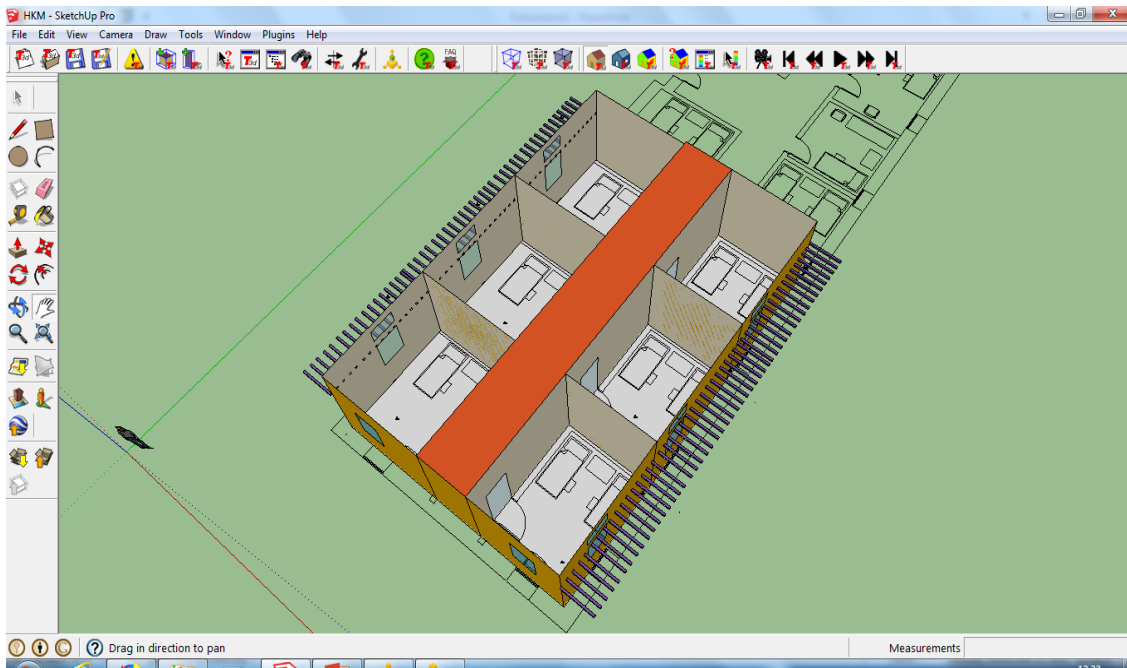


Figure VIII. 26. Modélisation d'une chambre (zone)

3.4.2.4. Les protections solaires (Shading)

En double clique sur l'icône "New Trnsys3d Shading Group"



; nous pouvons dessiner la protection solaire de la première zone (Shading 1). Nous devons répéter l'opération pour la création de chaque Shading.



Figure VIII. 27. Modélisation des protections solaires

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

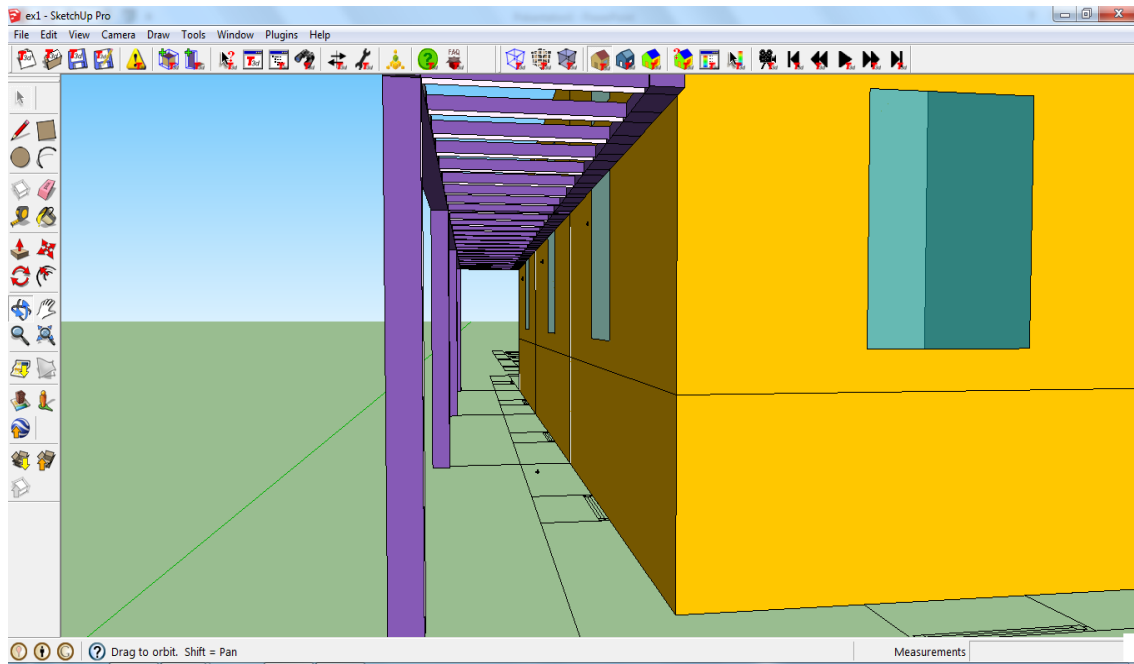


Figure VIII. 28. Modélisation des protections solaires (les pérgolas)

3.4.2.5. Définition des types des parois

Les cloisons entre les chambres et le couloir sont définis comme BND_WALL.

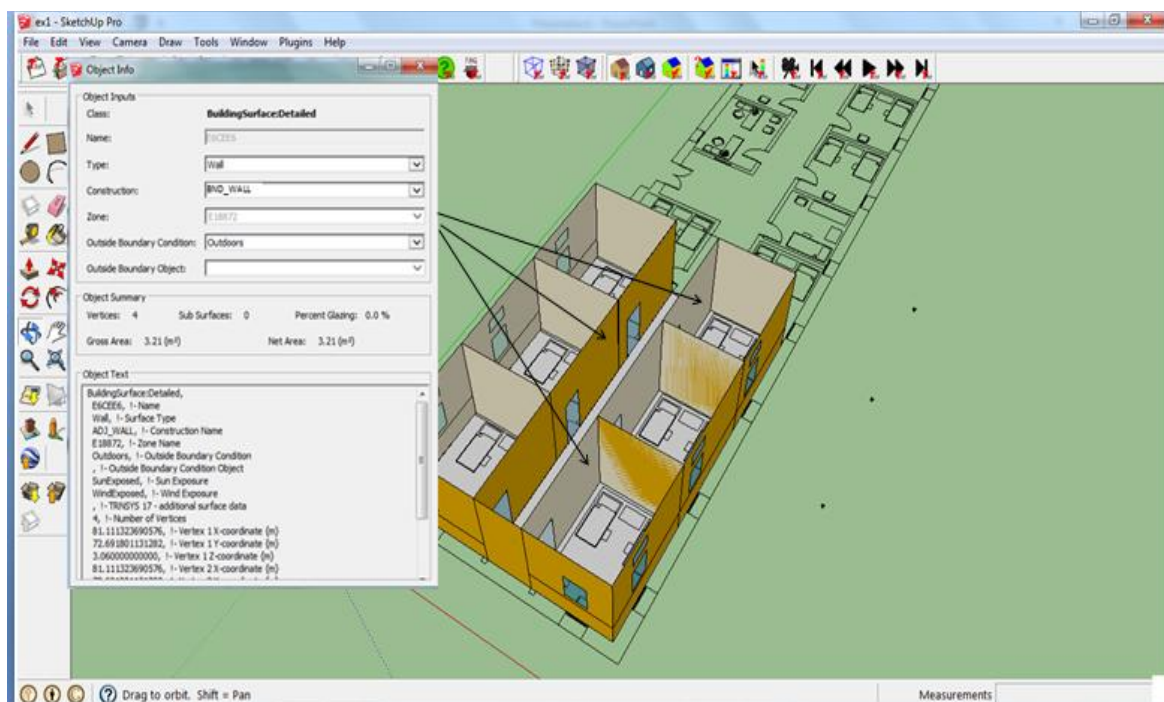


Figure VIII. 29. Définition de parois intérieures

Les portes des chambres sont aussi nommées par BND_WALL, type de surface : Door.

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

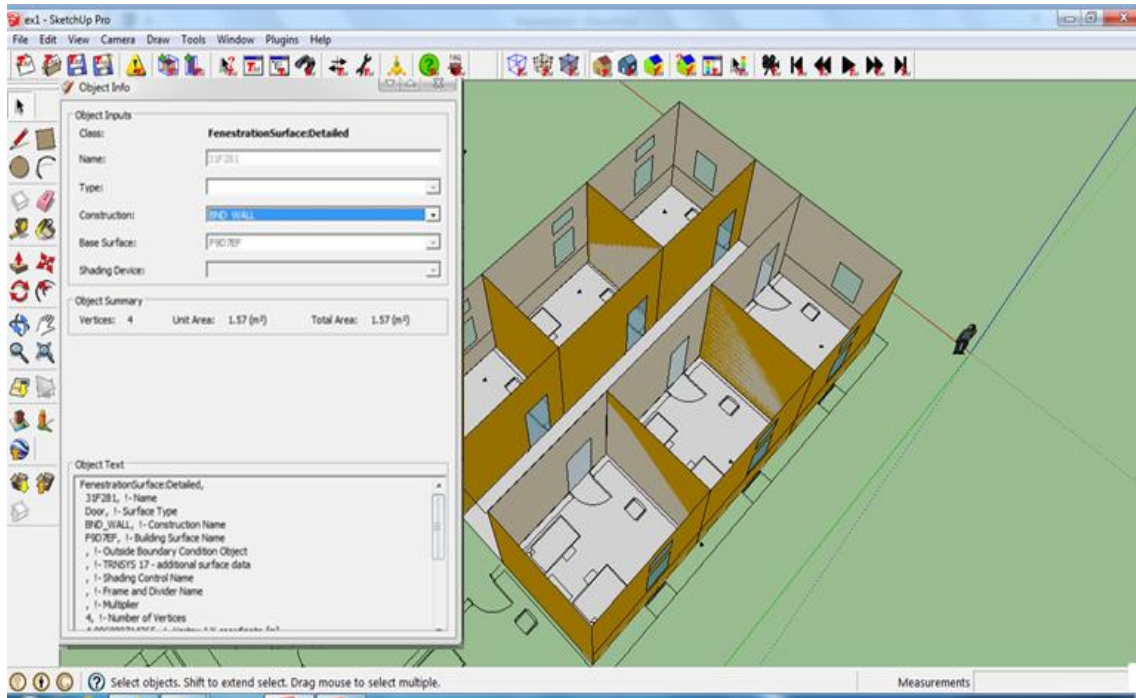


Figure VIII. 30. Définition des types des parois

Les cloisons Adjacentes des chambres sont définies comme ADJ_WALL.

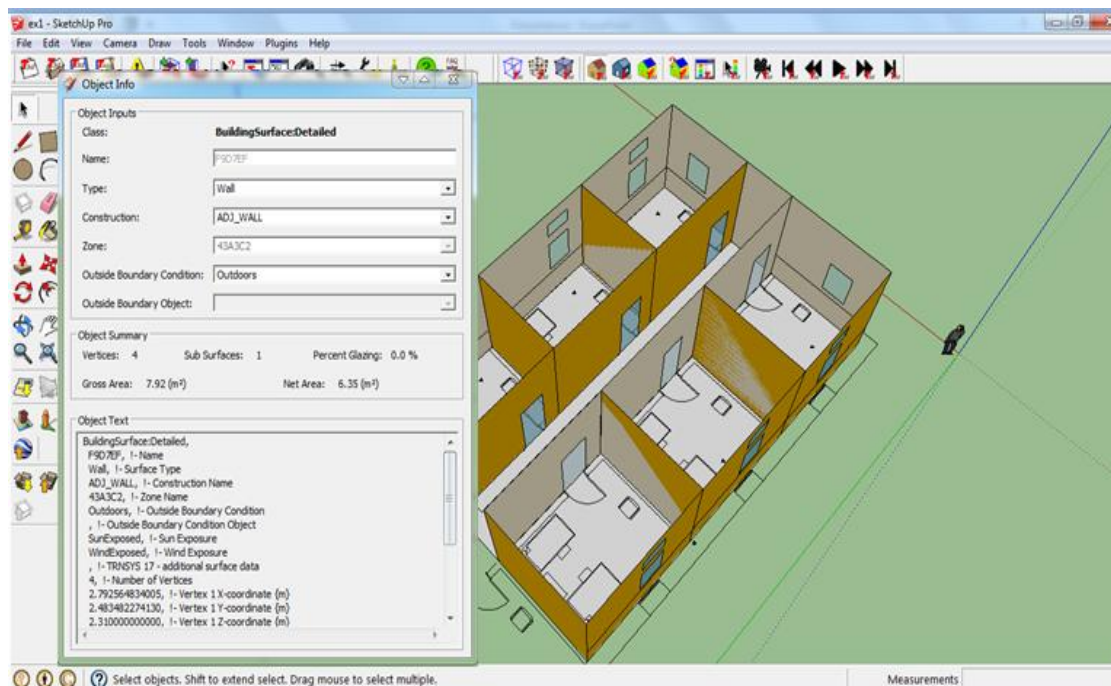


Figure VIII. 31. Définition des cloisons adjacentes

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

Les murs extérieurs sont définies comme EXT_WALL.

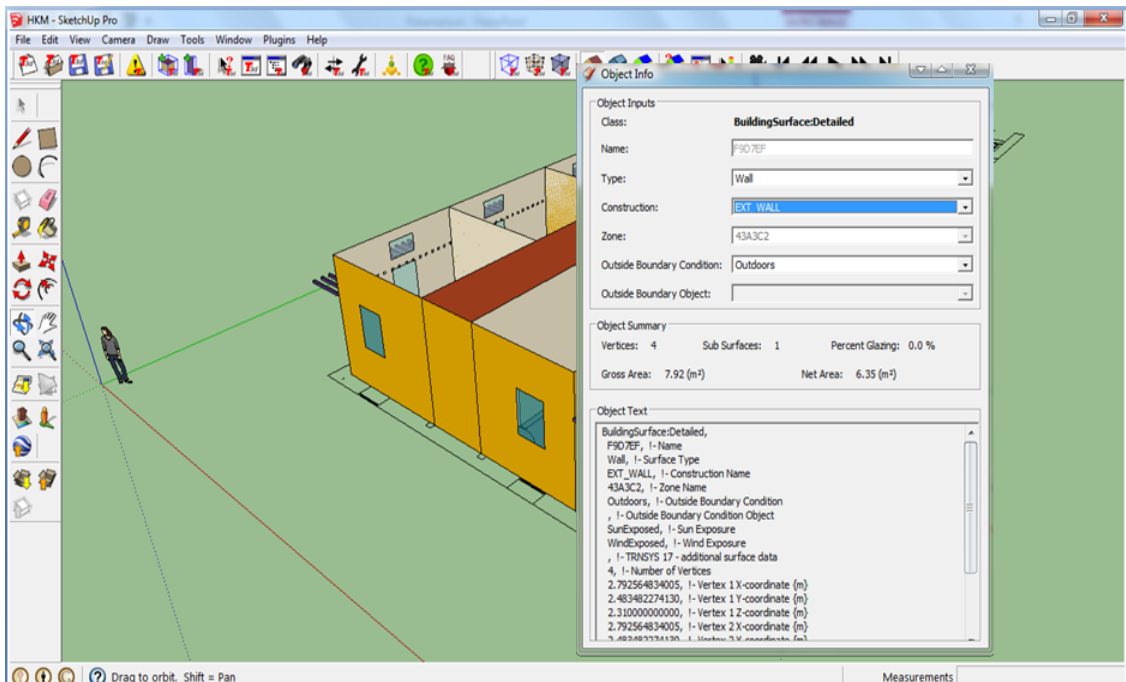


Figure VIII. 32. Définition des murs extérieurs

L'organisation des zones

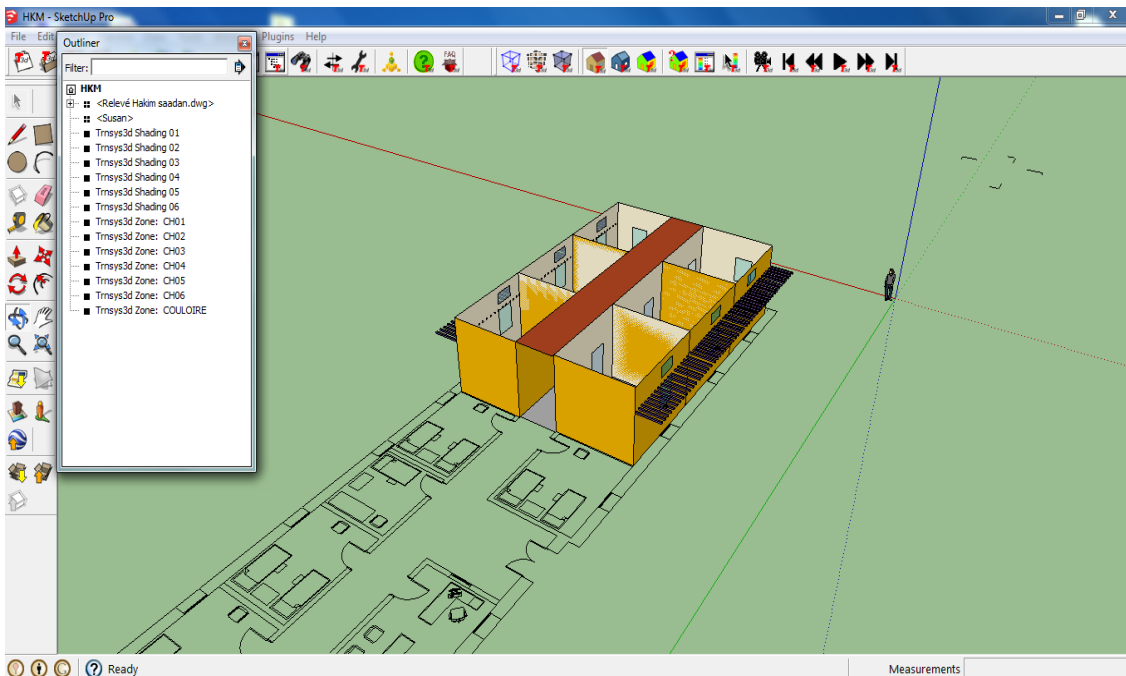


Figure VIII. 33. Nomination et organisation des chambres (zones)

3.5. Définition des entrées et génération des fichiers de simulation (Inputs)

Si l'on termine la modélisation de la géométrie générale du bâtiment, il faudra sauvegarder le fichier dans le "Plungins- Trnsys3d"; sous format Idf. Puis, avec un simple clic sur le l'icône " Start Trnsys3d Studio" nous passons à l'interface du "Trnsys simulation Studio".

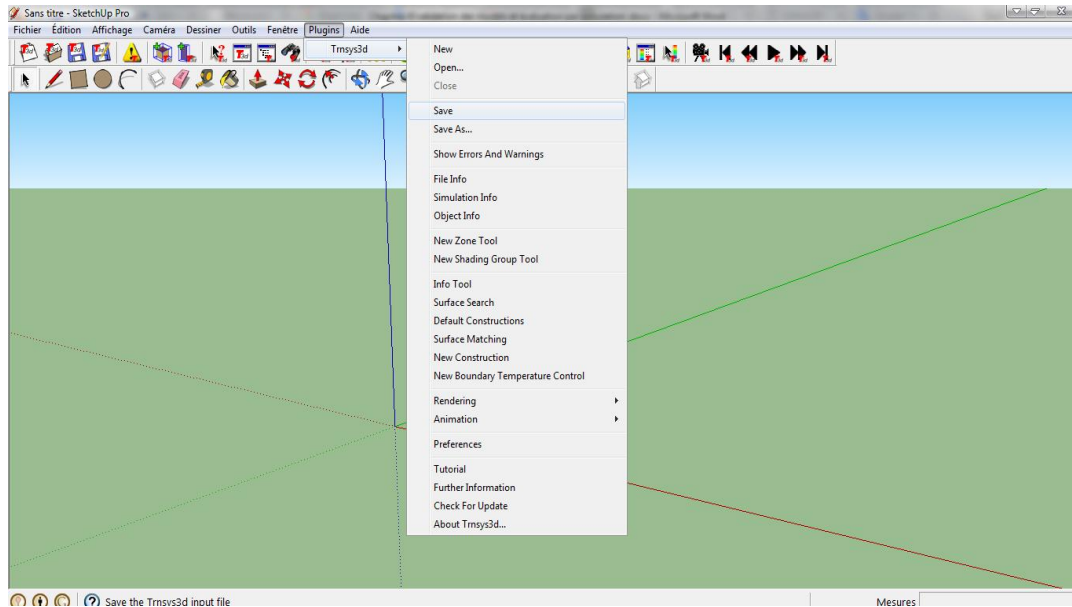


Figure VIII. 34. Enregistrement des données sous format idf

La commande "New" nous permet de commencer un nouveau projet. Une boîte de dialogue apparaît avec une liste d'options permettant de choisir le type de projet. En appuyant sur "3D Building Project (Multizone)" nous passerons à l'étape suivante.

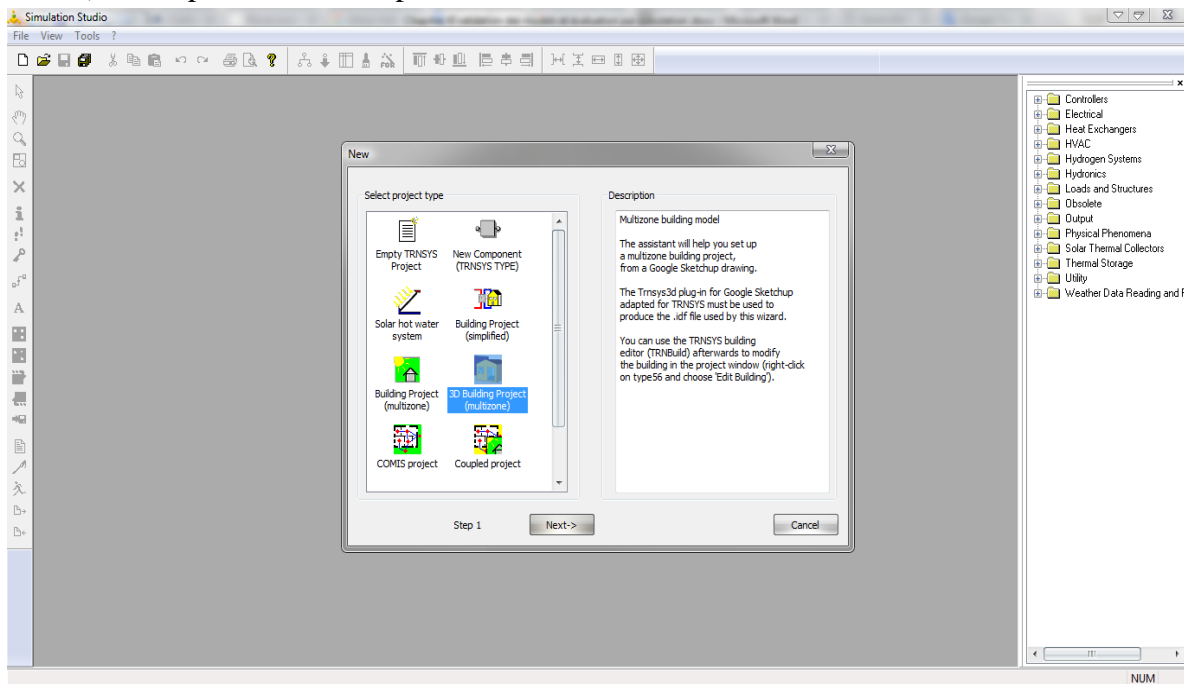


Figure VIII. 35. Interface du "Trnsys simulation Studio"

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

Pour introduire le fichier climatique, il suffit de cliquer sur "Browse" et de choisir le fichier convenable. Dans notre cas, nous avons travaillé avec le fichier climatique de Biskra. Un format tm2 météo horaires, contient pour une année complète, les valeurs horaires des grandeurs suivantes :

- Température sèche
- Humidité relative
- Les radiations
- Rayonnement solaire direct, diffus et global reçu par un plan horizontal (à partir de la latitude du lieu et des valeurs du rayonnement au sol, TRNSYS calcule le rayonnement reçu par un plan d'orientation et d'inclinaison quelconque).
- Direction du vent
- Pression de l'air

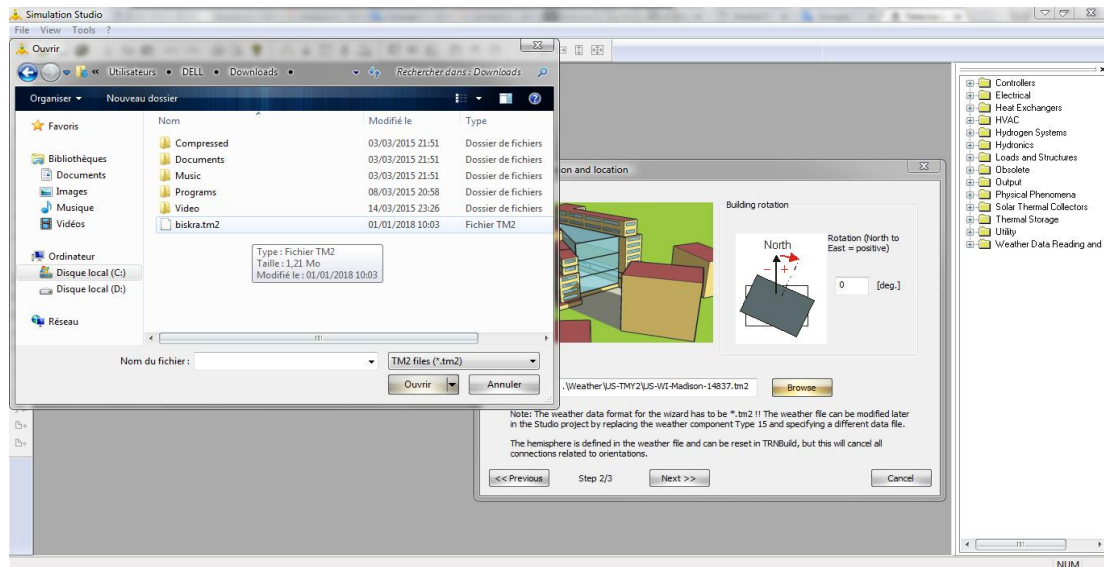


Figure VIII. 36. Intégration du fichier climatique

La commande "Open Idf & Createproject" nous emmène à notre plan de travail dans le logiciel "Trnsys Studio". Pour définir les entrées et caractériser les zones de la géométrie réalisée, nous devons cliquer sur "Edit Building" qui nous conduit à "TRNBuild".

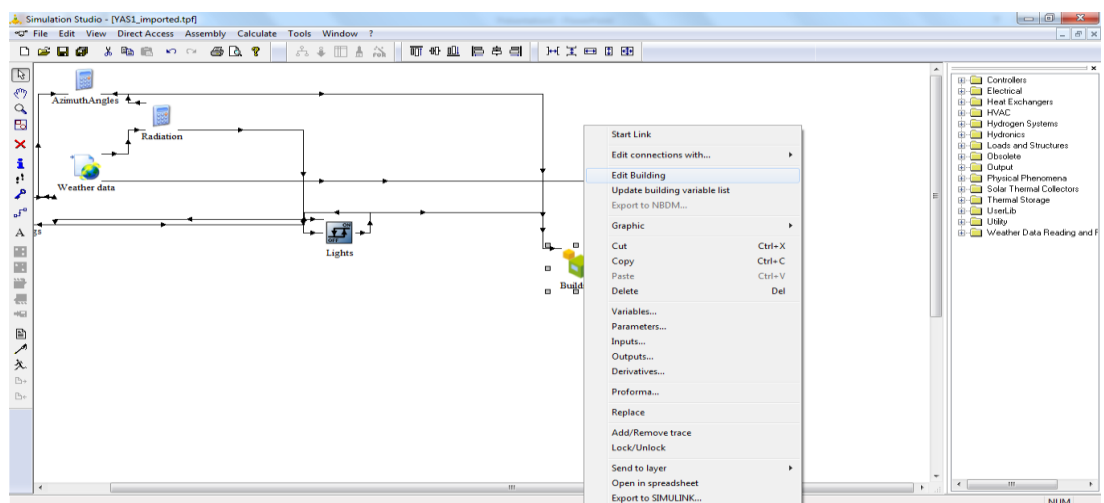


Figure VIII. 37. Passage au "TRNBuild"

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

3.5.1. Composition des parois

3.5.1.1. Explication des différentes grandeurs

1. La conductivité thermique : ou conductibilité thermique est une grandeur physique caractérisant le comportement des matériaux lors du transfert thermique par conduction. Plus la valeur est faible plus, le matériau est isolant. Elle s'exprime en $W.m^{-1}.K^{-1}$.
 $\lambda = e/R$
2. La capacité thermique volumique : ou chaleur volumique d'un matériau est sa capacité à emmagasiner la chaleur par rapport à son volume. Elle est définie par la chaleur nécessaire pour élever de $1\text{ }^{\circ}C$, la température d'un mètre cube de matériau. C'est donc une grandeur intensive égale à la capacité thermique rapportée au volume du corps étudié.
3. La densité : ou la masse volumique est, comme son nom l'indique la masse en Kg d'un mètre cube d'un matériau.
4. U- value : est le coefficient de transmission thermique d'une paroi et la quantité de chaleur traversant cette paroi en régime permanent, par unité de temps, par unité de surface et par unité de différence de température entre les ambiances situées de part et d'autre de la paroi. U-value est l'inverse de la résistance thermique totale (R_T) de la paroi. Elle s'exprime en W/m^2K $U = 1/R_t$

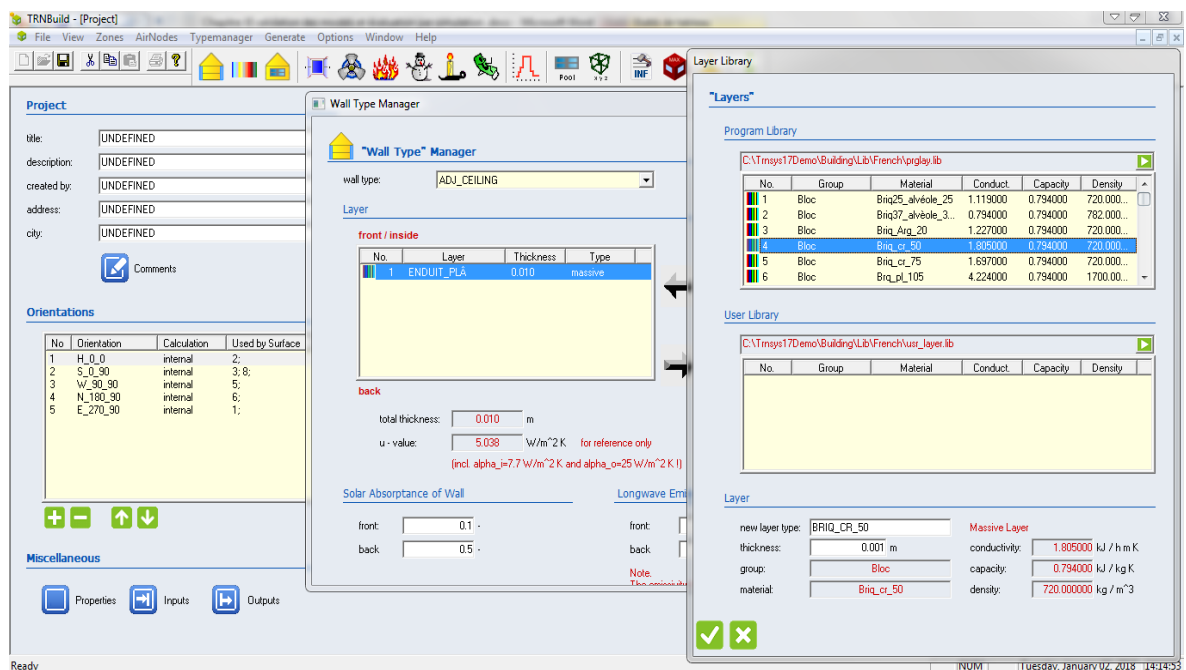


Figure VIII. 38. Les différentes grandeurs acquises à TRNBuild

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

3.5.1.2. Les couches des parois

Les couches des parois sont données de l'intérieur vers l'extérieur. Seulement les matériaux de la bibliothèque française nous permettent de s'approcher au plus près des matériaux utilisés en Algérie. Il est possible d'obtenir les mêmes comportements et les mêmes performances des matériaux en comparant les propriétés thermiques et la résistance de la matière.

a. La maternité

Valeurs	Epaisseur	Conductivité		Capacité		Densité	u-value	Résistance
Désignation	m	Kj/h.m.k	W/m.k	Kj/kg.k	J/kg.k	Kg/m ³	W/m2.k	m ² .k/W
Les murs extérieurs (EXT_WALL)								
Enduit en plâtre intérieur	0.01	1.264	0.35111	1	1000	1500	5.038	0.198
Brique Creuse 50	0.10	1.805	0.50139	0.794	794	720	2.707	0.369
Lame d'air	0.05	0.217	6.0278e ⁻²	1.227	1227	1	1.001	0.999
Brique Creuse 50	0.15	1.805	0.50139	0.794	794	720	2.131	0.469
Enduit en plâtre extérieur	0.01	4.152	1.1533	1	1000	1700	5.597	0.178
Totale	0.33						0.648	1.543

Tableau VIII. 5. Propriétés physiques et thermiques des couches des murs extérieurs

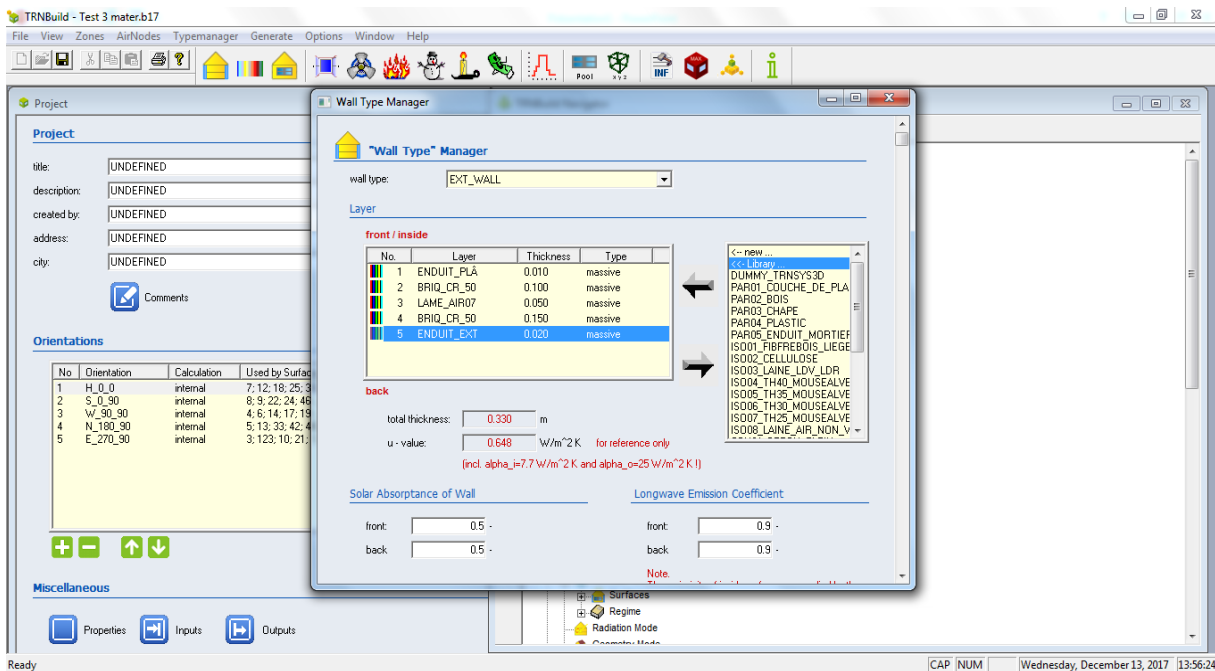


Figure VIII. 39. Définition des différentes couches des murs extérieurs

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

La résistance thermique d'un mur d'épaisseur 0.30m avec une lame d'air de 0.05m est $R=2.10\text{m}^2.\text{k}/\text{W}$. U_value donnée par Trnsys dans le cas d'un mur de 0.34m avec une lame d'air (LAME_AIR07) de 0.05m est $0.636\text{ W}/\text{m}^2.\text{K}$; Donc sa résistance thermique égale à $1.572\text{m}^2.\text{k}/\text{W}$. Parmi les choix disponibles à la bibliothèque, c'est le choix le plus proche à la valeur réelle.

