



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET  
POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA -01-  
INSTITUT D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME  
Département d'Architecture

**Mémoire de Master en Architecture.**

Option : Technologie et environnement.

**Titre du Mémoire**

**Évaluation du confort thermique dans un établissement de  
santé : Cas de l'établissement spécialisé en psychiatrie de  
Chéraga**

**Présenté par :**  
**MESHOUL Selma**

**Encadrée par :**

**Dr. ALIOUCHE Sihem**

**Membres du jury :**

**Président : Dr. BENKAHOUL Leila**

**Examineur : Dr. KHETTAB Samira**

**Année universitaire : 2021/2022**

## ***Remerciement***

*Je remercie Dieu qui m'a aidé à réaliser les bonnes œuvres et qui m'a créé et m'a donné le courage et la volonté d'étudier et de devenir ce que je suis aujourd'hui*

*Je tiens à remercier avec beaucoup de gratitude mon encadreur Dr. ALIOUCHE Sihem que Dieu le guide, pour son effort à m'orienter et corriger et qui s'est montré très disponible tout au long de la réalisation de ce*

### ***Travail.***

*Mes remerciements s'adressent également aux membres du jury de soutenance.*

*J'exprime mon gratitude à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.*

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*A mon premier cher homme de ma vie, ma source d'amour, d'affection, de générosité et de sacrifices  
tu étais*

*toujours là près de moi pour me soutenir, m'encourager, et me guider. Aucune dédicace ne saurait  
exprimer*

*l'amour et l'admiration que je porte pour toi. Puisse Dieu le tout puissant, te préserver et t'accorde  
santé, longue*

*vie et bonheur.*

**Mon chère Père Amar  
Mon frère Malik et sa petite famille**

*A ma princesse, ma belle, la joie et le bonheur de notre maison, que Dieu te garde, je te souhaite tout  
le bonheur que tu mérites.*

**Ma sœur Ghada SANS OUBLIER LE PETIT Yacine**

*A mes enfants, que Dieu vous garde pour moi et illumine vos chemins.*

**Mohamed Anis, Abderrahmane et le petit Amine**

*Un profond respect à ceux qui a partagé avec moi les moments les plus beaux et les plus dures.*

**Smaine**

## **Résumé**

La conception d'un hôpital s'avère une mission très compliquée du fait qu'elle est contrainte par un programme d'une grande complexité et qu'il est destiné à la catégorie la plus sensible de la société ; les malades. La conception est basée sur des paramètres d'ordre fonctionnel et architectural, le confort thermique et l'efficacité énergétique ne sont pas toujours considérés comme significatifs, ce qui conduit à des bâtiments non confortables et énergivores. Le confort thermique, dans les établissements de santé, constitue une demande reconnue et justifiée, à laquelle le concepteur doit apporter des solutions durables afin d'éviter toute opération de réhabilitation.

Notre travail a pour objectif l'évaluation du confort thermique et la consommation énergétique dans les chambres d'hospitalisation de l'hôpital de psychiatrie de Chéraga, pris comme cas d'étude, par l'analyse des différents paramètres intervenants qualitativement (orientation, matériaux, surfaces vitrées, protections solaires, etc.). Plusieurs outils sont utilisés, il s'agit du diagramme bioclimatique de Givoni et de la simulation thermique et énergétique à l'aide du logiciel « Design Builder ».

**Mots clés :** établissement de santé, architecture bioclimatique, confort thermique, efficacité énergétique.

## **Abstract**

The design of a hospital is a very complicated task because it is constrained by a program of great complexity and is intended for the most sensitive category of society; the sick. The design is based on functional and architectural parameters, thermal comfort and energy efficiency are not always considered significant, which leads to uncomfortable and energy-intensive buildings. Thermal comfort, in health facilities, is a recognized and justified request, to which the designer must provide sustainable solutions in order to avoid any rehabilitation operation.

Our work aims to evaluate the thermal comfort and energy consumption in the hospital rooms of the Psychiatry Hospital of Chéraga, taken as a case study, by analyzing the various parameters involved qualitatively (orientation, materials, glass surfaces, sun protection, etc.). Several tools are used; these are the Givoni bioclimatic diagram and the thermal and energy simulation using the "Design Builder" software.

**Key words:** health facility, bioclimatic architecture, thermal comfort, energy efficiency.

## ملخص

إن تصميم المستشفى مهمة معقدة للغاية لأنها مقيدة ببرنامج شديد التعقيد ومخصص لأكثر فئات المجتمع حساسية. المرضى.

يعتمد التصميم على معايير وظيفية ومعمارية ، ولا تعتبر الراحة الحرارية وكفاءة الطاقة مهمة دائما ، مما يؤدي إلى مباني غير مريحة وكثيفة الاستهلاك للطاقة. الراحة الحرارية ، في المرافق الصحية ، هي طلب معترف به ومبرر ، يجب على المصمم تقديم حلول مستدامة له من أجل تجنب أي عملية إعادة تأهيل. يهدف عملنا إلى تقييم الراحة الحرارية واستهلاك الطاقة في غرف المستشفيات في مستشفى الطب النفسي ، والتي تؤخذ كدراسة حالة ، من خلال تحليل المعلمات المختلفة المعنية نوعيا (التوجيه ، المواد ، الأسطح الزجاجية ، الحماية من للمناخ الحيوي والمحاكاة الحرارية Givoni أشعة الشمس ، إلخ). يتم استخدام العديد من الأدوات ، وهي مخطط "Design Builder" والطاقة باستخدام برنامج.

**الكلمات المفتاحية :** مؤسسة صحية، هندسة معمارية مناخية حيوية ، راحة حرارية ، كفاءة في استخدام الطاقة.

## Table des matières

### Chapitre 01 introductif

1. Introduction.....	01
2. Problématique.....	02
3. Objectifs.....	02
4. Hypothèse.....	03
5. Méthodologie.....	03
6. Structure du mémoire.....	04

### Chapitre 02 État de l'art

1. introduction.....	06
2. Confort thermique.....	06
2.1. Définition du confort thermique.....	06
2.2. Paramètres affectant le confort thermique.....	06
2.2.1. Paramètres liés au climat.....	06
2.2.2. Paramètres liés à l'individu.....	08
2.2.3 Paramètres liés aux gains thermiques internes.....	09
2.3. Aspects du confort thermique.....	09
2.3.1. Aspect physiologique du confort thermique.....	09
2.3.2. Aspect physique du confort thermique.....	10
2.3.3. Aspect psychologique du confort thermique.....	11
2.4. Approches d'évaluation du confort thermique.....	11
2.4.1. Approche statique.....	11
2.4.2. Approche adaptative.....	12
2.5. Méthodes d'évaluation du confort thermique.....	12
2.5.1. Enquête in situ pour l'évaluation du confort thermique.....	12
2.5.2. Outils graphiques d'évaluation du confort thermique.....	13
2.5.3. Simulation thermique.....	17
2.5.4. Bilan thermique.....	17
2.6. Confort thermique dans l'approche de l'architecture bioclimatique.....	18
2.6.1. Définition de l'architecture bioclimatique.....	18
2.6.2. Stratégies bioclimatique pour améliorer le confort thermique.....	19
2.6.3. Dispositifs architecturaux relatifs au confort thermique.....	20
3. Établissement de santé spécialisé en psychiatrie.....	27
3.1. Notions sur la santé.....	27
3.2. Établissement de santé.....	27
3.2.1. Définition.....	27
3.2.2. Catégories des établissements de santé en Algérie.....	27
3.2.3. Missions des établissements de santé.....	28
3.2.4. Principes de conception d'un établissement de santé ayant des bénéfices sur le plan thérapeutique.....	28
3.3. Établissement de santé spécialisé en psychiatrie.....	30
3.3.1. Définition de la psychiatrie.....	30
3.3.2. Maladies psychiatriques.....	30
3.3.3. Définition d'un établissement de santé spécialisé en psychiatrie.....	30
3.3.4. Architecture de l'hôpital psychiatrique.....	30
4. Établissement de santé et confort thermique.....	34
4.1. Impacts des facteurs ambiants sur la santé des patients hospitalisés.....	34

4.2. Aperçu sur les recherches du confort thermique à l'hôpital.....	35
4.3. Normes et réglementations nationales et internationales relatives au confort thermique dans un hôpital.....	40
4.3.1. Normes et réglementations internationales relatives au confort thermique dans un hôpital.....	40
4.3.2. Normes et réglementations nationales relatives au confort thermique dans un hôpital.....	41
5. Conclusion.....	42

## Chapitre 03 Cas d'étude

1. Introduction.....	43
2. Présentation du cas d'étude.....	43
2.1. Situation de l'hôpital.....	43
2.1.1. A l'échelle du territoire.....	43
2.1.2. A l'échelle de la ville.....	43
2.1.3. A l'échelle du quartier.....	44
2.2. Analyse climatique de la zone d'étude.....	45
2.2.1. Température.....	45
2.2.2. Durée d'insolation .....	45
2.2.3. Précipitations .....	46
2.2.4. Vents.....	47
2.2.5. Humidité .....	47
2.3. Analyse bioclimatique de la zone d'étude.....	48
2.3.1. Présentation du diagramme de Givoni.....	48
2.3.2. Interprétation et recommandations du diagramme de Givoni .....	48
2.4. Présentation de l'établissement hospitalier spécialisé en psychiatrie Mahfoudh Boussebssi .....	49
2.4.1. Accessibilité.....	49
2.4.2. Programme et fonctionnement.....	50
3. Évaluation du confort thermique dans les chambres d'hospitalisation.....	51
3.1. Présentation du bâtiment étudié.....	51
3.1.1. Situation et accessibilité.....	51
3.1.2. Caractéristiques architecturales.....	52
3.1.3. Programme surfacique du pavillon.....	54
3.1.4. Caractéristiques constructives .....	55
3.1.5. Équipements de confort utilisés.....	56
3.2. Présentation du logiciel utilisé.....	56
3.3. Méthodologie suivie.....	58
3.4. Résultats et interprétations.....	59
3.4.1. Scénario01 : Simulation du confort thermique dans les chambres des passions avant l'ajout du polystyrène .....	59
3.4.2. Scénario02 : Simulation du confort thermique dans les chambres des passions avec le polystyrène dans la lame d'air .....	61

3.4.3. Scénario03 : simulation du confort thermique avec double vitrage dans les fenêtres et polystyrène dans les murs et le toit-terrasse comme isolant par l'extérieur.....	63
3.4.4. Scénario04 : simulation du confort thermique avec double vitrage dans les fenêtres et laine de roche dans les murs et le toit-terrasse comme isolant par l'extérieur.....	65
3.4.5. Synthèse des simulations .....	69
4. Conclusion .....	69
Conclusion générale.....	70
Liste des figures et des tableaux.....	72
Références bibliographiques.....	75



**CHAPITRE 01 :**  
**INTRODUCTION GENERALE**

## Introduction générale

L'hôpital est un établissement de soins où les malades sont pris en charge par un personnel soignant, il doit leur assurer la guérison, la sécurité et le bien-être.

Notre pays dispose de plus de 300 hôpitaux et les autorités ont lancé un programme de construction de plusieurs hôpitaux à l'échelle nationale. L'objectif est de prendre en charge un nombre plus important de personnes. Le confort thermique des patients n'est pas une priorité dans la conception de l'hôpital, la priorité est donnée aux paramètres d'ordre fonctionnel, architectural et technique. Les bâtiments de santé ne sont malheureusement soumis à aucune exigence réglementaire sur ce plan. ( WIKIPEDIA)

Le confort thermique dans les établissements de santé est aussi important que dans tout autre établissement. En fait, les patients ont besoin d'un confort thermique optimal dans tous les espaces composant l'hôpital qui peuvent nécessiter différentes températures en fonction de la zone spécifique. Par exemple, dans le bloc opératoire, une basse température est souvent requise car la chaleur générée par les équipements chirurgicaux risquerait de générer une chaleur trop élevée pour les équipes chirurgicales, cette demande de basse température peut toutefois avoir un impact contradictoire sur les patients anesthésiés. Par contre, au niveau des chambres d'hospitalisation, le confort doit être constant en été comme en hiver.

Le confort thermique ne pourra être obtenu que si les principes de l'architecture bioclimatique sont intégrés tant au niveau de l'enveloppe (orientations des baies, inertie des matériaux...etc) qu'aux éléments techniques du bâtiment (ventilation simple flux à préchauffage par mur capteur, stores de haute réflexion...etc). Ces principes permettent de limiter le recours aux systèmes mécaniques de chauffage et de climatisation.

« Une conception bioclimatique consiste à trouver le meilleur équilibre entre le bâtiment, le climat environnant et le confort des usagers. Elle accorde une juste place au climat parmi les dimensions fondamentales de l'architecture. Elle replace l'acte d'occuper un bâtiment dans un contexte dynamique, où l'enveloppe du bâtiment est considérée comme une troisième peau, après la nôtre et les vêtements, qui joue le rôle de médiateur entre le climat extérieur et une ambiance intérieure. Ainsi, un bâtiment bioclimatique présente des aspects largement positifs, tant sur la sensation et la perception de confort des occupants, que sur la consommation d'énergie ». (M'Sellem. H, Alkama. D, 2009)

C'est dans ce contexte que nous avons choisi d'aborder la problématique du confort thermique des patients dans un établissement de santé en se focalisant sur les chambres d'hospitalisation.

## Problématique

L'établissement de santé spécialisé en psychiatrie est destiné aux patients atteints de maladies mentales quelles que soient leurs causes ; psychiques, neurologiques ou psychosociologiques. Les troubles mentaux peuvent être permanents ou transitoires et affectent les enfants (pédopsychiatrie) et les personnes âgées (gérontopsychiatrie).

En 2019, une personne sur huit dans le monde présentait un trouble mental, les troubles anxieux et les troubles dépressifs étant les plus courants. En 2020, le nombre de personnes atteintes de tels troubles a augmenté considérablement du fait de la pandémie de COVID-19 (OMS, 2022).

Il ne peut échapper à personne que des patients atteints mentalement peuvent causer des dégâts entre eux et sur eux-mêmes. De ce fait, leurs chambres d'hospitalisation sont dépourvues de tout objet ou installation pouvant présenter un danger.

Ce problème se pose au niveau l'Établissement de santé spécialisé en psychiatrie de Chéraga, où les patients ont arraché les radiateurs et les climatiseurs placés au niveau de leurs chambres, ce qui a conduits les responsables de l'Hôpital à éviter toutes les installations de chauffage et de climatisation des chambres d'hospitalisation. Par conséquent, les patients souffrent de la surchauffe en été et du froid en hiver.

Lors des travaux de réhabilitation de cet hôpital en 2020 et afin d'améliorer le confort thermique dans les chambres, un renforcement de l'isolation thermique par l'utilisation du polystyrène a été effectué au niveau des murs extérieurs .Malgré cela, les patients sont confrontés aux problèmes d'inconfort thermique.

Dans cette optique, nous nous somme posées les questions suivantes :

- Est-ce que l'orientation des chambres a un impact sur la température de l'espace intérieur ?
- Est-ce qu'il est possible de garantir le confort thermique dans une chambre d'hospitalisation de psychiatrie d'une manière passive afin d'assurer la sécurité des patients ?

## Objectifs

Nos objectifs sont les suivants :

- Démontrer l'apport de l'orientation des espaces sur le confort thermique des usagers ;
- Évaluer le confort thermique dans les chambres de malades atteints de maladies psychiatriques ;
- Améliorer le confort thermique dans les chambres de malades atteints des maladies psychiatriques.

## Hypothèses

Pour répondre aux problématiques posées et atteindre les objectifs fixés, nous avons formulé les hypothèses suivantes :

- La prise en compte du critère orientation fait participer le bâtiment à une conception plus performante thermiquement ;
- La prise en compte des données climatiques et l'amélioration des techniques au niveau des matériaux de construction et d'isolation permettent de réaliser des bâtiments confortables et économiques en énergie.

## Méthodologie

Afin de répondre aux objectifs fixés et vérifier les hypothèses proposées, nous avons organisé notre travail en deux parties :

- La première concerne le volet théorique, il s'agit d'introduire le thème de recherche à travers la présentation des établissements de santé, leurs typologies et leurs principes de conception ainsi qu'un état de l'art sur le confort thermique, ses paramètres, ses aspects et son impact sur les patients hospitalisés.
- La deuxième partie concerne le cas d'étude, elle est basée sur une approche observationnelle, des outils graphiques (diagramme bioclimatique) et des simulations thermiques dynamiques.

L'approche observationnelle est appuyée sur l'observation du comportement des malades suite à l'augmentation ou la baisse de la température.

Le diagramme de Givoni, permet de tracer sur un diagramme psychométrique (humidité en ordonnée, et température en abscisse) des plages de confort. La localisation de ces plages permet de définir une stratégie pour le bâtiment : privilégier la ventilation et/ou l'inertie notamment.

La simulation dynamique des bâtiments est effectuée à l'aide du logiciel Design Builder comme outil d'évaluation du confort thermique dans les chambres d'hospitalisation.

Le recours au questionnaire (étude in situ) dans ce type de recherche qui vise à évaluer le confort thermique dans les chambres des malades, est nécessaire pour que les patients puissent transmettre la réalité de leurs sensations. Cependant, dans notre cas d'étude, les patients sont atteints de maladies mentales, ce qui a rendu cette tâche difficile, voire impossible.

## Structure du mémoire

Après une *introduction générale* qui présentera le contexte de la recherche, la problématique, les objectifs, les hypothèses, la méthodologie de recherche et la description du contenu du mémoire, le mémoire sera constitué de deux chapitres organisés comme suit :

- Le *premier chapitre* est dédié à l'acquisition des connaissances théoriques nécessaires sur le confort thermique et les établissements de santé spécialisé en psychiatrie.

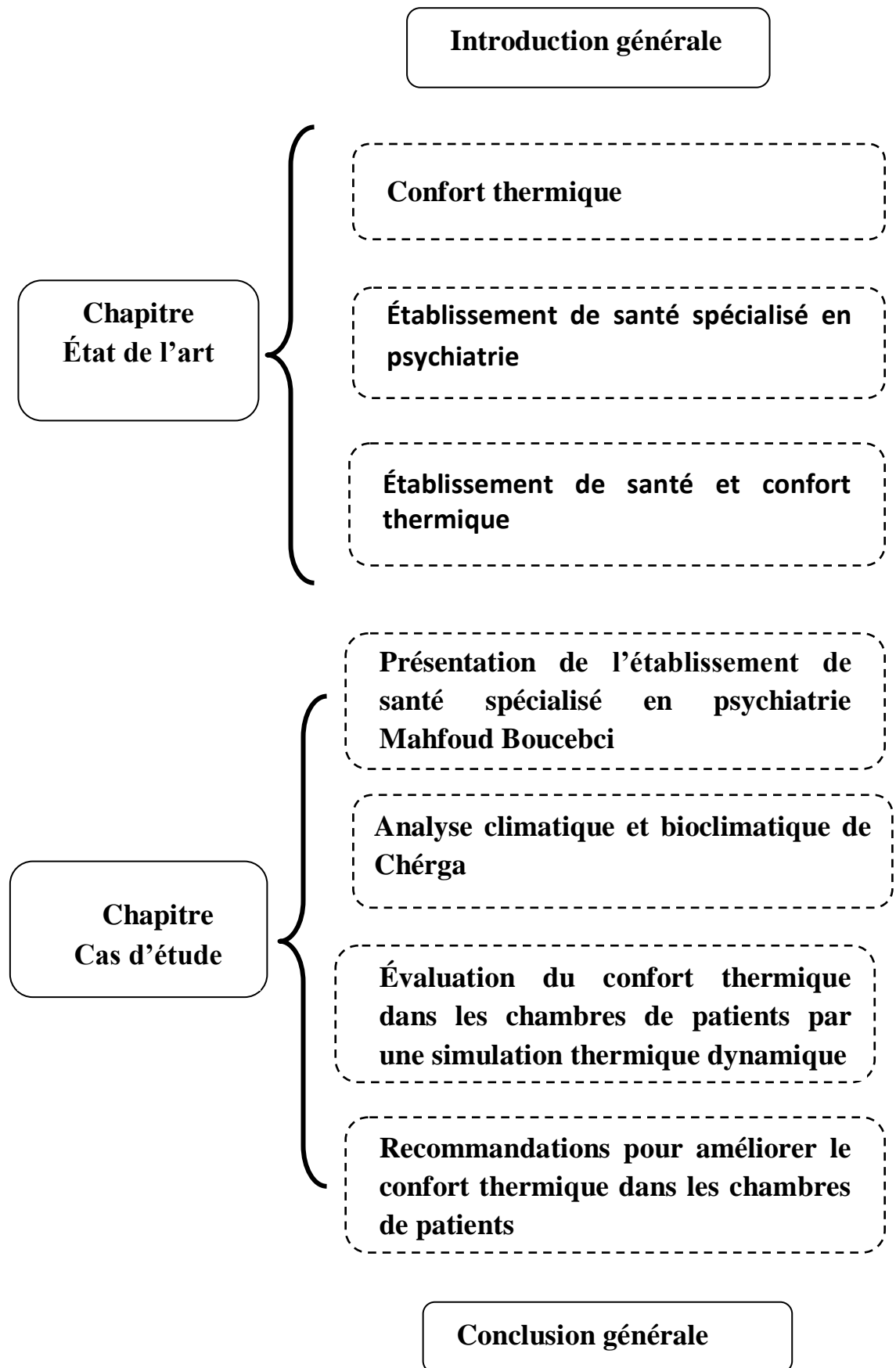
En premier lieu, nous avons défini le confort thermique, après nous avons traité ses différents paramètres et ses différents aspects. Ensuite, nous avons présenté les deux grandes approches du confort thermique et comme le thème de notre recherche est basé sur une étude d'évaluation, nous avons présenté les différentes méthodes d'évaluation du confort thermique et nous avons fini par une présentation des stratégies et dispositifs bioclimatique permettant d'assurer un confort thermique optimal ;

En deuxième lieu, nous avons défini l'établissement de santé, ses typologies, ses missions, après, nous avons présenté les principes de conception d'un établissement de santé ayant des bénéfices sur le plan thérapeutique. Ensuite, nous avons défini l'établissement de santé spécialisé en psychiatrie et présenté la spécificité de son architecture. Enfin, nous avons donné un petit aperçu sur les recherches du confort thermique à l'hôpital et présenté les réglementations nationales et internationales relatives au confort thermique dans un hôpital

- Le *deuxième chapitre* est réservé au cas d'étude. D'abord, nous avons commencé par l'analyse des caractéristiques climatiques de la ville de Chéraga, l'analyse bioclimatique (diagramme de Givoni) et la présentation de l'établissement de santé spécialisé en psychiatrie Mahfoud Boucebci de Chéraga.

Ensuite, nous avons présenté le logiciel de simulation utilisé, l'espace étudié (chambres de patients hommes) et les résultats obtenus à partir de plusieurs simulations numériques et ceci afin d'évaluer et d'améliorer le confort des patients.

Enfin, le travail est achevé par une *conclusion générale* qui résume les résultats obtenus dans cette recherche en proposant des recommandations permettant 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.



# **CHAPITRE02 : ETAT DE L'ART**

## 1. Introduction

A travers ce chapitre, nous essaierons d'une part de définir la notion du confort thermique, de présenter ses paramètres et ses aspects ainsi que les outils qui permettent de l'évaluer, après, nous allons aborder les stratégies et les dispositifs de l'architecture bioclimatique qui permettent de l'améliorer. D'autre part, nous essaierons de définir les établissements de santé, de présenter leurs catégories et leurs missions en se basant sur les établissements de santé spécialisés en psychiatrie. Nous terminerons ce chapitre par la présentation des impacts des facteurs ambiants sur la santé des patients hospitalisés, un aperçu sur les recherches du confort thermique à l'hôpital et une présentation des normes et réglementations nationales et internationales relatives au confort thermique dans un hôpital.

## 2. le confort thermique

### 2.1. Définition du confort thermique

La notion de confort thermique, désigne l'ensemble des multiples interactions entre l'occupant et son environnement où l'individu est considéré comme un élément du système thermique, pour le définir on lui associe plusieurs paramètres, notamment, (K. Parson, 1989):

- ✓ Le paramètre physique: l'homme est représenté comme une machine thermique et on considère ses interactions avec l'environnement en termes d'échanges de chaleur.
- ✓ Le paramètre psychologique: Il concerne les sensations de confort éprouvées par l'homme et la qualification des ambiances intérieures.

Selon Hoffmann, J. B, la définition la plus classique du confort thermique n'est autre qu'une absence d'inconfort.

### 2.2. Les paramètres affectant le confort thermique

La sensation de confort thermique est fonction de plusieurs paramètres

#### 2.2.1. Paramètres liés au climat

**-La température de l'air ambiant:** La température de l'air, ou température ambiante ( $T_a$ ), est un paramètre essentiel du confort thermique. Elle intervient dans l'évaluation du bilan thermique de l'individu au niveau des échanges convectifs, conductifs et respiratoires. Dans un local, la température de l'air n'est pas uniforme, des différences de températures d'air se présentent également en plan à proximité des surfaces froides et des corps de chauffe (NEUF 1978).



## CHAPITRE 02: État de l'art

Ainsi par exemple la réglementation générale française pour la protection du travail (RGPT) (Bodart M 2002). impose des valeurs de référence pour les températures de l'air, données par le tableau 01 ci-dessous.

Ces températures sont calculées pour une valeur moyenne de surface des parois inférieure de 2°C à la température de l'air, elles sont acceptées dans certains cas comme température de confort dans le cadre d'une politique d'utilisation rationnelle de l'énergie.

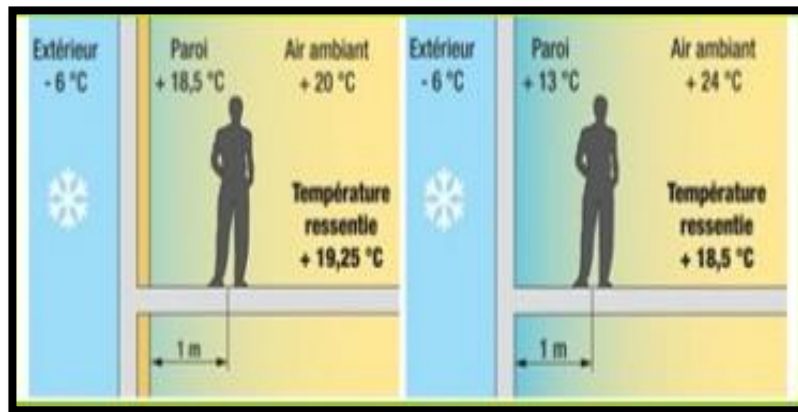
**Tableau 01** : Valeurs de référence de température de l'air .

Type de local	Température de l'air
Locaux ou des gens habillés normalement sont au repos ou exercent une activité physique très légère. Par exemple : bureaux, salles de cours, salles d'attente, salles de réunion ou de conférence.	21°C
Locaux ou des gens peu ou pas habillés sont au repos ou exercent une activité physique très légère. Par exemple salles d'examens ou soins médicaux, vestiaires.	23 à 25°C
Locaux ou des gens habillés normalement exercent une activité physique très légère. Par exemple ateliers, laboratoires, cuisines.	17°C
Locaux ou des gens peu habillés exercent une grande activité physique Par exemple salles de gymnastique, salle de sport.	17°C
Locaux qui ne servent que de passage pour les gens habillés normalement. Par exemple corridors, cages d'escalier, vestiaires, sanitaire.	17°C
Locaux uniquement gardés à l'abri du gel. Par exemple garages, archives.	5°C

**-La température des parois** : La température des parois a une grande influence sur la température ressentie.

Pour calculer simplement la température ressentie, il faut faire la moyenne entre la température des parois et la température ambiante. par exemple, pour une température d'ambiance de 20°C :

- Température de parois de 16°C ; la température ressentie sera de 18°C.
- Température de parois de 19°C ; la température ressentie sera de 19,5°C.



**Fig 01:** Température des parois.

**-La vitesse de l'air:** La vitesse de l'air joue un grand rôle dans les échanges convectifs et évaporatoires, elle intervient dans la sensation de confort thermique de l'occupant dès qu'elle est supérieure à 0,2 m/s. Toutefois, à l'intérieur des bâtiments, ces vitesses demeurent limitées, ne dépassant pas généralement cette vitesse, sauf en cas de mauvaise conception du bâtiment ou du système d'aération. Elle peut, en revanche, être tenue pour responsable de l'apparition d'inconforts locaux, liés à la présence de courants d'air froids ou chauds localisés (Liébard2005).

**-L'humidité relative de l'air:** L'humidité relative de l'air influence les échanges évaporatoires cutanés, elle détermine la capacité évaporatoire de l'air et donc l'efficacité de refroidissement de la sueur.

Selon Liébard A, entre 30% et 70%, l'humidité relative influence peu la sensation de confort thermique. Une humidité trop forte dérègle la thermorégulation de l'organisme car l'évaporation à la surface de la peau ne se fait plus, ce qui augmente la transpiration, le corps est la plupart du temps en situation d'inconfort.

### 2.2.2. Paramètres liés à l'individu :

**-La vêtue:** Les vêtements permettent de créer un microclimat sous-vestimental, à travers leurs résistances thermiques, en modifiant les échanges de chaleur, entre la peau et l'environnement. Leur rôle essentiel est de maintenir le corps dans des conditions thermiques acceptables, été comme hiver.

La nature du tissu, la coupe des vêtements et l'activité du sujet influencent aussi ces échanges thermiques avec l'environnement (Thellier,Françoise1999).

**-L'activité:** L'activité est un paramètre essentiel pour la sensation thermique de l'individu, définissant directement le métabolisme de l'individu, c'est à dire la quantité de

## CHAPITRE 02: État de l'art

chaleur produite par le corps humain. Dans le cas d'une très forte activité, elle peut être responsable de sensations d'inconfort chaud, même en présence de conditions météorologiques très favorables. Il est à noter toutefois que, dans le cas d'une activité classique de bureau, les plages de variation du métabolisme demeurent limitées.

### 2.2.3. Paramètres liés aux gains thermiques internes :

Avec l'essor de la technologie et des besoins électriques (éclairage, électroménager,...), les apports de chaleur internes ont fortement augmenté. Les appareils électriques transforment en effet quasiment toute l'énergie qu'ils consomment en chaleur. Les postes informatiques sont également de vraies sources de chaleur et les occupants constituent eux aussi une autre source d'apports internes par leur métabolisme.