Valeurs	Epaisseur	Conductivité		Capacité		Densité	u-value	Résistance
Désignation	m	Kj/h.m.k	W/m.k	Kj/kg.k	J/kg.k	Kg/m ³	W/m2.k	m ² .k/W
Les murs adjacents (ADJ_WALL)								
Enduit en plâtre intérieur	0.01	1.264	0.35111	1	1000	1500	5.038	0.198
Brique Creuse 50	0.10	1.805	0.50139	0.794	794	720	2.707	0.369
Enduit en plâtre intérieur	0.01	1.264	0.35111	1	1000	1500	5.038	0.198
Totale	0.12						2.345	0.426

Tableau VIII. 6. Les couches des murs extérieurs

Le choix de la "Brique creuse_ 50" vient de sa conductivité et de sa résistance thermique. La brique de construction utilisée en Algérie est la brique creuse à gorge (8 ou 12 trous) avec une résistance thermique égale à $0.45\text{ m}^2.\text{k}/\text{W}$.

u_value donnée par Trnsys pour une épaisseur de 0.15m est $2,131\text{W}/\text{m}^2.\text{k}$; donc sa résistance égale à $1/2.131 = 0,46\text{ m}^2.\text{k}/\text{W}$.



Figure.VIII. 39. La brique creuse

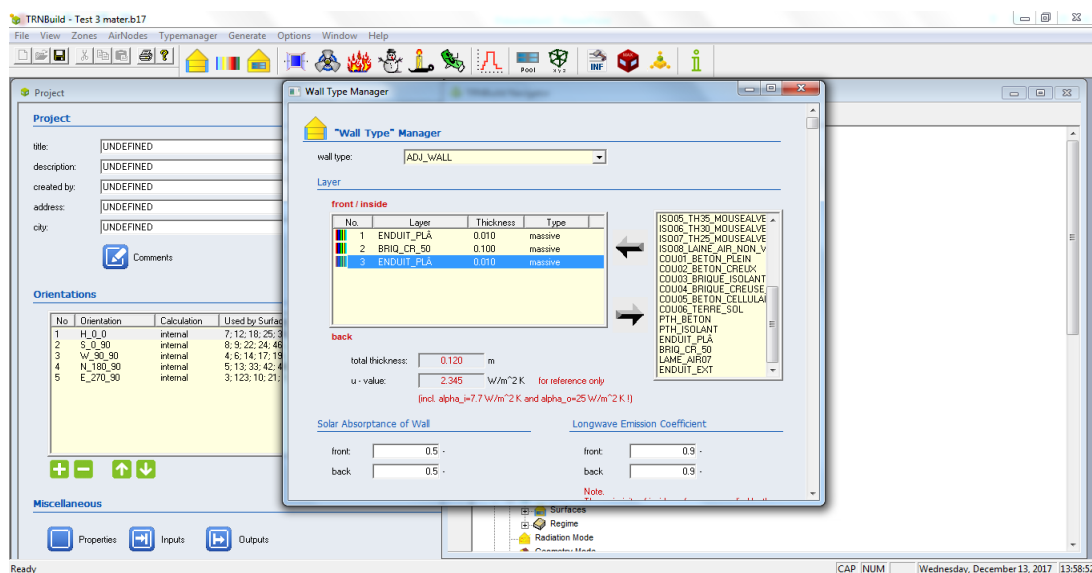


Figure VIII. 40. Les couches des murs adjacents

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

Valeurs	Epaisseur	Conductivité		Capacité		Densité	u-value	Résistance
Désignation	m	Kj/h.m.k	W/m.k	Kj/kg.k	J/kg.k	Kg/m ³	W/m2.k	m ² .k/W
Les cloisons (BND_WALL)								
Enduit en plâtre intérieur	0.01	1.264	0.35111	1	1000	1500	5.038	0.198
Brique Creuse 50	0.10	1.805	0.50139	0.794	794	720	2.707	0.369
Enduit en plâtre intérieur	0.01	1.264	0.35111	1	1000	1500	5.038	0.198
Totale	0.12						2.345	0.426

Tableau VIII. 7. Propriétés physiques et thermiques des couches des murs cloisons

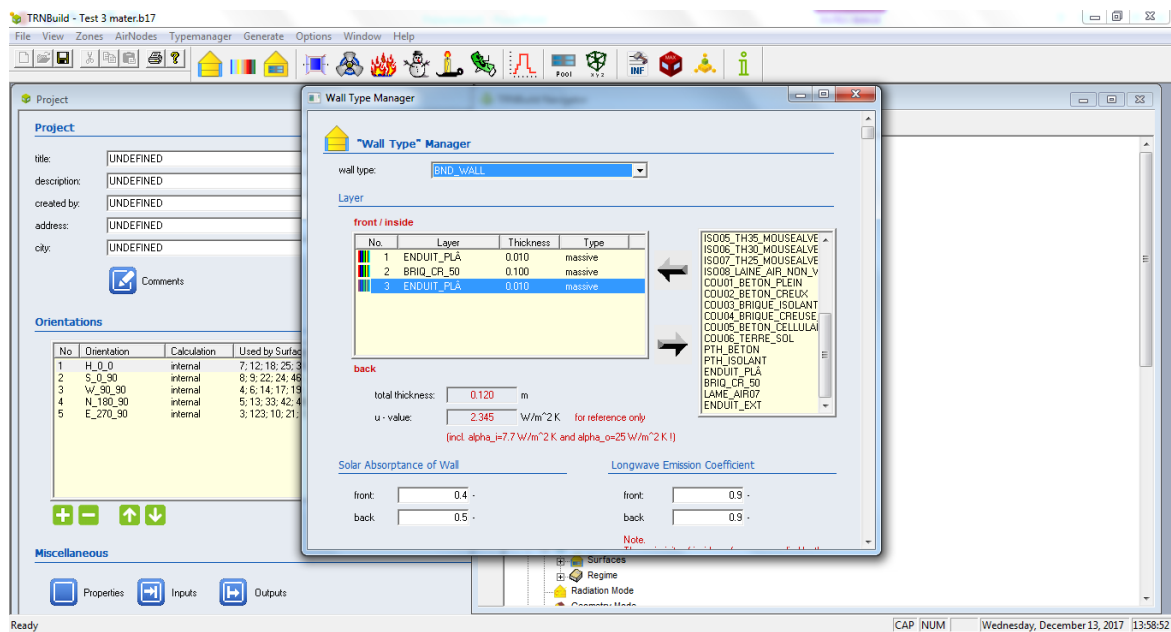


Figure VIII. 41. Les couches des murs cloisons

Valeurs	Epaisseur	Conductivité		Capacité		Densité	u-value	Résistance
Désignation	M	Kj/h.m.k	W/m.k	Kj/kg.k	J/kg.k	Kg/m ³	W/m2.k	m ² .k/W
Le sol (GROUND_FLOOR)								
Carrelage	0.20	6.173	1.7147	0.7	700	2300	3.480	0.287
Béton lourd (Dalle flottante)	0.10	6.318	1.755	0.92	920	2300	4.406	0.226
CALC1_T_N2 ()	0.30	4.43	1.2306	0.8	800	1500	2.062	0.484
Totale	0.60						1.517	0.659

Tableau VIII. 8. Propriétés physiques et thermiques des couches du sol

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

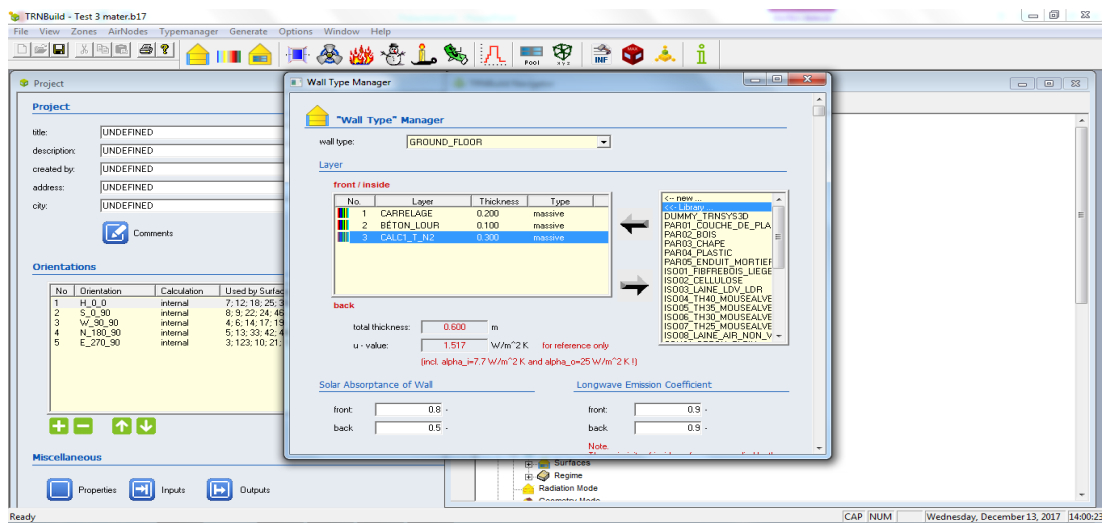


Figure VIII. 42. Les couches du sol

Valeurs	Epaisseur	Conductivité		Capacité		Densité	u-value	Résistance
Désignation	m	Kj/h.m.k	W/m.k	Kj/kg.k	J/kg.k	Kg/m ³	W/m2.k	m ² .k/W
Plafond (EXT_ROOF)								
Enduit en plâtre intérieur	0.01	1.264	0.35111	1	1000	1500	5.038	0.198
Hourdi 16_BE	0.16	4.428	1.23	0.65	650	1300	3.332	0.300
Béton lourd (Dalle de compression)	0.04	6.318	1.755	0.92	920	2300	5.187	0.192
Béton lourd (étanchéité)	0.10	6.318	1.755	0.92	920	2300	4.406	0.226
Totale	0.31						2.449	0.408

Tableau VIII. 9. Propriétés physiques et thermiques des couches du plafond

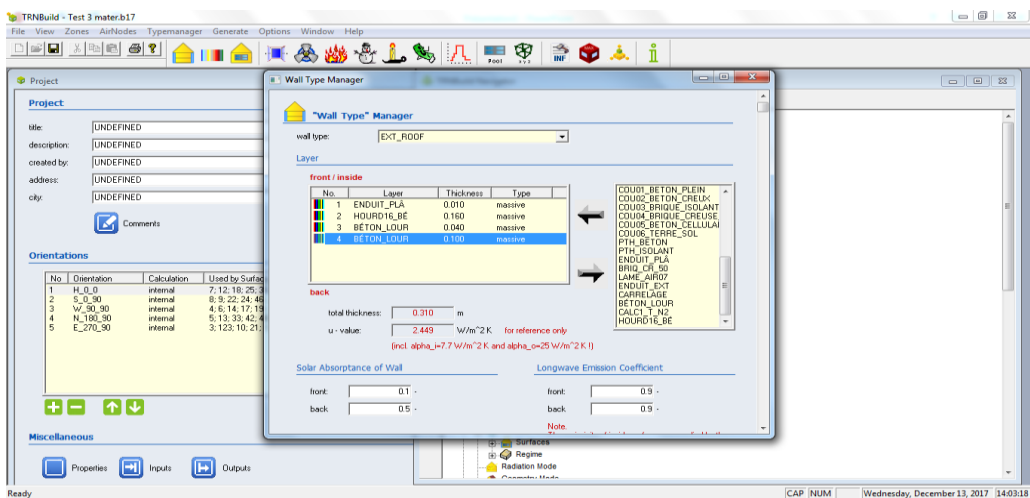


Figure VIII. 43. Les couches du plafond

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

b.

c. *Service pneumologie- Hopital Hakime Saadane*

Valeurs	Epaisseur	Conductivité		Capacité		Densité	u-value	Résistance
Désignation	M	Kj/h.m.k	W/m.k	Kj/kg.k	J/kg.k	Kg/m ³	W/m2.k	m ² .k/W
Les murs extérieurs (EXT_WALL)								
Enduit en plâtre intérieur	0.01	1.264	0.35111	1	1000	1500	5.038	0.198
Brique25_ alvéolaire	0.58	1.119	0.31083	0.794	794	720	0.491	2.036
Enduit en plâtre extérieur	0.01	4.152	1.1533	1	1000	1700	5.597	0.178
Totale	0.60						0.482	2.074

Tableau VIII. 10. Propriétés physiques et thermiques des couches des murs extérieurs

Les parois de ce service ont été construites par la brique alvéolaires en terre cuite de 0.25m. Les murs extérieurs ont été réalisés avec une épaisseur de 0.50m et tandis que l'épaisseur des cloisons est égale à 0.20m. La briques alvéolaires en terre cuite constituent un matériau sain parce qu'elles sont fabriquées à base d'argile à forte teneur en carbonate de calcium, sans solvants ni liants.

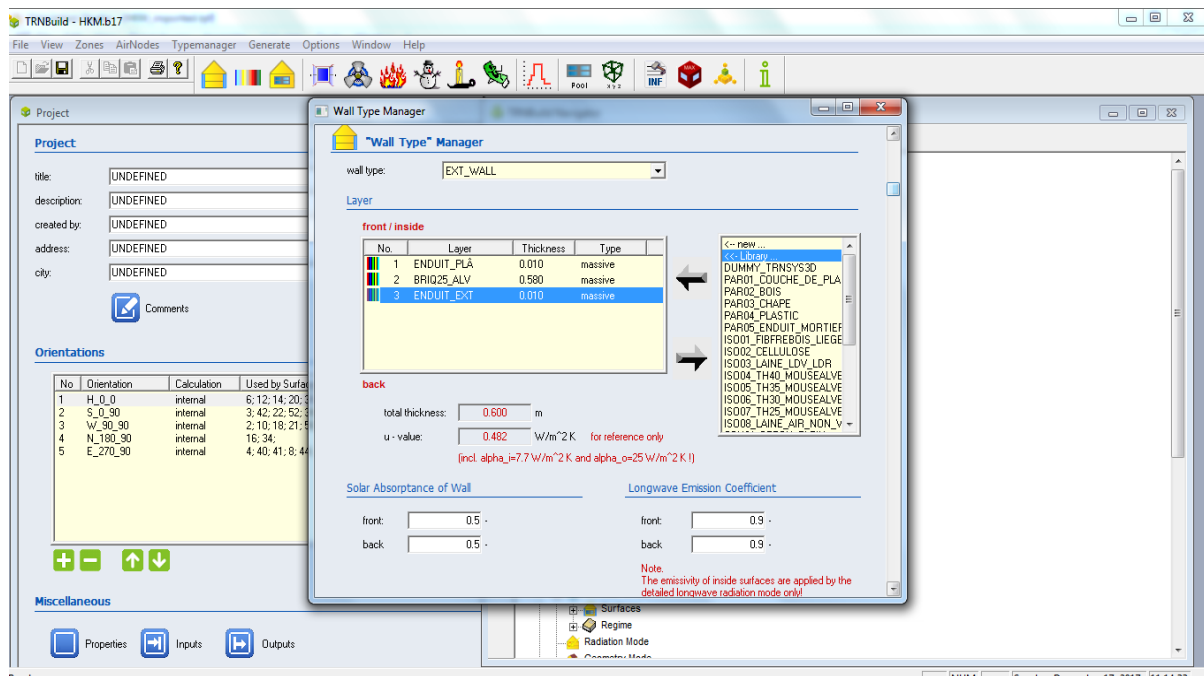


Figure VIII. 44. Les couches des murs extérieurs

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

Valeurs	Epaisseur	Conductivité		Capacité		Densité	u-value	Résistance
Désignation	m	Kj/h.m.k	W/m.k	Kj/kg.k	J/kg.k	Kg/m ³	W/m2.k	m ² .k/W
Les murs adjacents (ADJ_WALL)								
Enduit en plâtre intérieur	0.01	1.264	0.35111	1	1000	1500	5.038	0.198
Brique25_ alvéolaire	0.18	1.119	0.31083	0.794	794	720	1.335	0.749
Enduit en plâtre intérieur	0.01	1.264	0.35111	1	1000	1500	5.038	0.198
Totale	0.20						1.241	0.805

Tableau VIII. 11. Propriétés physiques et thermiques des couches des murs adjacents

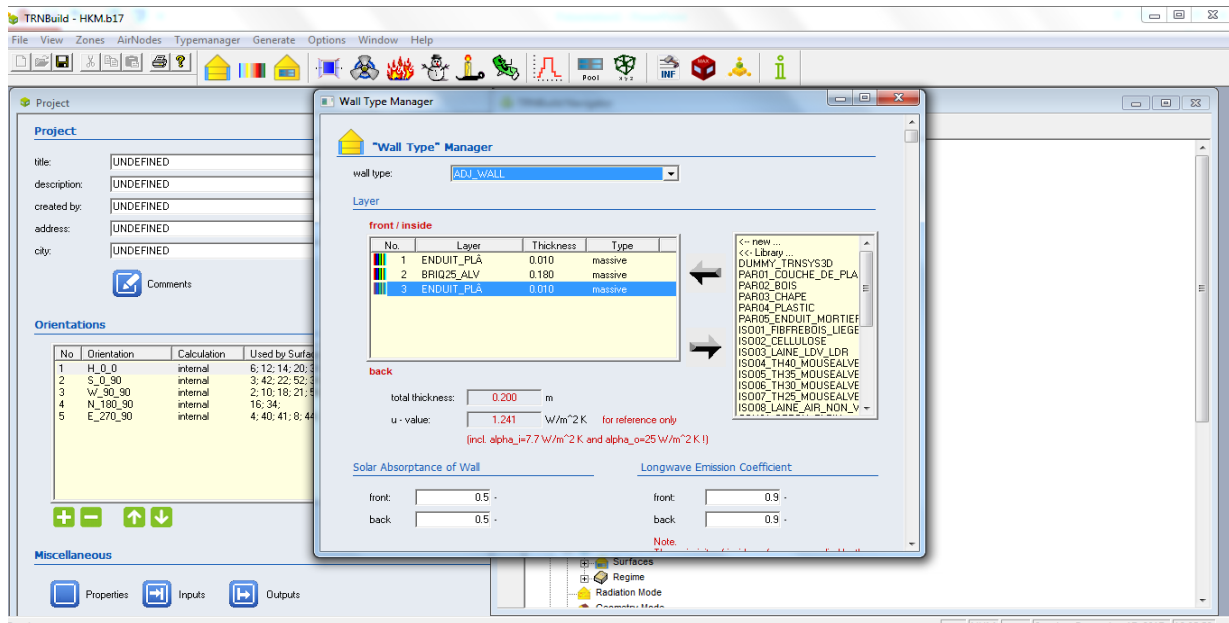


Figure VIII. 45. Les couches des murs adjacents

Valeurs	Epaisseur	Conductivité		Capacité		Densité	u-value	Résistance
Désignation	M	Kj/h.m.k	W/m.k	Kj/kg.k	J/kg.k	Kg/m ³	W/m2.k	m ² .k/W
Les cloisons (BND_WALL)								
Enduit en plâtre intérieur	0.01	1.264	0.35111	1	1000	1500	5.038	0.198
Brique25_ alvéolaire	0.18	1.119	0.31083	0.794	794	720	1.335	0.749
Enduit en plâtre intérieur	0.01	1.264	0.35111	1	1000	1500	5.038	0.198
Totale	0.20						1.241	0.805

Tableau VIII. 12. Propriétés physiques et thermiques des couches des murs cloisons

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

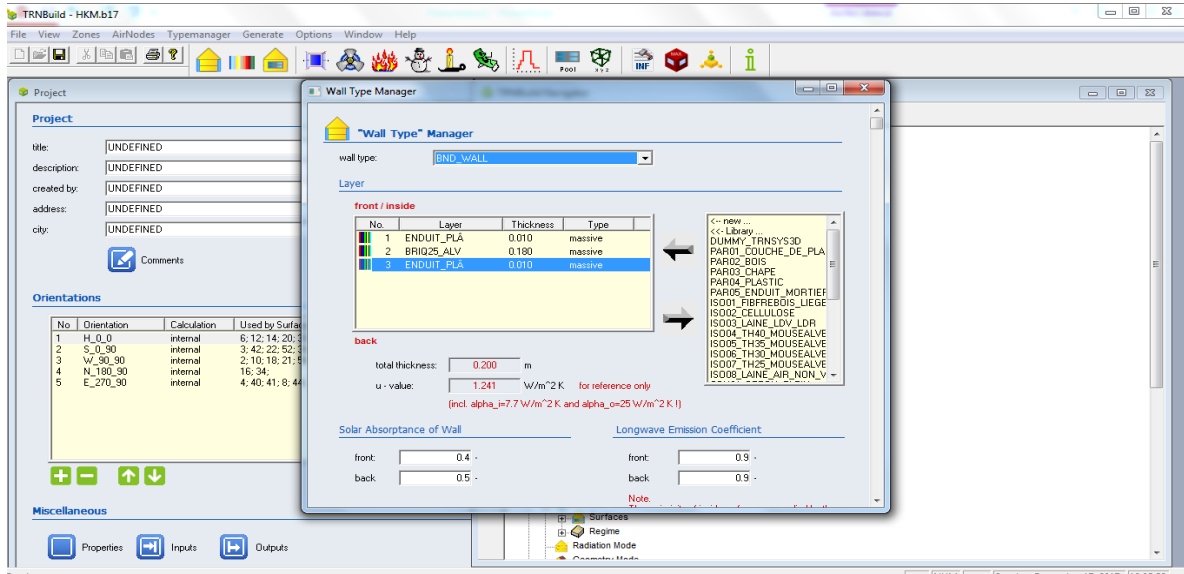


Figure VIII. 46. Les couches des murs cloisons

Valeurs	Epaisseur	Conductivité		Capacité		Densité	u-value	Résistance
		Kj/h.m.k	W/m.k	Kj/kg.k	J/kg.k			
Désignation	M					Kg/m ³	W/m2.k	m ² .k/W
Le sol (GROUND_FLOOR)								
Carrelage	0.20	6.173	1.7147	0.7	700	2300	3.480	0.287
Béton lourd (Dalle flottante)	0.10	6.318	1.755	0.92	920	2300	4.406	0.226
CALC1_T_N2 ()	0.30	4.43	1.2306	0.8	800	1500	2.062	0.484
Totale	0.60						1.517	0.659

Tableau VIII. 13. Propriétés physiques et thermiques des couches du sol

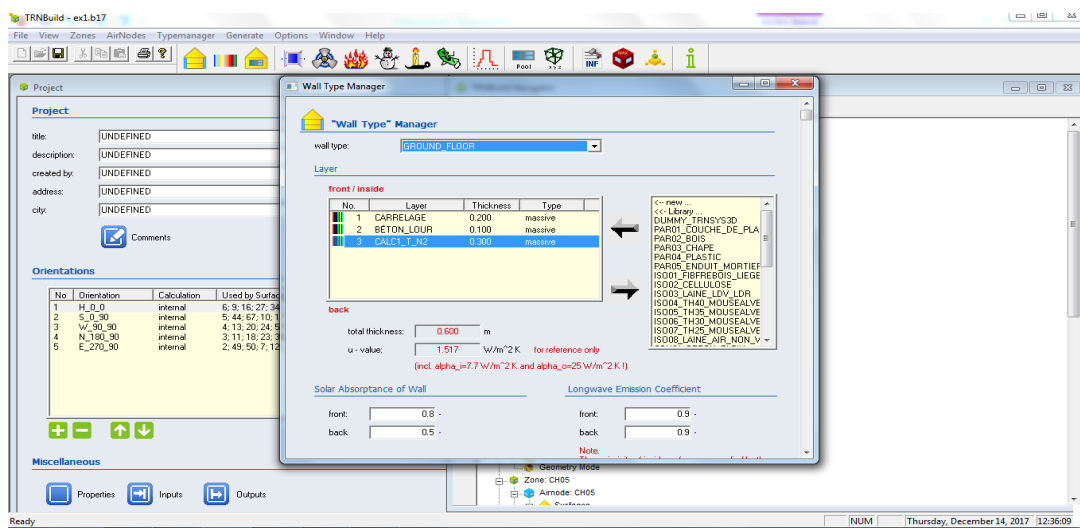


Figure VIII. 47. Les couches du sol

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

Valeurs	Epaisseur	Conductivité		Capacité		Densité	u-value	Résistance
Désignation	M	Kj/h.m.k	W/m.k	Kj/kg.k	J/kg.k	Kg/m ³	W/m2.k	m ² .k/W
Plafond (EXT_ROOF)								
Enduit en plâtre intérieur	0.02	1.264	0.35111	1	1000	1500	4.406	0.226
Lame d'air	0.30	0.217	6.0278e ⁻²	1.227	1227	1	0.194	5.154
Acier	0.03	160	44.444	0.51	510	7800	5.859	0.170
Béton lourd (Dalle de compression)	0.05	6.318	1.755	0.92	920	2300	5.038	0.198
Béton lourd (étanchéité)	0.10	6.318	1.755	0.92	920	2300	4.406	0.226
Totale	0.50						0.189	5.291

Tableau VIII. 14. Propriétés physiques et thermiques des couches du plafond

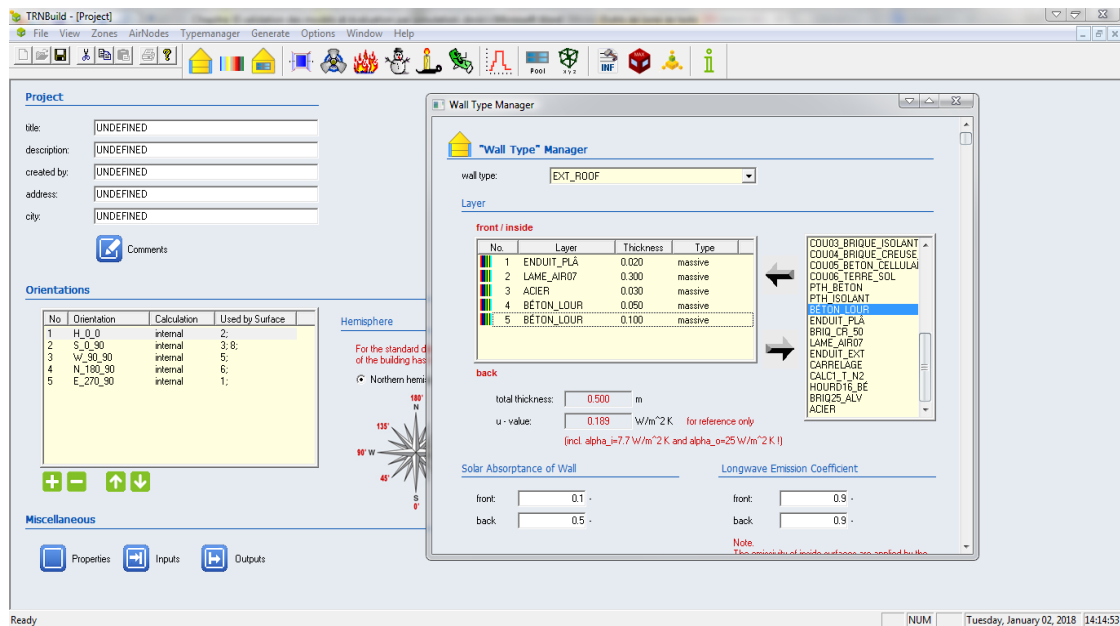


Figure VIII. 48. Les couches du plafond

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

3.5.1.3. Les fenêtres

a. La maternité

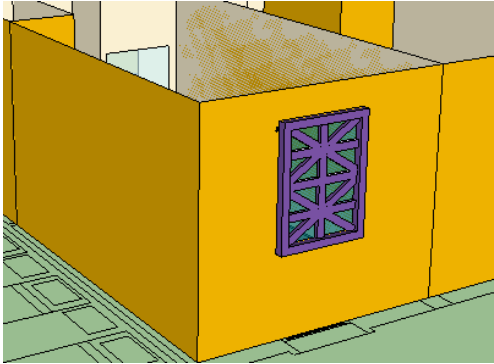
	- Fenêtre	Fenêtre extérieure
	- Nombre de fenêtre dans la chambre	1
	- Type de vitrage	Simple
	- u-value W/m ² .K	5.74
	- Cadre	0.3%
	- Protection solaire	Extérieure (MAX_ESHAD)

Tableau VIII. 15. Propriétés des Fenêtres

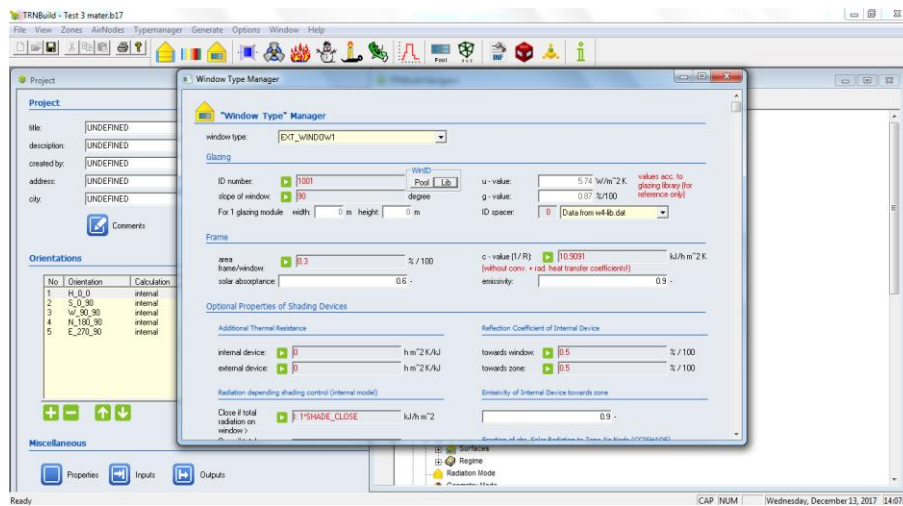


Figure VIII. 49. Les paramétrés des fenêtres

b. Service pneumologie- Hopital Hakime Saadane

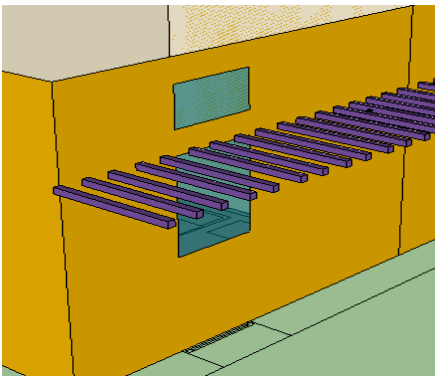
	- Fenêtre 1	Fenêtre extérieure
	- Nombre de fenêtre dans la chambre	1
	- Type de vitrage	Simple
	- u-value W/m ² .K	5.74
	- Cadre	0.3%
	- Protection solaire	Extérieure (MAX_ESHAD)

Tableau VIII. 16. Propriétés des Fenêtres (EXT_WINDOW2)

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

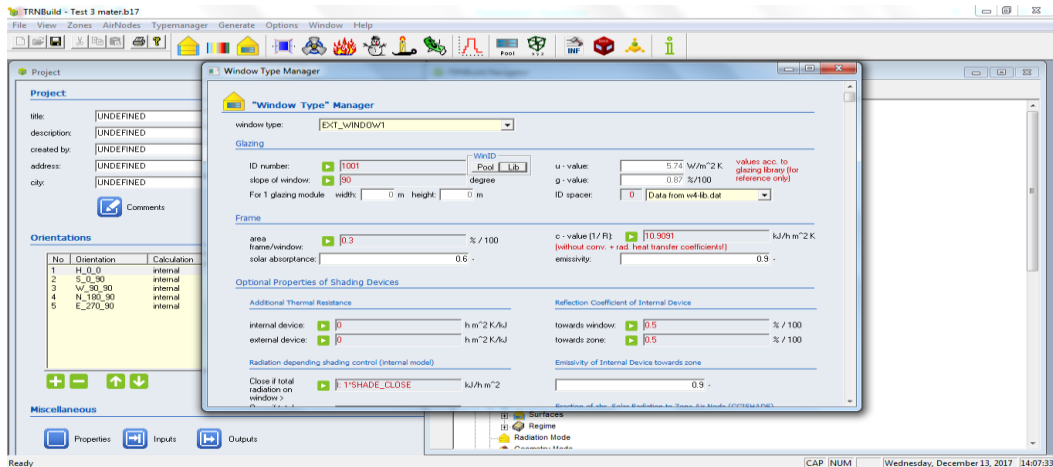


Figure VIII. 50. Les paramètres des fenêtres 1

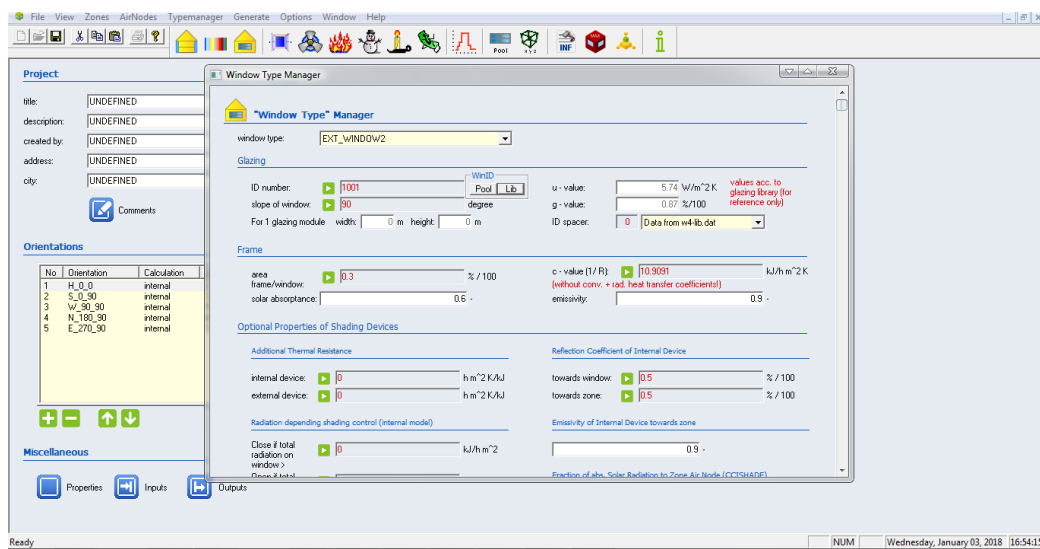


Figure VIII. 51. Les paramètres des fenêtres 2

3.5.1.4. Les infiltrations

a. La maternité

Les infiltrations d'air ont toujours existées dans les bâtiments mais elles varient d'un bâtiment à un autre. Les infiltrations dans le cas de la maternité sont considérées plus importantes par rapport au cas du service de pneumologie.