Les apports internes comprennent donc, toute quantité de chaleur générée dans l'espace par des sources internes autres que le système de chauffage.

Ces gains de chaleur dépendent du type du bâtiment, du nombre des utilisateurs et de son usage.

D'après Hugues Boivin, (Hugues Boivin 2007) le confort de l'espace est directement influencé par le taux de ces gains internes (figure 02), on peut dire que ces apports sont inévitables dès lors que les locaux sont habités.

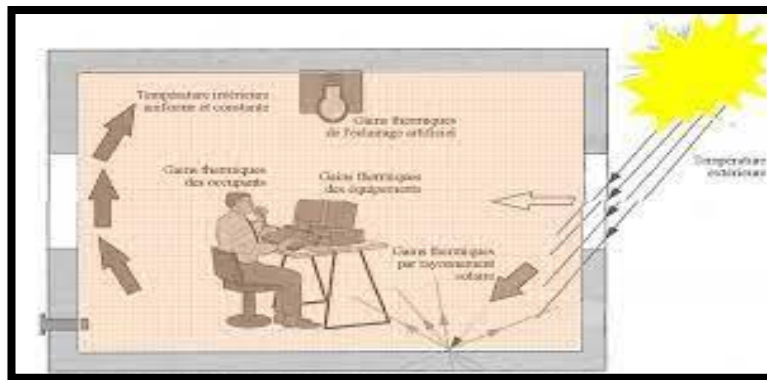


Fig 02: Gains thermiques internes d'un espace (Source: siteweb :Energie plus)

## 2.3. Les aspects du confort thermique

### 2.3.1 L'aspect physiologique du confort thermique:

L'être humain comme tous les mammifères est homéotherme, ce qui signifie qu'il dispose d'un système dynamique de régulation de sa propre température par des échanges de chaleur interne et externe de son corps. En effet, la température du corps humain doit être comprise entre 36.8°C et 37.2°C pour un individu au repos et entre 37.0°C et 37.5°C pour un individu en action. En dessous de 36.5°C et au dessus 37.5°C, le corps est en situation d'inconfort généralisé, (Galeou M, grivel F, Candas V.(1989).

## CHAPITRE 02: État de l'art

Les phénomènes permettant de contrôler cette température interne et la maintenir à environ de 37°C sont réunis sous l'appellation de thermorégulation (cahiers du CSTB 1986). Lorsqu'un individu est en condition de confort thermique les processus de thermorégulation ont des minimales et inconscientes. Les processus de thermorégulation qui permettent de maintenir la température interne sont de deux types (Olivier JUNG 2009): la thermorégulation chimique (par la production interne de chaleur) et la thermorégulation physique (par la modification des paramètres d'ambiances ou de vêtements).

### 2.3.2 L'aspect physique du confort thermique:

Le maintien de la température interne du corps humain autour de 37°C nécessite un équilibre thermique avec son environnement. Pour cela, la chaleur produite à l'intérieur du corps humain est véhiculée à sa surface cutanée et doit être compensée par des déperditions de chaleur dans l'environnement. Si la chaleur produite dans le corps dépasse celle perdue à l'environnement, le corps se réchauffe, sa température interne s'élève et dans le cas inverse il se refroidit avec un abaissement de sa température interne.

#### a- Le métabolisme :

Le métabolisme (noté M) qui s'exprime en Met (**1 Met** correspondant à l'activité métabolique d'un sujet assis au repos, 1 Met = 58 W/m<sup>2</sup>), représente la quantité de chaleur, produite par le corps humain, par heure et par mètre carré de la surface du corps au repos ainsi que la chaleur produite par l'activité humaine (Figure 03), (Merzeg Abdelkader 2010). C'est une grandeur toujours positive non nulle, l'activité métabolique minimale vitale est évaluée à 0,7 Met, mais cette valeur est en fonction des paramètres physiologiques, notamment le poids, la taille, et le sexe.

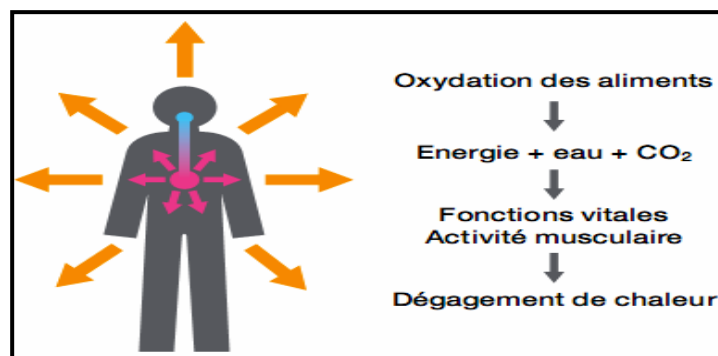


Fig 03: Le métabolisme humain

#### b- Les échanges thermiques du corps humain

Le corps humain en tant que système ouvert, est en interaction permanente avec son environnement via des échanges cutanés et respiratoires. La production de chaleur

## CHAPITRE 02: État de l'art

métabolique produite dans le corps peut être mise à profit d'une élévation de la température interne, ou bien être dissipée à l'extérieur.

Ces échanges thermiques suivent cinq modes différents qui sont; la conduction, la convection, le rayonnement, l'évaporation et la respiration, comme nous l'illustrons sur la figure 04.

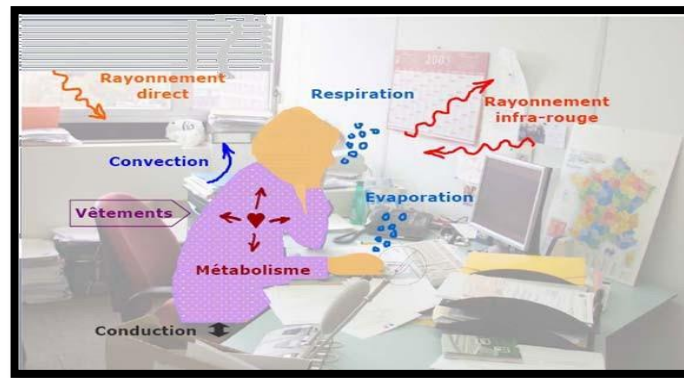


Fig 04 :L'interaction thermique entre le corps humain et son environnement

### 2.3.3 L'aspect psychologique du confort thermique :

Au delà des aspects physiques et physiologiques du confort thermique, un certain nombre de phénomènes et de paramètres non thermiques apparaissent dans l'évaluation du confort thermique d'un occupant.

La sensation que chacun peut avoir du confort dépend de nombreux paramètres intrinsèques à l'individu tels que l'âge, le sexe, le poids, la fatigue et l'état de sante, auxquelles s'ajoutent les facteurs socioculturels.

D'autres paramètres liés davantage à l'ambiance générale dans le local où se situe l'individu, comme la couleur par exemple, peut également influencer la perception du confort. Dans une étude, Rohles et Wells ont observé que les sujets avaient plus chaud dans un environnement de couleur rouge que dans un environnement de couleur bleue.

## 2.4. Approches d'évaluation du confort thermique

### 2.4.1. Approche statique du confort thermique

L'approche statique envisage l'individu en tant que récepteur passif des excitations thermiques avec l'environnement extérieur. Le principe de cette approche repose sur le fait que les effets thermiques d'une ambiance sont ressentis au niveau de la peau par des phénomènes de transfert de chaleur (conduction, convection, rayonnement...) et de masse (perspiration, transpiration...). Ces échanges sont conditionnés par des réponses physiologiques nécessaires pour maintenir la température intérieure du corps humain autour de 37° C malgré les variations des paramètres d'ambiance.

### **2.4.2. L'approche adaptative du confort thermique**

L'approche adaptative considère que les personnes ne sont pas passives vis-à-vis de leur environnement intérieur, mais jouent un rôle actif dans le maintien de leur confort thermique, c'est-à-dire que l'homme peut agir sur son environnement en fonction de ses besoins et de sa perception du climat.

Humphreys considère le principe suivant : « *si une modification des conditions climatiques se produit et provoque de l'inconfort, les personnes entreprendront des actions visant à rétablir leur confort* ». L'ensemble de ces actions constituent la base de l'adaptation, plus le bâtiment est équipé de moyens d'adaptation et plus l'occupant est susceptible d'y éprouver des 2002 confort (Nicol JF, Humphreys Energy Build).

### **2.5. Méthodes d'évaluation du confort thermique :**

Les premières recherches se sont basées sur les enquêtes de terrain avec des questionnaires en classifiant la sensation thermique (très chaud, neutre et très froid) ainsi que sur les essais des laboratoires sous des conditions climatiques artificielles.

#### **2.5.1. Enquêtes in situ pour l'évaluation du confort thermique:**

Les études in situ sur le confort thermique ont constitué une étape importante pour l'évaluation du confort thermique dans les bâtiments. Depuis le travail pionnier de Bedforden 1936, (Endravadan, Mala 2006) les enquêtes se sont multipliées sous les différents climats (sec, humide, tropical, méditerranéen...etc) avec comme cibles principales les bâtiments résidentiels et de bureaux.

Les enquêtes in situ visent à explorer le confort thermique auprès des sujets sur leurs lieux de vie ou de travail habituels à travers les mesures physiques de l'ambiance et les réponses perceptives et affectives des sujets. Ces enquêtes permettent de collecter à la fois des paramètres concernant l'ambiance thermique (températures, humidité...) et les réponses de sensation thermique des occupants qui se trouvent dans des situations réelles de la vie quotidienne.

Les méthodes d'enquête utilisées ont été aussi variées que leurs objectifs, certaines enquêtes sont exploratoires, elles cherchent à déterminer les conditions du confort thermique dans différents types de bâtiment sous différents climats.

Il y a aussi des enquêtes qui étudient l'influence d'un élément particulier sur le confort thermique (l'utilisation de la climatisation). Enfin, nous retrouvons les enquêtes réalisées dans le but de développer une nouvelle loi pour le confort thermique, ce qui est le cas de l'approche adaptative qui a mobilisé plusieurs enquêtes réalisées ces dernières années.



## CHAPITRE 02: État de l'art

### 2.5.2. Les outils graphiques d'évaluation du confort thermique

#### -Le diagramme d'OLGYAY

C'est un diagramme bioclimatique qui considère deux variables fondamentales pour le confort : la température et l'humidité, ainsi que d'autres mesures correctives comme la vitesse du vent, le rayonnement et l'évaporation.

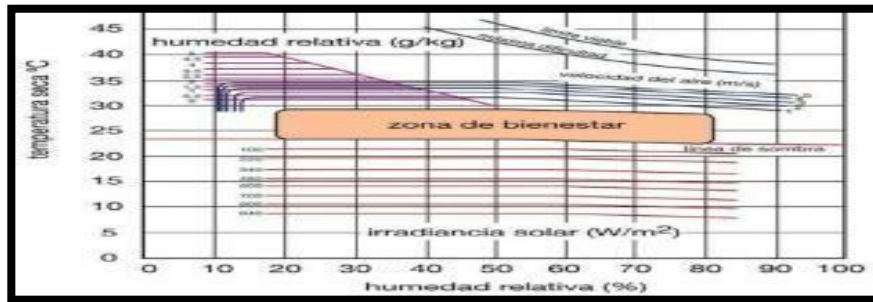
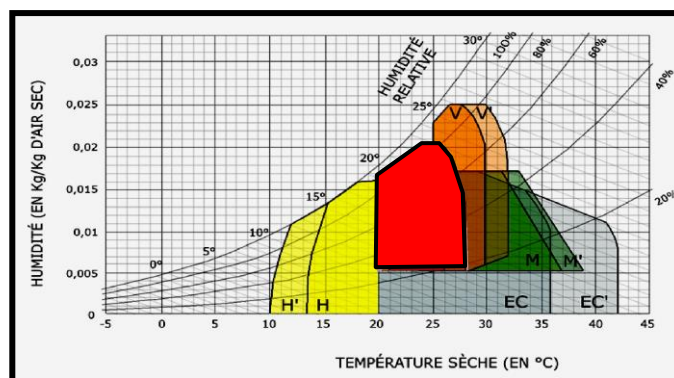


Figure 05: Le diagramme d'Olgyay (Source : Hernandez, 2014)

#### -Diagramme de GIVONI

Le diagramme bioclimatique est un outil d'aide à la décision globale du projet permettant d'établir le degré de nécessité de mise en œuvre de grandes options telles que l'inertie thermique, la ventilation généralisée, le refroidissement évaporatif, puis le chauffage ou la climatisation, il est construit sur un diagramme psychrométrique (appelé aussi diagramme de l'air humide) (figure 06).

Se basant sur les études antérieures d'Olgyay, Givoni a élaboré une méthode expérimentale où il représente les limites des ambiances confortables sur un diagramme psychrométrique courant. Il présente une méthode plus performante que celle de V. Olgyay, dans l'évaluation des exigences physiologiques du confort.



- zone du confort thermique
- zone d'influence de la ventilation à 0,5m/s (VV')
- zone de l'inertie thermique (MM')
- zone d'influence du refroidissement évaporatif (EC et EC'),
- zone de non-chauffage par la conception solaire passive (H et H')

Figure 06 : Diagramme bioclimatique

## CHAPITRE 02: État de l'art

---

Sur ce diagramme sont représentées:

- La zone de confort hygrothermique tracée pour une activité sédentaire, une vitesse d'air minimale (en général 0,1 m/s) et les tenues vestimentaires moyennes d'hiver et d'été;

L'extension de la zone de confort hygrothermique due à la ventilation par augmentation de la vitesse d'air de 0,1 à 1,5m/s;

- La zone des conditions hygrothermiques compensables par l'inertie thermique associée à la protection solaire ;
- La zone des conditions hygrothermiques compensables par l'utilisation de systèmes passifs de refroidissement par évaporation;
- La zone des conditions hygrothermiques qui nécessitent l'humidification de l'air .
- La zone des conditions hygrothermiques compensables par une conception solaire passive du bâtiment.

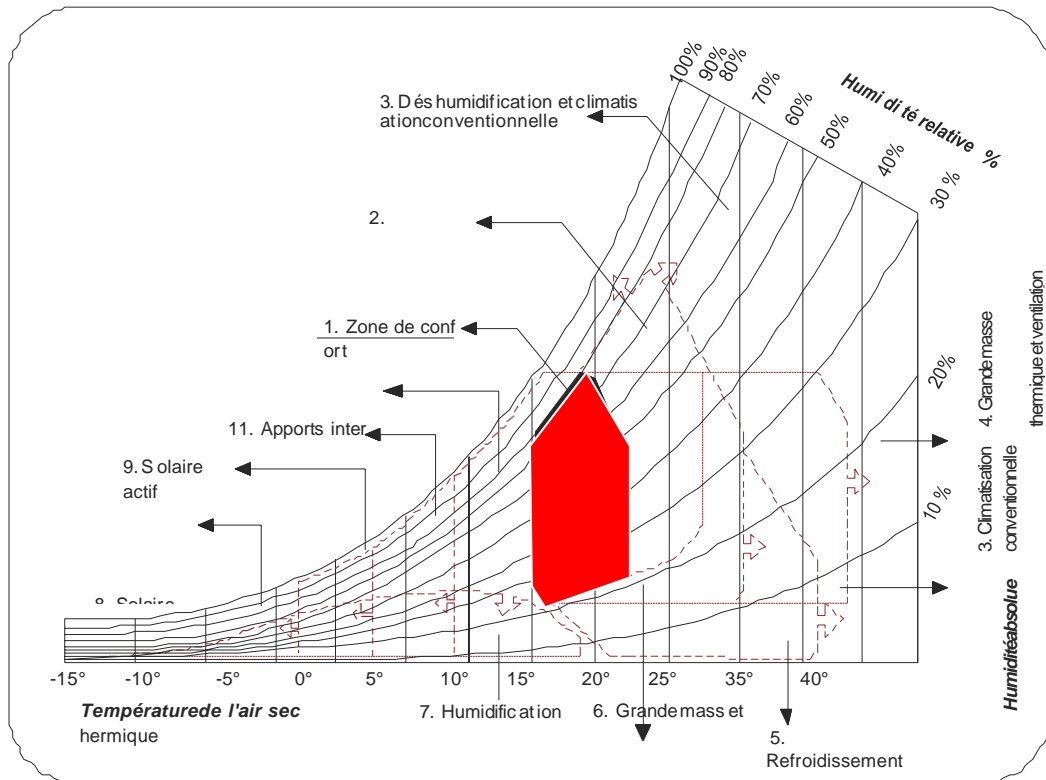
Le diagramme bioclimatique trouve son utilité dès que les conditions climatiques s'écartent du polygone de confort, la distance qui sépare ces conditions des limites du polygone suggère dans le diagramme bioclimatique les solutions constructives et fonctionnelles qu'il faut adopter pour concevoir un bâtiment adapté: ventilation, inertie thermique, protection solaire, utilisation des systèmes passifs.

Cette méthode graphique permet de bien se rendre compte de quelques techniques que l'on peut utiliser pour améliorer le confort dans le bâtiment. On peut voir par exemple que plus la vitesse de l'air n'est importante, plus la zone de confort n'est grande. Une ambiance peut donc être confortable avec une température de 30°C si la vitesse de l'air est de 0,5 m/s, de même, on se rend compte qu'à une température donnée, si l'on baisse l'humidité de l'air, on peut passer d'une zone d'inconfort à une zone de confort. C'est ce qui est utilisé dans les systèmes de climatisation, qui en même temps apportent de la fraîcheur à un local, diminuent son taux d'humidité.

Le diagramme bioclimatique n'est pas un outil de dimensionnement précis du projet, mais il constitue bien un guide pour aider l'architecte à prendre les bonnes décisions en phase esquisse.



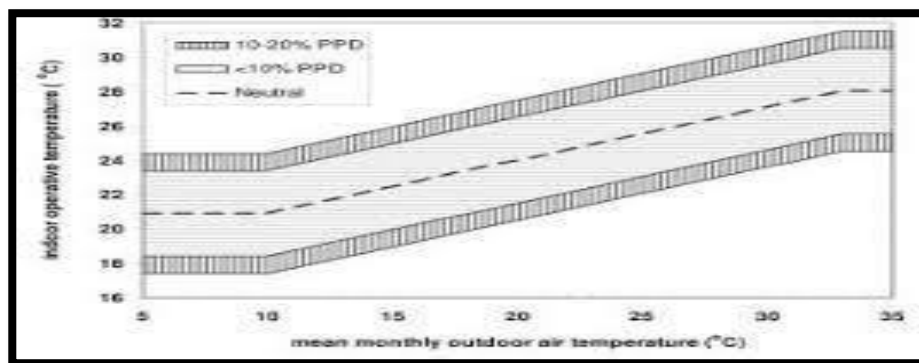
## CHAPITRE 02: État de l'art



**Fig 07 :** Zones de confort selon le diagramme bioclimatique de Givoni.

### ***-La gamme du confort de DE DEAR et BRAGER***

Cette gamme est un outil permettant de déterminer la température du confort (température neutre) à l'intérieur d'un bâtiment à ventilation naturelle en fonction de la température extérieure



**Fig 08:** La gamme de confort de De Dear (Source: ASHRAE, 2004)

### ***-Le diagramme d'EVANS***

\*Il suggère différentes stratégies permettant d'instaurer un seuil satisfaisant du confort selon la température moyenne mensuelle et l'amplitude thermique.

\* Il représente 4 zones du confort : A zone du confort pour les activités sédentaires, B zone du confort pour dormir, C zone du confort pour les mouvements

## CHAPITRE 02: État de l'art

intérieurs, D zone du confort pour les mouvements extérieurs.

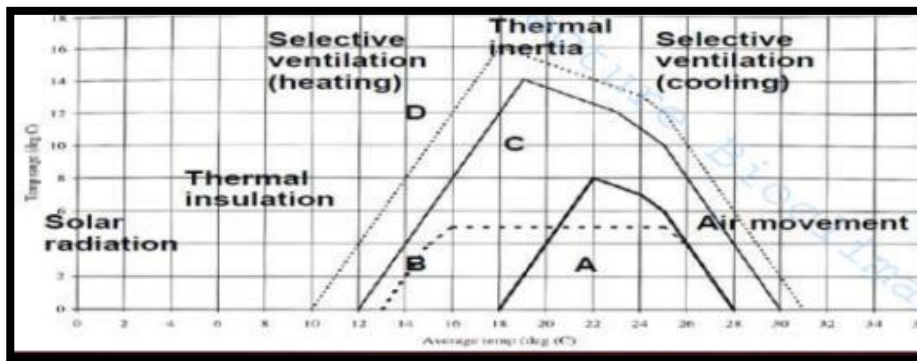


Fig 09: Le diagramme d'Evans(Source : Evans, 2007)

### *-Le diagramme de Szokolay*

La particularité de ce diagramme comparé aux autres est la considération de la température neutre et la température effective, ce qui permet de définir des zones du confort selon la spécificité de chaque climat

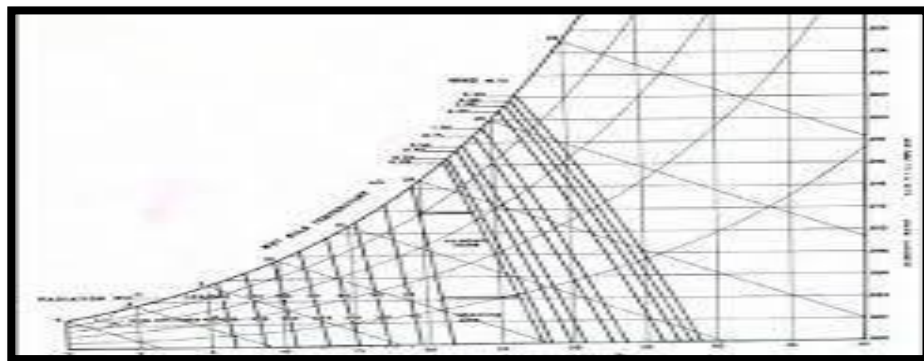


Fig 10: Le diagramme de Szokolay(Source : Szokolay, 1979)

### *-Tables de Mahoney*

Les tables de Mahoney sont une série de tableaux de référence d'architecture utilisées comme guide pour obtenir des bâtiments confortables, adapté aux conditions climatiques. Cestables qui tirent leur nom de l'architecte Carl Mahoney qui les a crée, sont constituées d'une suite de 6 tableaux.

Quatre sont utilisées pour entrer les données climatiques :

- 1-Températures : moyennes mensuelles des températures maximales et minimales ;
- 2-Humidité, précipitations et vent ;
- 3-Comparaison des limites de confort et du climat ;
- 4-Indicateurs : par combinaison des données des tables précédentes, classification de l'humidité ou de l'aridité pour chaque mois.

Les deux autres tableaux indiquent les recommandations architecturales à respecter telles que la forme et l'orientation du bâtiment, la position, la dimension ou l'exposition des

ouverture...etc.

En fonction des données climatiques (Températures, Humidités relatives, Précipitations, du site d'intervention), la méthode de Mahoney va aider l'architecte à prendre les meilleurs décisions en phase esquisse.

### **2.5.3. La simulation thermique dynamique (STD) :**

Il est nécessaire que le concepteur puisse faire assez rapidement et dès le début du projet, des choix qui, non seulement ne soient pas nocifs à cette qualité thermique, mais permettent de l'atteindre.

Pour l'architecte, la simulation doit permettre de valider rapidement des options fondamentales (implantation, structure, ouvertures...), d'explorer et de commencer à optimiser certains choix, mais aussi d'informer le maître d'ouvrage et le convaincre éventuellement de la nécessité d'engager des coûts parfois plus élevés à la construction pour un meilleur confort et des charges de fonctionnement moindre (qui entraîneront un coût global plus faible).

La STD permet de prendre en compte l'inertie thermique du bâtiment, les ponts thermiques, le comportement des usagers, la stratégie de régulation et de mener les études de sensibilités afférentes. La STD permet donc d'identifier et de quantifier l'impact des différentes fuites énergétiques (ponts thermiques, infiltration, ventilation...) afin de valider les concepts et solutions techniques retenues.

#### ***-Fonctions et informations manipulées :***

Il existe un certain nombre d'outils permettant d'aider le concepteur à mieux maîtriser les différentes phases de son projet : Pléiade+Confie, Design Builder, TRN Sys Simulation Studio.

Outre par son ergonomie et ces caractéristiques techniques (qui varient en parallèle avec les évolutions en matière de conception des logiciels et d'environnement matériel), un logiciel de simulation se caractérise par ses fonctions que l'on peut regrouper en trois domaines : les entrées, le traitement des données, les sorties.

### **2.5.4. Le bilan thermique**

Faire le bilan thermique d'un bâtiment ou d'un local, consiste à effectuer un calcul de déperdition et des apports du bâtiment.

Le calcul des déperditions doit être effectué pour répondre à trois préoccupations :

- La plus évidente étant le dimensionnement : ce calcul nous fournira la puissance émise vers l'extérieur et donc la puissance des radiateurs nécessaire.

## CHAPITRE 02: État de l'art

---

- Le calcul des déperditions est également un outil de vérification et de détermination de l'identité thermique.
- Enfin, le calcul des déperditions nous permettra d'avoir accès au calcul des consommations d'énergie.

Les méthodes de calcul du bilan thermique durant l'hiver et l'été sont différentes, à cause de grandes différences entre les conditions thermiques extérieures des deux saisons.

### ***-Bilan thermique d'hiver***

Le bilan thermique d'hiver a pour objectif de:

- Déterminer les besoins de chaleur du bâtiment en hiver.
- Connaître la puissance de chauffe à installer dans chacun des locaux d'un bâtiment.

Le bilan thermique d'hiver d'un bâtiment est fait pour les conditions les plus défavorables, c'est-à-dire pour les journées les plus froides de l'année. Le calcul des déperditions par transmission et par ventilation se fait séparément.

### ***- Le bilan thermique d'été***

Le bilan thermique d'été a pour objectif de:

- Calculer les apports (gains) de chaleur.
- Déterminer les besoins en froid et par la même, les puissances de climatisations d'été à installer.

Le bilan thermique d'été est la somme des apports extérieurs et internes. Le calcul devra être mené pour les conditions extérieures les plus défavorables, qui sont celles des journées les plus chaudes de l'année.

## **2.6 .Confort thermique dans l'approche de l'architecture bioclimatique**

### **2.6 .1. Définition de l'architecture bioclimatique**

« *L'architecture bioclimatique rétablit l'architecture dans son rapport à l'homme 'l'occupant' et au climat « extérieur et intérieur : les 'ambiances' » »*. (Liebard and De\_Herde,2005).

L'architecture bioclimatique vise principalement à améliorer le confort qu'un espace construit peut induire naturellement, c'est-à-dire minimiser l'utilisation des énergies non renouvelables, l'impact pervers sur l'environnement naturel et le coût de l'investissement et de l'exploitation. L'intérêt du bioclimatisme est donc le plaisir de vivre dans un espace confortable, ce qui représente un élément fondamental de l'art de l'architecture. (Fernande And lavigne, 2009).

### 2.6.2. Stratégies bioclimatiques pour améliorer le confort thermique :

Fondée sur des choix judicieux de la forme du bâtiment, de son orientation en fonction des particularités du site (climat, ensoleillement, vents dominants, topographie...etc.), de la disposition des espaces, des matériaux utilisés....., l'architecture bioclimatique est une conception qui vise l'utilisation des éléments favorables du milieu pour la satisfaction du confort et du bien-être de l'homme.

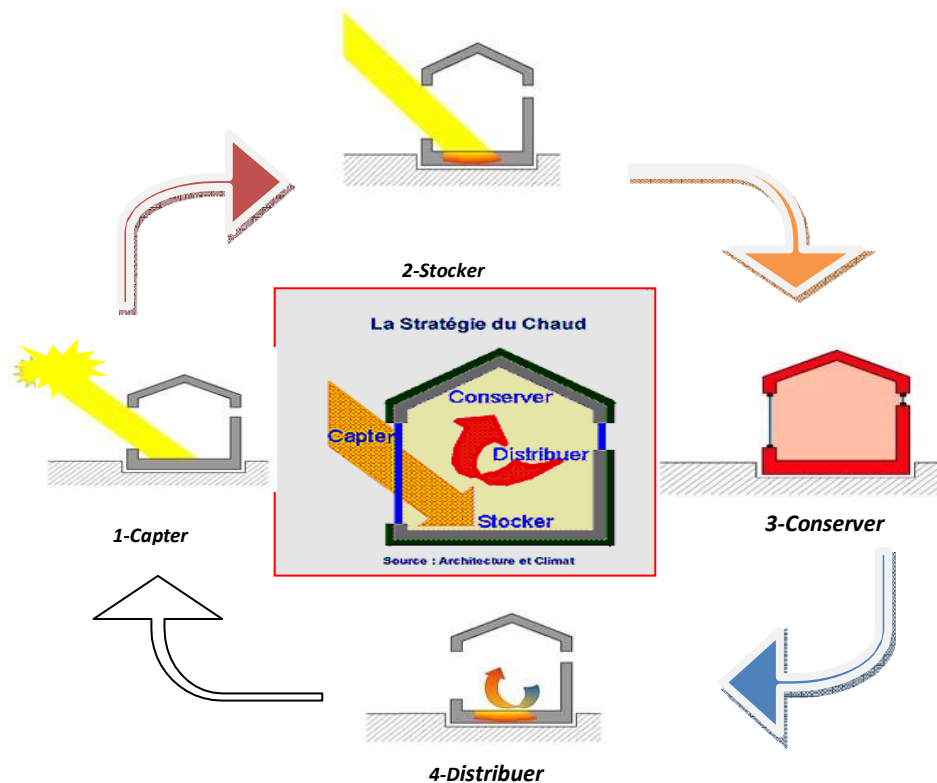
En été comme en hiver, l'architecture bioclimatique a développé des stratégies passives, profitant des aspects favorables de l'environnement, pour créer une ambiance intérieure confortable, deux stratégies résument l'approche bioclimatique du confort thermique.

#### - *Stratégie du chaud. (Confort d'hiver)*

S'il est important de se protéger des surchauffes en été, il est tout aussi important de récupérer des calories en période froide pour se chauffer.

Les principes de la stratégie de chaud (ou systèmes de chauffage solaire passif) sont les suivants : capter le rayonnement solaire, stocker l'énergie ainsi captée, distribuer cette chaleur dans le bâtiment, réguler cette chaleur et enfin éviter les déperditions dues au vent.