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

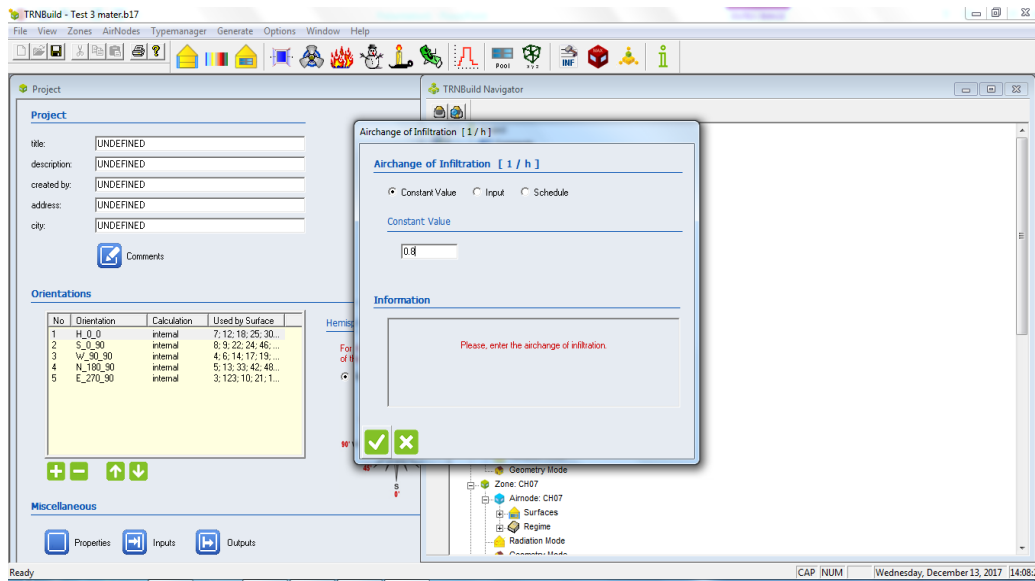


Figure VIII. 52. Définition des infiltrations

b. Service pneumologie- Hopital Hakime Saadane

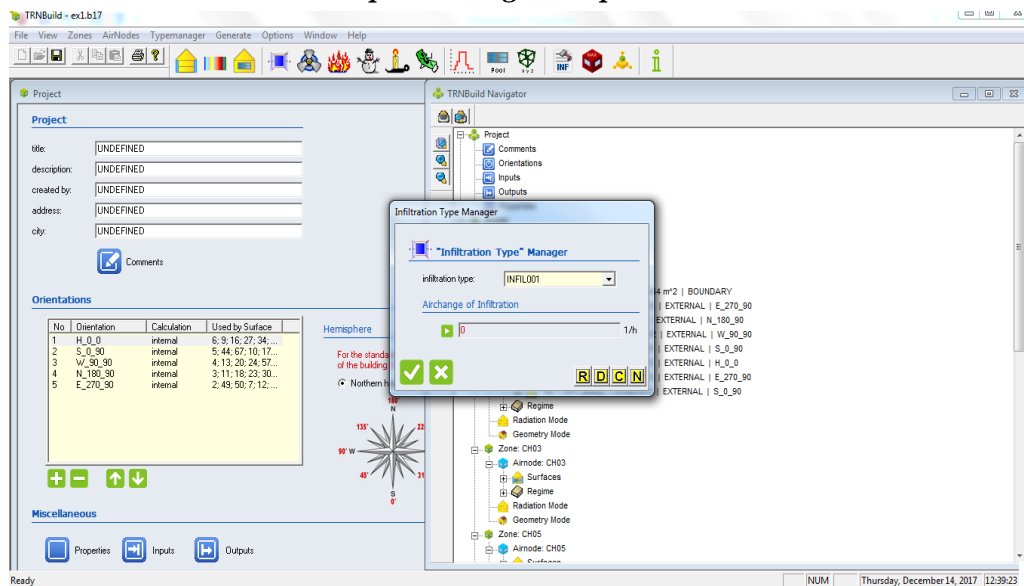


Figure VIII. 53. Définition des infiltrations

3.5.1.5. Confort

Dans cette étape, il est nécessaire de vérifier le facteur de la vêtue. Vu que nous effectuons les simulations en été, nous devons changer le facteur à 0.5clo (valeur des vêtements légers estivaux) pour les deux cas (McCullough, 1983).

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

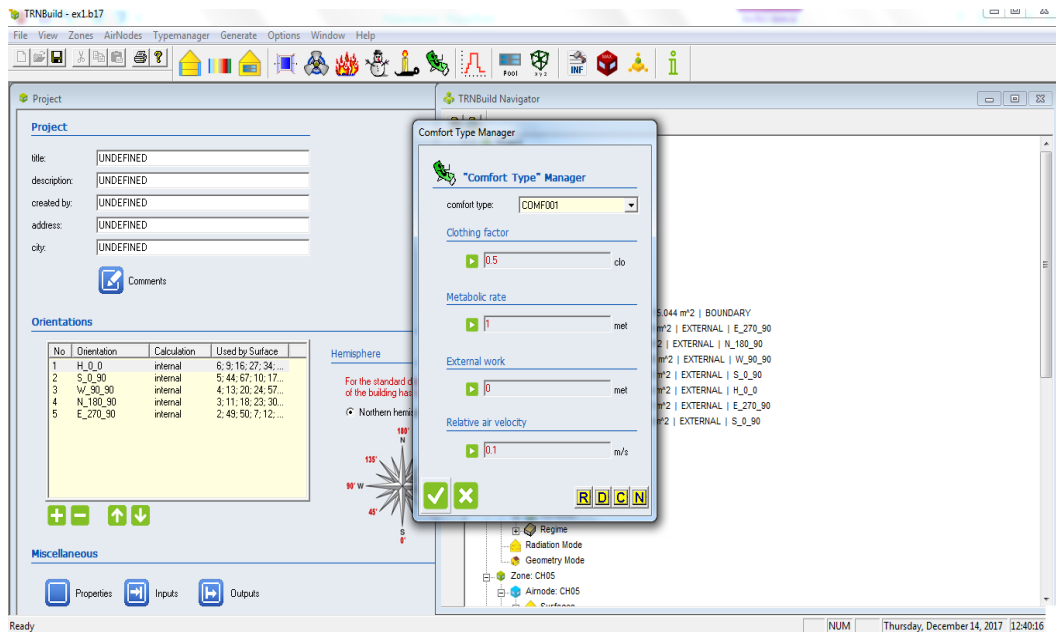


Figure VIII. 54. Définition des facteurs du confort

3.5.1.6. Charges internes (Gains)

Lorsque les paramètres généraux sont complétés, nous passons à la saisie des propriétés spécifiques de chaque zone comme le montre la figure VIII. 55.

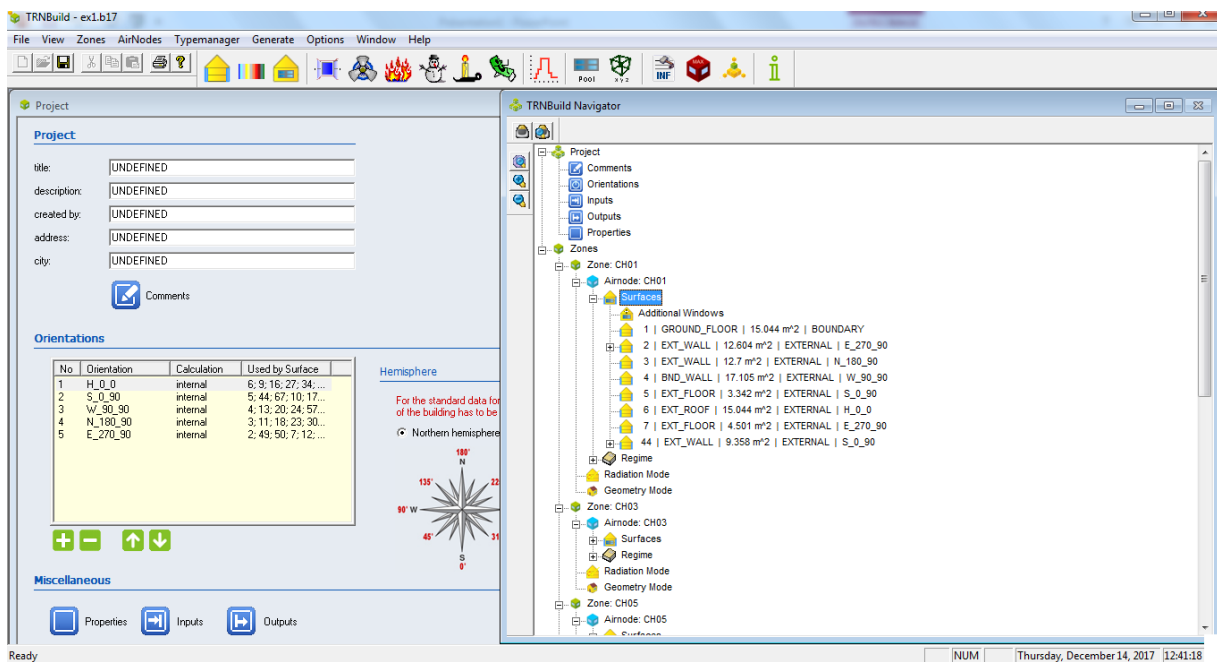


Figure VIII. 55. Représentation des propriétés des zones

a. La maternité

Concernant l'occupation, les chambres de la maternité sont souvent occupées par quatre (04) personnes qui n'exercent aucune activité. Elles sont fréquemment allongées ou assises sur leurs lits. Le seul exercice qu'elles peuvent effectuer, est bien de marcher lentement et de temps en temps.

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

Afin de définir le métabolisme, la chaleur sensible et la chaleur latente, nous devons utiliser le tableau des valeurs de la chaleur des occupants selon leurs activités; ces valeurs sont établies par ISO 7730.

No.	Degree of Activity	Typical Application	Total Heat Adjusted		Sensible Heat		Latent Heat	
			Watts	Btu/h	Watts	Btu/h	Watts	Btu/h
01	Seated at rest	Theatre, Movie	100	350	60	210	40	140
02	Seated, very light writing	Office, Hotels, Apts	120	420	65	230	55	190
03	Seated, eating	Restaurant	170	580	75	255	95	325
04	Seated, light work, typing	Office, Hotels, Apts	150	510	75	255	75	255
05	Standing, light work or working slowly	Retail Store, Bank	185	640	90	315	95	325
06	light bench work	Factory	230	780	100	345	130	435
07	walking 1,3 m/s (3 mph) light machine work	Factory	305	1040	100	345	205	695
08	Bowling	Bowling Alley	280	960	100	345	180	615
09	moderate dancing	Dance Hall	375	1280	120	405	255	875
10	Heavy work, lifting Heavy machine work	Factory	470	1600	165	565	300	1035
11	Heavy work, athletics	Gymnasium	525	1800	185	635	340	1165

Tableau VIII. 17. Tableau_ Rest of heat gains from occupants of conditioned spaces - ISO 7730

Pour la lumière artificielle, la seule lampe utilisée dans le plafond de la chambre (surface=19.35m²) est de type incandescent (100W/m²) avec tube fluorescent (partie convective= 40%).



Figure VIII. 56. Photos réalistes montrant les distributions des lampes dans les chambres de la maternité

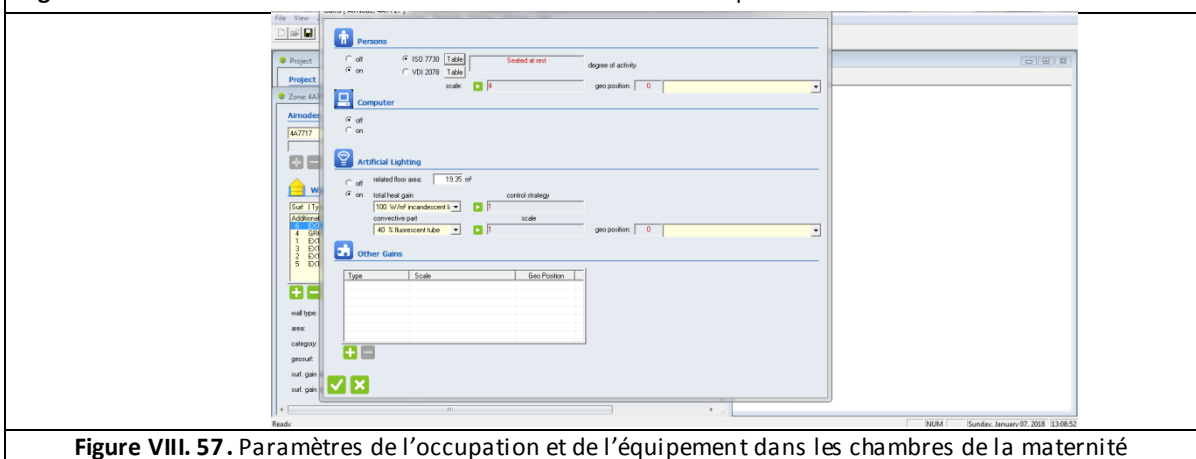


Figure VIII. 57. Paramètres de l'occupation et de l'équipement dans les chambres de la maternité

b. Service pneumologie- Hopital Hakime Saadane

Les chambres du service de pneumologie à l'hôpital Hakim Saadane, sont plus étroites que celles de la maternité. Elles sont destinées pour le séjour de deux personnes. Les patients dans ce service aussi ne peuvent effectuer aucune activité, ils passeraient toute la journée allongé, ou assise sur

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

leurs lits. Les lampes utilisées dans ce services sont quatre (04) réparties sur deux murs comme le montrent les photos au-dessous (Figure VIII.58 ; Figure VIII.59). Les quatre lampes sont de type incandescent (100W/m²) avec tube fluorescent (partie convective= 40%).



Figure VIII. 58. Photos réalistes montrant les distributions des lampes sur les murs dans une chambre au service pneumo

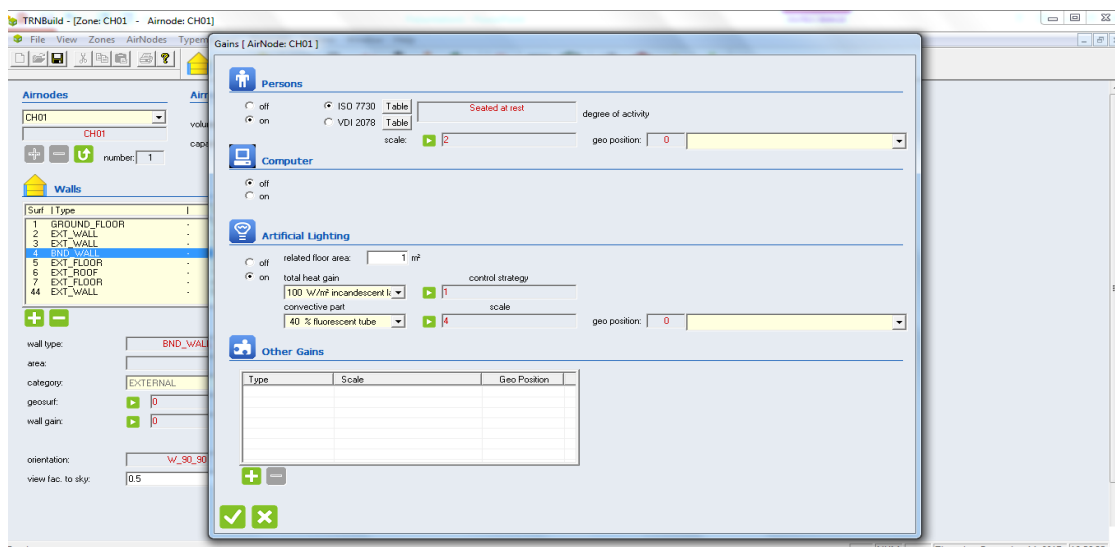
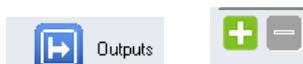


Figure VIII. 59. Paramètres de l'occupation et de l'équipement dans les chambres du service pneumo

3.6. Définitions des outputs

Lorsque la saisie des données (inputs) est achevée, nous devons déterminer la nature des résultats; ainsi nous devons sélectionner la zone que nous voulons simuler.

Avec une simple clique sur puis sur le signe plus



Dans ce cas, nous cherchons à calculer Ta : température ambiante à l'intérieur des chambres, le PMV et le PPD, dans l'objectif de comparer les résultats de la simulation avec les résultats des mesures.

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

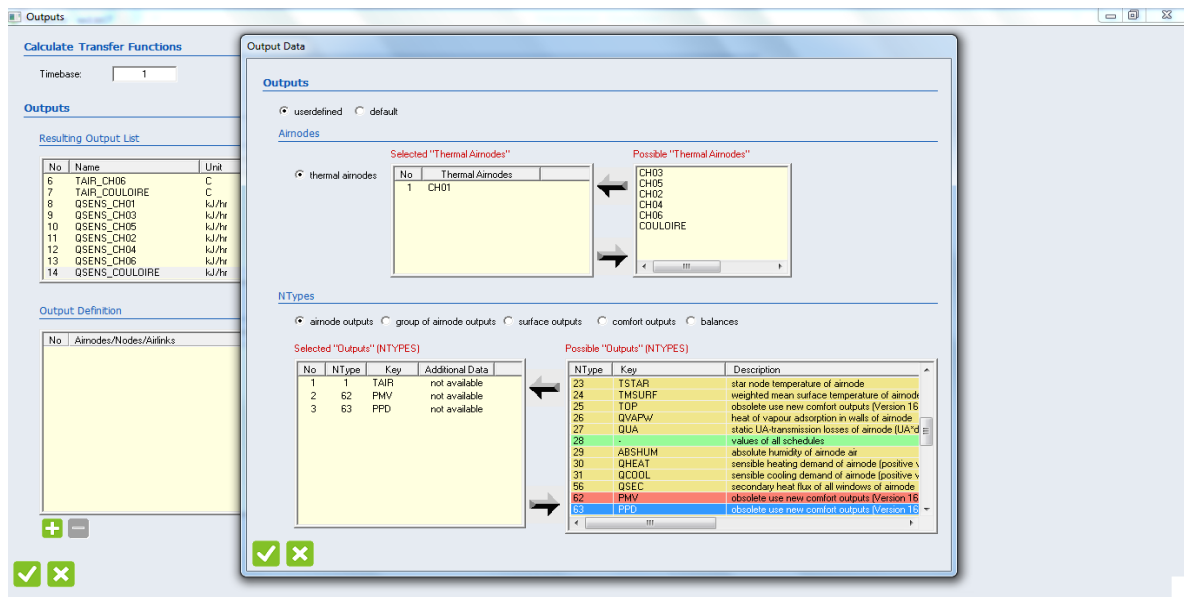


Figure VIII. 60. Les outputs de la simulation

4. Interprétation des résultats

4.1. Réglage et paramètres

Sur l'interface Trnsys simulation studio, le type qui nous convient est le 56 qui peut décrire un bâtiment comme un modèle avec plusieurs zones thermiques, c'est-à-dire des pièces. Le modèle utilise des données provenant des matériaux et des épaisseurs de murs et de fenêtres ainsi que des sinarios d'occupation et d'équipement de chaque pièce. Chaque pièce (zone) a une température homogène; la chaleur de rayonnement entre les pièces est basée sur la superficie de la pièce.

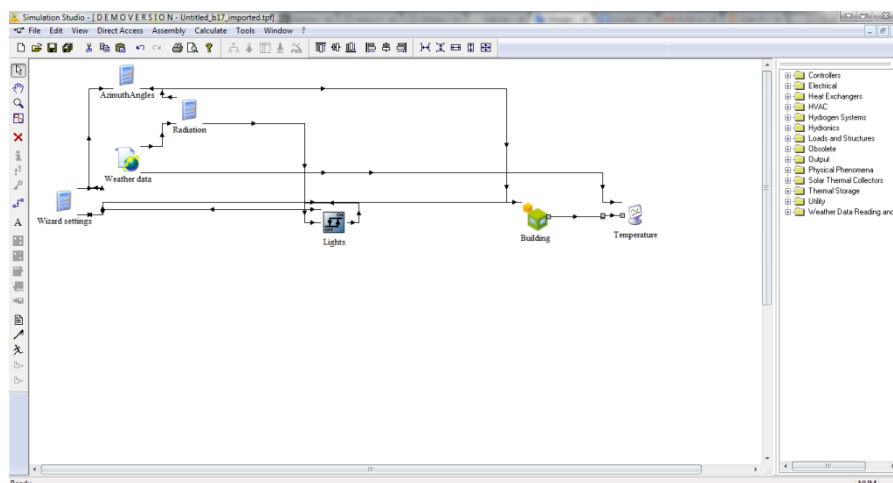


Figure VIII. 61. Interface Trnsys simulation studio

La liaison entre le bâtiment et l'écran de visualisation (système_Plotter - Graph 1) nous permet de lier les outputs avec les axes.

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

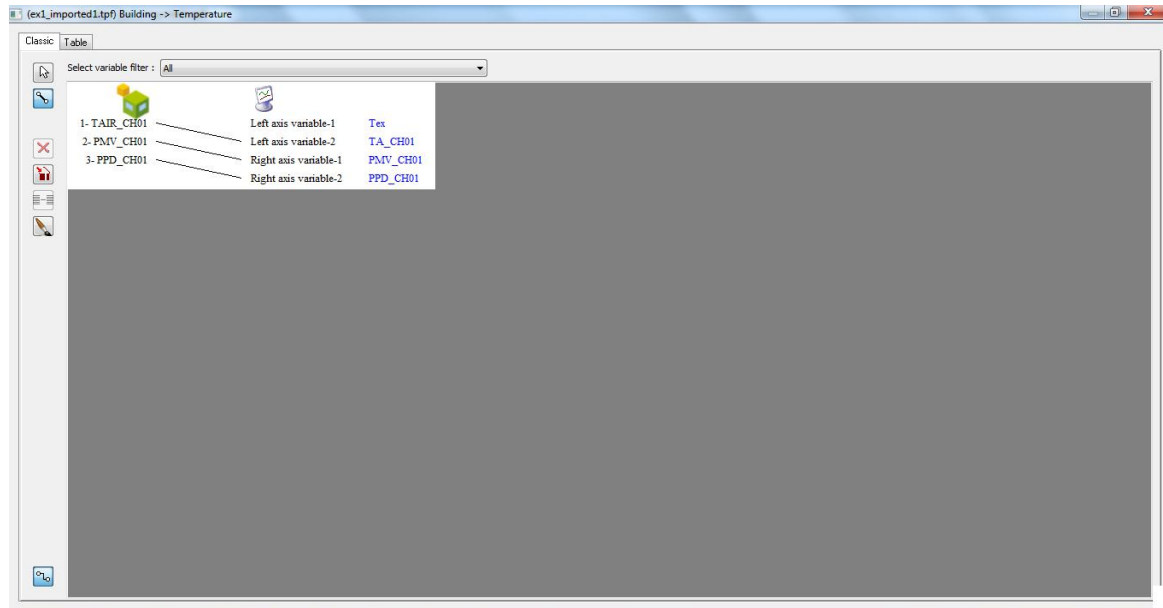


Figure VIII. 62. La liaison entre les outputs et les axes

En revanche, la liaison entre le bâtiment et l'écran de visualisation (système_Plotter - Graph 1) nous permet de lier entre les données climatiques et l'axe qui va porter les valeurs de la température extérieure.

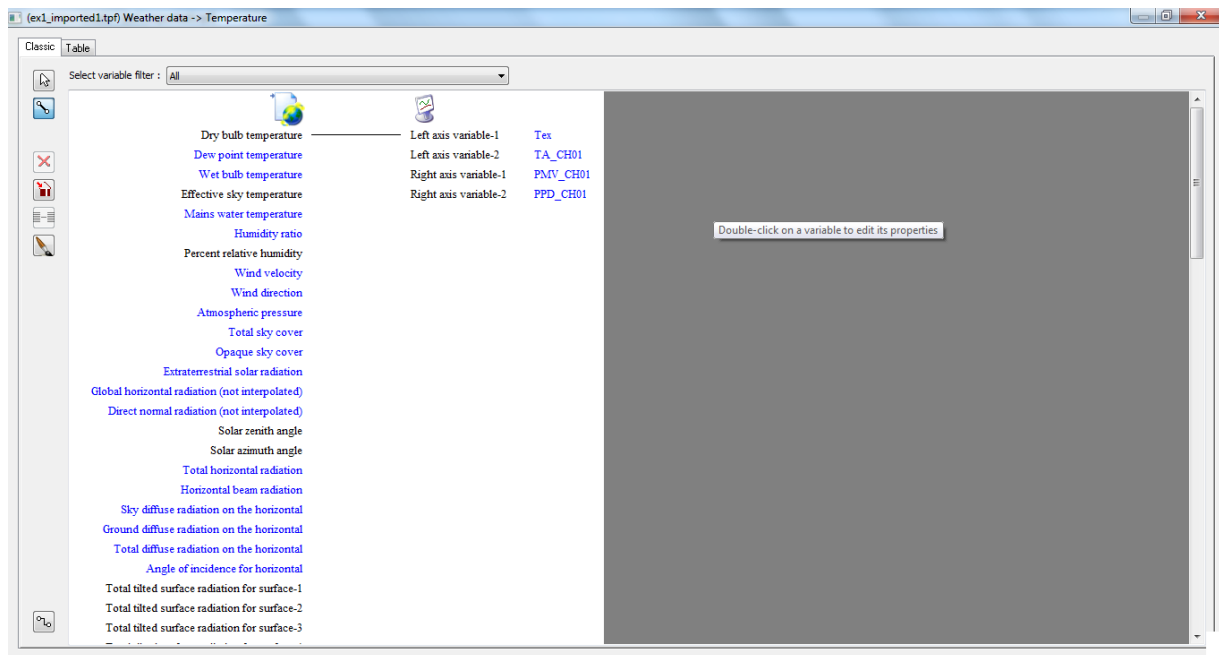


Figure VIII. 63. La liaison entre les données climatiques et les axes

En double clique sur l'écran de visualisation, et dans la case des paramètres, nous pouvons définir les valeurs maximales et minimales sur chaque axe.

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

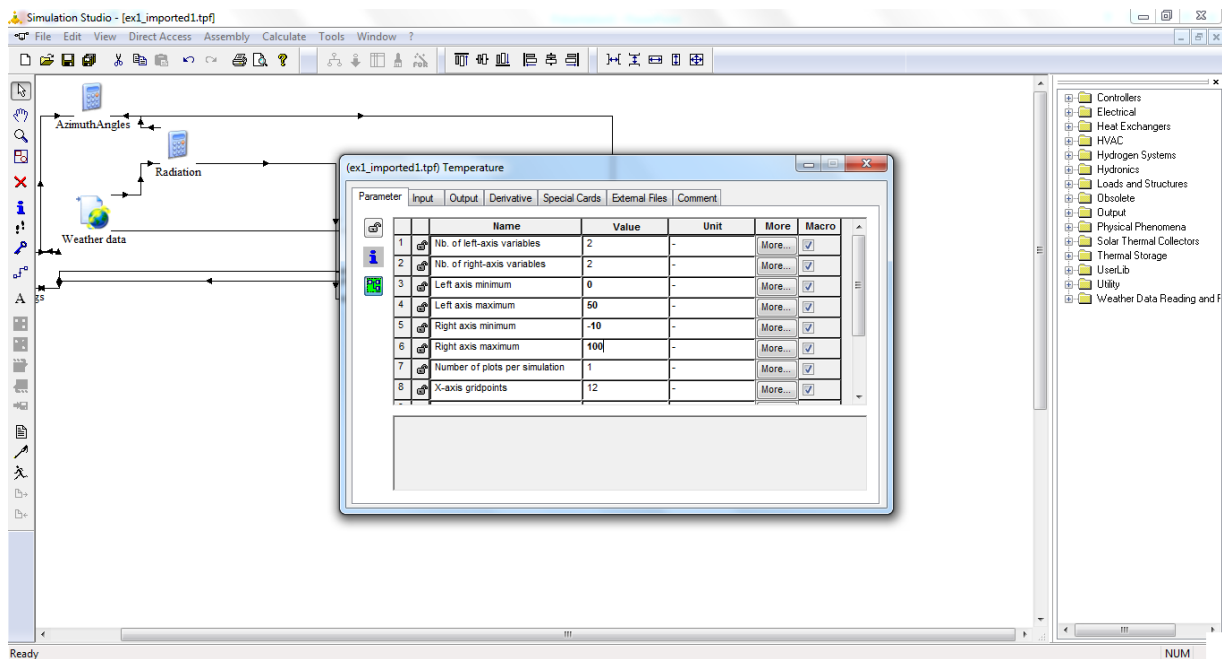


Figure VIII. 64. Paramètres et réglages des axes

La dernière étape avant la simulation consiste à préciser le temps de la simulation (le début et la fin). Notre approche consiste à évaluer les deux bâtiments sur une période d'été (la même période de l'enquête) afin de se doter d'une meilleure compréhension des comportements des chambres aux situations chaudes (les situations les plus dures).

Trnsys nous le propose tous les mois de l'année par jours ou par heures. Puisque nous avons introduit au logiciel un fichier climatique qui contient les valeurs horaires de différentes sollicitations extérieures, c'est-à-dire le temps est calculé par heures et dans ce cas, nous devons choisir le chiffre qui représente le début du mois de juillet (4344) et le chiffre qui représente la fin (5088).

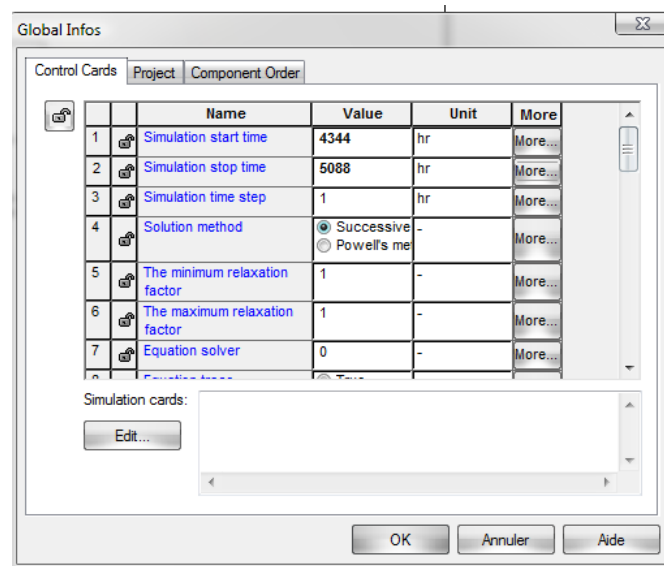


Figure VIII. 65. Définition de la période de simulation

4.2. Résultats

4.2.1. Résultats de la maternité

Dans notre cas, le choix des chambres à simuler s'effectue à l'échelle architecturale; il est basé sur les critères d'orientations ainsi que le nombre des façades. C'est tout à fait similaire à la logique appliquée dans le choix des chambres pour l'enquête et les mesures. Nous choisissons pour la simulation deux chambres orientées sur l'Est (Ch 01 à deux façades et Ch 03 à une seule façade). En parallèle nous avons aussi deux autres chambres orientées sur l'Ouest (Ch 02 à deux façades et Ch 04 à une seule façade).