(Figure 11)



**Fig 11:** Concepts de la stratégie du chaud

## CHAPITRE 02: État de l'art

### -Stratégie du froid (confort d'été)

Contrairement à l'hiver, les apports gratuits sont indésirables en saison chaude et contribuent à augmenter les besoins de rafraîchissement. La stratégie de refroidissement naturel répond au confort d'été. Il s'agit de se protéger du rayonnement solaire et des apports de chaleur, de minimiser les apports internes, de dissiper la chaleur en excès et enfin de refroidir naturellement. (Figure 12)

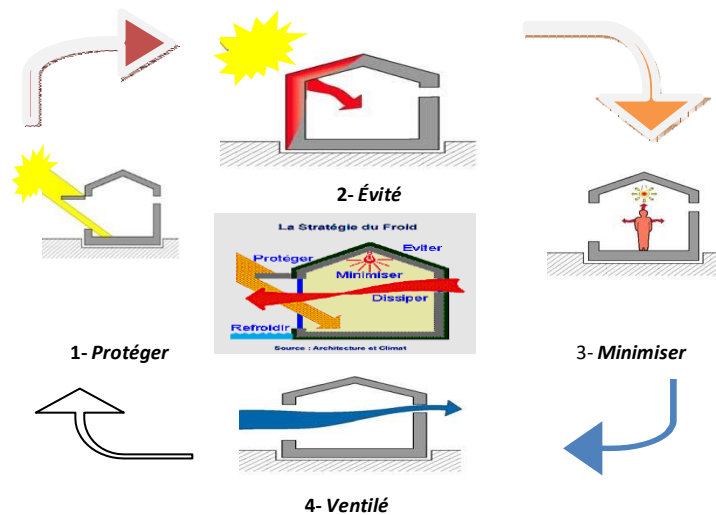


Fig 12 : Concepts de la stratégie du froid

### 2.6.3. Dispositifs architecturaux relatifs au confort thermique

**-Implantation:** Elle détermine l'éclairement, les apports solaires, les déperditions, les possibilités d'aération, etc. (Liebard and De\_Herde, 2005).

La stratégie d'implantation consiste donc à éloigner le bâtiment des masques d'hiver identifiés pour capter le plus d'apports solaires, et le rapprocher des masques d'été pour bénéficier de l'ombre produite.

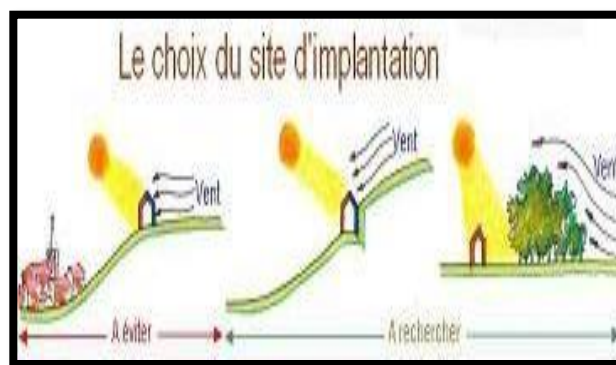


Fig 13: Implantation du bâti (Source: Site web : maison-éco-logique)

## CHAPITRE 02: État de l'art

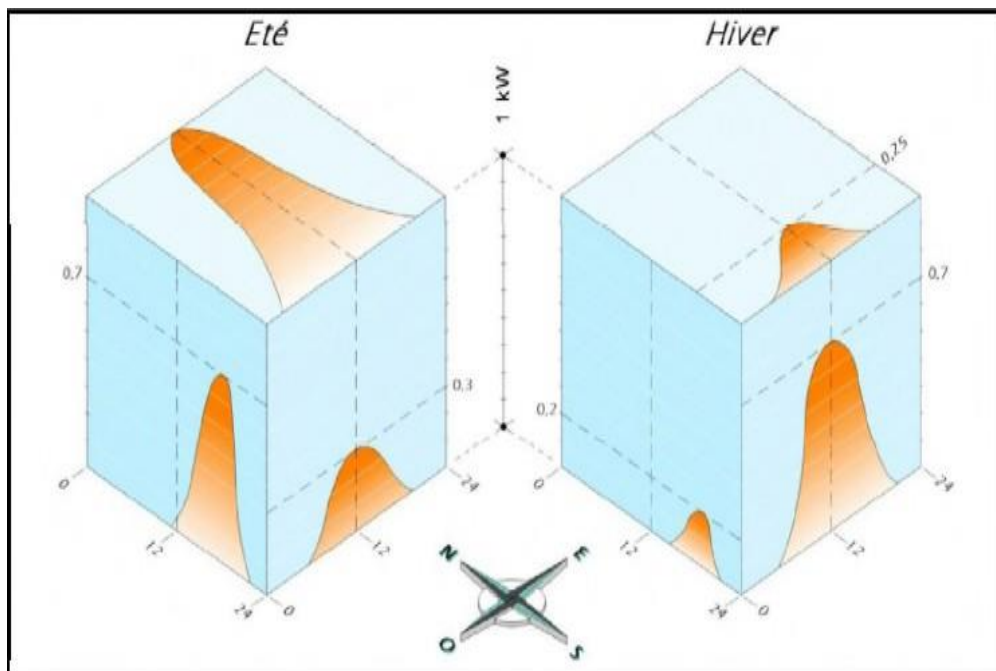
### **-L'orientation**

L'orientation affecte les conditions thermiques intérieures de deux manières et par l'influence de deux facteurs climatiques distincts qui sont : le rayonnement solaire et la ventilation.

#### **a) L'orientation par rapport au rayonnement solaire**

Toute construction ne tenant pas compte de la position du soleil consomme de grandes quantités d'énergie pour son chauffage en hiver et sa réfrigération en été. Au moment de la conception d'un bâtiment, il est alors utile de faciliter la pénétration du rayonnement solaire à l'intérieur des pièces à chauffer en hiver à l'inverse de l'été où ce rayonnement est à éviter.

- **OUEST** : Cotes d'intempérie ; grand ensoleillement l'après-midi avec forte chaleur et éblouissement.
- **SUD**: Soleil de midi au zénith en été, ensoleillement profond l'hiver.
- **EST** : Ensoleillement profond le matin chaleur agréable en été très grand refroidissement en hiver.
- **NORD** : peu de soleil vents d'hiver lumière uniforme l'orientation nord est à éviter sauf pour les zones climatiques à forte insolation. Des dispositions de protections solaires sont à prévoir en été pour les basses latitudes. (SAHLI, Samy 2013)



**Fig 14** : Répartition des puissances reçues du soleil, selon les différentes orientations.



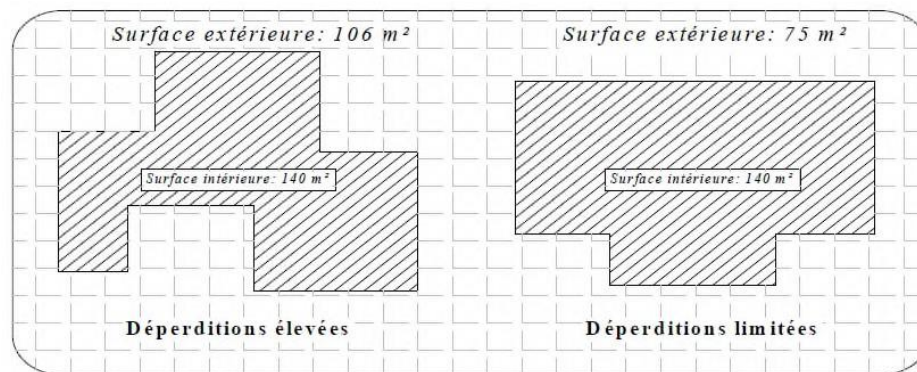
### b) *L'orientation par rapport au vent*

L'appréciation et la connaissance du comportement du vent importantes pour sa prise en compte dans la conception des plans de masse les exigences du confort peuvent amener à s'ouvrir au vent ou à s'en protéger selon la période.

#### *-La forme architecturale*

La meilleure forme est celle qui permet de perdre un minimum de chaleur en hiver et d'en gagner un minimum en été. La forme allongée dans la direction est-ouest est la forme optimale générale donnant les meilleurs résultats d'ensoleillement dans chaque cas et pour toutes les zones climatiques d'hiver. Les façades Est et Ouest recevant le plus fort ensoleillement en été et difficiles à protéger ont tout intérêt à être minimisées.

La forme compacte convient mieux car elle réduit la surface exposée avec l'environnement extérieur.



**Fig 15** : Impact de la forme du bâtiment sur l'importance des surfaces de déperditions thermiques.  
Source (CHABBI M, 2009)

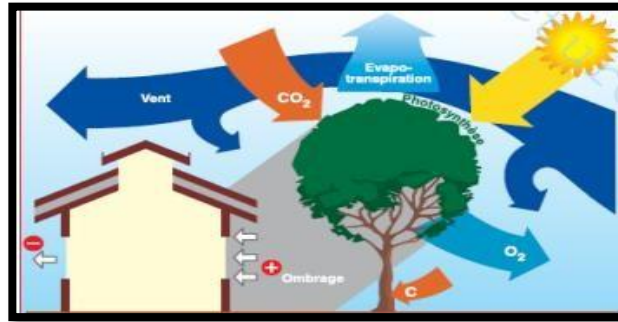
#### *-Les matériaux de construction*

Une fois la meilleure orientation définie, le concepteur doit faire en sorte que le bâtiment acquière une bonne inertie. C'est choisir des matériaux qui permettent à la fois de construire sur plusieurs étages et d'être suffisamment isolants pour ne pas nécessiter d'isolant intérieur ou extérieur. On en trouve actuellement de plusieurs types : les briques alvéolaires de terre cuite, les bétons cellulaires, les bétons légers, le parpaing de chanvre et les constructions paille avec une ossature bois, la ouate de cellulose, le liège Le chanvre, le lin, le coton, ...etc.

#### *-La végétation*

La végétation contribue aussi à réduire l'exposition d'un bâtiment au soleil. lorsqu'elle est utilisée judicieusement. elle peut être très bénéfique en matière de contrôle solaire. les arbres à feuilles caduques permettant de profiter de la lumière naturelle en hiver et de créer un ombrage en été sont particulièrement intéressants.

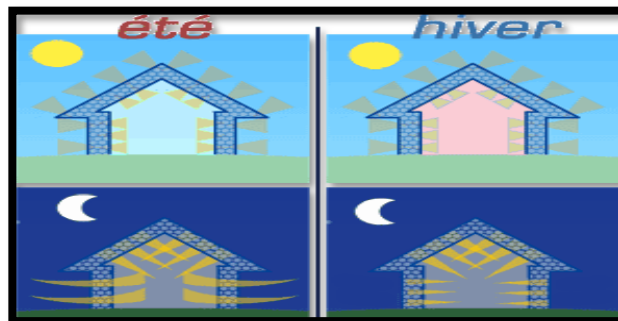




**Fig 16:** La végétation comme dispositif bioclimatique (Source: Site web : maison-éco-logique)

### ***-Inertie thermique***

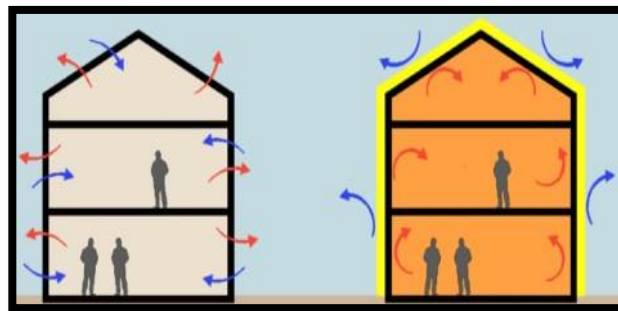
Elle traduit la capacité d'un matériau à stocker et à restituer de l'énergie sous forme de la chaleur (Choisir un matériau à forte inertie thermique)



**Fig 17:** L'inertie thermique du matériau (Source: site web :Econology)

### ***-Isolation des parois***

L'isolation empêche les transferts de la chaleur par ses différents modes, de milieu chaud vers le milieu froid et donc elle minimise les besoins de chauffage et de climatisation.



**Fig 18:** Isolation du bâti (Source: Siteweb : maison-éco-logique)

### ***-Protection solaire des ouvertures***

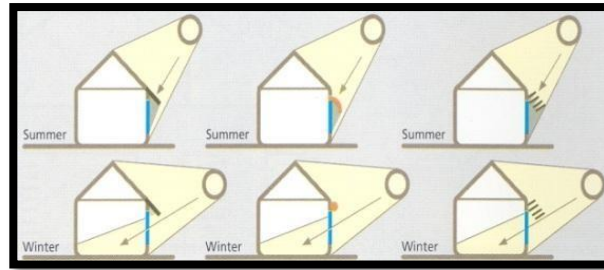
Les avancées: ils peuvent être mobiles pour avoir une bonne protection durant l'été et un meilleur profit des gains solaire en hiver :

- Avancées horizontales au Sud.
- Avancées verticales à l'Est et à l'Ouest.
- Avancée combinées : qui encadre toute l'ouverture, le type Loggia et le plus souvent rencontrées.

## CHAPITRE 02: État de l'art

Les vitrages réfléchissants et les vitrages teintés.

Autres types : Arbres, pergola, véranda, ...etc.

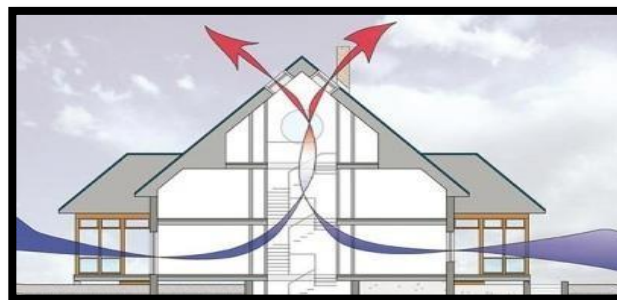


**Fig 19:** Protection solaires (Source: siteweb :Energie plus)

### *-Ventilation naturelle*

En été, la ventilation est une source de fraîcheur, elle augmente les échanges thermiques entre le corps humain et l'air ambiant par convection et évaporation de la sueur. En hiver, la ventilation peut être une source d'inconfort due aux déperditions thermiques.

La capacité de ventiler naturellement dépend du potentiel des parois extérieures et intérieures du bâtiment à laisser circuler les flux d'air. C'est à dire l'écoulement d'air et de la position et dimensions des ouvertures dans le bâtiment.



**Fig 20:** Ventilation naturelle dans une bâtisse (Source: site web : Énergie plus)

### *-Type de vitrages*

La surface vitrée est le premier élément qui permet la captation d'une quantité d'énergie solaire, elle se doit alors d'être la plus grande possible. Trois types de vitrage sont possibles :

- Le simple vitrage : favorise les déperditions de chaleur, malgré la quantité importante d'énergie qu'il laisse passer.
- Le double vitrage : permet une meilleure isolation et compense la perte en transmission solaire. Préférez les vitres à isolation thermique renforcée.
- Le triple vitrage : augmente l'isolation, mais son coût est élevé.
- Le vitrage à contrôle solaire sera encore plus efficace.

## CHAPITRE 02: État de l'art

---

### *-Toitures végétalisées:*

Par la création d'un tapis végétal sur la conception, on apporte une isolation thermique contre le froid et la chaleur, donc les toitures végétalisées jouent un rôle important au niveau de la régulation thermique.



**Fig 21:** Toiture végétale (Source: site webmaison-éco-logique)

### *-Dispositif du chauffage solaire passif*

#### ➤ *Façade double peau :*

Cette solution présente en effet de nombreux avantages lors de la réhabilitation de bâtiments existants. Le premier intérêt réside dans les économies d'énergie réalisées. En créant une zone tampon thermique, les façades double-peau servent au pré-chauffage solaire de l'air en hiver et réduisent ainsi les consommations. En été, la circulation d'air permet de rafraîchir la façade. C'est également un dispositif architectural qui protège l'enveloppe existante de la pluie, de la neige, du vent, des UV, etc. Autre avantage, en fonction de leur conception, elles améliorent de façon significative l'isolation acoustique d'un édifice. Certes, créer une deuxième peau reste relativement cher (entre 600 et 800 E/m<sup>2</sup>), mais cela peut s'avérer nettement moins onéreux que la destruction de l'édifice.



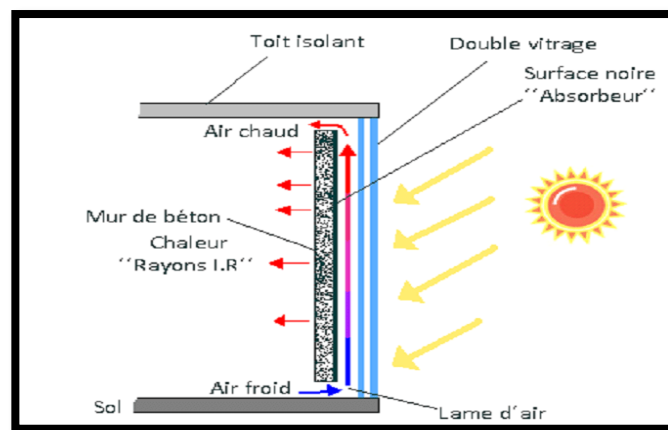
**Fig 22:** Façade double peau

### ➤ *Mur trombe :*

Le mur trombe le plus courant comporte une paroi massive, destinée à accumuler la chaleur provenant de la lumière traversant un vitrage. La paroi d'accumulation comporte par ailleurs en parties haute et basse des ouvertures permettant à l'air de circuler.

Quand le soleil brille, l'air emprisonné entre le vitrage et le mur trombe s'échauffe et monte par convection, puis s'échapper par les ouvertures hautes. De l'air frais est alors aspiré par les ouvertures basse, par ailleurs, la masse du mur s'échauffant transmet dans le bâtiment par conduction la chaleur accumulée. On a donc un chauffage instant par les ouvertures et un chauffage déphasé à travers le mur.

Afin d'éviter les pertes la nuit, il est préférables de placer un volet isolant devant le vitrage qui permettra aussi d'empêcher le mur trombe de chauffer l'été.



**Fig 23:** Mur trombe

### ➤ *La serre bioclimatique*

La serre bioclimatique, dite serre solaire passive, stocke l'énergie solaire durant la journée. Elle la restitue la nuit ou lors de séquences nuageuses. Elle est isolée pour réduire les pertes thermiques. Elle ne nécessite ni panneau solaire, ni chauffage externe.

La serre bioclimatique joue plusieurs rôles dans le confort thermique. Elle chauffe en hiver, Elle permet d'éviter les surchauffes d'été et utilise le climat et l'environnement du lieu de son implantation.

Il y a plusieurs paramètres à respecter pour une meilleure optimisation :

- La serre bioclimatique doit être orientée au sud :
- Pour un meilleur stockage et un meilleur transfert de chaleur la serre bioclimatique doit être encastrée dans le bâtiment.
- La serre bioclimatique à deux niveaux permet un confort estival supplémentaire, la fraîcheur reste en bas.



**Fig 24:** maison avec serre bioclimatique

### **3. Établissement de santé spécialisé en psychiatrie**

#### **3.1. Notion sur la santé**

« L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) définit la santé comme étant : un état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité ».

#### **3.2.Établissement de santé**

##### **3.2.1. Définition**

"Un hôpital est une maison d'homme", a écrit Le Corbusier. certains architectes qui aujourd'hui se battent pour instillant un peu de vie et donnant les repères nécessaires, sans parler d'un confort élémentaire dont l'absence fait que certaines familles vont aujourd'hui jusqu'à refuser d'y voir héberger leur malade.

Jean-François Bonne : concevoir un hôpital est tout sauf un projet anodin « c'est un lieu dans lequel les usagers et le corps médical vont être confortés à la maladie, à la souffrance et souvent à la mort » (Sulvier Cnun 2015).

##### **3.2.2. Catégories des établissements de santé en Algérie**

Selon le décret exécutif n°07-140 du 02 jourmada 1428 correspondant au 19 mai 2007 portant création, organisation et de fonctionnement des établissements publics hospitaliers et des établissements publics de santé de proximité les établissements de santé sont classés comme suit :

- Les établissements hospitaliers universitaires.
- Les établissements hospitaliers spécialisés.
- Les établissements publics hospitaliers.
- Les établissements publics de santé de proximité.

##### **3.2.3. Missions des établissements de santé**

L'établissement de santé a pour mission de prendre en charge, de manière intégrée et

hiérarchisée, les besoins sanitaires de la population. Dans ce cadre il a, notamment pour tâches :

- D'assurer l'organisation et la programmation de la distribution des soins curatifs, de diagnostic, de réadaptation médicale et d'hospitalisation.
- D'appliquer les programmes nationaux de santé.
- D'assurer l'hygiène, la salubrité et la lutte contre les nuisances et les fléaux sociaux.
- D'assurer le perfectionnement et le recyclage des personnels des services de santé.

### **3.2.4. Principes de conception d'un établissement de santé ayant bénéfices sur le plan thérapeutique**

Pour le but d'améliorer la qualité de vie des patients et des professionnels de santé à l'intérieur d'un hôpital, de nombreux aspects sont donc à prendre en considération dès aujourd'hui.

Penloup ,(2014), à préciser des attentes légitimes et incontournables en matière de qualité architecturale qui sont :

#### ***a) L'hôpital doit être fonctionnel***

Il s'agit d'étudier les flux et de les intégrer dans la réflexion de programmation, de s'assurer de sa lisibilité aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur, de créer de nouveaux espaces d'accueil adaptés aux besoins, de prévoir sa flexibilité et sa modularité.

La prise en compte de l'ergonomie est essentielle dans l'utilisation des équipements, mais aussi dans les circuits de prise en charge du patient, dans l'organisation des espaces et dans la circulation de l'information.

#### ***b) L'hôpital doit être accueillant***

La notion de confort évolue dans les sociétés occidentales. Une réflexion sur les espaces hôteliers conduit à prendre en compte l'importance d'une conception plus chaleureuse dans le choix des matériaux, des couleurs, des ambiances grâce à l'optimisation de la lumière par exemple.

Les notions de confidentialité et de respect de l'intimité sont essentielles. D'où l'apparition des atriums, des espaces de rencontre dédiés aux familles et aux patients, des espaces communs aux personnels, ainsi qu'une réflexion sur la signalétique.

#### ***c) L'hôpital fortement équipé doit maîtriser ses risques***

Les équipements de pointe doivent répondre aux attentes des usagers et aux types d'activités qui sont définis par les schémas d'organisation sanitaire. L'hôpital doit être conçu pour répondre aux exigences de sécurité liées à la réglementation qui ne cesse



## CHAPITRE 02: État de l'art

---

d'évoluer. Il est donc nécessaire d'intégrer les éléments de la gestion des risques et de la sécurité dans la programmation.

### ***d) L'hôpital doit rester humain***

Les usagers et les professionnels attendent également de l'hôpital de pouvoir continuer à y mener une vie sociale. Cela nécessite des espaces conviviaux (des cafétérias et autres services ouverts sur la ville) ainsi que des espaces évolutifs adaptés au partage de moments collectifs, aux actions culturelles, sportives et artistiques. De même dans les moments les plus graves, il faut pouvoir offrir aux patients, à leurs familles et aux professionnels, des espaces dédiés aux événements douloureux et au recueillement.

### ***e) L'hôpital doit respecter l'environnement (HQE) -(DD)***

L'intégration d'une démarche « haute qualité environnementale » est d'actualité, notamment sur les aspects de la gestion de l'eau, de l'air, des « chantiers propres », de la gestion des bruits, de la gestion de l'énergie et de la gestion des déchets.

### ***f) L'hôpital doit s'adapter à de nouveaux modes d'organisation***

À partir du projet d'établissement largement concerté avec les professionnels intégrant un projet médical centré sur le patient, il s'agit de repenser au fonctionnement interne de l'hôpital. Ces nouvelles organisations s'inscrivent dans le cadre d'une « nouvelle gouvernance » en privilégiant L'efficience et l'optimisation des moyens.

### ***g) L'hôpital est au cœur d'un réseau de soins***

Il s'agit de tenir compte de l'évolution des modes de prise en charge en réseaux, basés sur un partenariat externe avec les professionnels libéraux et l'ensemble des acteurs sanitaires et sociaux. De multiples réseaux se sont organisés : réseaux inter hospitaliers, réseaux autour de pathologies particulières ou des besoins spécifiques de patients, réseaux de prise en charge à domicile.

### ***h) L'hôpital doit maîtriser ses coûts***

L'approche réelle des coûts doit un être un souci majeur du maître d'ouvrage. Doivent être estimés et pris en compte le plus rigoureusement possible le coût réel des investissements mobiliers et immobiliers, le coût de l'entretien du patrimoine, les coûts de fonctionnement des installations, le coût des personnels, le coût des nouvelles organisations et technologies, les coûts cachés, par exemple dus au retard pris dans une opération de construction et le coût des opérations tiroirs. En parallèle, la recherche de gains de productivité accompagnera l'ensemble des réflexions.

### ***i) L'hôpital de demain***

Pilote ou partenaire de réseaux devront répondre aux besoins de santé de son territoire. Il

pourra être ressourcé dans le domaine de l'enseignement et de la recherche. Il se fondera sur un système d'information performant (le dossier médical partagé) et ouvert sur l'extérieur (la télémédecine) (Penloup, 2014).

### **3.3.Établissement de santé spécialisé en psychiatrie**

#### **3.3.1. Définition de la psychiatrie**

La psychiatrie est une spécialité médicale traitant des maladies mentales. L'étymologie du mot psychiatrie provient du mot grec "psyche", qui signifie âme ou esprit, et "iatros" qui signifie médecin (littéralement médecine de l'âme), elle prend en charge les affections psychiatriques caractérisées et les aspects pathologiques de la souffrance psychique. Le champ de la psychiatrie s'étend du diagnostic au traitement, en passant par la prévention des troubles mentaux, incluant les divers troubles cognitifs, comportementaux et affectifs.

#### **3.3.2. Maladies psychiatriques**

La maladie mentale affecte le comportement des personnes atteintes et aussi la vie de leurs proches. La compréhension de la maladie mentale permet aux proches d'être mieux outillés pour aider la personne de leur entourage qui en est atteinte. Les principales maladies psychiatriques sont les suivantes :

- Psychose
- Schizophrénie
- Dépression
- Fatigue et perte
- Trouble bipolaire
- Troubles de la personnalité
- Troubles anxieux

#### **3.3.3. Définition d'un établissement de santé spécialisé en psychiatrie**

L'établissement de santé spécialisé en psychiatrie est un établissement public qui assure des services traditionnellement inclus sous l'expression de service public hospitalier, ces établissements destinés à l'hébergement et au traitement des personnes souffrant de troubles psychiatriques et déficients mentaux.

#### **3.3.4. Architecture de l'hôpital psychiatrique**

*-Selon l'implantation des hôpitaux psychiatriques:*

L'implantation de l'hôpital psychiatrique est liée aux transformations successives de la ville et du territoire. A la renaissance, l'hôpital-refuge met en place des dispositifs architecturaux de transition avec l'espace public qui en font un modèle d'intégration.



## CHAPITRE 02: État de l'art

---

Avec l'avènement de la société industrielle, l'hôpital de psychiatrie, instrument de guérison, implique une organisation architecturale rationnelle et symétrique et le déplacement de l'hôpital hors de la ville. Aujourd'hui, la réintégration de l'hôpital psychiatrique en centre-ville s'affirme, il reste un patrimoine architectural à valoriser.

### ➤ *De l'intra-muros vers l'extra-muros: à partir du XVIIIème siècle*

L'hôpital psychiatrique situé au cœur même de la ville ancienne, est déplacé hors de la ville pour les raisons suivantes:

- Les coûts croissants des terrains
- La nécessité d'isoler les malades pour éviter les infections
- Le rapprochement vers la nature et le paysage, pour le bienfait qu'ils apportent à la guérison

Il y a à la base de la réalisation de ces modèles, l'idée d'une communauté spatiale équilibrée et différente de la ville existante. Une sorte d'idéologie de retour à la nature émerge à cette époque ; les thèmes récurrents sont alors la fusion entre ville et campagne, équilibre entre productions agricole et industrielle ; les bienfaits de l'environnement et de l'esthétique du paysage pour la santé du corps et l'équilibre de l'esprit.

Dès la fin du 18 siècle, une doctrine amène les ailes dans des sites campagnards et isolées, et s'avère durable : d'après Colombier : « il faut qu'il règne dans ces lieux (les asiles) un air pur, et que l'eau soit salubre, ces précautions sont d'autant plus essentielles, que la plupart des insensés prennent fort peu d'aliments, et ne se nourrissent, pour ainsi dire que l'air et d'eau»

### ➤ *De l'extra-muros vers l'intra-muros*

Après une période d'isolement hors de la ville, les lieux de soins réintègrent l'habitat de ces structures au plus près de la population s'opère, avec la disparition à terme des structures d'hospitalisation éloignées du bassin de vie des patients. En Angleterre ; en Espagne, en Italie et dans les pays de la Scandinavie et la ville contemporaine.

Aujourd'hui, s'amorce la fin annoncée des hôpitaux psychiatriques et le choix délibéré des petites structures d'hospitalisation au cœur de la ville .ainsi un redéploiement progressif ; le temps des grands ensembles psychiatriques sont révolus .les hôpitaux psychiatriques ferment peu à peu, et des unités d'hospitalisation sont créés dans la ville.

### - *Selon les principales typologies d'hôpitaux psychiatriques*

Aux différentes formes de la ville correspondent des modèles culturels et des projets

## CHAPITRE 02: État de l'art

---

médicaux qui déterminent les principes d'implantation et les différentes typologies des lieux des soins psychiatriques.

### ➤ *L'hôpital de la renaissance*

Au début de XVI<sup>ème</sup> siècle, Martin Luther décrit de façon très détaillé les hôpitaux de Florence « à Florence les hôpitaux sont construits comme des bâtiments royaux: il y a de la très bonne nourriture et boissons pour tout le monde, les valets sont très diligents, les médecins très savants, les linges et les vêtements très propres et les lits sont peints.....».(Y. BESBAS, 2019).