Figure VIII. 66. Les chambres choisies pour la simulation

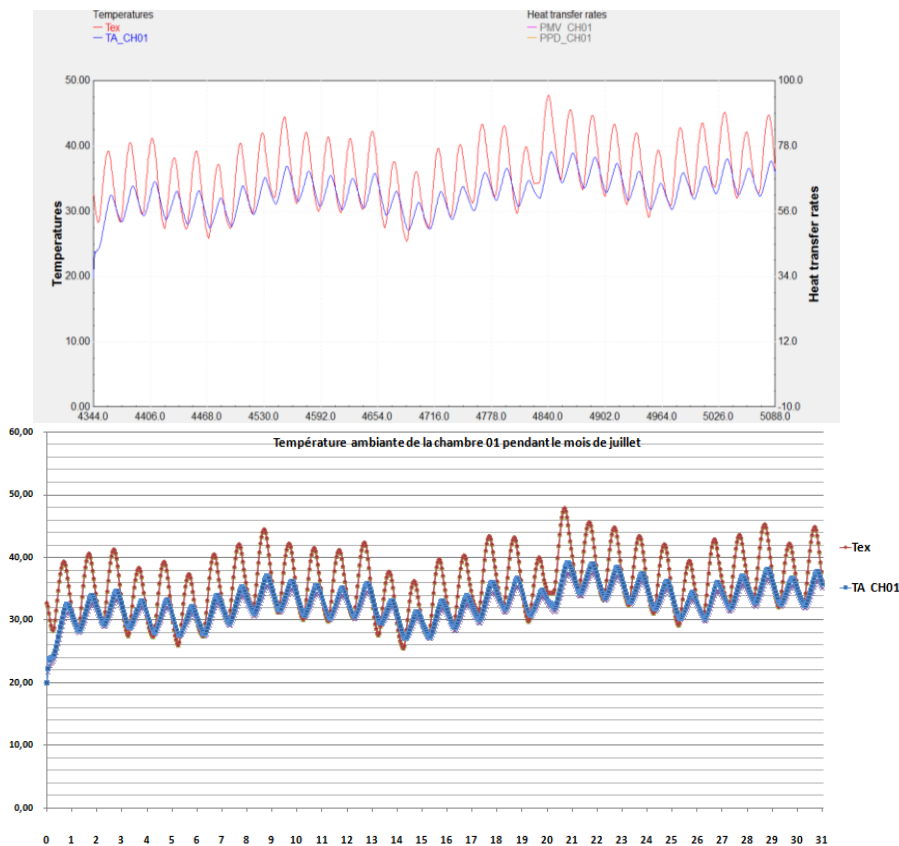


Figure VIII. 67. Variations de la température ambiante par rapport à la température extérieure du mois de juillet dans la chambre 01 (orientation Est)

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

En général, la température moyenne en juillet est de 34°C et les précipitations sont en moyenne de 18mm. La nuit, les températures chutent à 27°C tandis qu'à la journée elles peuvent atteindre 40°C à 45°C (Données climatiques: Algérie).

La figure VIII. 67 montre les variations de la température ambiante de la chambre 01 à deux façades (façade Est et façade Sud) ; la courbe s'étend du 1er jour au 31^e jour avec des changements irréguliers prenant des hauts et des bas dans les limites de 28,1°C et 39,5°C.

La variation de la température est très variable et généralement non linéaire, mais elle reste tout de même monotone. Presque le même résultat a été relevé au moment des mesures ce qui nous a prouvé que la température ambiante des chambres ne descend jamais au-dessous de 25°C tout au long de la période de surchauffe.

A un certain moment, précisément le 13^eme et 14^eme jours, nous avons noté que le graphe de la température extérieure prend des valeurs inférieures à celles de la température ambiante. C'est tout à fait similaire à l'organisme humain, quand l'apport de chaleur est plus grand que la perte de chaleur, la température intérieure s'élève et ceci va être difficile pour reprendre des valeurs basses ; tandis que la température extérieure diminue à ce moment-là (Rabouille, 2014).

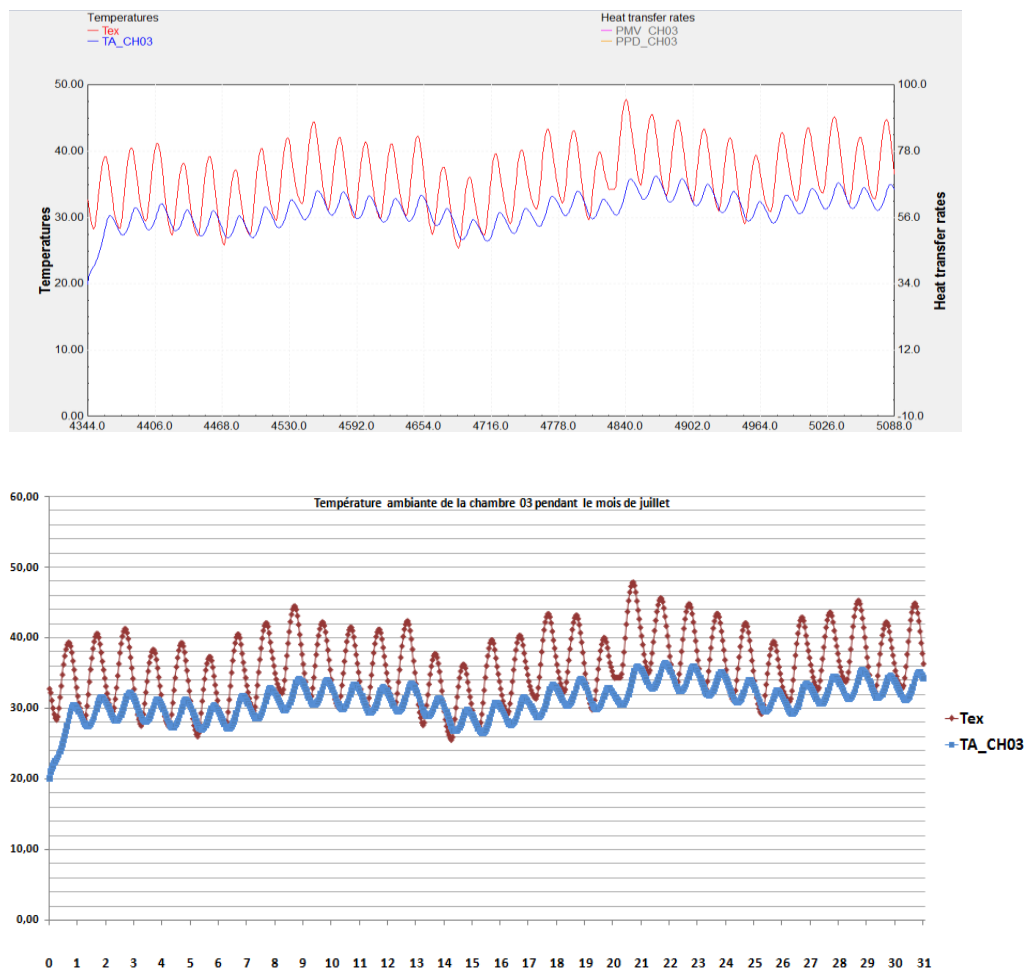


Figure VIII. 68. Variations de la température ambiante par rapport à la température extérieure du mois de juillet dans la chambre 03 (orientation Est)

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

Le premier coup d'œil sur le graphe de la chambre 03, nous montre que c'est le même profil de la chambre 01; mais avec plus de précision la température dans la chambre 03 augmente et diminue d'une manière rythmique et plus régulière entre les valeurs 27°C et 36°C. D'autre part, la température dans la chambre 02 atteint les mêmes valeurs de la température à la chambre 01; ceci est dû à la même configuration géométrique. Quoique la chambre 02 est orientée Ouest, les résultats de la simulation ont montré qu'il n'y a pas une grande différence entre les résultats des deux orientations et c'est tout à fait ce que nous avons obtenu par les mesures. La différence est apparue seulement au niveau des résultats de l'enquête et des entretus, là où la majorité des patients préfèrent avoir un environnement beaucoup plus froid dans les chambres Ouest en particulier pendant la nuit.

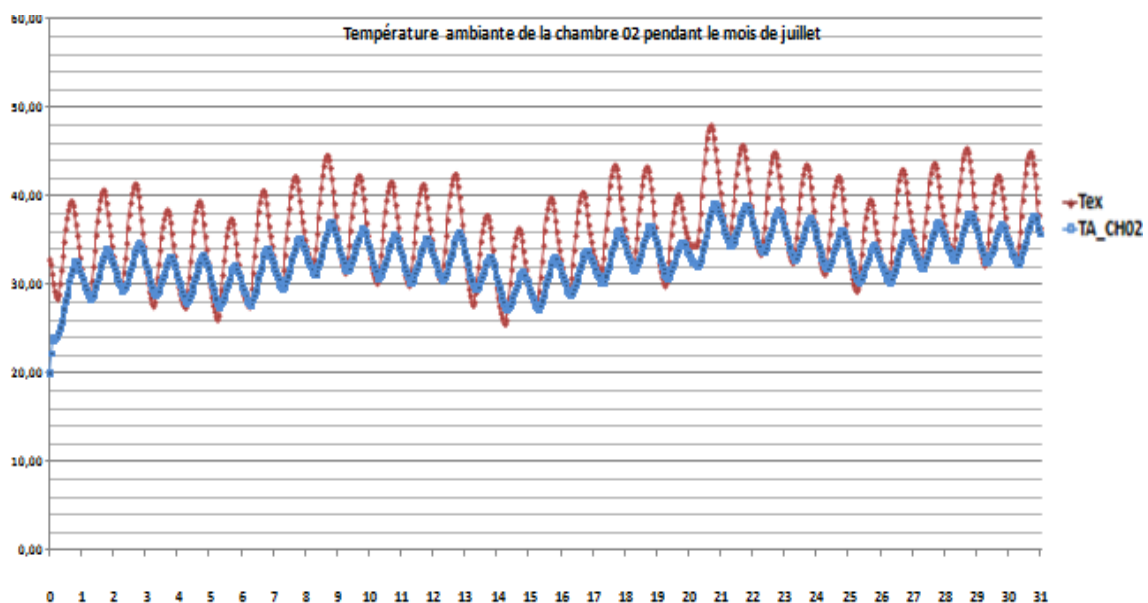
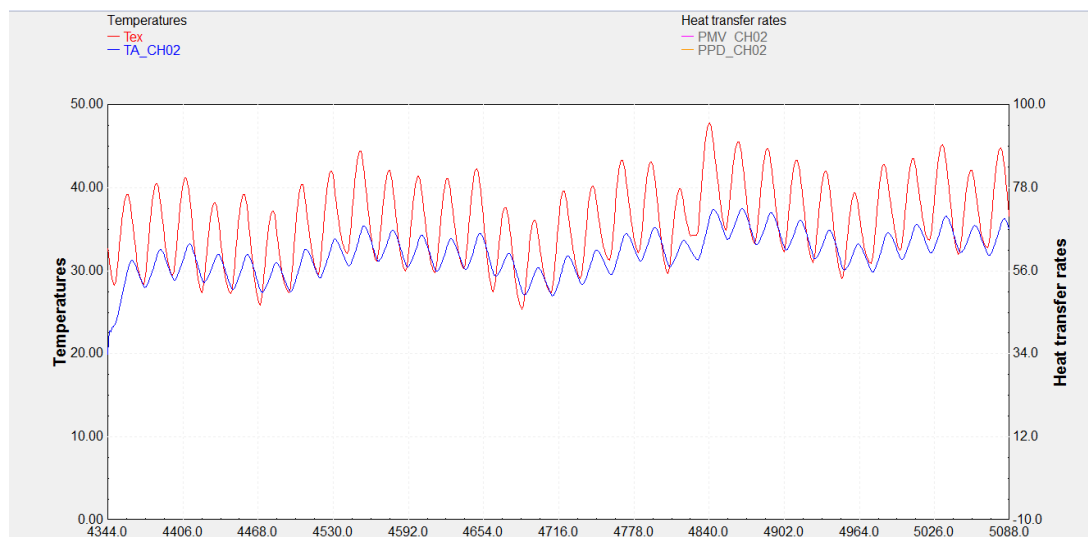


Figure VIII. 69. Variations de la température ambiante par rapport à la température extérieure du mois de juillet dans la chambre 02 (orientation Ouest)

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

Au niveau de la chambre 04, les fréquences de courbe presque régulières, une trajectoire ressemble à celle de la chambre 03 mais parfois les valeurs de la température ambiante de la chambre 04 s'approchent des valeurs de la chambre 02 surtout dans les pics où la température atteint les 39°C pour la valeurs maximale et 28°C à la minimale.

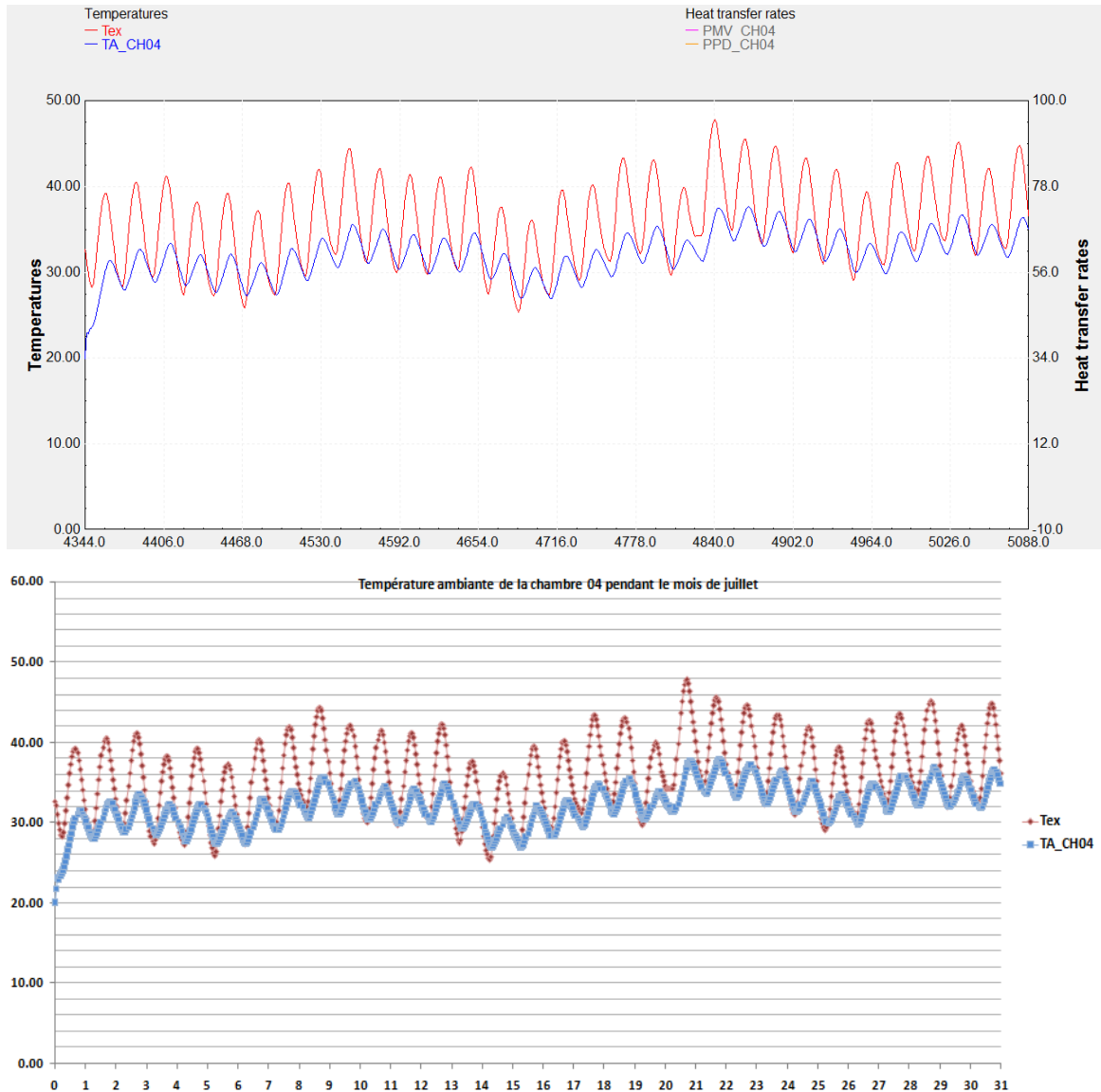


Figure VIII. 70. Variations de la température ambiante par rapport à la température extérieure du mois de juillet dans la chambre 04 (orientation Ouest)

Les résultats des mesures de la température au sein des chambres de la maternité présentés au chapitre précédent sont très proches des résultats de la simulation (Chapitre VI).

La méthode de la simulation s'appuie sur la prise des valeurs de la température chaque heure, tandis que la prise des mesures in situ en va et vient entre les chambres Est et Ouest constitue une tâche très compliquée; ce qui nous a incité à distribuer les moments de mesures sur des périodes de temps différentes; l'intervalle entre les périodes nous a permis d'organiser les informations et les enregistrements.

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

Selon la norme internationale ISO 7730-2005 (Ergonomie des ambiances thermiques), les indices PMV et PPD permettent de déterminer analytiquement et d'interpréter le confort thermique, c'est pourquoi il est intéressant d'évaluer ces deux indices.

Le résultat des mesures in situ nous a montré que tous les chambres Est et Ouest sont hors la zone de satisfaction sauf la nuit, selon les votes moyens prévisibles (PMV) au niveau du de service maternité.

Les figures suivantes nous montrent les résultats de PMV et de PPD calculée par Trnsys ; Pour bien lire et comprendre les courbes des votes moyens prévisibles, et afin de définir les valeurs maximales et minimales en fonction de temps, nous avons redessiné le graphe de PMV en redimensionnant les échelles des axes.

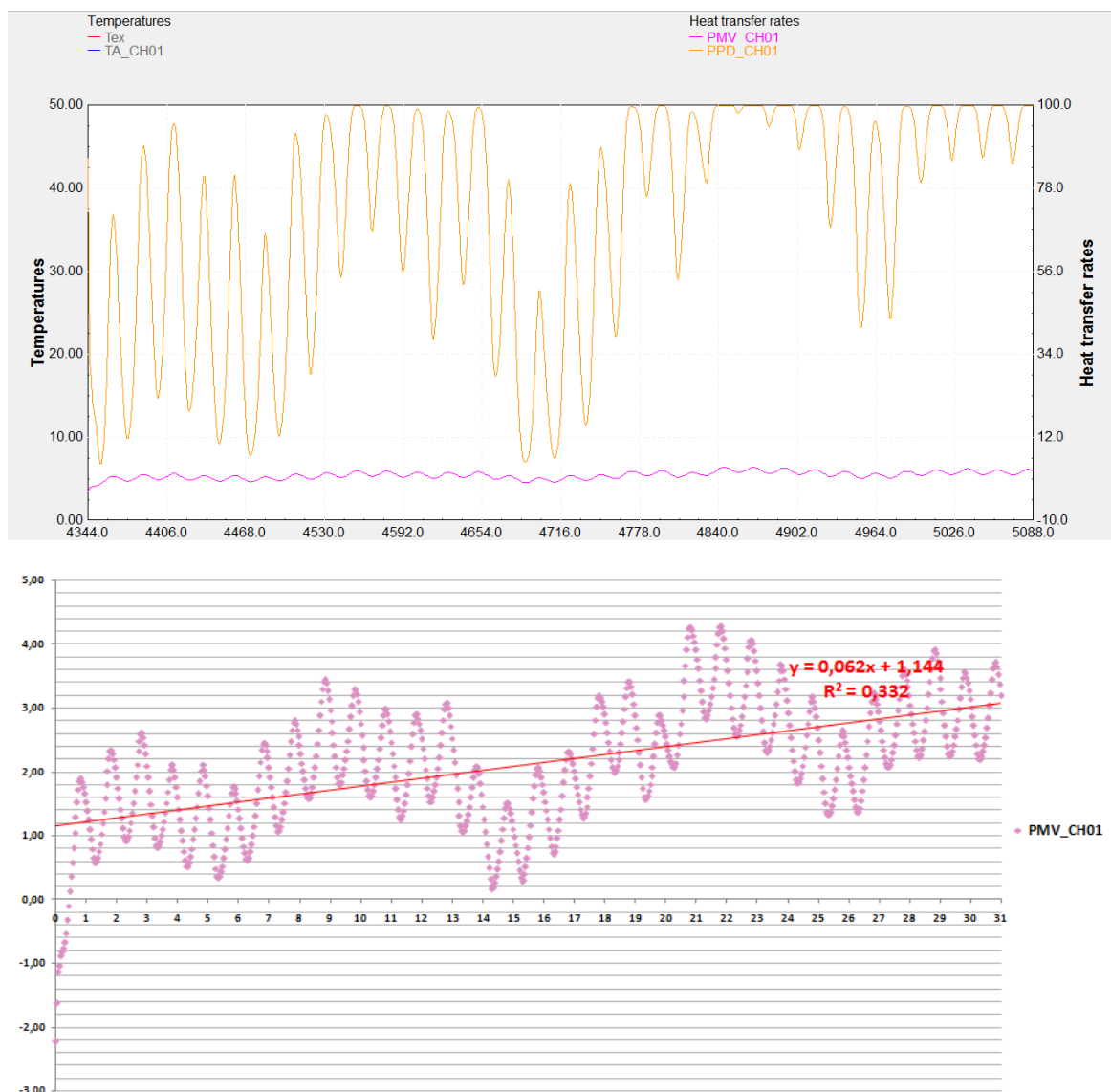


Figure VIII. 71. Résultats du PMV dans la chambre 01 (orientation Est)

Le résultat de la chambre 01 est assez similaire au résultat des mesures, les points de votes se présentent hors la zones de satisfaction mais elles sont oscillatoires en fonction de jour et de la

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

nuit ; elles prennent des valeurs maximales voisines à 4 et seulement deux valeurs minimales qui touchent le chiffre 0.25 au sein de la zone de satisfaction (entre +0.5 et -0.5).

De même que pour la chambre 02, 57% des valeurs sont comprises entre +0.75 et +2.5; ceci est de même pour la chambre 01, ce qui montre que la position des deux chambres et la configuration à deux façades reflètent sur les valeurs de vote moyen prévisible PMV.

Pour toutes les chambres, les valeurs calculées pendant la période du 21 au 24 juillet sont approximativement particulières vue l'augmentation terrible des températures extérieures (entre 49-47°C). D'autre part, le cas de la chambre 03 n'est pas très différent par rapport aux autres, mais elle prend des valeurs proches à la zone de satisfaction.

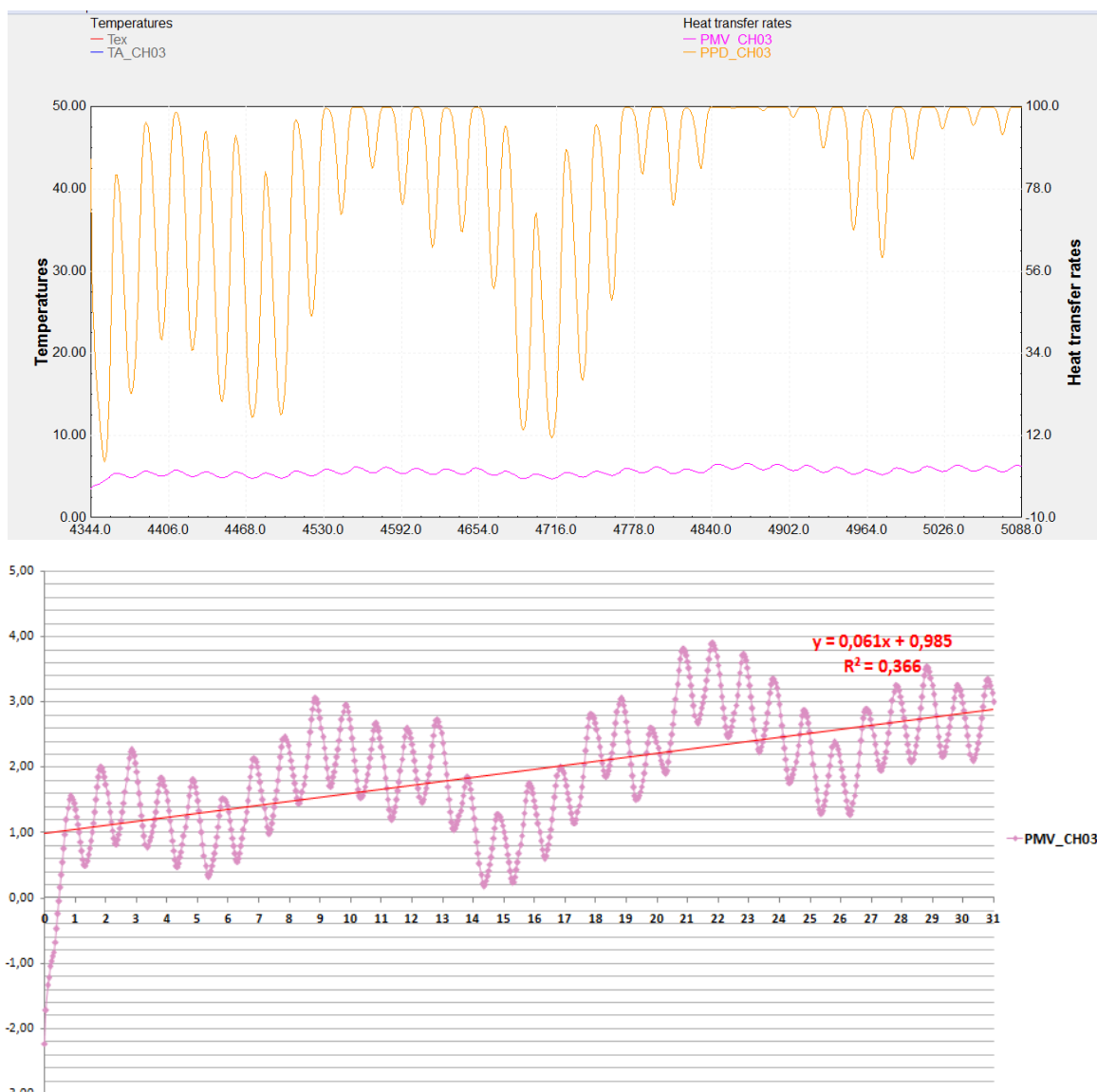


Figure VIII. 72. Résultats du PMV dans la chambre 03 (orientation Est)

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

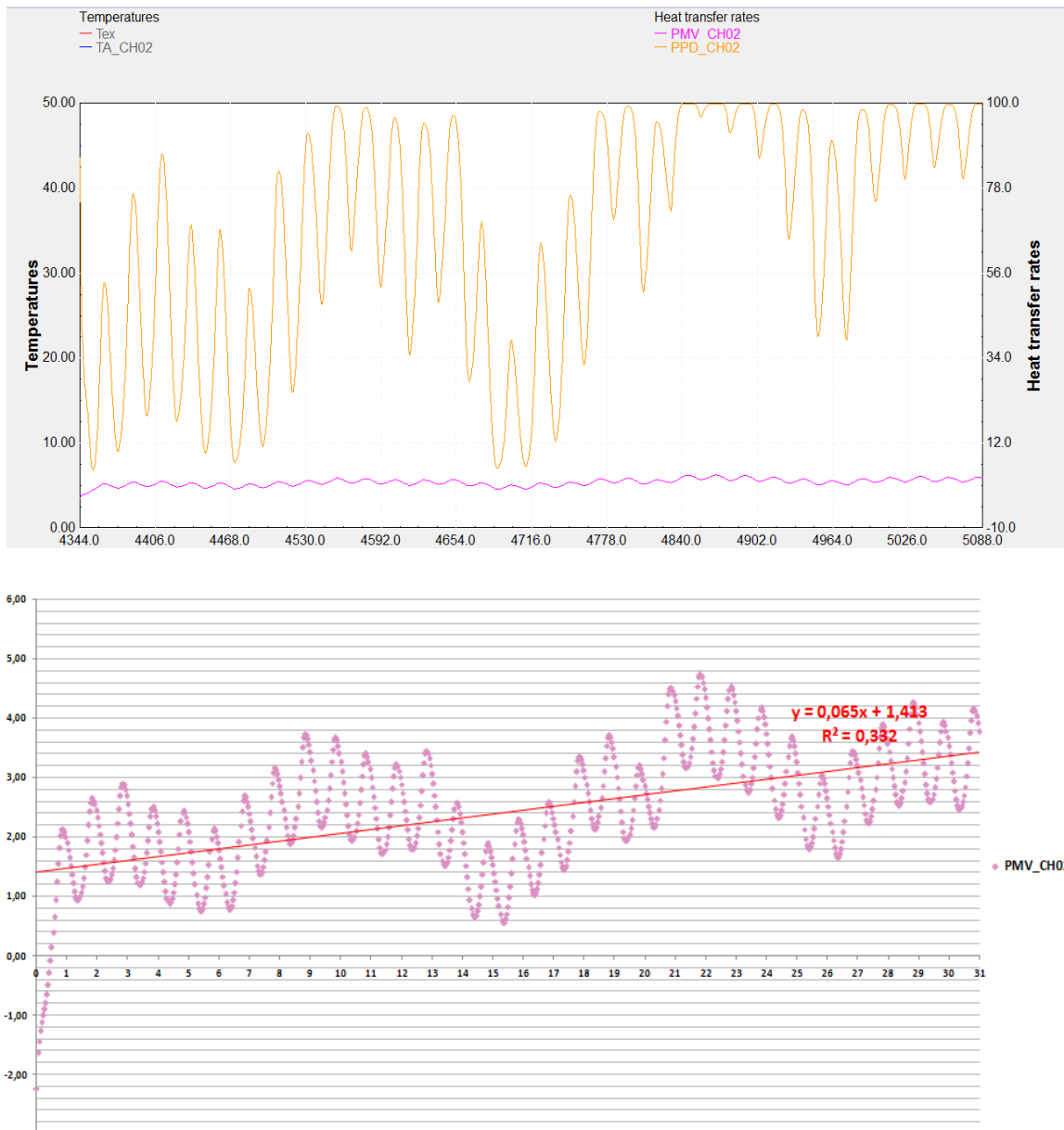


Figure VIII. 73. Résultats du PMV dans la chambre 02 (orientation Ouest)

Quoiqu'elle est orientée Ouest, la chambre 04 nous a présenté des valeurs voisines à la valeur +0,1 et ainsi elle a enregistré plus de valeurs dans la zone de satisfaction en tenant compte de la légère différence avec les résultats précédents.

En général, les équations de régression linéaire obtenues sont les suivantes:

- ✓ Chambre 01 orientation Est à deux façades : $y = 0,062x + 1,144$ (Equation 1)
- ✓ Chambre 02 orientation Ouest à deux façades : $y = 0,065x + 1,413$(Equation 2)
- ✓ Chambre 03 orientation Est à une seule façade : $y = 0,061x + 0,985$ (Equation 3)
- ✓ Chambre 04 orientation Ouest à une seule façade : $y = 0,060x + 0,988$(Equation 4)

Alors, ces valeurs importantes de température et de PMV/PPD peuvent s'expliquer par le fait que le bâtiment neuf est globalement loin de satisfaire les besoins de confort thermique des patients pendant

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

la période estivale selon la simulation, en considérant que l'air conditionné reste le choix le plus défavorable par la majorité des patients selon les résultats des entrevues (Chapitre VI).

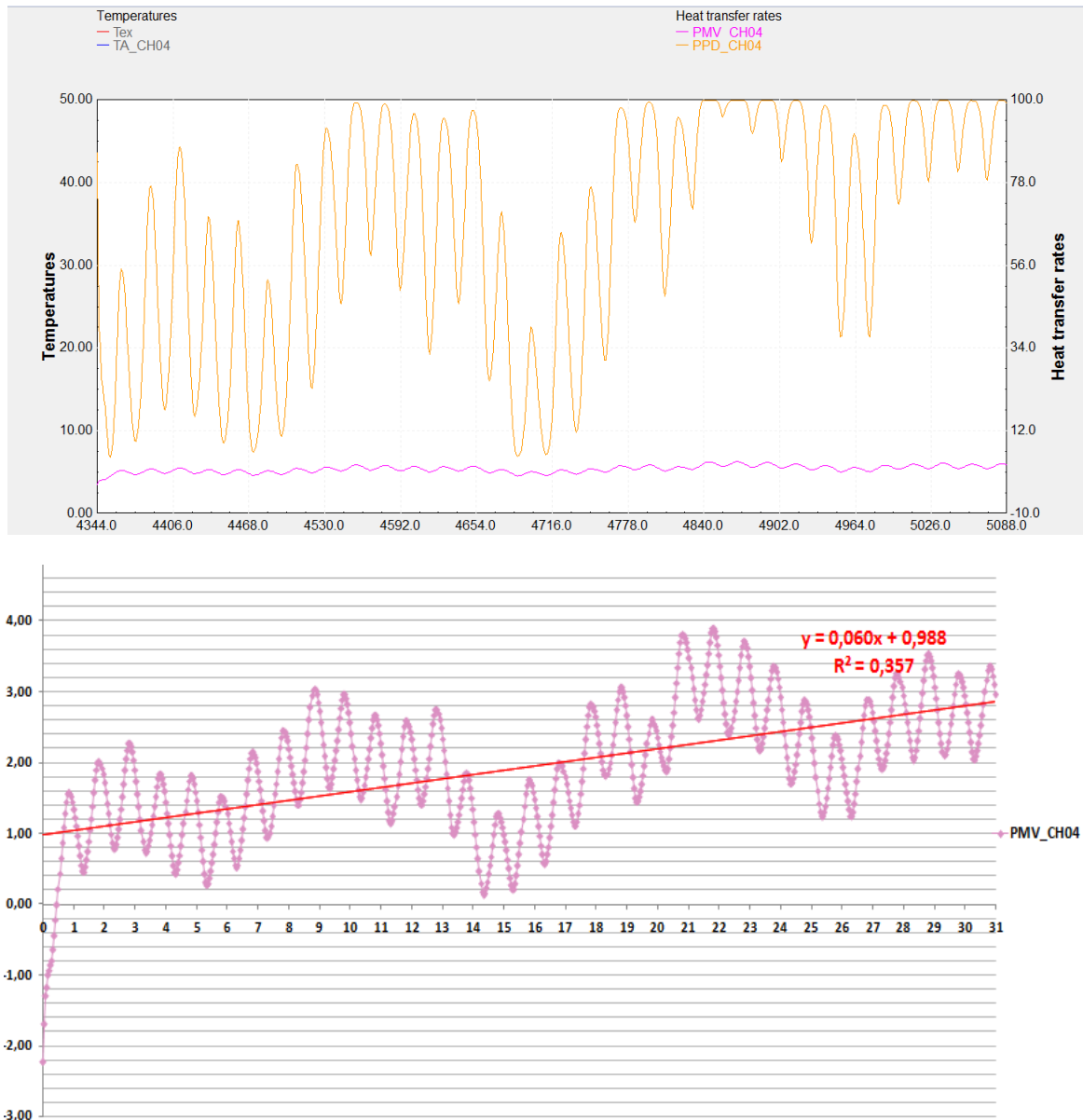


Figure VIII. 74. Résultats du PMV dans la chambre 04 (orientation Ouest)

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

4.2.2. Résultats du service de pneumo

Avec le même principe, nous choisissons pour la simulation deux chambres orientées sur l'Est (Ch01 à deux façades et Ch03 à une seule façade). En parallèle nous avons aussi deux autres chambres orientées sur l'ouest (Ch02 à deux façades et Ch04 à une seule façade).

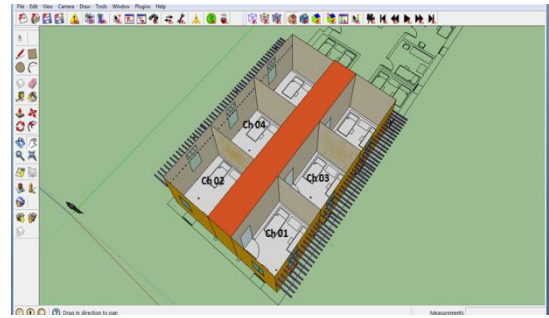


Figure VIII. 75. Les chambres choisies pour la simulation

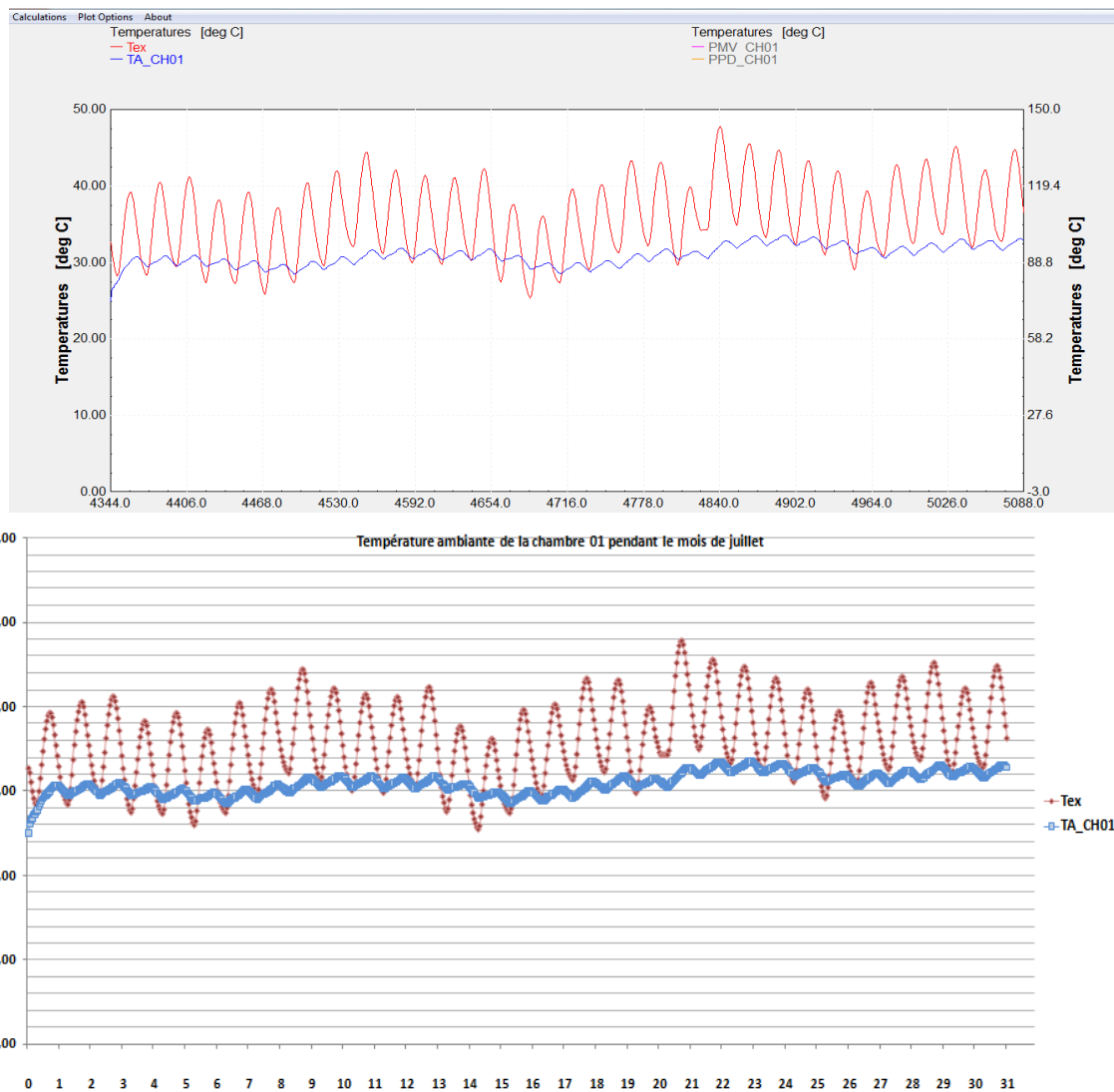


Figure VIII. 76. Variations de la température ambiante par rapport à la température extérieure du mois de juillet dans la chambre 01 (orientation Est)

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

Les figures VIII. 77-78-79-80 présentent la progression de la température ambiante en fonction de la température extérieure tout au long du mois de juillet, dans les chambres du service de pneumologie à l'hôpital Hakim Saadane.

A travers le graphe de la température ambiante de la chambre 01, nous pouvons constater qu'il y a une certaine stabilisation de la température ; le graphe évolue dans les limites de 27.5°C et 32.58°C. Initialement, on peut remarquer que l'écart entre les seuils (min et max) des valeurs de la température ambiante à ce bâtiment et le bâtiment neuf est très important.

Le graphe ci-dessous qui présente la température ambiante de la chambre 03 prend des valeurs plus basses que celles de la chambre 01 ; il suit une trajectoire presque constante avec un léger recul dans les périodes du 4eme au 9eme et du 14eme au 19^{eme} jour. Sinon, il n'augmente jamais au-dessus de 30.03°C et il reste à 25.50°C.

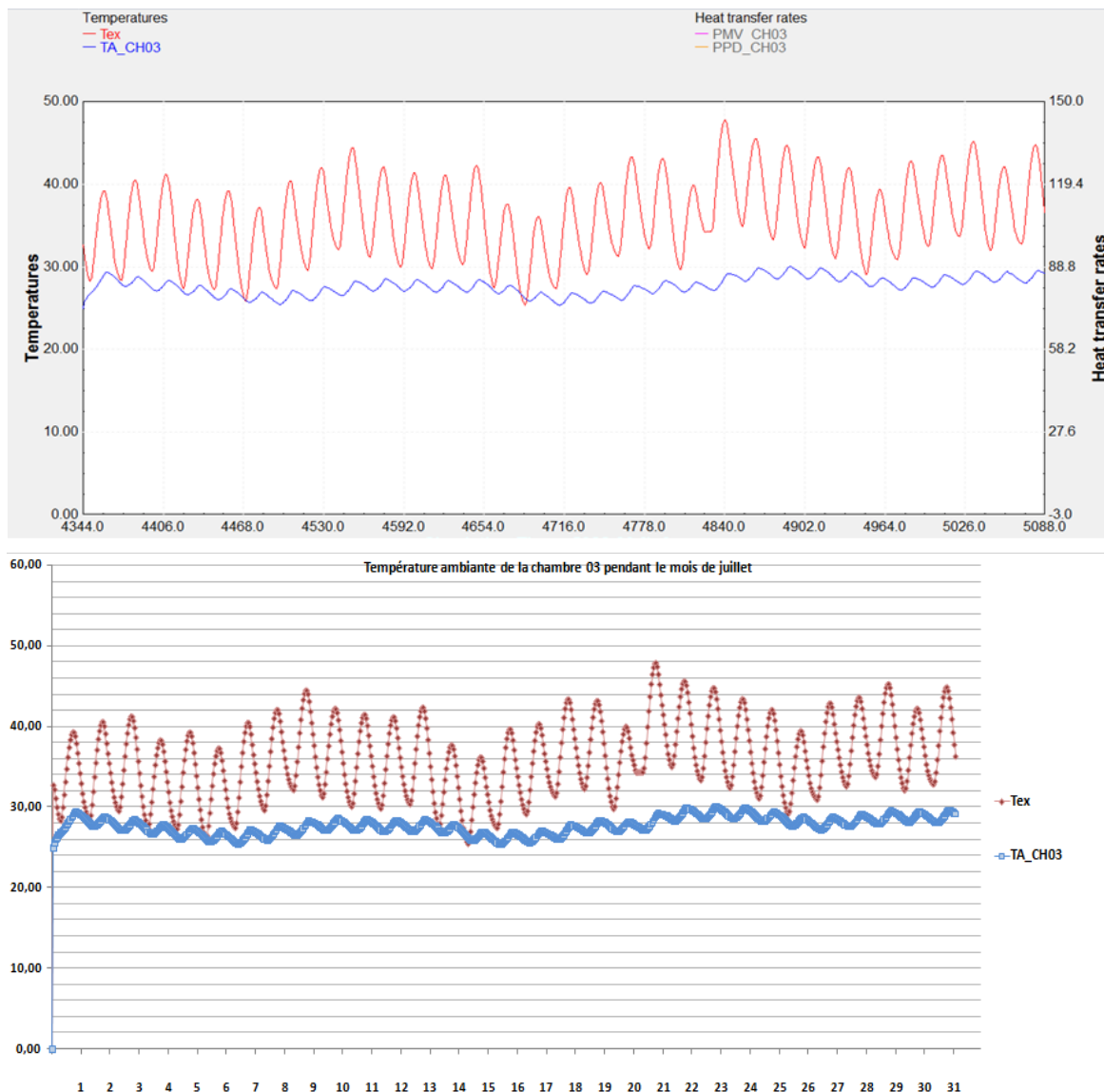


Figure VIII. 77. Variations de la température ambiante par rapport à la température extérieure du mois de juillet dans la chambre 03 (orientation Est)

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

Le graphique de la chambre 02 suit la même trajectoire du premier graphique de la chambre 01; une courbe rythmique et assez constante dans les limites de 33.06°C et 27.50°C. Aussi bien, dans la chambre 04, la courbe reste similaire aux autres. Les valeurs maximales et minimales varient dans les environs de 32.34°C et 28.05°C.

De part et d'autre et quelque soit l'orientation (Est/ Ouest) dans le cas de ce bâtiment, les écarts entre les températures extérieures et les températures intérieures sont très importants. Lorsque la température T_{ex} est sur le point de 44°C au sein de la chambre 02 (le jour 9) la température T_a prend des valeurs voisines à 31°C; alors que sur le point de 34.55°C de T_{ex} la température T_a prend la valeur 30.18°C (le jour 20) et presque les mêmes résultats pour les deux chambres 01 et 04. De ce fait, on peut constater que l'écart entre les deux variantes se détermine par 13°C pour les valeurs maximales et 5°C pour les valeurs minimales. Ce qui est important à noter, est que les écarts entre les deux courbes dans le graphique de la chambre 03 sont particulièrement importants; sachant que sur le même point de 44°C (le jour 9) la température T_a est égale à 28,28°C, ce qui donne un écart de 16,12°C, et pour le point 34,55°C (le jour 20) T_a est égale 27,26°C, dans ce cas, l'écart est 7,24°C.

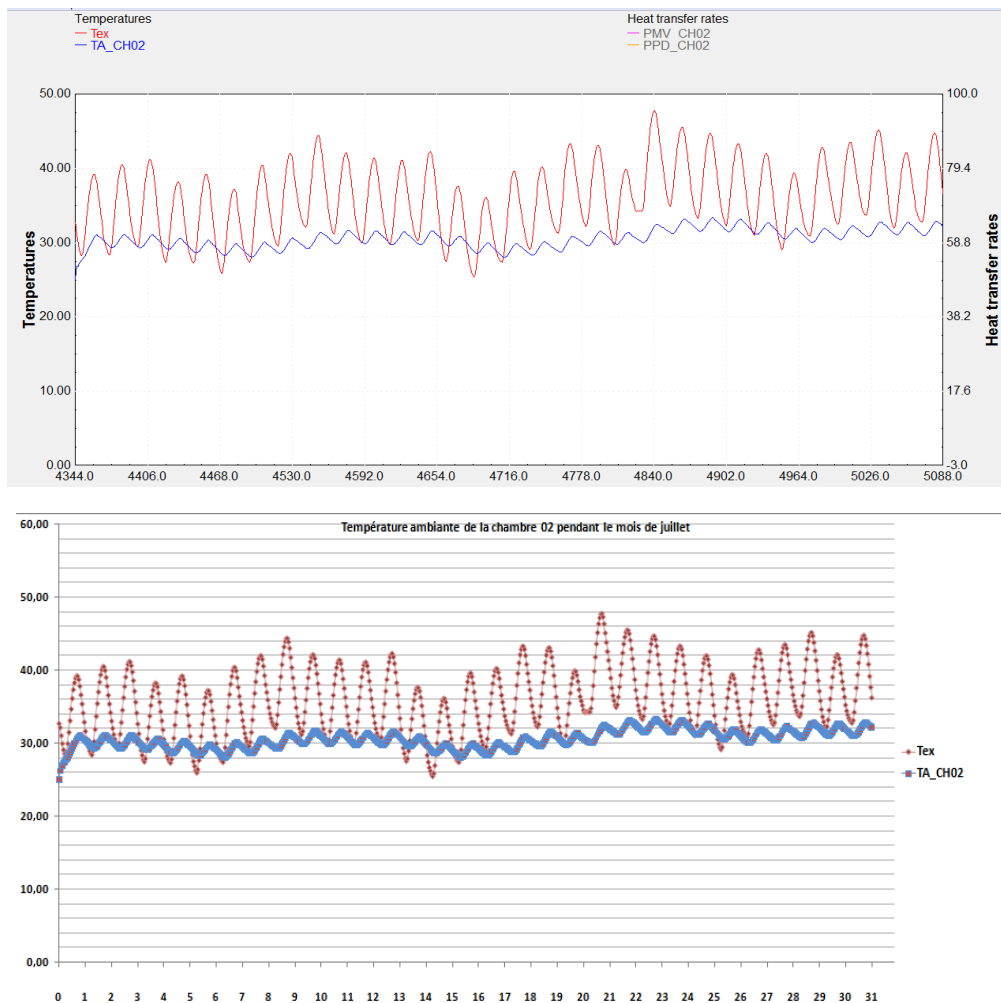


Figure VIII. 78. Variations de la température ambiante par rapport à la température extérieure du mois de juillet dans la chambre 02 (orientation Ouest)

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

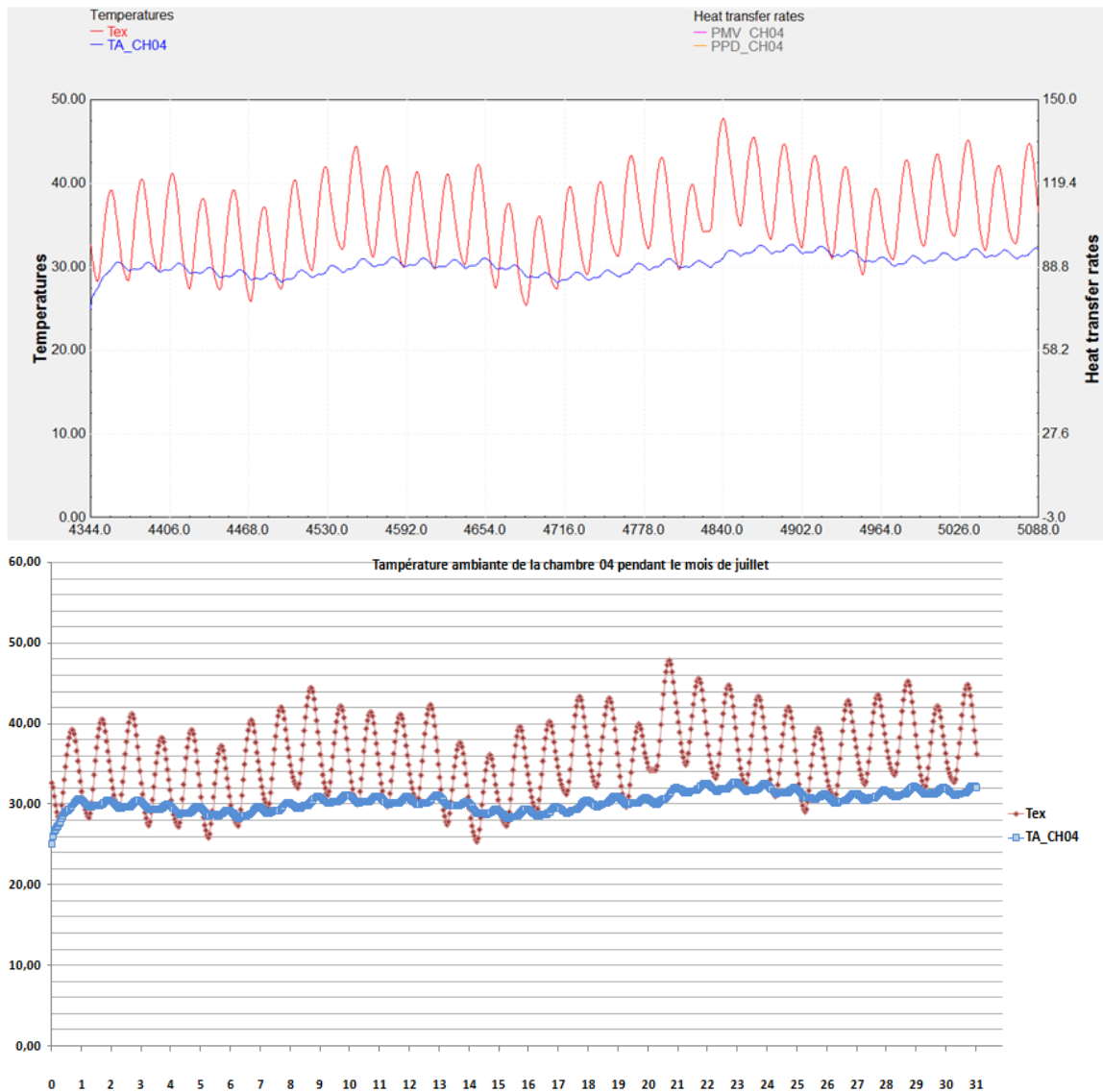


Figure VIII. 79. Variations de la température ambiante par rapport à la température extérieure du mois de juillet dans la chambre 04 (orientation Ouest)

En revanche, même les résultats de vote moyen prévisible PMV sont largement différents à ceux du service de maternité et les équations de régression linéaire obtenues dans ce cas sont les suivantes :

- ✓ Chambre 01 orientation Est a deux façades : $y = 0,041x + 0,984$ (Equation 5)
- ✓ Chambre 02 orientation Ouest a deux façades : $y = 0,036x + 0,916$(Equation 6)
- ✓ Chambre 03 orientation Est a une seule façade : $y = 0,022x - 0,028$(Equation 7)
- ✓ Chambre 04 orientation Ouest a une seule façade : $y = 0,034x + 0,327$(Equation 8)

D'après les graphiques des chambres 01, 02, 03 et 04 la valeur maximale que peut prendre le PMV ne dépasse jamais 2.60 dans le pire des cas. Ce qui valide les résultats obtenus par les mesures et l'enquête in situ.

Quoi que 100% des valeurs de vote moyen prévisible au niveau de la chambre 01 sont situées en dehors de la zone de satisfaction mais elles restent au moins dans les limites de ce qui est

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

supportable; mis à part la particularité des valeurs à la fin du mois où la température extérieure est devenue insupportable et dans les extrêmes.

De même que dans la chambre 02, presque les mêmes valeurs et la même trajectoire, la légère différence est due seulement au changement de l'orientation.

En fait, les régressions linéaires (Equations 5 et 6) obtenues par le calcul de l'évolution de la variable objective PMV en fonction du temps (le nombre d'heures du mois de juillet) indiquent que les valeurs du PMV au cours des vingt premiers jours varient entre +0,60 et +1,81; puis elles continuent d'augmenter de manière significative à la fin du mois. Nous pouvons aussi distinguer que pendant les deux périodes du 4ème au 9ème jours et du 14ème au 19ème, les valeurs calculées sont les plus basses et les plus proches à la zone de satisfaction, là où nous avons remarqué, en effet, un recul important des valeurs de la température ambiante dans les chambres.

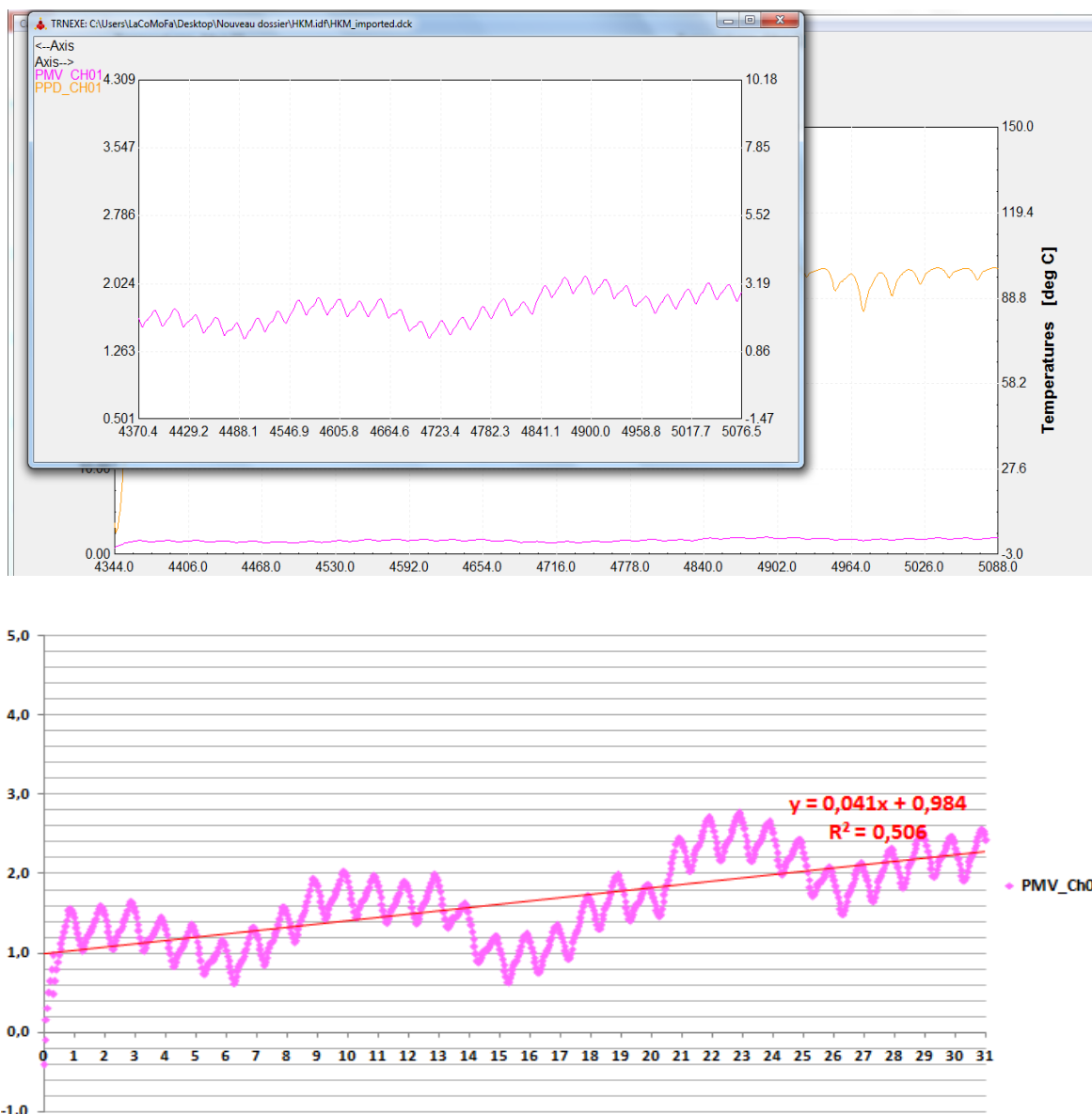


Figure VIII. 80. Résultats du PMV dans la chambre 01 (orientation Est)

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

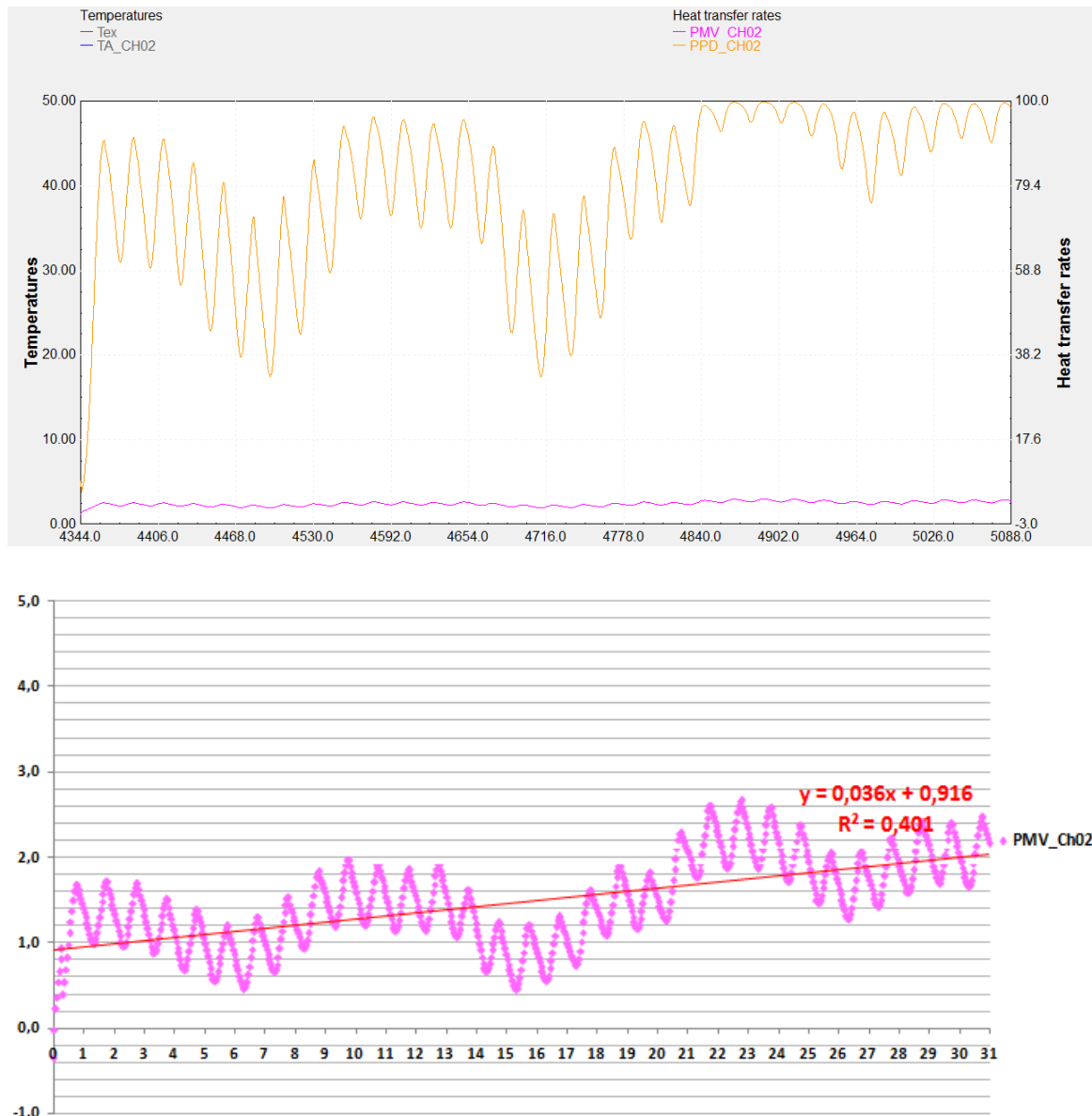


Figure VIII. 81. Résultats du PMV dans la chambre 02 (orientation ouest)

Par ailleurs, la majorité des points de vote de la chambre 03 (près de 87%) se trouvent dans la zone de satisfaction. Aussi bien pendant la période particulière (les dix derniers jours) les valeurs maximales des points de votes restent dans les environs de 1,33.

La sensation de satisfaction s'est exprimée de la même manière et presque avec le même pourcentage dans les chambres à orientation Est au moment de l'enquête et des mesures.

Ceci prouve immédiatement que la position de la chambre 03 ainsi que son orientation ont une influence significative sur la sensation et le taux de satisfaction des usagers. De ce fait, nous pouvons considérer que la chambre 03 constitue le cas le plus favorable dans ce bâtiment.

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

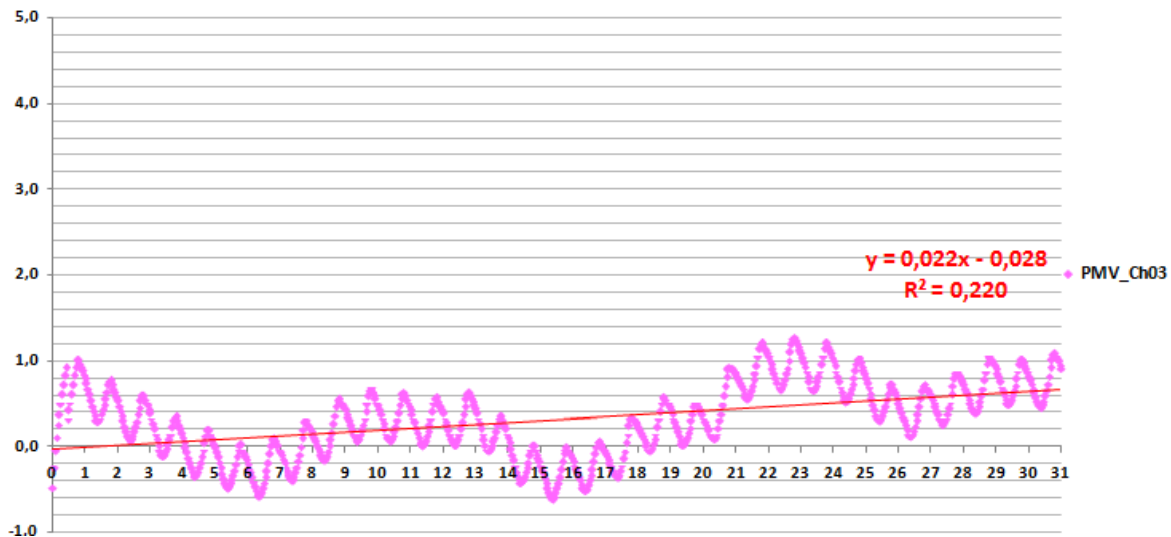
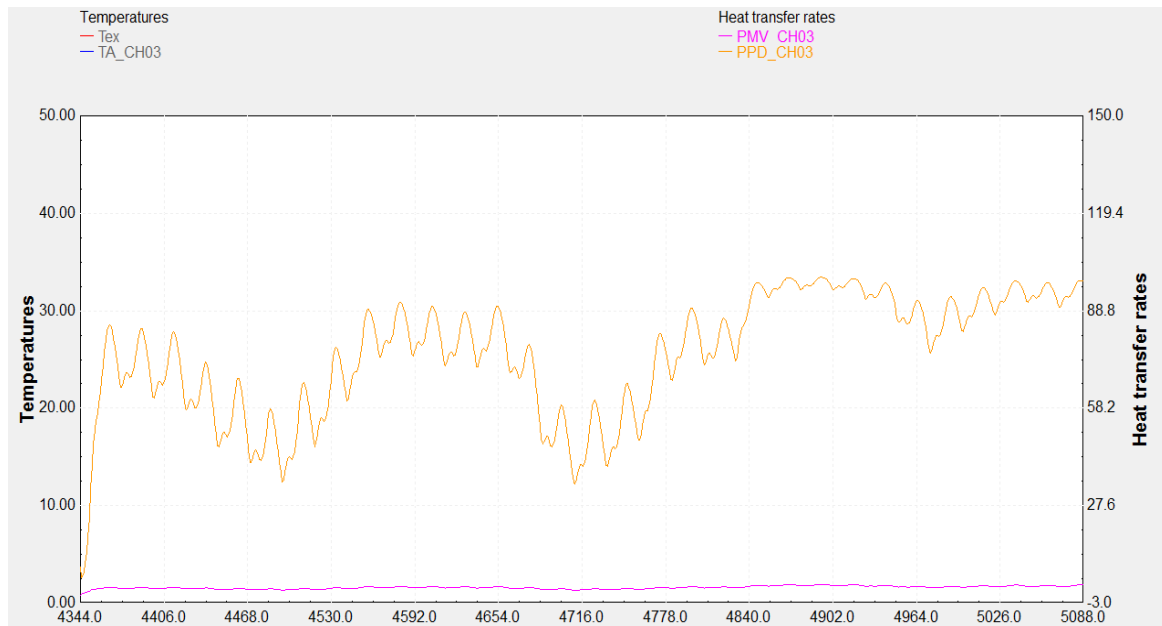


Figure VIII. 82. Résultats du PMV dans la chambre 03 (orientation est)

Au cours de la période entre le 4^{ème} et le 9^{ème} jour les valeurs de vote moyen prévisible varient entre -0,49 et +0,47 où moment où la température T_{ex} prend les valeurs les plus basses dans les limites de 25,55°C et 27,50°C. De même pour les périodes du 14^{ème} au 20^{ème} jour et du 25^{ème} au 28^{ème} jour, toutes les valeurs calculées se trouvent entre -0,5 et +0,5 (zone de satisfaction). Alors que les valeurs de la période du 20 au 24 avaient enregistré une hausse. Le 21 juillet, la température extérieure était dans ses extrêmes, soit 47,75°C, pendant que la température ambiante de la chambre 03 avait augmenté pour atteindre les 30,03°C. Par conséquent, le vote de satisfaction avait augmenté jusqu'au 1,33.