La ville de Florence comme la plupart des villes Italiennes à la renaissance construit son image, la scène urbaine : il génère, grâce à son architecture spécifique, de nouveaux espaces au service de la ville. La *Pazzerie* c'est-à-dire les lieux de soins des malades mentaux, était placée à l'intérieur de «SANTAMARIA NUOVA »le plus grand des hôpitaux Florentins de la fin du moyen âge fondé en 1286 par l'humaniste Falco Portinari

L'hôpital de la renaissance est un lieu où se conjuguent des activités diverses : rites religieux, assistance, soins, commerce, travail artistique. Il contient une multiplicité de fonctions destinées aux soins du corps et de l'esprit. L'hôpital est une petite ville dans laquelle les parties singulières se transforment organiquement.

Au même temps, les dispositifs de transition entre la ville, l'espace de la rue ou de la place publique, et l'hôpital sont d'une extrême richesse : arcades, loggia urbaines, patios, cloître, péristyle, pronaos créent des seuils, des zones de passage entre la ville et l'hôpital.

Pendant des siècles, jusqu'à la création de l'asile d'aliénés, les lieux pour malades dérangés dans les hôpitaux polyvalentes de la renaissance les *pazzerie* ont représentés une véritable expérience pour la ville. Les *pazzerie* étaient «intégrés au récit de la formation de santé hospitalière dans le paysage urbain, représentent le sacrement de la ville, la vie de la ville, la splendeur des architectures, dans les limites évidemment de la charité consolatrice des affligés.

### ➤ *Naissance de l'asile*

La fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle et la première décennie du XIX<sup>ème</sup> siècle représente une période charnière pour la psychiatrie. La nouveauté réside dans une réorganisation complète de la prise en charge des « aliénés » et plus particulièrement par le développement de lieux spécifiques de soins.

L'asile devient un instrument de guérison, selon la déclaration d'Esquirol dans son mémoire au ministre de l'intérieur Français en 1818, « un instrument entre les mains du médecin, assurant ce dernier d'une emprise morale sur les individus grâce aux systèmes

## CHAPITRE 02: État de l'art

---

institutionnels dans le quel ils sont incorporés». (Y. BESBAS, 2019)

La création des asiles d'aliénés repose sur deux postulats: l'isolement qui institue comme un acte thérapeutique le fait de retirer le malade de son milieu et le traitement moral qui confère à aliéniste le pouvoir d'exercer son influence sur les esprits égarés. Ces principes se traduisent dans la construction asilaire qui doit répondre à un programme précis :

- L'isolement de l'asile construit dans un lieu situé en dehors des villes et à la campagne.
- Séparation des sexes et des classes sociales.
- Classement des malades par degré d'agitation.

On assiste à cette époque à l'émergence des asiles dans plusieurs pays.

### ➤ *L'hôpital village*

L'hôpital village est présenté comme l'hôpital idéal, mais correspond au fait à ce qui aurait été novateur un siècle plus tôt. Il est caractérisé par :

- Proximité d'un chef-lieu.
- Pas de mur, pas de grilles, pas de saut de loup.
- 300 à 600 lits au maximum (100 à 300 pour les quartiers psychiatriques d'un hôpital général)
- Deux étages au maximum
- Un centre social constitué en place de village symbolisant la communication entre l'univers hospitalier et le milieu extérieur avec des pôles médicaux, administratifs, des services généraux et des logements.

### ➤ *L'hôpital pavillonnaire*

À travers la critique des structures asilaires, on va lui rapprocher d'avoir fabriqué la chronicité par son appareil totalitaire et protecteur. Plus étrangement, on accuse également le système pavillonnaire, qui permettait théoriquement de séparer les malades mentaux du malade mental chronique.

### ➤ *L'hôpital urbain*

C'est en s'appuyant sur le rejet de l'hôpital-village que l'hôpital psychiatrique urbain de cent lits a commencé à être théorisé

La controverse entre l'hôpital-village et l'hôpital urbain de cent lits n'a pas seulement opposé des conceptions architecturales, mais a illustré la fracture entre les tenants de deux théories du soin psychiatrique institutionnel : les défenseurs de la

## CHAPITRE 02: État de l'art

---

psychothérapie institutionnelle dite psychanalytique ,qui préfère l'hôpital urbain ( il permet une prise en charge centrée sur la modulation transférentielle et interprétante, diminue les effets paradoxaux dus au cadre et les tenants de la psychothérapie institutionnelle relationnelle, s'appuyant sur le social, les valeurs d'échange idéalisées, et de façon plus générale sur une lecture marxiste de l'aliénation, qui défendaient l'hôpital-village et sa sociothérapie.

Si l'hôpital urbain de cent lits a pu en se transformant et en se modernisant, évaluer vers les nouvelles structures urbaines, il a fallu contourner des projets conduisant vers une sorte d'asile urbain de secteur avec concentration sur un même espace architectural d'hôpitaux psychiatriques pour adultes et pour enfants, d'un externat pour enfants , d'un foyer de vieillards, d'un service extra hospitalier pour adultes, le tout associé à un pôle administratif surdimensionné.

L'hôpital urbain tel qu'il était pensé dans les années 1970, prône la création d'unités de vie primaires et secondaires, où seules vingt pour cent des chambres sont à un lit, les autres comptant quatre à six lits. La chambre à deux lits est étrangement considérée comme néfaste, car elle est sensée recréer 'une situation couple' péjorative, tout comme celle à trois lits qui conduirait à une 'triangulation factice'. C'est finalement le dortoir de cinq ou six lits qui est jugé le plus adapté !

Cet hôpital urbain contient aussi une cafétéria, une salle de spectacle, des ateliers, tous reliquats des dispositifs asilaire. En revanche, un silence surprenant demeure sur tout ce qui concerne le sanitaire, le confort en général et les communications, points pourtant essentiels à la qualité de la prise en charge et sur lesquels l'hospitalisation privée a su très tôt développer un effort considérable et pilote. Cette conception que l'on peut retenir sous le nom de l'asile de secteur, a été immédiatement critiquée par ceux qui prônent.

### **4. Établissement de santé et confort thermique**

#### **4.1. Impacts des facteurs ambiants sur la santé des patients hospitalisés**

Les facteurs ambiants sont divers, mais les plus travaillés: le bruit, la lumière, la présence de la nature et la qualité de l'air.

Les hôpitaux sont des lieux bruyants, avec un bruit ambiant entre 45 dB et 68dB alors que l'OMS recommande un niveau sonore ne dépassant pas 35dB (Fischeret Dodeler2009).

## CHAPITRE 02: État de l'art

---

L'absence de lumière naturelle a un impact direct sur le moral : La lumière naturelle régule la production de mélatonine, le rythme biologique et augmente le taux de sérotonine, neuro transmetteur qui inhibe la douleur.

Diverses études montrent l'effet proprement thérapeutique d'un contact des malades avec la nature. L'étude qui fait référence est celle de Roger.S (Ulrich 2002), directeur du centre pour les systèmes de santé et le design à l'université A&M au Texas : elle montre que parmi des patients ayant subi une même opération, les patients installés du côté arboré ont des suites opératoires plus simples et reçoivent moins de médicaments que ceux dont les chambres donnent sur un stationnement.

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

➤ Une étude a été réalisée par Kameel et Khalil en 2003, elle a été concentrée 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 et 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 et peut augmenter aussi la sensibilité aux maladies respiratoires et peut provoquer ce qu'on appelle l'irritation).

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.

➤ Pour définir les exigences thermiques des patients dans un environnement hospitalier, une étude a été réalisée à Taiwan. 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. L'étude a montré que l'environnement thermique confortable aide à

## CHAPITRE 02: État de l'art

---

stabiliser les humeurs des patients et il participe à leur guérison. 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 élevée s que celles d'ASHRAE Standard 55. 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.

- 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.
- 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 thermiques souhaitées par les deux usagers. L'étude a révélé que les salles étaient généralement dans les normes recommandées par la réglementation thermique iranienne, 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

## CHAPITRE 02: État de l'art

---

peuvent avoir des exigences différentes et des besoins thermiques très variés, ce qui devient difficile à gérer. 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 soumis 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.

- 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 "HairmyresHospital" 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.
- 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

## CHAPITRE 02: État de l'art

---

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.

- 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 Environnement," a publié un article réalisé par Ruey Lung Hwang et al qui 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.
- De même, en 2009 "International Journal of Indoor Environnement 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



## CHAPITRE 02: État de l'art

---

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 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.
- 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.
- 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. Il a été constaté que les problèmes thermiques les plus importants se produisent pendant la période de midi.
- 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.
- En 2017, une étude a été réalisée par Yasmina. BESBAS et Noureddine ZEMMOURI, en Algérie, dans le but de définir l'impact des matériaux de construction sur le confort thermique des patients au sein des chambres des malades à l'hôpital. Une étude in situ a été réalisée sous forme de comparaison entre deux situations réelles de deux équipements hospitaliers conçus dans des périodes de temps différentes; ces équipements sont soumis aux mêmes conditions climatiques de la ville de Biskra. Leur

approche s'appuie sur la coordination entre l'enquête quantitative et l'enquête qualitative. La première a permis d'établir un ensemble de mesures à l'intérieur et à l'extérieur des chambres sélectionnées tandis que la deuxième a permis d'explorer les facteurs psychologiques et comportementaux influençant les sensations et les perceptions des sujets. Les chercheurs ont montré à travers la comparaison comment l'hôpital ancien assure souvent la température ambiante convenable aux besoins des patients grâce à ses matériaux et ses techniques de construction.

### **4.3. Normes et réglementations nationales et internationales relatives au confort thermique dans un hôpital**

#### **4.3.1 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/TS14415:2005 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) (Standard2005) (Olesen et Parsons, 2002).

Également, 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 0,2m/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 S90-3512003)(AFNOR2013).

La norme NBN EN 13779 (2004) préconise une plage d'humidité relative de 30-

## CHAPITRE 02: État de l'art

---

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 0,25m/s pour une température des chambres de 26°C (AFNOR, NBNEN137792004).

En se référant aux réglementations normatives françaises, 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).

### 4.3.2 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 ElOula 1428 correspondant au 19 mai 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.C3-4: relatif aux règles de calcul des apports calorifiques en été pour les bâtiments;
- Le DTR.C3-31: relatif à la ventilation naturelle des locaux à usage d'habitation.

## 5. Conclusion

## CHAPITRE 02: État de l'art

---

Le confort thermique est une sensation de bien-être lorsqu'on est exposé à une ambiance intérieure. Il fait intervenir des facteurs physiques, psychologiques et physiologiques. Il ne dépend pas exclusivement des paramètres naturels (la température de l'air, la vitesse de l'air, la température radiante, l'humidité relative) mais également des paramètres humains (l'habillement, l'activité et le métabolisme).

La conception architecturale doit prendre les paramètres climatiques en amont. A cet effet, l'architecture bioclimatique insiste sur l'optimisation de la relation qui existe entre le bâtiment et le climat en vue de créer des ambiances confortables par des moyens spécifiquement architecturaux pour exploiter les effets bénéfiques de ce climat et se protéger contre ses effets négatifs.

L'évaluation du confort thermique dans un bâtiment est un paramètre capital dans toute conception architecturale. Elle peut se baser sur des enquêtes in situ, des outils graphiques, des bilans thermiques ou des simulations thermiques dynamiques.

Parmi les équipements qui doivent être les plus confortables: les équipements sanitaires 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.

**CHAPITRE 03:**  
**CAS D'ÉTUDE**

# CHAPITRE 03: Cas d'étude

## 1. Introduction

Les conditions climatiques d'un lieu peuvent être scindées en contraintes dont on désire se protéger et en avantages qu'on désire exploiter. L'architecture bioclimatique a pour objet la recherche d'une synthèse harmonieuse entre la vocation du bâtiment, le confort des occupants et la prise en compte de ces conditions. C'est pour ces raisons qu'il faut bien évaluer le climat du site d'implantation du projet avant toute conception architecturale.

Nous pouvons dire que les stratégies adoptées (différents scénarios) et les outils choisis (DesignBuilder) permettent d'évaluer les températures intérieures des espaces choisis effectués d'une manière concluante. Ceci nous a permis ainsi de comprendre l'effet de la conception architecturale, l'orientation et les données climatiques sur l'évolution de la température intérieure dans les chambres des établissements sanitaires.

## 2. Présentation du cas d'étude

### 2.1. Situation de l'établissement spécialisé Mahfoud Boucebci

#### 2.1.1. A l'échelle du territoire

La wilaya d'Alger est située au nord de l'Algérie. Elle est limitée par la mer Méditerranée au nord, la wilaya de Blida au sud, la wilaya de Tipaza à l'ouest et la wilaya de Boumerdes à l'est.

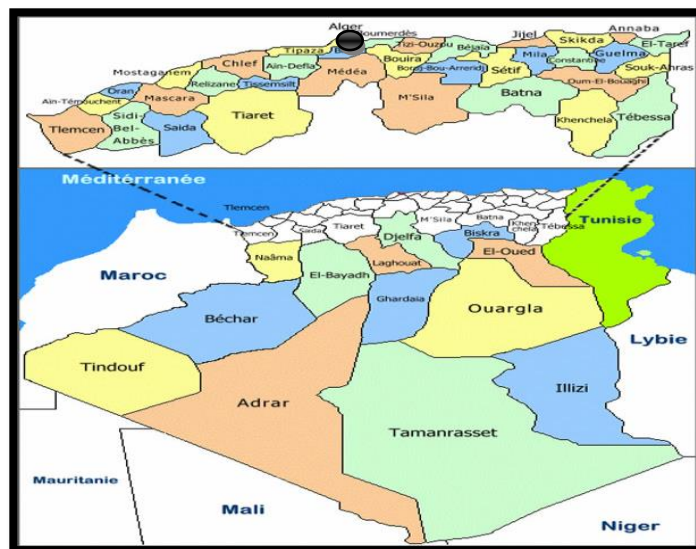


Fig25: Situation géographique de la wilaya d'Alger

## CHAPITRE 03: Cas d'étude

### 2.1.2 A l'échelle de la ville

La commune de Cheraga est située à l'ouest d'Alger à environ 18 km.

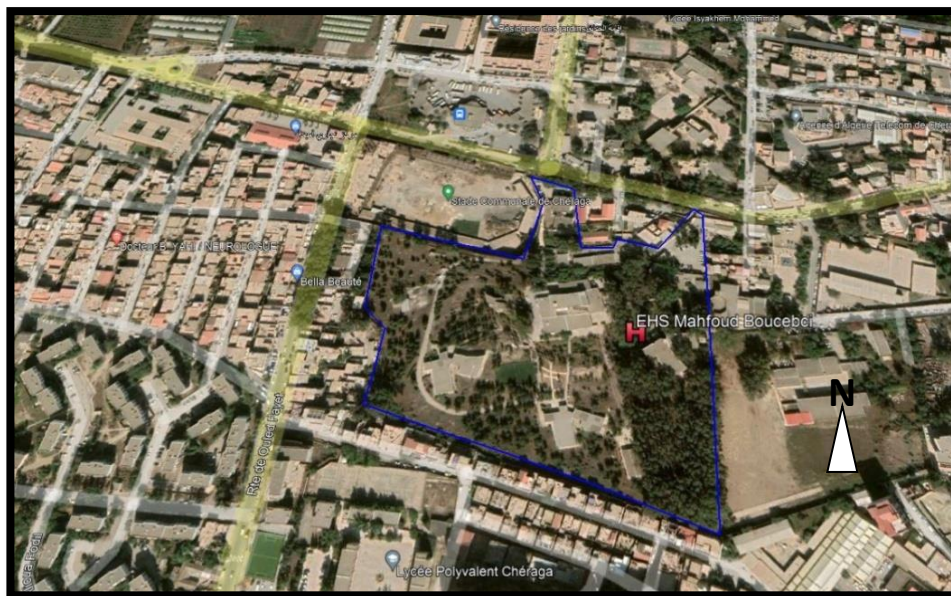


**Fig 26:** Situation géographique de la commune de Cheraga

Elle est limitée par Bni Messous au nord-est, Dely Ibrahim à l'est, ouled Fayet au sud et Staoueli à l'ouest.