VIII- VALIDATIONS DES MODELES ET EVALUATION PAR LA SIMULATION

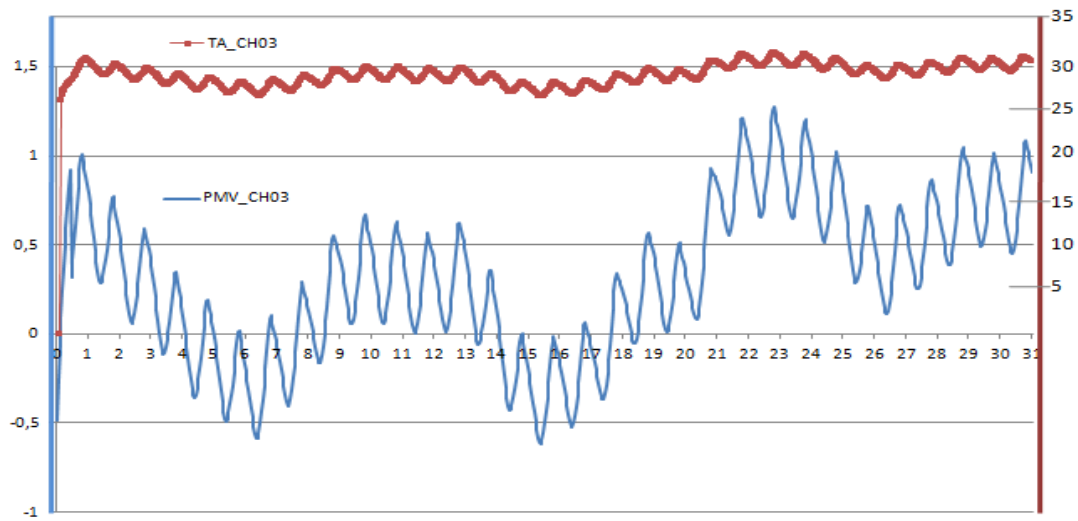


Figure VIII. 83. Les valeurs de PMV par rapport aux variations de la température ambiante de la chambre 03

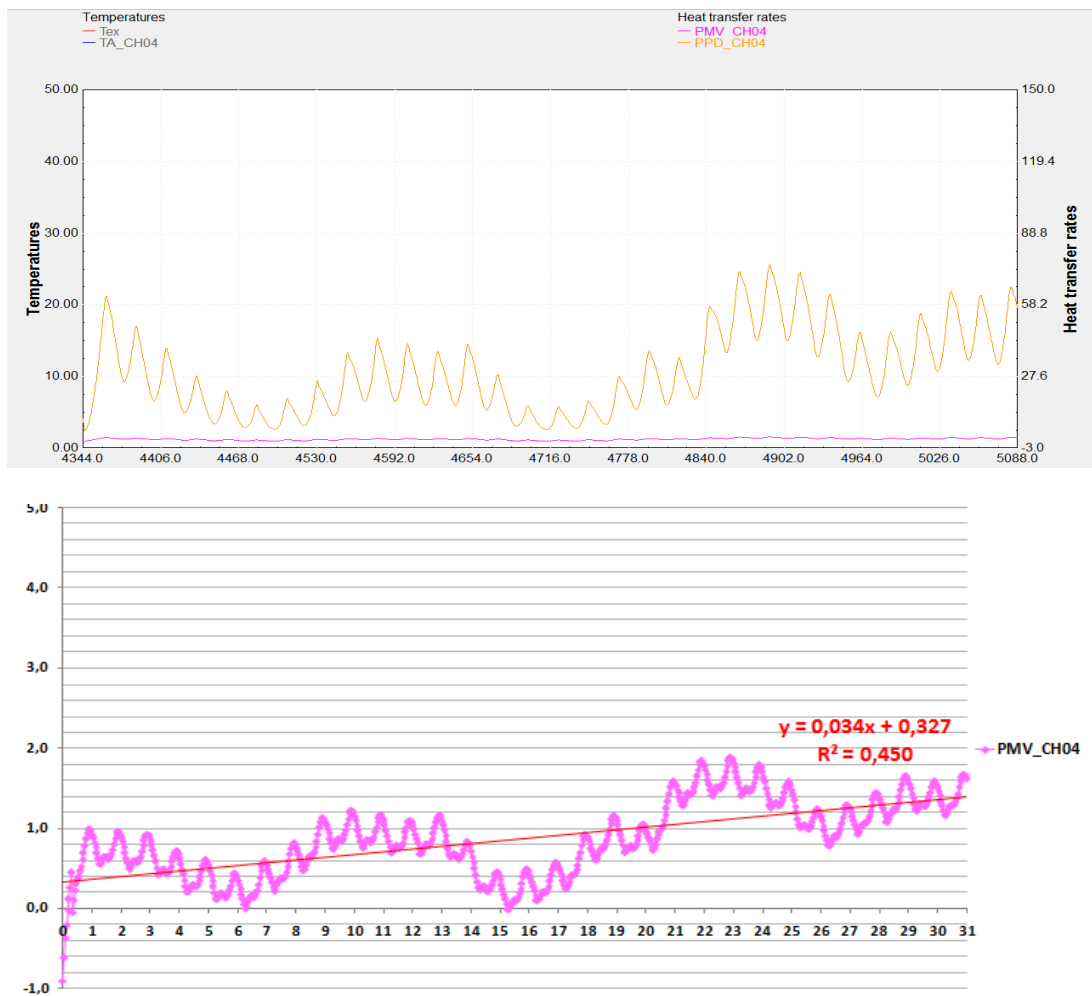


Figure VIII. 84. Résultats du PMV dans la chambre 04 (orientation ouest)

Au niveau de la chambre 04, 25% des votes se trouvent au sein de la zone de satisfaction ; les restes sont également proches mais elles nous transmettent clairement la sensation du chaud. Toutefois, les

mêmes périodes de 4^{ème} au 9^{ème} jour et de 14^{ème} au 20^{ème} jour, sont les plus acceptables et les plus favorables, où les votes de satisfactions calculées par le logiciel avaient enregistré des reculs variés entre +0,1 et +0,5.

5. Conclusion

Les chambres des malades de la maternité investiguées (orientation Est et Ouest) dans notre étude sont caractérisées par un environnement thermique très chaud et inacceptable en été; ce qui nécessite une climatisation tout au long de la journée (24/24h). Tandis que, pour plusieurs raisons psychologiques et physiologiques, la solution de l'air conditionné tout le temps est inacceptable par le patient ainsi qu'elle est défavorable à cette catégorie sensible.

Par ailleurs, les chambres des malades ont une orientation Ouest dans le service pneumologique sont caractérisées par un environnement thermique chaud inacceptable mais parfois il peut être supportable ; plutôt dans les chambres qui ont une orientation Est l'environnement thermique est généralement acceptable.

Cette simulation nous a montré qu'il y a une grande différence entre les deux bâtiments en ce qui concerne l'environnement thermique. Les températures ambiantes T_a calculées dans les chambres de la maternité sont très élevées par rapport aux valeurs indiquées dans les normes. Pendant que, les écarts entre les températures ambiantes T_a au sein des chambres du service pneumologique et les valeurs des températures extérieures sont très considérables.

Lorsque les valeurs de la température dans les chambres de la maternité ont enregistré une hausse, les valeurs de T_a dans les chambres du service pneumologique ont été proches aux valeurs indiquées dans les normes. De sorte que la norme ISO 7730 propose des valeurs de température entre 23°C et 26°C dans les secteurs d'hospitalisation courante (médecine interne, pédiatrie, ...); également, La norme américaine ASHRAE 55 – 1992 définit les valeurs des températures opératives pour l'été de 23°C à 26°C (lorsque la vitesse de l'air est inférieure à 0,2 m/s). C'est ce que nous pouvons constater à travers l'évaluation du graphique des votes moyens prévisibles de la chambre 03 (orientation Est) au service pneumologique ; tout à fait, les valeurs du PMV se stabilisent dans la zone de satisfaction (entre +0,5 et -0,5) lorsque la température ambiante prend des valeurs entre 25°C et 27°C.

A la fin, nous pouvons approuver les résultats obtenus par les mesures et l'enquêtes et nous pouvons donc confirmer que le bâtiment neuf n'est malheureusement soumis à aucune exigence réglementaire nationale ni aux normes internationales.

De ce fait, ce présent chapitre nous a engagé à chercher d'optimiser par simulation thermique dynamique les modèles existants dans l'objectif de ressortir des solutions pour la restauration et la réhabilitation ; ce qu'on va explorer dans le chapitre suivant.



CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Sans être évalué de manière subjective, l'état des bâtiments sanitaires en Algérie est malheureusement beaucoup plus complexe qu'on le croit, ils souffrent non seulement d'un grand manque d'hygiène et de conformité aux normes, mais aussi une d'absence générale de tous les moyens du bien être et du confort sur tout les plans.

De ce fait, cette étude a choisi de traiter l'un des problèmes majeurs posés dans le secteur du bâtiment sanitaire qui est le confort thermique. Ceci pour une première initiative dans le processus de la révolution évolutive et l'amélioration au moins de l'espace clé de ces bâtiment qui est le secteur d'hébergement (les chambres des malades ainsi que pour assurer un bon séjour et bon environnement thermique aux patients surtout dans les régions délaissées comme les wilayas du sud ayant un climat dur, chaud et aride.

Nous avons tenté d'arriver à définir de manière pragmatique, objective dans le travail, et subjective dans l'évaluation des patients ; car, nous ne pouvons jamais arriver à une évaluation correcte de l'ambiance intérieure d'un espace sans avoir recours aux avis de ses occupants. Une investigation in situ a été menée dans l'objectif d'évaluer le confort thermique estival dans les chambres des malades de deux hôpitaux datant de périodes différentes, dans la Wilaya de Biskra. Le choix est porté sur les deux hôpitaux afin de comparer la performance des bâtiments neufs avec celle des bâtiments anciens sur le plan confort thermique de l'utilisateur.

1. Résultats de la recherche

Les résultats de cette étude ont été présentés de manière pragmatique tout au long des chapitres, sur les deux plans : théorique et pratique. Evidemment, les résultats essentiels sont ceux de l'investigation in situ, qui nous ont révélé la réalité absolue et qui nous ont menés aux objectifs principaux. Il est question là, de plusieurs autres résultats qui ont été explorés dans cette étude et qui sont également relatifs à l'objectif principal mais secondaires en terme d'importance ; mais ça n'empêche qu'ils peuvent être principaux pour d'autres études futurs et compléteront la présente.

Dans une première partie, l'investigation a été basée sur trois approches : qualitative, observationnelle et quantitative. Par conséquent, l'analyse des résultats a été traitée en va et vient entre ces trois approches.

1.1. Résultats de l'étude qualitative

Les résultats de l'étude qualitative par questionnaire montrent que :

- ✓ Dans une chambre d'hôpital qui réunit plusieurs patients à la fois, il est impossible de définir une température qui convienne à tous, il resterait souvent au moins 5 % d'insatisfaits.
- ✓ Peu importe l'effort consacré à la détermination de la zone de confort, il reste impossible de satisfaire 100 % des personnes. Les facteurs comme l'âge, la santé et l'état psychologique influencent largement la plage de confort thermique individuelle.
- ✓ Tout au long de la période de l'enquête, les patients de l'ancien bâtiment ont été plus satisfaits dans les deux conditions par rapport aux patients du bâtiment neuf, tandis que, les patients de la maternité ont exprimé leurs sensations par l'inconfort thermique dans les deux conditions et de même, leurs votes de satisfactions ont été extrêmement négatifs.
- ✓ Le vote de sensation représente l'état thermique du sujet mais le vote de préférence représente en pratique ses aspirations dans son environnement. Les décalages dans les votes d'acceptabilité et de préférence peuvent être expliqués par les attentes et les aspirations du sujet (adaptation psychologique) ou par l'image thermique enregistré dans la personnalité de chacun (son attitude et ses habitudes thermiques).

Cependant, cette approche semble être insuffisante pour explorer toutes les perceptions et les sensations des sujets. Elle est limitée partiellement en termes d'expression. Tandis que, la fiabilité de l'enquête se base sur l'exploration de ce qu'il n'est pas dit avant ce qu'il est dit. Ceci, nous a incités à intégrer l'approche observationnelle qui nous a permis de comprendre les attentes des sujets sans avoir passer à la verbalisation.

1.2. Résultats de l'étude observationnelle

L'observation des comportements et les questions implicites intégrées dans les pistes des tests psychologiques, nous ont permis d'explorer les attentes et les préférences des patients ainsi que les ajustements qui peuvent contribuer au maximum à leurs guérisons. A cette égard, nous pouvons confirmer que :

- ✓ La chambre du malade constitue un espace très intime dans l'imagination du patient, par conséquent, il préfère avoir une maîtrise complète de cet espace par le contrôle des différents éléments, y compris le matériel relatif au confort de soi entre autres la climatisation et la ventilation ;
- ✓ Quoique les patients préfèrent avoir une température ambiante constante pendant toute la journée, ils sont souvent capable de supporter des températures plus ou moins élevées, seulement, en ouvrant les fenêtres pour respirer l'air frais ;

- ✓ Les comportements et les discussions avec l'échantillon prouvent que la température ambiante, le renouvellement de l'air et l'humidité ont une importance indispensable dans l'assurance du confort thermique dans les chambres ;
- ✓ Les patients du service de pneumologie ont été satisfaits dans un climat nocturne naturel (sans climatisation), cependant que dans les mêmes conditions et les mêmes températures extérieures, les patients de la maternité n'acceptaient pas de rester sans climatisation et ils ont exprimé leur malaise.

1.3.Résultats de l'étude quantitative

D'autre part, les mesures in situ nous ont permis de définir les limites de confort et d'inconfort et de limiter à la fois la zone de satisfaction du point de vue psychologique et physiologique d'un patient.

- ✓ Selon les normes mondiales, la température ambiante optimale pour le confort du patient se situera entre 23,5C° et 26C°. Tandis que, les températures ambiantes relevées aux chambres de la maternité restent en dessus de 25C° tout au long de la période de surchauffe, avec des votes de sensation négatifs et des comportements qui expriment l'insatisfaction. D'autre part, les températures relevées à l'ancien hôpital (Hakim Saadane) varient entre 22 et 26 C°, avec des sensations acceptables globalement et des comportements de satisfaction. Il est intéressant aussi de constater que la courbe des sujets au repos (le cas des patients en repos mais parfois avec des douleurs) est centrée sur la température 26°C et que ces personnes sont plus sensibles à de faibles variations de température.
- ✓ A cause de l'effet des interactions médicamenteuses qui augmentent les températures corporelles, les patients peuvent être inconsciemment plus sensibles aux sensations chaudes, alors, leurs préférences peuvent être concentré sur une plage de confort plus au moins basse à celle des gens normaux dans des mêmes conditions environnementales.

1.4.Résultats de l'étude comparative

L'étude comparative entre les deux hôpitaux nous a aidé à montrer la différence entre les deux bâtiments pondérée par près de 7°C. Evidemment, ceci est dû à la qualité des matériaux de construction qui sont caractérisés dans le bâtiment ancien par l'importante d'inertie thermique. Cette dernière est le grand atout thermique d'une construction ancienne. Parmi les choses qui font la différence entre ce type de construction et les constructions neuves est la technique qui permet de garder pour longtemps la chaleur ou la fraîcheur ressentie. En été, ses murs limitent les surchauffes intérieures en accumulant pendant la journée une partie de la chaleur qu'il ne restitue que plus tard, pendant la nuit. Pour ne pas perdre ce bénéfice, il faut trouver un équilibre entre cette technique passive et la gestion de la climatisation selon les besoins, les attitudes et les habitudes thermiques des patients .

- ✓ Le cas du service de gynécologie obstétrique, pédiatrie et chirurgie pédiatrique est largement différent. Dans cette construction neuve, une série de problèmes techniques et architecturaux s'est posée et qui peut influencer négativement le confort thermique des patients entre autres: l'apport de la chaleur à travers les murs. Ceci est dû certainement au choix des matériaux de construction et la technique d'isolation (la lame d'air) qui est sans doute non fiable pour ce cas. Afin de régler ce problème, les murs peuvent simplement recevoir une correction thermique qui peut participer largement à l'amélioration du confort.

À travers l'analyse comparative entre les deux hôpitaux, il est clair que l'hôpital ancien est le plus confortable quoiqu'il soit plus exposé au soleil. Grâce à sa configuration architecturale, ses chambres étroites et ses matériaux de construction, il assure souvent la température ambiante convenable aux besoins des patients. Ces constats ont été confirmés par la simulation à l'aide du logiciel TRNsys.

1.5. Résultats de la simulation

- ✓ La modélisation des deux bâtiments a permis d'explorer et de comprendre la configuration, la composition, les caractéristiques des matériaux de construction et les différentes performances des enveloppes ;
- ✓ Les simulations réalisées dans les deux bâtiments ont permis de valider les résultats issus de l'enquête et des mesures relevées ;
- ✓ Les résultats de ces simulations montrent que la sensation prévue en mode statique, par le PMV, est considérablement très proche à celles trouvées dans l'enquête ;

Evidemment, la phase la plus importante dans cette recherche, est l'exploitation des résultats de l'étude bibliographique et théorique afin de réaliser une expérimentation in situ au sein des deux hôpitaux. En adoptant une méthodologie de travail combinant trois approches différentes.

Au vu des résultats des trois approches, il est intéressant de constater que l'environnement thermique confortable aide à stabiliser les humeurs des patients et il participe à leur guérison. Cette réalité doit être prise en vigueur par tout les responsables, dès les premières étapes de la conception jusqu'à la réalisation et la maintenance de ces espaces sensibles. De plus, ils doivent éviter de chauffer avant de climatiser.

2. Limites de la recherche

On ne peut pas se proclamer sur les conclusions sans baliser les limites, où la présente recherche s'est arrêtée par rapport à ses résultats, et non pas à l'analyse théorique ou pratique. Parlons des limites de cette recherche, il est important de noter qu'elles sont relatives à la démarche adoptée et les résultats aboutis et elles se traduisent ainsi :

- ✓ Commenant par la plus générale, la première limite de cette étude peut être représentée en termes de temps et des cas d'études. En effet, l'investigation in situ a été faite dans un moment précis de l'été, ce qui affecte la généralisation des résultats. Si elle s'étale sur toute la période d'été, elle aurait plus de résultats pertinents. D'autre part, l'étude a touché, en exception, deux

cas d'études dans deux services hospitaliers, l'échantillon s'est limité seulement à 98 patients, les résultats auraient pu être plus inclusives, si le nombre des cas d'étude est plus grand

- ✓ Une autre contrainte résulte de la nature des données recueillies (qualitatives et quantitatives) et plusieurs difficultés se sont émergées lors de l'analyse, là où, différentes méthodes ont été adoptées pour prendre en compte les deux dimensions citées.

2.1. La complexité de l'enquête par questionnaire

- ✓ Malheureusement, il n'y a aucun moyen de savoir si la personne sondée a vraiment réfléchi à la question avant de répondre. S'il n'a pas réfléchi, il sera possible, qu'il ait pris les questions à la légère, ses réponses peuvent être aléatoires et par conséquent, elles peuvent comporter des doutes. Tandis que, la bonne réflexion peut entraîner un manque de spontanéité et de franchise. Les patients peuvent ne pas être honnêtes à 100% dans leurs réponses, afin de respecter ce qui est socialement acceptable pour protéger leurs vies privées ;
- ✓ La particularité de l'échantillon nous a obligés d'être précis et très limité dans le nombre de questions. Par conséquent, plusieurs questions ont été brièvement posées et d'autres ont été intégrées dans une seule et simple question.
- ✓ L'état pathologique et physiologique ainsi que les situations psychologiques et morales de l'échantillon varient d'un autre service hospitalier à un autre. Alors d'autres paramètres doivent être apportés à chaque fois. Dans le cas d'un échantillon plus large et avec d'autres particularités, il aurait fallu intégrer d'autres techniques de collectes des données et d'autres méthodes d'entretien et d'interprétation. Les moyens et le temps mis à la disposition ne seront plus les mêmes pour mener un travail aussi important.

2.2. La synchronisation de l'enquête

- ✓ La nature de cette investigation, et la particularité de l'échantillon, nécessite la présence personnelle du chercheur, dans tous les détails. Ce qui fait, il n'était pas possible de gérer les deux enquêtes des deux hôpitaux parallèlement. En effet, les deux bâtiments ont été enquêtés séquentiellement, pendant 24 jours au mois de juillet. Evidemment, les résultats peuvent être plus précis si les deux expérimentations s'effectuent au même temps et dans les mêmes conditions climatiques journalières.

2.3. La complexité dans les observations et les entrevues

- ✓ Peu importe l'effort consacré pour réussir la méthode de l'observation et les distinctions dévouées dans les discussions implicites, mais certainement, il existe des comportements et des réponses difficiles à analyser. Ceci peut être lié à des raisons personnelles ou à des situations particulières (pathologiques, physiologiques et psychologiques) au moment de l'enquête.
- ✓ D'autres éléments auraient dû être présentés dans l'étude telle que l'analyse typologique des chambres enquêtées, aussi, des photos montrant les situations réelles des comportements observés afin d'enrichir notre investigation. Toutefois, nous avons pensé à ne pas rentrer dans

ces détails pour ne pas être trop submergé et sortir du contexte de l'étude. Comme nous avons essayé de ne pas compromettre l'intimité et la vie privée des patients.

3. Recommandations

Pour une vision future d'amélioration et d'optimisation, quelques recommandations doivent être prises en compte afin d'exploiter encore mieux les résultats obtenus, pour des projets de restauration, de réhabilitation et même de construction neuve.

La présente étude se focalise sur le confort thermique dans les chambres des malades au sein des hôpitaux. Là où, l'objectif essentiel vise à approfondir ce concept dans l'esprit de tous les responsables dans ce domaine à partir du concepteur jusqu'au personnel du service. Ceci peut se concrétiser par la compréhension de ce concept, l'intégration des méthodes instrumentées pour le mesurer, l'évaluer, le garantir et l'améliorer continuellement. Les recommandations les plus pertinentes sont citées dans les points suivant:

- ✓ Sur le plan réglementation, les lois concernant la construction des équipements de santé, doivent réintégrer des arrêtés obligatoires portant fixation des normes auxquelles les hôpitaux et leurs services doivent répondre, sur le plan confort thermique de l'usager en première considération.
- ✓ Sur le plan typologie et configuration, les chambres des malades doivent être conçues de manière à préserver l'intimité des patients, qui repose sur leurs habitudes et attitudes de vie privée. Dans ces conditions, chacun peut évoquer sa propre atmosphère en adaptant les ambiances selon ses besoins et ses exigences.
- ✓ Dans ce contexte, la gestion de tous systèmes de conditionnement d'air ou de ventilation peut s'effectuer de manière systématique et plus maîtrisable. Le control du confort de soi sera le meilleur et l'idéal pour une catégorie de gens sensibles et tant pour des situations compliquées ;
- ✓ Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire d'adopter une instrumentation de mesures et de control de température, d'humidité, et de qualité d'air intérieur. Un système d'alarme qui se base sur des normes définies par la réglementation, selon plusieurs indicateurs comme la maladie, les méthodes de traitement, les situations physiologiques, etc.
- ✓ Tout ce qui précède ne peut être réalisé que par des études approfondies sur les températures ambiantes convenables et adaptatives à la thermorégulation des températures corporelles de chaque catégorie de patients. Un travail aussi important nécessite tant de moyens, de temps et de personnes qualifiées et fiables disposées aux investigations in situ avec un échantillon plus large et plus varié.

3.1. Démarches pour améliorer le confort thermique d'été dans les bâtiments existants

Pratiquement, il est important d'apporter aux maîtres d'ouvrage et aux gestionnaires une aide méthodologique pour améliorer le confort d'été dans les bâtiments existants, en leur fournissant les moyens d'actions nécessaires aux opérations d'intervention et d'entretien. Cet aide peut comporter les recommandations suivantes :

- ✓ La première étape s'agit d'effectuer un diagnostic thermique sur la situation thermique du bâtiment afin de fixer les choix cohérents et d'avoir une vision globale des travaux à engager.
- ✓ Des interventions d'amélioration peuvent être apportées comme l'installation de nouvel équipement, ou changement de matériel. Ainsi que l'entretien et le nettoyage des climatiseurs et des gains de ventilation qui doivent être effectués continuellement.
- ✓ Dans certain cas de rénovation lourde, des corrections thermiques doivent être introduites sur les murs par de nouveaux systèmes d'isolation durable et non radiante pour ne pas affecter la santé des patients. D'autre part, les ouvertures peuvent être soumises aux interventions correctives, en utilisant un double vitrage au lieu d'un simple vitrage.

3.2. Démarches pour améliorer le confort thermique d'été dans les bâtiments neufs

Dans la même perspective, un guide doit être établi pour les maitres d'ouvrage facilitant la prise en compte du confort d'été en les informant sur la démarche à suivre, entre autres :

- ✓ La définition des exigences thermiques qui doivent être pris en compte dès l'élaboration du programme ;
- ✓ Cette démarche s'intègre ainsi au processus de conception, où, le concepteur doit penser à l'implantation du projet sur la parcelle, son parti architectural, l'agencement des pièces, le choix des matériaux et la conception des baies vitrées qui peuvent en effet contribuer de manière importante au confort thermique et limiter du même coup les dépenses de fonctionnement consacrées à l'énergie .
- ✓ La modélisation du bâtiment et la simulation thermique dynamiques préalables, permet de construire une vision globale sur son comportement thermique mais aussi ses performances énergétiques. L'objectif étant de tester le produit et corriger ses lacunes avant de construire.
- ✓ Afin d'assurer l'application de ces recommandations pendant toute la phase d'exécution, il est important d'exiger des preuves de la prise en compte de ces exigences au niveau de la conception (demander aux concepteurs d'expliquer par quels moyens le confort thermique sera assuré dans la construction). Par ailleurs, des contrôles doivent être effectués sur chantier pour vérifier la mise en œuvre de ces exigences.
- ✓ Il est nécessaire d'intégrer des aspects de maintenance et d'exploitation ultérieure de tous les systèmes assurant le confort thermique du bâtiment.

4. Perceptives et pistes de recherches à développer

Certainement, il est impossible de réaliser une recherche complète. Les résultats de chaque étude ouvrent plusieurs axes de recherche d'actualité et des possibilités d'études et d'optimisations. En effet, les résultats obtenus révèlent quelques pistes d'étude complétant la présente et qui peuvent être résumées dans:

- ✓ L'insistance, en particulier, sur chacun des paramètres, toujours en combinaisons indissociables peut faire l'objet à chaque fois d'une étude à part entière en concentrant peut être sur les éléments suivant:
 - La qualité de l'air intérieur.
 - L'impact de la configuration de la chambre sur le confort thermique du patient.
 - L'humidité relative et son impact sur la propagation des infections.
 - La vitesse de l'air.
 - Les typologies des ouvertures et son impact sur le confort du patient

D'autres études complétant la présente peuvent être initiées aussi dans ce thème:

- ✓ Caractérisation du confort thermique hivernal au sein des chambres des malades dans un climat chaud et aride ;
- ✓ Recherche de l'optimisation par la simulation thermique dynamique. Etude pour la réhabilitation des bâtiments;
- ✓ Impact des matériaux à changement de phase (MCP) dans l'amélioration d'isolation thermique de la construction hospitalière ;
- ✓ La gestion de la climatisation, entre confort général et control des besoins.
- ✓ Confort des patients entre sensation, exigences et préférences.
- ✓ Au-delà de l'enquête psychologique auprès des patients.
- ✓ Une étude qui se concentre sur la possibilité de création d'une certification ou un label pour le confort thermique et la performance énergétique des bâtiments de santé.
- ✓ L'élaboration d'une plate forme de lois détaillées sur le control, l'assurance, l'amélioration continue et le suivi du confort thermique dans les espaces hospitaliers.
- ✓ Projet d'une offre de formation sous une filière spécialisée dans la conception normative des établissements de santé dans le cursus de l'enseignement de l'architecture.



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Articles

- **ARTHUR-C, GUYTON.** (1998) Physiologie humaine. Rio de janeiro: guanabara koogan.
- **BAKER, N. , STANDEVEN, M.** (1996) Thermal comfort for free-running buildings. *Energy and buildings*. 23 (3), p 175-182.
- **BALARAS, C. A., DASCALAKI, E., GAGLIA, A.** (2007). Hvac and indoor thermal comfort conditions in hospital operating rooms. *Energy and building* . 39(4), p 454–70.
- **BATIER, C.** (2015, mai) De la simulation thermique dynamique à la simulation comportementale de l'occupant. In rencontres universitaires de génie civil.
- **BEDOUN, J. E.** (2004) Impacts sanitaires et énergétiques des installations de climatisation-établissements de santé, établissements accueillant des personnes âgées . Alfort cedex- île: agence française de sécurité sanitaire environnementale.
- **BELL, P. A.** (1981) Physiological, comfort, performance, and social effects of heat stress. *Journal of social issues*, 37(1), p 71-94.
- **BESBAS, Y., ZEMMOURI, N.** (2018) Beyond thermal comfort in the hospital rooms. Investigation of thermal summer comfort in patients rooms: case of biskra hospitals. *Journal of applied engineering science & technology* , 4 (1), p 13-20.
- **BOUCHAHM, G., BOUREBIA, F.** (2010) L'impact de l'orientation des parois transparentes sur le confort thermique dans une salle de classe a constantine. *Sciences & technologie* , p71-80.
- **BRASIL, M. D.** (1995) Normas para projetos físicos de estabelecimentos assistencias de saúde (vol. 7). Departamento de normas técnicas: ministério da saúde, secretaria de assistência à saúde.
- **BRICHAMBAUT, C. P., LEROY, M.** (1995) La mesure de la température de l'air. *La Météorologie*, France.
- **BURATTI, C., RICCIARDI, P.** (2009) Adaptive analysis of thermal comfort in university classrooms: correlation between experimental data and mathematical models. *Building and environment* , 44 (4), p 674-687.
- **BUTERA, F. M.** (1998) Principles of thermal comfort.. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2(1-2), p 39-66.
- **CAHNMAN, S. F.** (2010) Key considerations in patient room design. *Healthcare design* .
- **CHADOIN, O.** (2010) La notion d'ambiance: contribution à l'examen d'une invention intellectuelle postmoderne dans le monde de la recherche architecturale et urbaine. In les annales de la recherche urbaine , 106 (1), p 153-159. Centre de Recherche d'Urbanisme .
- **CHAN WT, B. J.** (1998) A large-scale survey of thermal comfort in office premises in hong kong.. *Ashrae transactions*, 104(part1b), p 1172–80.
- **CHOUDIN,J., C.MORICE, & N.KECHICH.** (2004) Ambiance thermique notions de confort thermique. Université de la méditerranée.

- **CIBSE, G. A.** (2006) Environmental design. The chartered institution of building services engineers, London.
- **CLIMAT, G. D.** (1995) Seconde évaluation du giec. Organisation météorologique mondiale- programme des nations unies pour l'environnement.
- **COLLINS, K. J., HOINVILLE, E.** (1980) Temperature requirements in old age. Building services engineering research and technology, 1(4), p 165-172.
- **COULIBALY, Y., & TIOMBIANO, G.** (1998) Climat et confort thermique. ZIE, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement.
- **COULIBALY, Y., THIOMBIANO, G., TRAORE M, Y.** (1998) Climat et confort thermique. Sud sciences & technologies, p 22-27.
- **DAOUD, Z.** (2006) Impact des gains de chaleur sur la morphologie des batiments cas des climats chauds et arides.
- **DE DEAR, R. J., BRAGER, G. S., REARDON, J., & NICOL, F.** (1998) Developing an adaptive model of thermal comfort and preference/discussion. Ashrae transactions, p 104, 145.
- **DE DEAR, R., & FOUNTAIN, M.** (1994) Field experiments on occupant comfort and office thermal environments in a hot-humid climate.
- **DEKAY, M., & BROWN, G. Z.** (2013) Sun, wind, and light: architectural design strategies. New jersey: john wiley & sons.
- **DEL FERRARO, S., IAVICOLI, S., RUSSO, S., & MOLINARO, V.** (2015) A field study on thermal comfort in an italian hospital considering differences in gender and age. Applied ergonomics, 50, p 177-184.
- **DGKH, S.** (2002) Öghmp. Ausführung und betrieb von raumluftechnischen anlagen in krankenhäusern. Hyg med , 27, p 106-113.
- **DU, J., CHAN, M., PAN, D., & DENG, S.** (2017) A numerical study on the effects of design/operating parameters of the radiant panel in a radiation-based task air conditioning system on indoor thermal comfort and energy saving for a sleeping environment. Energy and buildings, 151, p 250-262.
- **EGGIMANN, J. P.** (1996) Architecture climatique équilibrée . Lausanne : EDMZ.
- **FABBRI, K.** (2015) A brief history of thermal comfort: from effective temperature to adaptive thermal comfort. In indoor thermal comfort perception, p 7-23. Springer, cham.
- **FANGER, P. O.** (1970) Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering.
- **FOUCAULT, M.** (1988) L'incorporation de l'hôpital dans la technologie moderne. Hermès (paris. 1988), n°2, fascicule thématique " masses et politique".
- **FRANÇOISE, T.** (1999). L'homme et son environnement thermique – modélisation. Accreditation memory , 65 . Toulouse : Université de paul sabatier de toulouse.
- **FRANK, S. M., RAJA, S. N., BULCAO, C. F., GOLDSTEIN, D. S.** (1999) Relative contribution of core and cutaneous temperatures to thermal comfort and autonomic responses in humans. Journal of applied physiology, 86(5), p 1588-1593.
- **FREDERY, L., FREDERIC, B., & FRANÇOISE, T.** (2015) Qualité des ambiances dans les bâtiments. Paris: Presses des mines.

- **GAGGE, A. P.** (1936) The linearity criterion as applied to partitional calorimetry. *American journal of physiology-legacy content*, 116(3), p 656-668.
- **GAGGE, A. P., STOLWIJK, J. A. J., & HARDY, J. D.** (1967) Comfort and thermal sensations and associated physiological responses at various ambient temperatures. *Environmental research*, 1(1), p 1-20.
- **GAUTHIER, P.** (2006) Quelques réflexions sur les usagers de l'hôpital. *Empan*, p 28-31.
- **GEZ, G.** (1970) Image ouverte de l'hôpital. *L'architecture d'aujourd'hui*, 150, p 5-61.
- **GIRIDHARAN, R., LOMAS, K. J., SHORT, C. A., & FAIR, A. J.** (2013) Performance of hospital spaces in summer: a case study of a 'nucleus'-type hospital in the uk midlands. *Energy and buildings*, 66, p 315-328.
- **GISOLFI, C. V., & WENGER, C. B.** (1984) Temperature regulation during exercise: old concepts, new ideas. *Exercise and sport sciences reviews*, p 339-372.
- **GIVONI, B.** (1981) Conservation and the use of integrated-passive energy systems in architecture. *Energy and buildings*, 3 (3), p 213 – 227.
- **GOCZKOWSKI, M., HAMRI, A., & MILLET, J.-R.** (2015) Revue pratique des logiciels de simulation énergétique dynamique (sed). Paris: Association apogee.
- **GOVERNEMENT, L. C.** (2007) Décret exécutif n° 07-140 du 2 jourmada el oula 1428 correspondant au 19 mai 2007 portant création, organisation et fonctionnement des établissements publics hospitaliers et des établissements publics de santé de proximité. *Journal officiel de la republique algerienne*, p 9-19.
- **GUSTAVE, S., JEAN CLAUDE, L., & BRUNO, M.** (2003) Physiopathologie et prévention des troubles liés à l'exposition à la chaleur ou au froid. *Adsp* (45), p 4-9.
- **HALAWA, E., & VAN HOOFF, J.** (2012) The adaptive approach to thermal comfort: a critical overview. *Energy and buildings*, 51, p 101-110.
- **HANDBOOK, A. F.** (1997) American society of heating, refrigerating and air-conditioning engineers. Inc.: Atlanta, GA, USA.
- **HASHIGUCHI, N., HIRAKAWA, M., TOCHIHARA, Y., KAJI, Y., & KARAKI, C.** (2005) Thermal environment and subjective responses of patients and staff in a hospital during winter. *Journal of physiological anthropology and applied human science*, 24(1), p 111-115.
- **HAVENITH, G., FIALA, D., BŁAZEJCZYK, K., RICHARDS, M., BRÖDE, P. H., & JENDRITZKY, G.** (2012) The utci-clothing model. *International journal of biometeorology*, 56 (3), p 461-470.
- **HEGRON, G., TORGUE, H.** (2010) Ambiances architecturales et urbaines: de l'environnement urbain à la ville sensible. *Ecologies urbaines*, p 184-198.
- **HOLMÉR, L.** (2000) Thermal manikins in research and standards. *Arbete och halsa vetenskaplig skriftserie*, p 1-8.
- **HÖPPE, P.** (1999) The physiological equivalent temperature—a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International journal of biometeorology*, 43(2), p 71-75.
- **HOUGHTON, F. C., YAGLOU, C. P.** (1923) Determination of the comfort zone. *Ashve trans*, 29, p 515-536.

- **HWANG, R. L., LIN, T. P., CHENG, M. J., & CHIEN, J. H.** (2007) Patient thermal comfort requirement for hospital environments in taiwan. *Building and environment*, 42(8), p 2980-2987.
- **ISPESL (ISTITUTO SUPERIORE PREVENZIONE E SICUREZZA SUL LAVORO)** (1999). *Guidelines: dipartimento di igiene del lavoro linee guida per la definizione degli standard di sicurezza e di igiene ambientale dei reparti operatori.*
- **JAMAL KHODAKARAMI, Nasrollahi, N.** (2012). Thermal comfort in hospitals – a literature review. *Renewable and sustainable energy reviews* , 16, p 4071–4077.
- **JEAN-MICHEL, V.** (2013) Vers une norme européenne pour la ventilation des établissements de santé ? *Salles propres*, 97, p 44-45.
- **KAMEEL, R., & KHALIL, E.** (2003) Thermal comfort vs air quality in air-conditioned healthcare applications. In 36th aiaa thermophysics conference, p. 4199.
- **KENNEY, L. W.** (2011) *Physiological responses to the thermal environment* , chapter 42 - heat and cold.
- **KHODAKARAMI, J., & KNIGHT, I.** (2008) Required and current thermal conditions for occupants in iranian hospitals. *Hvac&r research*, 14(2), p 175-193.
- **KHODAKARAMI, J., KNIGHT, I., & NASROLLAHI, N.** (2009) Reducing the demands of heating and cooling in iranian hospitals. *Renewable energy*, 34(4), p 1162-1168.
- **LAVOYE, F., & THELLIER, F.** (2008) *Le confort thermique dans les bâtiments. Les fiches techniques prisme* . Toulouse: communications science-impact.
- **LE CLECH, S.** (2013) *Patrimoines hospitaliers métamorphosés en bourgogne: archives, architectures, collections (xiiiè - xxe siècles).* *Svmma* , p 30-49.
- **LOMAS, K. J., & GIRIDHARAN, R.** (2012) Thermal comfort standards, measured internal temperatures and thermal resilience to climate change of free-running buildings: a case-study of hospital wards. *Building and environment*, 55, p 57-72.
- **LOUAFI, S. B., & ABDOU, S.** (2010) Impact de l'orientation sur le confort thermique interieur dans l'habitation collective. *Sciences & technologie* , p 33-40.
- **M'SELLEM, H., & ALKAMA, D.** (2009) Le confort thermique entre perception et évaluation par les techniques d'analyse bioclimatique - cas des lieux de travail dans les milieux arides à climat chaud et sec-. 12 (3).
- **MANSOURI, S., & SAHNOUNE, T.** (2008) Les proportions dans l'architecture musulmane. *Sciences & technologie* , p 27-36.
- **MAYER, H., & HÖPPE, P.** (1987) Thermal comfort of man in different urban environments. *Theoretical and applied climatology*, 38(1), p 43-49.
- **MAZZACANE S, G. C.** (2007) A survey on thermal conditions experienced by a surgical team . *Indoor and built environment* 16(2), p 99–109.
- **MCCULLOUGH, E. A.** (1983) Insulation characteristics of winter and summer indoor clothing. 89, p 614-633.
- **MELHADO M, H. J.** (2006) Literature review of staff thermal comfort and patient thermal risks in operating rooms. *Proceedings of the 8th international healthy buildings conference*, p 11–14.

- **MELHADO MA, B. P.** (2005) The thermal comfort, the indoor environment control, and the energy consumption in three types of operating rooms. Building simulation: 9th international ibpsa conference.
- **MELHADO, M. A., HENSEN, J. L., LOOMANS, M., & FOREJT, L.** (2006). Review of operating room ventilation standards. In proceedings of the 17th int. Air conditioning and ventilation conference. Prague: stp, society of environmental engineering.
- **MOKHTARI, A., BRAHIMI, K., & BENZIADA, R.** (2008) Architecture et confort thermique dans les zones arides : Application au cas de la ville de béchar. *Revue des énergies renouvelables* , 11 (02), p 307 – 315.
- **MORA R, E. M.** (2001) Assessment of thermal comfort during surgical operations. *Ashrae transactions* , 107 (part 1), p 52–62.
- **MUHAISEN.S.A, & GADLB.M.** (2005) Effect of courtyard proportions on solar heat gain and energy. *Building and environment* , p 245-253.
- **MURPHY, J.** (2006) Temperature and humidity control in surgery rooms. *Ashrae journal*, 48, p 18–25.
- **NARÇON, S.** (2001) Caractérisation des perceptions thermiques en régime transitoire contribution à l'étude de l'influence des interactions sensorielles sur le confort. *Neurosciences et comportement* .
- **NICOL, F.** (2004) Adaptive thermal comfort standards in the hot–humid tropics. *Energy and buildings* , p 628-637.
- **NICOL, J. F.** (2002) Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy and buildings* , p 563-572.
- **NINOMURA PE, B. J.** (2001). New ventilation guidelines for health-care facilities. *Ashrae journal*, p 29–33.
- **OLESEN, B. W., & PARSONS, K. C.** (2002) Introduction to thermal comfort standards and to the proposed new version of en iso 7730. *Energy and buildings* , 34 (6), p 537-548.
- **OLESEN, B., & PARSONS, K.** (2002) Introduction to thermal comfort standards and to the proposed new version of en iso 7730. *Energy and buildings* , 34 (6), p 537-548.
- **OLGYAY, VICTOR.** (1963) Design with climate. Climate responsive building.
- **OWEN, M. S., & KENNEDY, H. E.** (2009) Chapter 9, thermal comfort. In *ashrae handbook – fundamentals: fundamentals*. SI edition, ASHRAE.
- **PARSONS, K.** (2003) Human thermal physiology and thermoregulation. *Human thermal environments*; taylor & francis: London, uk , p 31-48.
- **PARSONS, K.** (2006) Heat stress standard iso 7243 and its global application. *Industrial health* , 44 (3), p 368-379.
- **POURSHAGHAGHY, A., & OMI DVARI, M.** (2012) Examination of thermal comfort in a hospital using pmv–ppd model. *Applied ergonomics*, 43(6), p 1089-1095.
- **PUCHKOVA, O.** (2012). Indoor climate in hospitals-What are the risk factors for patients? Bachelor's thesis . Finland: Mikkeli University of Applied Sciences.
- **REINIKAINEN, L. M., JAAKKOLA, J. J., & HEINONEN, O. P.** (1991) The effect of air humidification on different symptoms in office workers—an epidemiologic study. *Environment international*, 17(4), p 243-250.

- **ROOS, J.** (2012) Editorial. *Architecture hospitalière*, 3, p 3.
- **RUPA, B., DHARSHANI, P., BRIAN, M., & RACHEL, B. A.** (2012) The effect of high ambient temperature on emergency room visits. *Epidemiology*, 23 (6), p 813-820.
- **RUPP, R. F.** (2015) A review of human thermal comfort in the built environment. *Energy and buildings*, 105, p 178-205.
- **SAMIRA BELLARA, S.** (2005) Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective, cas de la nouvelle ville ali mendjeli constantine.
- **SATTAYAKORN, S., ICHINOSE, M., & SASAKI, R.** (2017) Clarifying thermal comfort of healthcare occupants in tropical region: a case of indoor environment in thai hospitals. *Energy and buildings*, 149, p 45-57.
- **SCHELLEN, L., LOOMANS, M. G., KINGMA, B. R., DE WIT, M. H., FRIJNS, A. J., & VAN MARKEN LICHTENBELT, W. D.** (2013) The use of a thermophysiological model in the built environment to predict thermal sensation: coupling with the indoor environment and thermal sensation. *Building and environment*, p 10-22.
- **SIMON, F., HAUGLUSTAINE, J.-M., BALTUS, C., & LIESSE, S.** (2001) La fenêtre et la gestion de l'énergie : guide pratique pour les architectes. Université Catholique de Louvain.
- **SKOOG, J.** (2006) Relative air humidity in hospital wards – user perception and technical consequences. *Indoor and built environment*, 15(1), p 93–7.
- **SKOOG, J., FRANSSON, N., & JAGEMAR, L.** (2005) Thermal environment in swedish hospitals: summer and winter measurements. *Energy and buildings*, 37(8), p 872-877.
- **SMITH, R. M., & RAE, A.** (1977) Thermal comfort of patients in hospital ward areas. *Epidemiology & infection*, 78(1), p 17-26.
- **TANABE S, K. K.** (1987) Thermal comfort requirement during summer season in japan. *Ashrae transactions*, p 564–77.
- **THIERRY SALOMON, R. M.** (2005) Outil de simulation thermique du bâtiment, comfie. La Rochelle : journée thématique sft-ibpsa.
- **TORGUE, H.** (2013) Ville, architecture et ambiances : Matières et esprit du lieu. In école d'automne du GDR visible, de la SFA ET DE L'IRSTV.
- **ULRICH, R. S.** (2001) Effects of healthcare environmental design on medical outcomes. In design and health: proceedings of the second international conference on health and design, p49-59.
- **UNGAR, E., & STROUD, K.** (2010) A new approach to defining human touch temperature standards. 40th international conference on environmental systems, p. 6310. Barcelona: Spain.
- **VAN HOOFF, J., & HENSEN, J. L.** (2007) Quantifying the relevance of adaptive thermal comfort models in moderate thermal climate zones. *Building and environment*, 42(1), p156-170.
- **VERHEYEN, J., THEYS, N., ALLONSIUS, L., & DESCAMPS, F.** (2011) Thermal comfort of patients: objective and subjective measurements in patient rooms of a belgian healthcare facility. *building and environment*, 46(5), p 1195-1204.
- **VICTOR, C.** (1998) Confort thermique. Génie énergétique. Paris: techniques de l'ingénieur.

- **WEBB, C. G.** (1959) An analysis of some observations of thermal comfort in an equatorial climate. *Occupational and environmental medicine* , 16(4), p 297-310.
- **WINSLOW, C. E.** (1937) Physiological reactions of the human body to varying environmental temperatures. *American journal of physiology--legacy content*, 120(1), p 1-22.
- **YAGLOU, C. P.** (1957) Control of heat casualties at military training centers. *Arch. Indust. Health* , 16(4), p 302-16.
- **YAO, R. L.** (2009) A theoretical adaptive model of thermal comfort—adaptive predicted mean vote (apmv). *Building and environment* , 44(10), p 2089-2096.
- **YAU, Y. H., & CHEW, B. T.** (2009) Thermal comfort study of hospital workers in Malaysia. *Indoor air*, 19(6), p 500-510.

Normes et standards

- **AFNOR** (1995) NF ISO 9920, Ergonomie des ambiances thermiques - Détermination de l'isolement thermique et de la résistance à l'évaporation d'une tenue vestimentaire. Paris: AFNOR. p 54.
- **AFNOR.** (2001) NF EN ISO 10551. Ergonomie des ambiances thermiques - Evaluation de l'influence des ambiances thermiques à l'aide d'échelles de jugements subjectifs. Paris: AFNOR. p 19.
- **AFNOR.** (2003) NF S90-351, Etablissement de santé: salles propres et environnements maîtrisés et apparentés. Paris: AFNOR.
- **AFNOR.** (2004) NBN EN 13779 . Ventilation dans les bâtiments non résidentiels – spécification des performances pour les systèmes de ventilation et de climatisation. Paris: AFNOR.
- **AFNOR.** (2013) NF S90-351. Établissements de santé - zones à environnement maîtrisé - exigences relatives à la maîtrise de la contamination aéroportée. Paris: AFNOR.
- **ASHRAE STANDARD.** (1992) An American Standard: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating refrigerationg and air conditioning engineers.
- **ASHRAE STANDARD.** (2004) An American Standard: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating refrigerationg and air conditioning engineers.
- **ASHRAE STANDARD.** (2010) An American Standard: ventilation for acceptable indoor air quality. American Society of Heating refrigerationg and air conditioning engineers.
- **ASHRAE STANDARD.** (2017) An American Standard: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating refrigerationg and air conditioning engineers.
- **STANDARD, I. S. O.** (2005). 7730: Ergonomics of the thermal environment—analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the pmv and ppd indices and local thermal comfort criteria. International organization for standardization: geneva, switzerland.

Ouvrages

- **BARUCH, G.** (1978) L'homme, l'architecture et le climat. Paris : Moniteur , p 84.
- **BIANCHI, A.-M., FAUTRELLE, Y., ETAY, J.** (2004) Transferts thermiques. Lausanne: ppur presses polytechniques.

- **ESTRYN BEHAR, M.** (2011) Ergonomie hospitalière- théorie et pratique. Toulouse: Octares.
- **FERMAND, C.** (2000) Les hopitaux et les cliniques. Architecture de la santé . Paris: le moniteur.
- **GIVONI, B.** (1963) Estimation of the effect of climate on man: development of a new thermal index. Hebrew university, jerusalem.
- **GIVONI, B.** (1969) Man, climate and architecture. New york: elsevier publishing company limited.
- **GIVONI, G.** (1978) L'homme l'architecture et le climat. Paris : Le moniteur .
- **IZARD, J.-L.** (1993) Architecture d'été : construire pour le confort d'été. Aix de provence : Edisud.
- **JEROME, B., OLIVIER, C.** (2014) Le concept du monospace : la simplicité dans la construction architecturale. Dans b. Alain, & p. Jean-luc, complexité-simplicité. Paris: collège de france.
- **LIEBARD, A., & DE HERDEL, A.** (2005) Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques : concevoir, édifier et aménager avec le développement durable. Paris.
- **MALEK, J., & OMRANE, B.** (2016) La thermique du bâtiment. Du confort thermique au choix des équipements de chauffage et de climatisation . Paris: Dunod.
- **MOSER, G.** (2009) Psychologie environnementale: les relations homme-environnement. Armando editore.
- **PARSONS, K.** (2014) Human thermal environments, the effects of hot, moderate, and cold environments on human health, third edition. London and new york: taylor & fr.

Site web :

- LAROCHE, C. (2017) Quelques réflexions sur l'architecture hospitalière. Consulté le 01 30, 2018, sur in situ revue des patrimoines: <http://journals.openedition.org/insitu/14112>
- Aspec. (2013). Nfs 90351 – établissements de santé. Consulté le 02 11, 2018, sur <http://aspec.fr/normes/nfs-90351-etablissements-de-sante>
- Augoyard, j. F. (s.d.). Les ambiances :concepts fondamentaux et problématiques interdisciplinaires. Grenoble: cresson - ecole d'architecture de grenoble. Consulté le 12/10/2017. Disponible sur <file:///c:/users/dell/downloads/amb1-augoyard.pdf>
- C.d.e.r, c. D. (s.d.). Disponible sur <https://www.cder.dz/>
- C.d.e.r. (s.d.). Centre de développement des energies renouvelables. Consulté le 03 23, 2018, sur <https://www.cder.dz/>
- Cabinet, s. (2010). Fiche pratique : la certification breeam. Disponible sur https://www.arseg.asso.fr/sites/default/files/fiche_pratique_1_-_breeam_0.pdf
- Cabinet, s. (2010). Fiche pratique : la certification breeam. Récupéré sur https://www.arseg.asso.fr/sites/default/files/fiche_pratique_1_-_breeam_0.pdf
- Cabinet, s. (2010). Fiche pratique : la certification breeam. Récupéré sur https://www.arseg.asso.fr/sites/default/files/fiche_pratique_1_-_breeam_0.pdf
- Designbuilder. (2013). (batisim). Consulté le 10 30, 2017. Disponible sur batisim- simulation thermique du bâtiment <http://www.batisim.net/index.php/designbuilder.html>

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Données climatiques: algérie. (s.d.). (tutempo network, s.l.). Consulté le 06 02, 2016. Disponible sur tutiempo: <https://fr.tutempo.net/c/limat/algerie.html>
- Fidon, g., harvent, c., jaber, m., jonquet, s., piron, c., & pluvinage, m. (2004, 12 31). Amélioration du confort thermique dans les bâtiments de l'hôpital gériatrique c. Richet. Consulté le 02 18, 2018, sur bibliothèque: [https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14644:-1:ed-2:v1:fr](http://bibliotheque.utc.fr/exploitation/search.aspx?Sc=ifd&query=am% c3% a9lioration+du+c onfort+thermique+dans+les+b% c3% a2timents+de+l% 27h% c3% b4pital+g% c3% a9riatrique+c.+richet+#/detail/(query:(id:'0_offset_0',index:1,nbresults:1,pagerange:3,searchquery:(fo• Iso. (2015). Iso 14644-1:2015- salles propres et environnements maîtrisés apparentés . Consulté le 02 10, 2018, sur <a href=)
- Lafont, r. (s.d.). La température corporelle des homéothermes et sa régulation. Consulté le 02 03, 2018. Disponible sur encyclopædia universalis france sas: <https://www.universalis.fr/encyclopedie/thermoregulation-biologie/3-la-temperature-corporelle-des-homeothermes-et-sa-regulation/>
- Larousse. (s.d.). Récupéré sur : <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/ambiance/2711>
- Le logiciel de simulation thermique 3d archiwizard. (2012). (gratec) consulté le 10 28, 2017. Disponible sur gratec: <https://fr.gratec.com/archiwizard/>
- Technical committee, i. 1., & ergonomics of the physical, e. (2004, 10). Iso 8996- ergonomics of the thermal environment -- determination of metabolic rate. Consulté le 03 24, 2016, sur international organization for standardization. When the world agrees. Disponible sur : <https://www.iso.org/standard/34251.html>
- Technical committee, i. 1., & ergonomics, o. T. (2016). International organization for standardization. When the world agrees. Consulté le 03 20, 2016. Disponible sur : <https://www.iso.org/standards.html>
- Technical committee, i. 1., ergonomics, subcommittee, s. 5., & ergonomics of the physical, e. (2004).iso 7933- ergonomics of the thermal environment — analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain. Consulté le 03 24, 2016. Disponible sur online browsing platform (obp): <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:7933:ed-2:v1:en>
- Technical committee, i. 1., ergonomics, subcommittee, s. 5., & ergonomics of the physical, e. (2005). Iso-7730: ergonomics of the thermal environment — analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the pmv and ppd indices and local thermal comfort criteria. Consulté le 03 23, 2016. Disponible sur online browsing platform (obp): <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:7730:ed-3:v1:en>
- Technical committee, i. 1., ergonomics, subcommittee, s. 5., & ergonomics of the physical, e. (2004). Iso 9886- ergonomics — evaluation of thermal strain by physiological measurements. Consulté le 03 23, 2016. Disponible sur online browsing platform (obp): <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9886:ed-2:v1:en>
- Technical committee, i. 1., ergonomics, subcommittee, s. 5., & ergonomics of the physical, e. (1995). Iso 9920 - ergonomie des ambiances thermiques — détermination de l'isolement thermique et de la résistance à l'évaporation d'une tenue vestimentaire. Consulté le 03 23, 2016. Disponible sur online browsing platform (obp): <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9920:ed-2:v1:fr>
- Tixier, n. (2005). De la notion de confort à la notion d'ambiance. Consulté le 11 22, 2015, sur école nationale supérieure d'architecture de grenoble. Les cours en ligne disponible sur http://www.grenoble.archi.fr/cours-en-ligne/tixier/m2s_du% 20confort% 20aux% 20ambiances.pdf

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Trnsys, logiciel pour la simulation thermique des bâtiments et des systèmes. (2017). (cstb) consulté le 10 30, 2017. Disponible sur actu-environnement:<https://www.actu-environnement.com/materiels-services/produit/logiciel-trnsys-cstb-simulation-thermique-batiments-et-systemes-2473.php>
- Wikipedia. (s.d.). Disponible sur www.wikipédia.org
- EPF. (2018). Le mannequin thermique instrumenté : un outil pour simuler le ressenti humain du confort thermique. Consulté le 03 16, 2018, sur <http://www.epf.fr/article/le-mannequin-thermique-instrumente-un-outil-pour-simuler-le-ressenti-humain-du-confort>
- Ihfg. (s.d.). Guidelines, international health facility. Consulté le 10 12, 2017, sur <http://www.healthfacilityguidelines.com/guidelines/index/ihfg>
- Christian Perrin, D. B. (1993, juin). L'humidité de l'air mesures hygrométriques . Récupéré sur http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/53548/meteo_1993_2_19.pdf
- Bourque, A. (2000, 09). Les changements climatiques et leurs impacts. Consulté le 04 08, 2017, sur journals.openedition: <https://journals.openedition.org/vertigo/4042#tocto1n6>
- Bourque, A. (2000, 09). Les changements climatiques et leurs impacts. Consulté le 04 08, 2017, sur journals.openedition: <https://journals.openedition.org/vertigo/4042#tocto1n6>
- Jorf, N. (2007, 03 21). Décret n° 2007-363 du 19 mars 2007. Consulté le 02 07, 2018, sur <https://www.legifrance.gouv.fr/affichetexte.do?cidtexte=jorfext000000645843&categorieliens=id>
- Xpair. (2011, juin). Hygiène et climatisation dans l'hospitalier. Consulté le 02 19, 2018, sur https://conseils.xpair.com/consulter_savoir_faire/hygiene_climatisation_hospitalier.htm
- Xpair. (2011, juin). Hygiène et climatisation dans l'hospitalier. Consulté le 02 19, 2018, sur https://conseils.xpair.com/consulter_savoir_faire/hygiene_climatisation_hospitalier.htm
- Patrick, W. (2012, décembre). Ambiance thermique. Disponible sur cdg 62: <https://www.cdg62.fr/index.php/prevention/hygiene-et-securite-au-travail/news/11-prevention/225-ambiance-thermique>
- Cahnman, S., Aia, Acha, Zilm, F., D. Arch, & Faia. (2014, 10). Acute inpatient units. Consulté le 01 06, 2018, sur health architecture: <http://healtharchitecture.wikifoundry.com/page/acute+inpatient+units>
- Sheila Cahnman, A. A. (2014, 10). Acute inpatient units. Consulté le 05 18, 2017, sur health architecture: <http://healtharchitecture.wikifoundry.com/page/acute+inpatient+units>
- Uthaiwat, É. (2014, décembre 13). Prezi. Consulté le novembre 12, 2017. Disponible sur prezi: <https://prezi.com/d4cbiuvzntuo/evolution-du-confort-thermique/>
- Martin, R. (2016, 03). Malade, patient, usager : quelles différences ? Consulté le 01 13, 2018, sur : <http://www.labortho.fr/malade-patient-usager/>
- Ctb. (2017, 06). Manuel de bonnes pratiques architecturales. Éco-construction et efficacité énergétique dans les bâtiments. Consulté le 08 11, 2017, sur enabel: https://www.enabel.be/sites/default/files/manuel_eco-construction_fr.pdf
- Wikipédia. (2013, avril). Consulté : le 13/11/2017. Disponible sur wikipédia: [https://fr.wikipedia.org/wiki/po%c3%aale_\(chauffage\)#histoire](https://fr.wikipedia.org/wiki/po%c3%aale_(chauffage)#histoire)

- Roche, j.-p. (2013, 12 1). Simulation thermique dynamique, les avantages et limites. Consulté le 11 26, 2017. Disponible sur xpaire: https://conseils.xpair.com/actualite_experts/simulation-thermique-dynamique.htm
- We, m. (s.d.). Indoor air quality in hospitals. Consulté le 02 22, 2016. Disponible sur <http://www.stachybotrys.com/iaqhospitals.htm>.
- Delmas, m. D. (2014, 02 26). Technique et logiciel- la simulation thermique dynamique. Consulté le 12 26, 2017. Disponible sur dauchez payet:<http://dauchezpayet.fr/wp-content/uploads/la-std-par-dauchez-payet.pdf>
- Franck, t. (2016). Météo 45. Consulté le 04 04, 2016. Disponible sur http://www.meteo45.com/climat_et_facteurs_geographiques.html
- Khan, n. (2011, 05 13). Experimental ward unit: search for room and bed layout. Consulté le 06 07, 2017, sur [health architecture: http://healtharchitecture.wikifoundry.com/page/experimental+ward+unit%3a+search+for+room+and+bed+layout#reportpage](http://healtharchitecture.wikifoundry.com/page/experimental+ward+unit%3a+search+for+room+and+bed+layout#reportpage)
- Adrien, v. (2016, 05 22). Les 3 modes de transfert thermique. Consulté le 01 22, 2018. Disponible sur jeretiens: <https://jeretiens.net/les-3-transferts-thermiques/>
- Baekelandt, l. (2016, 06 07). Les effets de la chaleur sur la santé. Consulté le 01 06, 2017, sur <https://plusmagazine.levif.be/sante/les-effets-de-la-chaleur-sur-la-sante/article-normal-459469.html>
- Rose, d. (2016, 10 24). Comment le corps humain ressent-il la température ? Consulté le 03 12, 2017. Disponible sur planet-vie: <https://planet-vie.ens.fr/article/2274/comment-corps-humain-ressent-il-temperature>

Thèses et mémoires

- **BEAULIEU, D.** (2015) Échanges thermiques entre une fondation résidentielle et les sols en conditions hydrostatiques. Mémoire de maîtrise . Laval, canada: université laval.
- **BELKACEM, N.** (2017) Contribution à l'évaluation des performances énergétiques et environnementales d'un habitat individuel bioclimatique : cas de la maison pilote de souidania –alger- (algérie). Thèse de doctorat . Chlef: université hassiba benbouali.
- **BENHALILOU, K.** (2008) Impact de la végétation grimpante sur le confort hygrothermique estival du bâtiment. Magister dissertation . Constantine : Université Mentoouri.
- **BOULFANI, W.** (2010) Les ambiances thermiques d'été dans l'habitat de la période coloniale a patio. Masters thesis . Biskra : Université Mohamed Khider.
- **KABORE, M.** (2015) Enjeux de la simulation pour l'étude des performances énergétiques des bâtiments en afrique sub-saharienne. Doctoral dissertation . Grenoble: Université Grenoble Alpes.
- **LABRECHE, S.** (2014) Forme architecturale et confort hygrothermique dans les bâtiments éducatifs, cas des infrastructures d'enseignement supérieur en régions arides. Memory of magister . Biskra : Université Mohamed Khider.
- **MOUJALLED, B.** (2007) Modélisation dynamique du confort thermique dans les bâtiments naturellement ventilés. Institut national des sciences appliquées, Lyon, France.

- **M'SELLEM, H.** (2017) La prise en compte des ambiances dans le processus de conception architecturale-méthode basée sur l'approche multi-sensorielles et l'analyse multicritère des ambiances dans les procédures de conception du projet d'architecture-cas des milieux arides à climat chaud et sec. Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider.
- **MUNARETTO, F.** (2014) Étude de l'influence de l'inertie thermique sur les performances énergétiques des bâtiments. Doctoral dissertation. Paris: école nationale supérieure des mines.
- **RABOUILLE, M.** (2014) Recherche de la performance en simulation thermique dynamique: application à la réhabilitation des bâtiments. Doctoral dissertation. Grenoble: Université Grenoble Alpes.



Annexes



Annexe I

TABLES DE MAHONEY : DIAGNOSTIC

TABLE 1 : TEMPERATURES

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temp.Moy. Max	17,04	19,5	23,6	26,77	31,04	37,02	40,81	39,54	33,89	29,14	21,77	17,51
Temp. Moy. Min	7,1	8	11,8	15	20	24,7	27,6	27,8	23,3	18	11,9	7,8
E.D.T.	9,94	11,5	12,3	11,77	11,04	12,32	13,21	11,74	10,59	11,14	9,87	9,71

La + haute	TAM
40,81	23,95
7,1	33,71
La + basse	EAT

TABLE 2 : HUMIDITE, PLUIE, VENT

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Humidité Rel. Max	79,1	69,5	63,8	52,7	51,8	46,2	41,5	46,3	58,6	61,5	73,3	79,3
Humidité Rel. Min.	39	29,4	24,9	20,7	20,6	17,6	16	17,8	25,7	29,8	36,1	40,5
Humidité Rel. Moy.	59,3	47,9	41,9	38,1	33,1	28,8	26	29,6	39,6	46,5	53,5	60,8
Groupe (G.H.)	3	2	2	2	2	1	1	1	2	2	3	3
Pluie (mm)	28,09	5,2	16,6	22,83	9,93	4,33	0,38	4,07	8,53	10,14	18,6	14,53
Vent (directions)	Dominant											
	secondaire											

G.H.	
≤ 30%	1
30-50	2
50-70	3
≥ 70	4

Total annuel pluies

143,23 mm

TABLE 3 : CONFORT

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Groupe Hygro (G.H.)	3	2	2	2	2	1	1	1	2	2	3	3

Températures

Moy. Mens. Max.	17,04	19,5	23,6	26,77	31,04	37,02	40,81	39,54	33,89	29,14	21,77	17,51
Confort diurne	Maxi	29	31	31	31	34	34	34	34	31	31	29
	Mini	23	25	25	25	26	26	26	25	25	23	23
Moy. Mens. Mini	7,1	8	11,8	15	20	24,7	27,6	27,8	23,3	18	11,9	7,8
Confort nocturne	Maxi	23	24	24	24	25	25	25	24	24	23	23
	Mini	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17

Stress thermique

Jour	F	F	/	/	/	C	C	C	C	/	F	F
Nuit	F	F	F	F	/	/	C	C	/	/	F	F

C : trop chaud
/ : confort
F : trop froid

Limites de confort (à partir de TAM)

Humidité	G.H.	TAM ≥ 20		15 < TAM < 20		TAM ≤ 15		G.H.							
		Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit								
0-30	1	26	34	17	25	23	32	14	23	21	30	21	30	12	21
30-50	2	25	31	17	24	22	30	14	22	20	27	20	27	12	20
30-70	3	23	29	17	23	21	28	14	21	19	26	19	26	12	19
> 70	4	22	27	17	21	20	25	14	20	18	24	18	24	12	18

TABLE 4 : INDICATEURS

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
H1 ventilation essentielle													
H2 Ventilation désirable													
H3 Protection pluie													
A1 Inertie thermique		X	X	X	X	X	X	X	X	X			9
A2 Dormir dehors							X	X					2
A3 Prob. Saison froide	X	X									X	X	4

	Stress Thermique	G.H.	EDT	Pluie
H1	C diurne	4		
	C diurne	2-3	-10°	
H2	/ diurne	4		
H3				+200
A1		1-2-3	+10°	
A2	C nocturne	1-2		
	C diurne C nocturne	1-2	+10°	
A3	F diurne			
	F nocturne			

5. Position des ouvertures

3-12						Ouvertures dans les murs nord et sud, à hauteur d'homme du côté exposé au vent.
1 ou 2			0-5			Comme ci-dessus, mais y compris ouvertures pratiquées dans les murs intérieurs.
	2-12		6-12 X			
0 X	0 ou 1 X					

6. Protection des ouvertures

				0-2		Se protéger de l'ensoleillement direct
		2-12				Prévoir une protection contre la pluie

7. Murs et planchers

			0-2			Constructions légères, faible inertie thermique
			3-12 X			Construction massive, décalage horaire supérieur à 08 heures

8. Toiture

10-12			0-2			Construction légères, couvertures à revêtements réfléchissants et vide d'air.
			3-12			Légère et bien isolée
0-9			0-5			Construction massive, décalage horaire supérieur à 08 heures
			6-12 X			

9. Espaces extérieurs

				1-12 X		Emplacement pour le sommeil en plein air
		1-12				Drainage approprié des eaux de pluie
		3-12				

TABLES DE MAHONEY : RECOMMANDATIONS

1. Plan masse

H1	H2	H3	A1	A2	A3	
			0-10 X			Bâtiments orientés suivant un axe longitudinal est-ouest afin de diminuer l'exposition au soleil.
			11 ou 12		5-12	Plans compacts avec cours intérieures
					0-4 X	

2. espacements entre bâtiments

11 ou 12						Grands espacements pour favoriser la pénétration du vent
2-10						Comme ci-dessus mais avec protection contre vent chaud/froid
0 ou 1 X						Plans compacts

3. Circulation d'air

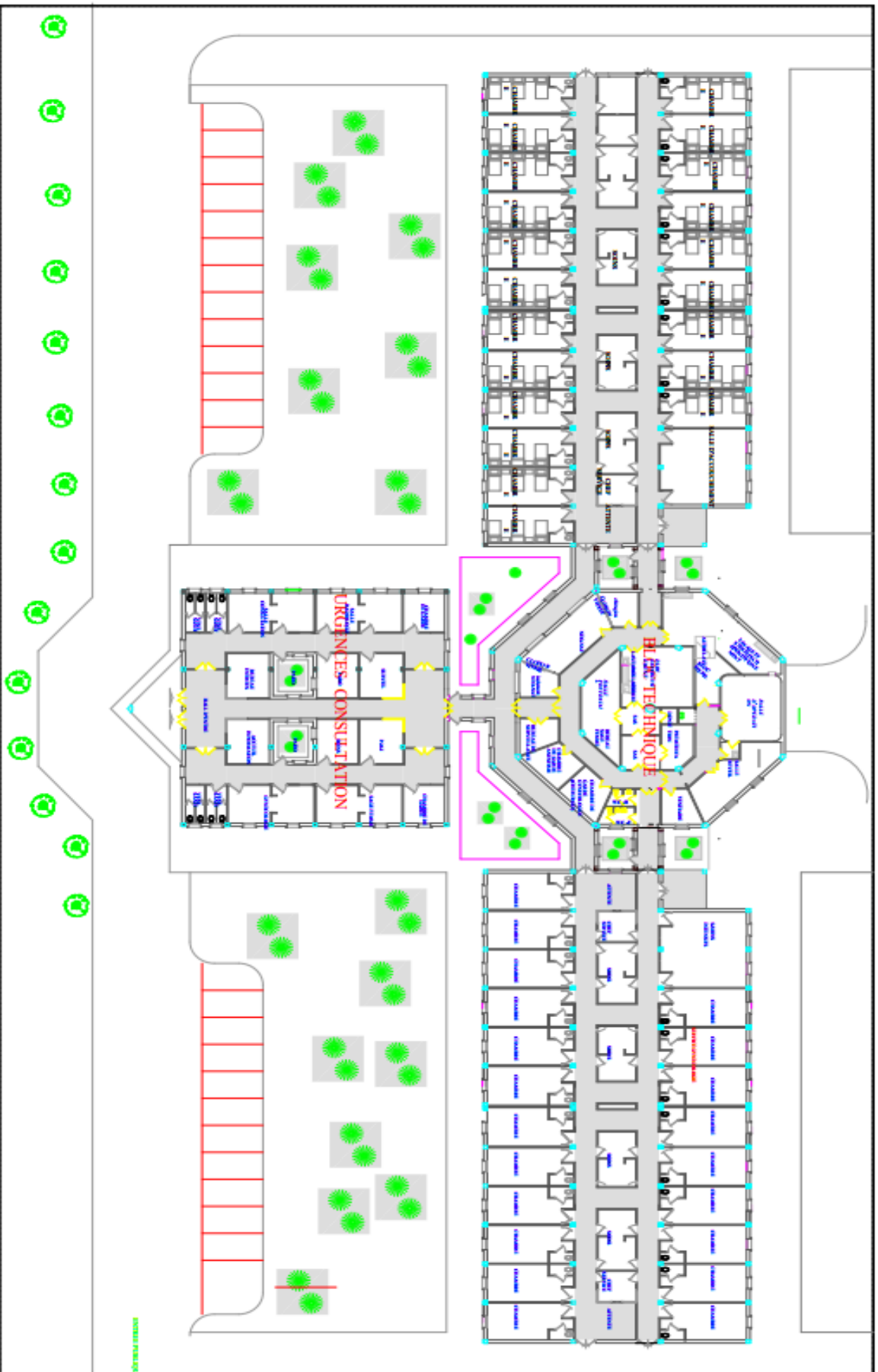
3-12						Bâtiments à simple orientation. Dispositions permettant une circulation d'air permanente.
1 ou 2	2-12		0-5			Bâtiments à double orientation permettant une circulation d'air intermittente.
			6-12 X			
0 X	0 ou 1 X					Circulation d'air inutile

4. Dimensions des ouvertures

			0 ou 1		0	Grandes, 40 à 80% des façades nord et sud.
						1-12
			2-5			
			6-10 X			Intermédiaires, 20 à 35 % de la surface des murs.
			11 ou 12		0-3 X	Petites, 15 à 25% de la surface des murs.
						4-12

Annexe II

Présentation graphique du service de la maternité



Plan d'assemblage. ECH: 1/2000

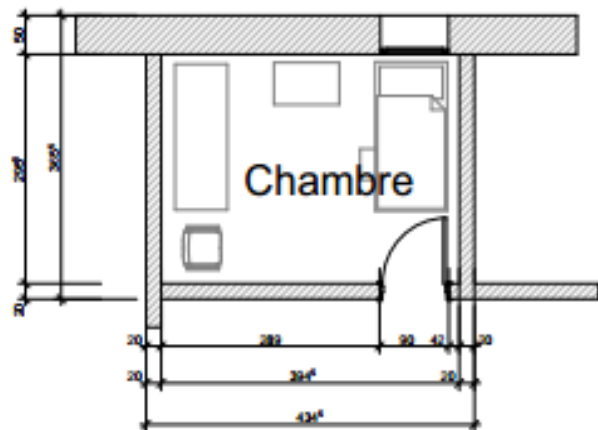
Présentation graphique du service de pneumologie, hopital Hakim Saadane



Plan RDC. ECH: 1/200



Coupe. ECH: 1/100



Plan d'une chambre. ECH: 1/100

Annexe III

- Températures moyennes du mois de juin la période 2000-2015

Juin	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Moyenne
1	32,2	32,1	29,8	30,7	28,3	31,3	22,9	29,2	30,4	29,5	30,5	25,8	29,3	14,8	29,8	26,3	28,30
2	30,8	30,4	32,1	31	29,6	31,4	20,8	26,9	27,9	29,8	31,5	23,6	30,1	23	23,3	26,2	28,02
3	28,2	31,6	31	29,4	30,6	34,9	22,1	22,1	26,4	29,1	31,1	24,4	30,5	27,2	24,9	26,2	28,10
4	27,2	32,9	32,3	29,3	26,8	25,6	22,6	24	25,3	29	31,5	26	32,8	27	24,9	26,9	27,75
5	28,9	28,2	30,1	29,2	25,4	31	23,8	24,5	27	31,3	28,2	25,8	31,4	28,5	27,2	31,1	28,22
6	31,4	32,4	29	30,4	27,2	32,5	26,4	29,6	27,6	32,1	29,2	28,6	30,6	30,4	29,1	28,5	29,68
7	28,5	35	28,5	31,5	29,7	31,8	28	34,1	27	30,9	31,8	27,5	33,8	28,3	30,3	30	30,41
8	26,8	28,1	27,8	31,1	29,9	30,2	28,9	31,1	26,2	30	32,5	26,1	27	28,6	31,4	29,6	29,08
9	28,6	27,4	25	30,8	32,5	27,8	29,9	28,1	27,3	32,1	35,7	26,4	34	28,8	29,9	30	29,64
10	28,2	26,1	25,4	30,2	29,7	27,4	29,9	30,3	28,4	32,8	39,2	36,2	31,5	27,5	30	31,2	30,25
11	24,9	26,1	28,4	30,7	26,4	28,6	28,3	31,6	28,2	30,2	34,8	28,1	25,1	27,9	29,1	33,8	28,88
12	25,3	31,3	29,2	31,3	27,9	31,4	26,2	30,3	29,1	34,7	31,7	27,4	32,5	28,3	29,3	38,4	30,268
13	27	32,3	29,7	31,3	29,8	29,8	26,8	34,1	33,2	33,1	32,1	34,1	32,5	29,2	29,2	30	30,88
14	27,9	29,9	29,4	33,9	31,2	30,2	28,8	33,2	29,1	33,1	31,6	30,8	32,9	30,6	24,8	32	30,58
15	29	30,4	30,4	32,1	25,6	31,7	30,2	34,5	29,2	30,5	28,1	30,5	34,1	31,5	29,6	32,2	30,6
16	29,3	31,1	31,2	32	22,7	28,9	32,9	33	33,2	31,9	29,3	28,5	37,6	33,5	31,2	31,8	31,08
17	31,2	33,4	31,6	34,4	24,8	28,1	36,7	32,4	37,9	31,1	31,8	30	34,5	33,4	28,6	30	31,99
18	29,8	30,7	32,2	30,2	27,2	27,2	36,4	34,3	35,5	31,5	32,3	32,6	32,4	34,9	28,8	29,2	31,57
19	31,3	28,2	33,5	31,5	28	27,6	35,1	38,3	32,2	32,2	30,5	34,4	34,4	33,8	29,5	29,1	31,85
20	30,3	28,9	34,7	31,8	30,6	29	31	37,3	30,7	33,8	28,2	32,1	35,5	33	33,6	30	31,90
21	29,7	29,4	34	30,8	31,3	32	35,1	37,5	30,9	33,1	27,9	32,3	38,1	33,4	33,5	30,3	32,45
22	30	30,4	32,3	32	33,1	33,2	34,4	37,9	31,5	30,6	27,8	31,8	37,2	33	32,5	29,5	32,32
23	30,1	31,2	32,5	32,5	34,4	32,2	36,9	39,9	31,7	30,5	26,9	31,8	37,2	36,4	31,2	32,8	33,01
24	31,8	33,6	32,6	33,1	34,2	32,4	37,4	38,6	38,2	32	29,7	32,7	37,3	30,5	35,9	35,8	34,11
25	33,5	32,2	21,4	33	34,1	33,9	37,2	36,2	30,1	32,6	31,4	33,9	34,6	29,5	33,1	33,3	32,5
26	33,4	35,8	33,7	32,8	34,6	36,2	37,6	35,7	34,7	32,7	30,4	32,7	34	30,1	30,4	31,4	33,51
27	34,7	35,8	35,8	33,9	35	37,1	40,3	35,3	33,3	31,5	30	30,5	34,2	28,6	29,8	31,5	33,58
28	38	35,8	36,6	35	33,8	36,3	39,8	32,6	31,9	31,1	31,2	29,7	35,8	27,5	31,9	30	33,56
29	37,9	32,6	36,8	35,8	33,2	36,9	38,2	33,2	32,4	32,8	30,9	32,6	37	27,6	33,6	33,5	34,06
30	35,8	31,5	36,8	37,4	32,4	35,7	38,2	34,1	32,3	33,5	32,8	35,5	36,7	28,9	33,8	33	34,27

- Températures moyennes du mois de juillet la période 2000-2015

Juillet	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Moyenne
1	34,4	30,6	39,3	35,9	33,2	36,5	36,9	33,3	32	32,2	31,2	35,5	34,8	29,1	30,1	33	33,62
2	36	33,5	33,1	36,9	33,9	35,3	35,3	33,2	32,8	33	32,9	34,2	34,1	29,2	32,5	31,8	33,60
3	34,8	32,2	32,9	38,6	35,2	33,5	35,1	33,8	34,6	34,9	34,2	35,2	35,2	32,9	34,6	32,1	34,36
4	34	35,2	33,8	37,9	28,7	36,2	37,9	34,5	37	35,3	33,2	34,6	36,2	33,6	38	30	34,75
5	33,4	38,1	34,4	34,2	32,8	34	37,3	35,4	37,7	35,9	35,1	35,2	36,9	32,2	38,2	31	35,11
6	32,6	40,1	35,8	34,5	35,5	27,4	35,9	31,2	37	35,9	33,9	31,9	37,5	30,4	34,9	30,4	34,05
7	40	40,7	39,4	36	35,1	38,2	36,5	31,5	38,3	35,9	32,9	32,8	38,6	30,8	36,1	30,6	35,83
8	35,1	38,8	36	34	33,1	34,4	38,5	39,4	39,8	38,6	34,1	34,1	29,3	31,7	38	32,5	35,46
9	34,8	36,1	36,4	32,9	32,5	35,3	33,3	36,1	40,5	36,1	33,8	35,9	39,1	32,6	33,8	34,2	35,21
10	33,2	38,4	37,1	34,8	31,6	38	32,6	33,6	40,2	34,2	34,4	33,8	37,8	40,8	34	32,4	35,43
11	34,7	37,3	37,1	33,9	33,3	34,2	31,4	32,1	40,6	32,4	37,2	36,1	39,8	32,6	30,4	33,9	34,87
12	32,6	34,2	39,4	34,2	34,1	33,5	31,9	28,9	40,9	34,1	34,2	37,4	39,5	34,1	30,6	33	34,53
13	29,4	34,5	36	33,9	31	31,6	33	29,4	39,5	35,4	35,1	37,8	40	38,2	33,6	33,8	34,51
14	30,4	36,1	31,7	35	28,8	32,4	34,5	31,4	38,1	36,4	38	35,3	39,5	36,6	33,2	35,2	34,53
15	32,3	38,9	28	37,8	27,4	33,8	35	32,2	33,9	35,7	36,2	32,1	39,1	33,1	34	34,2	33,98
16	31,1	38,4	29,9	38,4	29,8	33,5	33,4	31,2	34,3	36,3	36,8	34,1	35,8	33,6	32,8	33,1	33,90
17	39,8	35,6	31,9	38,8	30,8	34,8	32	30,5	34,5	37	37,1	35,6	34,8	34,9	33,5	33,2	34,67
18	37,9	33,1	34,2	33,4	34,5	36	31,2	31,5	37,3	36,4	38,8	35,2	31,6	34,2	32,2	33,8	34,67
19	36,1	34,3	33,1	38,3	35	35,9	32,2	33,1	35,3	31,7	36,9	38,5	32	33,4	33,4	33,2	34,45
20	32,2	32,8	34,3	37,1	31,9	35,5	33,2	34	34,2	33,1	35	36,2	34,1	34,8	35,9	35,8	34,52
21	34,4	30,2	33,6	36,9	34,3	34,6	33,6	34,3	35,9	35,2	36,2	33,5	36,1	37,5	35,1	35,3	34,38
22	33,9	32,4	35,1	36,1	36	35,5	33,5	34,6	36,7	32,1	37,4	36,7	35,1	37	31,5	37,2	34,79
23	31,9	35,7	37,5	35	34,4	37,5	33,4	35	32,5	36,5	38,8	35,3	30,1	34,9	31,5	35,5	35,05
24	30,9	36	36,8	35,8	34,6	35,2	33,9	34,7	32,9	36	37,7	32,6	29	33,8	33,2	33,4	34,71
25	33,6	38,5	31,4	36,1	36,3	39,2	35,5	35,2	35,7	36,8	35,3	30	30,5	34,8	36	35,1	34,15
26	36,5	34,7	35,2	37,5	33,8	40,7	35,5	34,3	36,9	37,3	31	29,6	34,1	36	38	36,5	35
27	35,3	34,1	30,5	38,6	30,8	40,1	35,6	34,2	33,7	35,7	30,4	31,1	37,4	37,6	38,2	36,1	35,47
28	38,2	36	31,1	33,5	31,1	32,2	34	34,4	33,8	37,4	36,8	33,8	37,2	36,8	33,2	36,4	34,96
29	36	38,5	36,1	36,4	31,9	38,5	36	33,8	34,6	37,7	34,4	33,8	38	34,8	36,5	37,1	34,74
30	33,2	37,5	32,4	35,4	33,9	37,9	36,4	34,6	34,2	37,4	33,5	32,7	38,3	35,8	35	37,4	35,88
31	33,9	37,3	38,5	33,8	32,8	37,8	34,4	33,6	34	33,8	34,9	32,8	36,8	33,6	33,2	37,6	35,35

- Températures moyennes du mois d' Aout la période 2000-2015

Aout	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Moyenne
1	31,5	34,1	33,4	35	32,4	39,6	35,5	34,1	35,2	34	33,3	31,9	36,1	33	33	37,7	34,36
2	31,1	34,1	35,8	30	33,5	39,2	36,6	33,6	34,9	34,5	34,5	34,7	37,3	32,5	36,5	38,8	34,85
3	32,2	34,1	38,6	27,3	35,3	36,4	35,8	34,3	35,2	36,1	36,2	35,3	39,5	33,2	37,8	38,8	35,38
4	37,2	35,3	38,7	32	34,8	33,5	36	35,5	34,3	35	34,3	34,7	37,8	32,8	37,4	35,4	35,29
5	31,9	35,5	38	32,2	34,9	32,4	31,6	33,9	36,2	34,1	31,9	35,5	39	33,6	38	36,2	34,68
6	28,6	34,2	39,2	32,6	33,2	29,5	32,8	31,3	34,2	33,6	32,1	35,2	39,9	33,9	33,7	37,2	33,82
7	29	33	38,4	30	33,1	30,6	32,9	32,8	34,5	34,2	35,6	36,6	37,4	34,9	32,6	35,8	33,83
8	30,2	32,5	33,1	34	30,8	33,7	31,1	37,6	35,4	35,4	34,6	39,4	37,5	33,1	32,2	35,4	34,12
9	33	34,2	33,5	35,6	35,1	35,1	29,6	35,2	35,6	35,2	32,8	38,2	38	33,7	32,8	35,4	34,56
10	32,2	37	32,8	32,8	39,9	35,5	28,8	27	33,8	36,1	32,1	33,4	38,7	31,9	34,4	35,4	33,86
11	30,5	36,8	36,4	32,5	37,8	37,2	28,4	30,4	34,1	35	34	31,1	38,5	31	31,1	34,2	33,68
12	32,1	33,9	28,1	33,1	37,5	37,5	33,3	31,8	35,7	35,6	34,4	32,5	34,2	30,6	38	36,5	34,05
13	34,2	32,1	30	31,9	38,1	34,8	35,5	34,1	37,9	38,5	35	32,8	36,6	32,5	38,3	35,4	34,85
14	32,6	33,1	33,7	32,2	35,6	36,2	32,6	34,2	37,5	37,9	35,4	34,8	37,2	33,8	37,8	34,2	34,92
15	32,4	33,1	35,1	30,4	34,8	35,2	34	33,8	37,8	38,8	34	36,2	35,9	32,3	34,5	32	34,39
16	30,9	33,2	34,8	33,5	34	36,8	34,6	34,6	32	39,1	34,6	32,9	37,3	32	33,9	33,2	34,21
17	32,3	33,5	33,6	36	35,4	35,5	35,7	36,1	31,6	36	34,1	33,1	39,9	33,4	33	31	34,38
18	34,5	35	32,5	33,7	37,3	36,6	35,2	36,2	35	33,9	34,7	32,9	35,9	28,8	32,2	34	34,27
19	36,2	35	31,8	34,1	37,1	38,2	40,3	39,2	35,1	33,7	37,8	32,8	32,5	31,5	34,9	33	35,2
20	35,4	33,2	31,6	34,9	37,8	35	37,9	35,1	36,5	32,7	36,1	32,5	32,6	33	35,6	31,5	34,66
21	36,7	37,1	33,2	34,9	36,9	30,6	35,4	33,1	35,2	32,2	36,1	32,9	32,9	30,4	36,8	32,6	34,18
22	34,4	34,6	32,4	33,2	33,6	28	33,8	32,5	34,5	32,6	36,4	32,9	32,9	27,6	34,5	32,5	32,9
23	33,8	31,8	31,9	35,1	33,6	28,8	30,1	33,2	31,2	32,8	34,2	32,6	33,1	29,1	34,2	30,2	32,23
24	33,9	31,2	29,2	35,1	34,7	28,7	35,3	36,1	33	34	34,5	33,8	33,8	32,1	33,5	34	33,30
25	34,1	32	30,5	35,8	35,5	31,5	36,5	32,1	32,2	35,3	36,4	34,2	33,8	33,2	32,4	35,9	33,83
26	34,3	33,4	32,4	36,2	35,3	31,7	33,6	33,3	32,7	36,2	34,5	34,2	35,6	34	33,1	33,3	33,98
27	35	33,6	30,8	34,8	33,3	33,2	31,9	30,2	30,9	33,7	34,7	35	34	33,7	34,8	35,2	33,42
28	35,5	35	29,7	37	29,5	34,5	31	34,5	30,9	32	35,1	33,3	31,7	32,5	34,2	32,8	33,07
29	34,9	33,9	26,1	39,2	30	30,8	31,9	34,4	31,9	31	34,4	31,9	31,4	29,8	33	30,8	32,21
30	33,8	34,2	25,7	37,3	25,6	29,2	32,8	34,1	32,6	31,8	33,5	32	32,9	32,4	33,4	29,8	31,94
31	34	34,1	31,1	32,5	30,5	28,7	32,3	31,5	33,1	31,4	31,7	33,6	32,5	30,2	32,7	31,7	31,97

Annexe IV



Le questionnaire thermique

Laboratoire de conception et de modélisation des formes
et des ambiances architecturales
Département d'architecture
Université Mohamed Khider Biskra

Questionnaire sur le confort thermique dans les chambres des malades

Etablissement:

Date :

Heur :

Fiche N° :

Cette enquête se déroule dans le cadre d'une recherche doctorale en architecture. L'objectif de cette enquête est d'évaluer l'état du confort thermique dans les chambres des malades à travers l'appréciation des avis des patients hospitalisés selon leurs sensations. Veuillez, s'il vous plaît lire chaque question attentivement et répondre aux questions énoncées dans ce formulaire de question selon l'ordre dans lequel elles sont posées. Soyez le plus franc, le plus honnête possible dans vos réponses. Cette enquête sera accompagnée de mesures complémentaires. Merci pour votre coopération.

N.B. : Les informations seront traitées confidentiellement.
Les renseignements que l'on pourra en tirer ne seront publiés que sous de
statistiques.

Le questionnaire thermique

Nous vous serions reconnaissants de bien vouloir remplir cette partie. Ces informations nous permettront d'effectuer une estimation plus précise de vos exigences en terme de confort d'ambiance et resteront strictement confidentielles et anonymes lors de leur analyse.

Informations sur l'espace (la chambre)

Service:		N° de la chambre		Orientation :				Etage:	Nombre d'occupants
				N	S	E	O		

Informations personnelles :

Nom:		Age:	ans			Maladie :	Position:				
Sexe:	[H]	[F]	Taille	M	N	O	Vous êtes ici depuis:			Etat psychique :	
							heurs	Jours	Mois	Stressé	Soulagé

Santé : Souffrez-vous d'un des maux suivants ?

Douleur		Essoufflement	
Mal de tête		Frissons	
Lourdeur dans la tête		Faiblesse	
Fatigue		Difficulté à se concentrer	
Toux		Irritation, encombrement du nez	
Bronchite		Inflammation de la gorge	
Dyspnée (problème respiratoire liée au cœur/poumons)		transpiration sévère	
Sécheresse, démangeaison de la peau		Tension	
Fièvre		Maladie cardiaque	

Vêtements : Vous portez actuellement

	FEMMES			Hommes			
	léger	moyen	épais		léger	moyen	épais
Sous-vêtements, bas				Sous-vêtements, bas			
Sous-vêtements, haut				Sous-vêtements, haut			
T-shirt				T-shirt			
Bustier				Polo			
Chemisier courte				Chemisier courte			
Chemisier longue				Chemisier longue			
Pantalon				Pantalon			
Short				Short			
Robe				Gilet			
Jupe				Pull			
Pull				Veste			
Veste				Cravate			
Chaussettes				Chaussettes			
Autre, à préciser				Autre, à préciser			

Ambiance et paramètres de confort thermique									
Température									
Question :	Sensation		Satisfaction		préférences				
Sensation :	Très Froid	- 3		Très inacceptable	-3	Beaucoup plus froid	-3		
Comment vous sentez-vous maintenant...?	Froid	- 2		Inacceptable	-2	Plus froid	-2		
Satisfaction :	L'ègerment Froid	- 1		Légèrement inacceptable	-1	Un peu plus froid	-1		
Comment trouvez-vous cela...?	Neutre	0		Neutre	0	Sans Changement	0		
Préférences :	L'ègerment Chaud	1		Légèrement Acceptable	1	Un peu plus chaud	1		
Préférez-vous avoir...?	Chaud	2		Acceptable	2	Plus chaud	2		
	Très Chaud	3		Très acceptable	3	Beaucoup plus chaud	3		
La qualité de l'air									
Sensation :	Très étouffant	-3	-2	-1	0	1	2	Très frais	3
Comment trouvez-vous la qualité de l'air intérieur de la chambre ?									
Vitesse de l'air									
Question :	Sensation		Satisfaction		Préférences				
Sensation :	Pas de mouvement de l'air	-3		Très inacceptable	-3	Sans Mouvement d'air	-3		
Comment trouvez-vous le mouvement de l'air dans la chambre... ?	Mouvement faible	-2		Inacceptable	-2	Moins	-2		
Satisfaction :	Mouvement un peu faible	-1		Légèrement inacceptable	-1	Un peu moins	-1		
Comment trouvez-vous cela...?	Normale	0		Neutre	0	Sans Changement	0		
Préférences :	Mouvement un peu fort	1		Légèrement Acceptable	1	Un peu plus	1		
Préférez-vous avoir...?	Mouvement fort	2		Acceptable	2	Plus	2		
	Un grand mouvement de l'air	3		Très acceptable	3	Beaucoup plus	3		
Température des parois									
Sensation :									
Si vous êtes près aux parois de la chambre, vous vous sentez qu'elle diffuse de	La chaleur			Le froid		Rien			

Humidité							
Question :		Sensation		Satisfaction		Préférences	
Sensation : Comment trouvez-vous l'air intérieur de la chambre... ?	Très sec	-3		Très inacceptable	-3	Sans humidité	-3
	sec	-2		Inacceptable	-2	Moins	-2
	Légèrement sec	-1		Légèrement inacceptable	-1	Un peu moins	-1
Satisfaction : Comment trouvez-vous cela... ?	Normal	0		Neutre	0	Sans Changement	0
Préférences : Préférez-vous avoir... ?	Légèrement Humide	1		Légèrement Acceptable	1	Un peu plus	1
	Humide	2		Acceptable	2	Plus	2
	Très Humide	3		Très acceptable	3	Beaucoup plus	3
Evaluation personnelle							
Climat de la chambre en été							
Température	Trop chaud						
	Chaud						
	Légèrement chaud						
	Modéré naturellement						
	Modéré avec climatisation						
	Non supportable sans climatisation						
	Non supportable même avec climatisation						
Qualité d'air	sec	1 2 3 4 5 6 7	humide				
	frais	1 2 3 4 5 6 7	Vicié				
	pur	1 2 3 4 5 6 7	Pollué				
Courant d'air	Trop	1 2 3 4 5 6 7	jamais				
	varié	1 2 3 4 5 6 7	const				
Exposition au soleil/ Lumière naturelle	Trop	1 2 3 4 5 6 7	sombre				
Position des ouvertures	Mauvaise	1 2 3 4 5 6 7	Très bien				

Climatisation Réglage / Fonctionnement	Mau- vaise	1	2	3	4	5	6	7	Très bien	Chauffage Réglage / Fonctionnement	Mau- vais	1	2	3	4	5	6	7	Très bien
Aimez-vous la disposition générale de la chambre ?																			
La température dans le hall et les couloirs est différentes à la température de la chambre ?																			
Etes vous gêné(e) par cette variation de température ?																			
Conditions générales : Donnez votre avis sur l'importance de chaque paramètre..																			
		Jamais important										Très Important							
		1	2	3	4	5	6	7											
Une température d'air confortable																			
Un renouvellement d'air adéquat																			
Absence de courants d'air																			
Une humidité de l'air acceptable																			
Vue à travers la fenêtre																			
Absence d'éblouissement																			
Lumière naturelle appropriée																			
Propreté de l'espace																			
Intimité																			
Être avec plusieurs personnes et éviter l'isolement																			
Contrôle individualisé des conditions d'ambiance																			
Environnement sonore acceptable																			
Avoir un espace semi-extérieur privé (balcon, véranda...)																			
Température constante pendant toute la journée																			
Décor, couleurs et disposition de la chambre agréables																			
Avoir plus de relation avec l'extérieur																			
Autres, à préciser																	

Contrôle individualisé

Indiquez si dans votre chambre vous avez la possibilité d'agir personnellement sur les éléments suivants :

	Oui. Souvent	Oui. Parfois	Oui. Rarement	Non. Jamais	Toujours	Souvent	Parfois	Rarement	Jamais
Ouverture/fermeture de fenêtre									
Ouverture/fermeture des portes									
Position des rideaux ou stores									
Ajustement de consigne du thermostat									
Fonctionnement d'un radiateur d'appoint									
Allumer/éteindre les lampes de la chambre									
Allumer/éteindre l'éclairage général de la pièce									
Ajuster le niveau d'éclairage de la pièce (gradation)									
Contrôler le fonctionnement de la climatisation									
Contrôler le fonctionnement d'un ventilateur									

Ces modifications vous permettent de réduire votre inconfort

Les modifications que vous effectuez souvent, peuvent changer votre état à une situation de confort ...

Tout de suite	Au bout d'une heure	Au bout d'une demijournée	Au bout d'une journée	Jamais
Préférez-vous effectuer ces contrôles d'ambiance individuellement ?			Oui	Non

Fiche N° :

Annexe V

Observations périphériques	Fiche N°	Vêtements:	Activités:	Situations:	Positions:						
					1	2	3	4	5	..plus	
Confort thermique	Dimension	Sous-Dimension	Indicateurs	Activités liées aux comportements des sujets							
		Ambiance et paramètres de confort thermique	-Température -Qualité de l'air -Humidité -Vitesse de l'air	-Ajustement des vêtements -Utilisation de couvertures -Enlèvement des couvertures - Transpiration excessive - Le malaise - Se déplacer à l'extérieur - Problème de respiration - Inconfort lié à la sécheresse							
		Contrôle individualisé	-Température et conditionnement d'air	- Ouverture/fermeture de fenêtre - Ouverture/fermeture des portes -Changer la position des rideaux ou stores -Allumer/éteindre les lampes de la chambre - Contrôler le fonctionnement de la climatisation - Demander l'aide des infirmières pour ajuster les climatiseurs							
Autres observations											

Annexe VI

•Exemple sur les tableaux de la base de données

Maternité		Ambiances et paramètres		Evaluation personnelle		Conditions générales		Contrôle infirmerie		Mesures											
		Produit les paramètres du confort		Produit vos le deux générale de votre chambre		Bonnez vous sur l'impression de chaque		Indiquez si dans votre chambre vous avez la possibilité d'agir													
		distribuer dans votre chambre				assurances		accrochez sur les éléments suivants													
08/07/2016	CH 01	Etage: F0C	Temp	-3	-2	Temp	2	Tempoort	7	Lum naturel	5	Bactéries	5	Ouarts	SourSouf Rysf	MorSouf Eilbent	MorSouf ParSouf	1	Tem	25	
		Chambre: Table: N	GA de l'air	-1	1	Couleur d'air	7	7	7	7	7	7	7	7	Pour	ParSouf Langes	SourSouf Chnal	MorSouf	1	Tem	34.2
		Position: Abasse	Vid	-3	3	Ep au soleil Lum nat	3	3	3	3	3	3	3	3	PdSouf	MorSouf Eilghia	SourSouf Ventil	MorSouf	1	Tem	28
	CH 02	Nombre d'occup: 01	HR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.1
		Etage: F0C	Temp	3	-3	Temp	6	6	Tempoort	7	Lum naturel	5	Bactéries	3	Ouarts	SourSouf Rysf	MorSouf Eilbent	MorSouf ParSouf	1	Tem	27
		Chambre: Table: O	GA de l'air	-2	1	Couleur d'air	6	6	6	6	6	6	6	6	Pour	ParSouf Langes	SourSouf Chnal	MorSouf	1	Tem	31.6
	CH 03	Position: Abasse	Vid	-3	3	Ep au soleil Lum nat	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0.1
		Nombre d'occup: 02	HR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.47
		Etage: F0C	Temp	3	-3	Temp	7	7	Tempoort	7	Lum naturel	5	Bactéries	7	Ouarts	SourSouf Rysf	MorSouf Eilbent	MorSouf ParSouf	1	Tem	36
	CH 04	Chambre: Table: N	GA de l'air	-1	1	Couleur d'air	7	7	7	7	7	7	7	7	Pour	ParSouf Langes	SourSouf Chnal	MorSouf	1	Tem	28.5
		Position: Abasse	Vid	-3	3	Ep au soleil Lum nat	3	3	3	3	3	3	3	3	PdSouf	MorSouf Eilghia	SourSouf Ventil	MorSouf	1	Tem	33.2
		Nombre d'occup: 01	HR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.1
07/07/2016	CH 01	Etage: F0C	Temp	-3	-2	Temp	2	Tempoort	7	Lum naturel	5	Bactéries	5	Ouarts	SourSouf Rysf	MorSouf Eilbent	MorSouf ParSouf	1	Tem	25	
		Chambre: Table: M	GA de l'air	0	1	Couleur d'air	7	7	7	7	7	7	7	7	Pour	ParSouf Langes	SourSouf Chnal	MorSouf	1	Tem	24.5
		Position: Abasse	Vid	-3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.1	
	CH 02	Nombre d'occup: 02	HR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
		Etage: F0C	Temp	3	-2	Temp	3	3	Tempoort	7	Lum naturel	5	Bactéries	3	Ouarts	SourSouf Rysf	MorSouf Eilbent	MorSouf ParSouf	1	Tem	1.96
		Chambre: Table: M	GA de l'air	-2	-1	Couleur d'air	5	5	5	5	5	5	5	5	Pour	ParSouf Langes	SourSouf Chnal	MorSouf	1	Tem	25
	CH 03	Position: Abasse	Vid	-3	2	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0.5
		Nombre d'occup: 01	HR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
		Etage: F0C	Temp	3	-3	Temp	6	6	Tempoort	7	Lum naturel	5	Bactéries	7	Ouarts	SourSouf Rysf	MorSouf Eilbent	MorSouf ParSouf	1	Tem	21.5
	CH 04	Chambre: Table: N	GA de l'air	-1	1	Couleur d'air	7	7	7	7	7	7	7	7	Pour	ParSouf Langes	SourSouf Chnal	MorSouf	1	Tem	30.3
		Position: Abasse	Vid	-3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0.1
		Nombre d'occup: 03	HR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2.87

Résumé

Depuis l'indépendance jusqu'aujourd'hui, l'Algérie comme tout pays en développement s'efforce dans tous les domaines pour maintenir son statut parmi les nations. La mondialisation, l'industrialisation et l'immense développement technologique sont tous des chemins qui ont mené à la réalisation intense des constructions et des équipements publiques à différentes échelles, secteurs, et de différents caractères ; dont l'objectif visé est souvent la quantité et la modernité des constructions sans penser à prendre en considération la qualité et le confort des usagers.

Parmi les équipements qui doivent être les plus confortables: les équipements sanitaires et les hôpitaux qui ne sont malheureusement soumis à aucune exigence réglementaire dans notre pays, aussi bien qu'ils n'assurent pour les patients aucun aspect de confort en général et de confort thermique en particulier. Ce problème épineux est plus ressenti dans le sud Algérien; par conséquent, il constitue une préoccupation majeure aux habitants de ces villes. D'ici, l'intérêt apporté à ce sujet a soulevé la problématique de cette recherche.

L'étude s'est focalisée sur l'espace clé de l'hôpital qui est la chambre des malades, et elle a pour objectif de définir les causes qui provoquent l'inconfort thermique dans ces espaces sensibles. Notre tâche consiste à évaluer l'état de confort thermique des patients pendant la période de surchauffe, dans des services choisis préalablement et en se basant sur une enquête sociologique avec les médecins exerçant dans les hôpitaux de la ville de Biskra. L'enquête avec les patients, relève d'une approche sensible et s'appuie sur la perception des sujets qui font face à une certaine situation et réagissent à celle-ci. La méthode de cette enquête est construite sur un triptyque d'approches: qualitative (questionnaires), quantitatives (mesures) et observationnel (observation et entretiens) ; à partir desquels nous avons obtenu plusieurs résultats de natures variées.

L'objectif majeur de l'enquête est de comparer deux situations réelles de deux équipements hospitaliers conçus dans des périodes de temps différentes. L'étude comparative a été menée essentiellement pour déterminer le modèle architectural le plus confortable.

Les résultats qui ont montré à la fin une grande différence entre les deux bâtiments, ont été validés avec une simulation numérique à l'aide du logiciel TRNsys.

Mot clés : Confort thermique ; climat chaud et aride; chambre de malade ; patients ; enquête in situ ; mesures physiques; simulation; TRNsys.