### 2.1.3. A l'échelle du quartier

L'établissement spécialisé Mahfoud Boucebci est situé dans la commune de Chéraga, il est limité au nord par la rue commerçante Souidani Boudjemaa, à l'est par habitat individuel et le centre culturel de Chéraga, à l'ouest par le stade communal et au sud par des habitats individuels.



**Fig 27:** Carte de situation de l'établissement spécialisé Mahfoud Boucebci -Chéraga



## CHAPITRE 03: Cas d'étude

### 2.2. Analyse climatique de la zone d'étude

Le climat de la commune de Chérage est un climat méditerranéen tempéré, avec des étés chauds et des hivers doux et pluvieux.

#### 2.2.1. Température

Les températures que connaît le site varient entre 10°C et 27°C en moyenne tout au long de l'année, comme l'indique les graphiques si dessous :

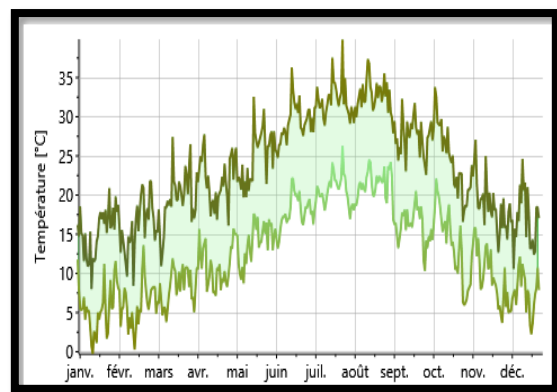
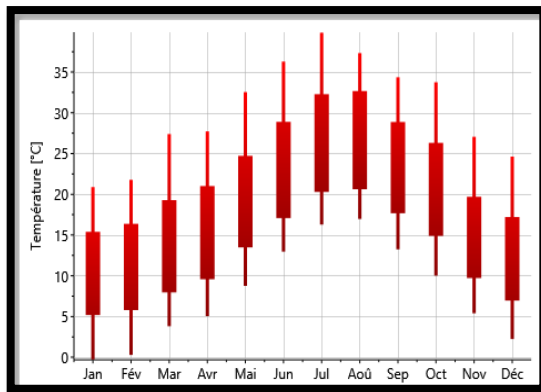
-Le mois le plus froid est le mois de Janvier avec une température moyenne de 10°C.

-Le mois le plus chauds est le mois d'août avec une température moyenne de 27°C.

La région est caractérisée par deux saisons :

-Une saison chaude allant du mois de mai au mois d'octobre.

-Une saison froide allant du mois de novembre au mois d'avril.



--- Température journalière maximales °C

--- Température journalière maximales °C

**Fig 28:**Température journalière.

**Fig 29:** La température moyenne mensuelle.

#### 2.2.2.Durée d'insolation

Le plus grand nombre d'heures d'ensoleillement quotidien à Chérage est mesuré en Juillet, en moyenne de 12.42 heures d'ensoleillement par jour et un total de 385.17 heures d'ensoleillement.

Le nombre d'heures d'ensoleillement quotidien le plus bas à Chérage est mesuré en Janvier, en moyenne de 7.01 heures d'ensoleillement par jour et un total de 217.37 heures d'ensoleillement.

Environ 3501.36 heures d'ensoleillement sont comptées à Chérage tout au long de l'année.

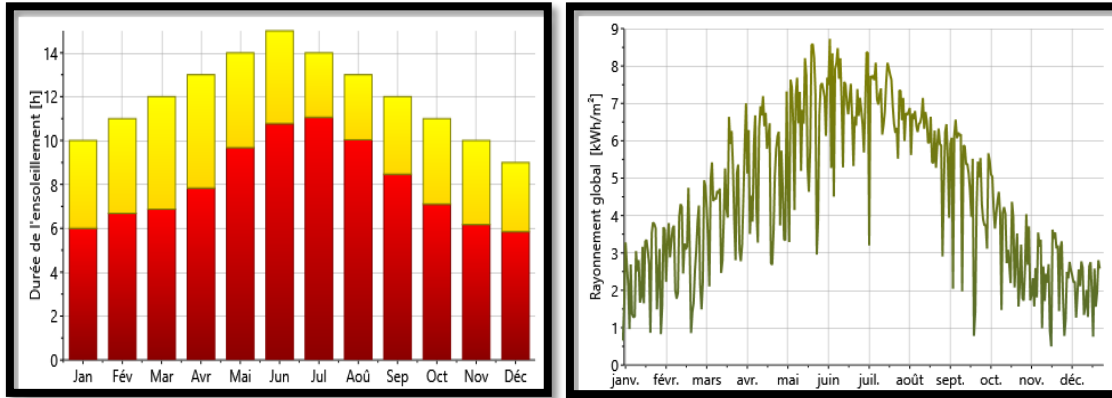
Il y a en moyenne 114.99 heures d'ensoleillement par mois

Ainsi, la durée d'ensoleillement enregistrée, nous indique l'importance du rayonnement



## CHAPITRE 03: Cas d'étude

solaire direct dans la commune de Chéraga. Cette présence marquée qui peut provoquer des problèmes de surchauffe d ou la nécessité de prévoyant des protections solaires. Aussi cette énergie solaire peut être considérée comme source d'énergie gratuite pour un chauffage solaire passif en hiver.



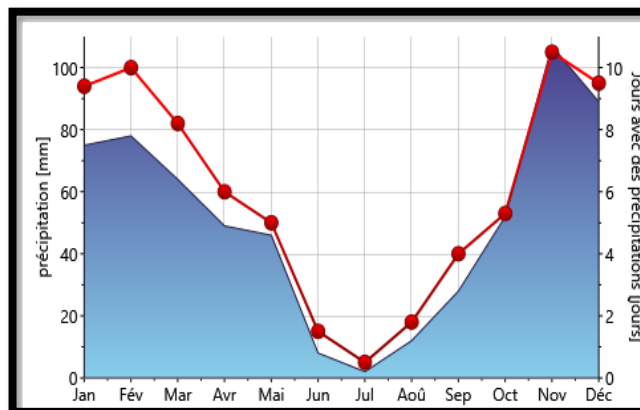
- Durée astronomique du jour (h)
- Durée de l'insolation (h)

**Fig 30:**Durée d'insolation.

**Fig 31:**Rayonnement global journalière

### 2.2.3. Précipitation

La répartition annuelle des précipitations à Chéraga (figure08) est marquée par une période courte de sécheresse dans les mois de Juillet et août, durant laquelle les précipitations sont très faibles et souvent, la période pluvieuse s'étend du mois de novembre au mois d'avril. Le mois de novembre est le mois le plus pluvieux avec une moyenne de 104 mm et le mois de juillet et le mois le plus sec avec des précipitations moyennes de 2 mm.



**Fig 32:**Précipitations.

# CHAPITRE 03: Cas d'étude

## 2.2.4. Vents

La rose des vents pour Chéraga montre combien d'heures par an le vent souffle dans la direction indiquée.

On peut utiliser le vent comme moyen de rafraîchissement passif des espaces intérieurs durant la nuit. Pendant le jour, il servira à la ventilation naturelle.

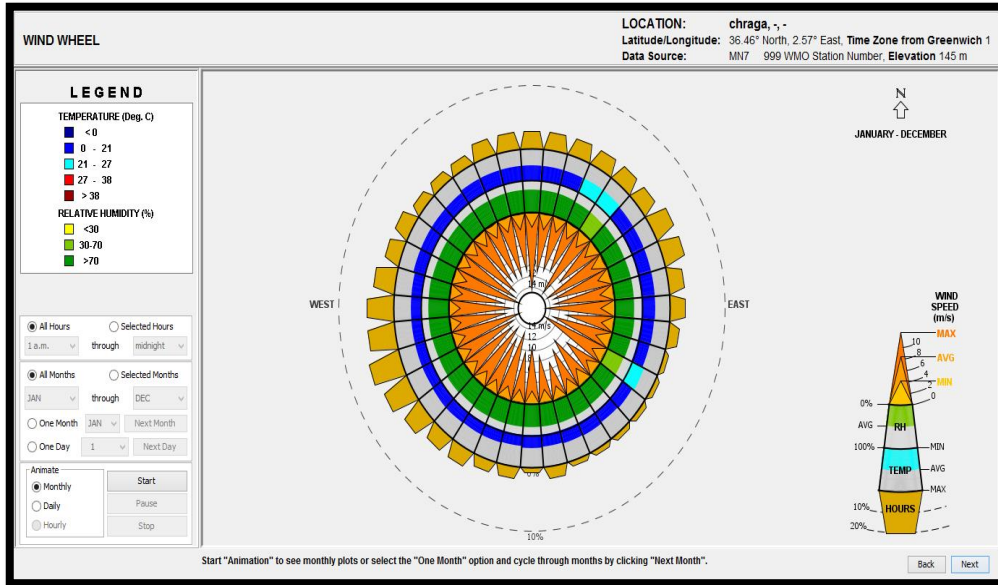


Fig 33: Rose des vents.

## 2.2.5. Humidité

La période la plus lourde de l'année dure 4,5 mois (2 juin–16 octobre), avec une sensation de lourdeur, oppressante ou étouffante au moins 21% du temps.

Le 13 août est le jour le plus lourd de l'année, avec un climat lourd 82% du temps.

Le 11 décembre est le jour le moins lourd de l'année, avec un climat lourd quasiment inexistant.



Fig 34: Niveaux de confort selon l'humidité de Chéraga.

# CHAPITRE 03: Cas d'étude

## 2.3. Analyse bioclimatique de la zone d'étude

### 2.3.1. Présentation du diagramme de GIVONI

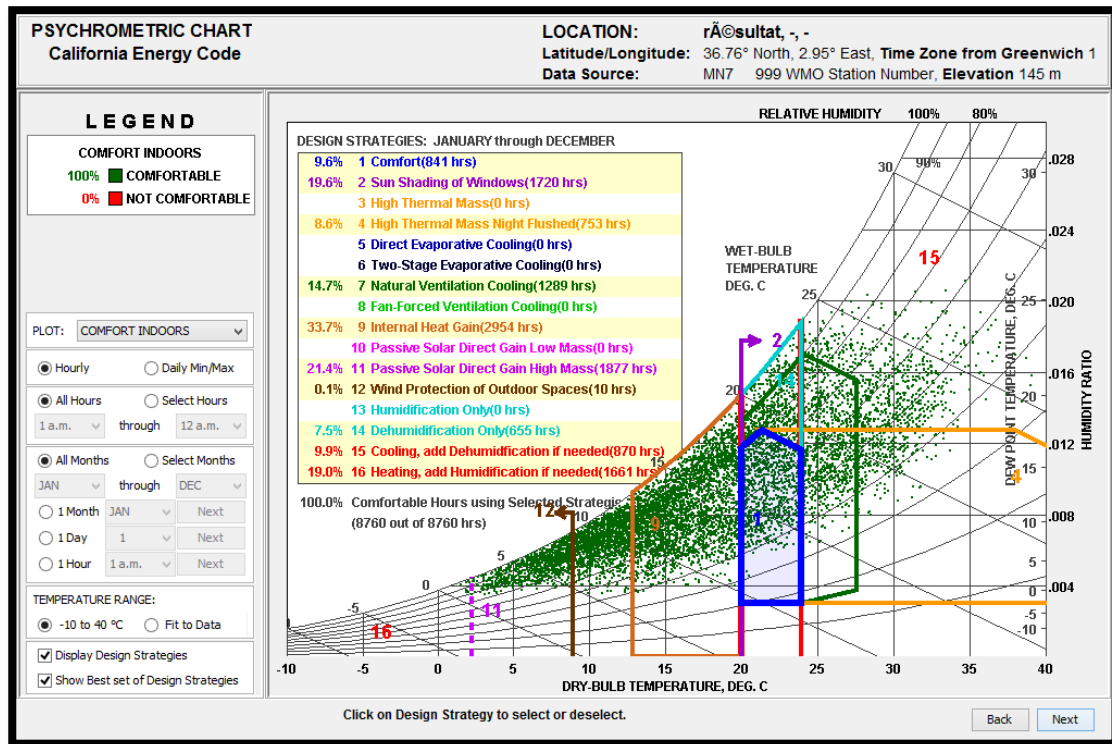


Fig 35: Diagramme de GIVONI.

### 2.3.2. Interprétation et recommandations du diagramme de GIVONI

Le diagramme psychrométrique de GIVONI pour la ville de Chéraga montre que :

**La zone de confort:** est identifiée pour des températures d'air comprises entre 20°C et 24°C pour une humidité varie entre 20% et 80%, et cela durant les mois Mars, Avril et Octobre.

**La zone de sous chauffe :** En dessous de 20°C on trouve une zone qui englobe les mois de Novembre, Décembre, Janvier et Février. Cette zone est caractérisé par une baisse température et humidité varie entre 40% et 95%, un chauffage actif et un chauffage par humidification sont recommandés, aussi une excellente isolation thermique réduit les pertes de chaleur interne, dans cette zone il est utile de préserver le gain thermique interne et maintenir le gain de masse élevée par énergie solaire passive utilisée directement.

**La zone de surchauffe :** Les mois du Mai jusqu'à septembre ces les mois les plus chauds, on les trouve dans une zone d'inconfort caractérisée par des températures maximales allons jusqu'au 34°C et humidité élevée varie entre 45% et 95%, le refroidissement par ventilation naturelle et déshumidification ainsi qu'une protection solaire des fenêtres et l'effet de masse thermique sont les stratégies les plus convenables pour atteindre le confort.

## CHAPITRE 03: Cas d'étude

### 2.4. Présentation de L'Établissement Hospitalier Spécialisée en Psychiatrie -Mahfoud Boucebc

L'Établissement Hospitalier Spécialisée en Psychiatrie -Mahfoud Boucebc –était une structure de la CASORAL. Il a été reconverti en hôpital en1997, il occupe une superficie de 53934 M<sup>2</sup> dont 5658 M<sup>2</sup> bâti avec une capacité d'accueil de 220lits.

L'hôpital de Chéraga est un établissement spécialisé dans les soins psychiatriques pour adultes et enfants. L'établissement à vocation hospitalo- universitaire couvre une population au-delà des limites du découpage géo- sanitaire de la région Alger-ouest.

L'Établissement Hospitalier est du type pavillonnaire, dont chaque pavillon est destiné à un service. Implanté sur un terrain ayant une pente légère, ses pavillon sont des orientations différentes.

#### 2.4.1. Accessibilité

L'Établissement est accessible à partir de voie Souidani Boudjema, il existe une entrée principale (pour les visiteurs et les ambulances) et deux entrées secondaires.

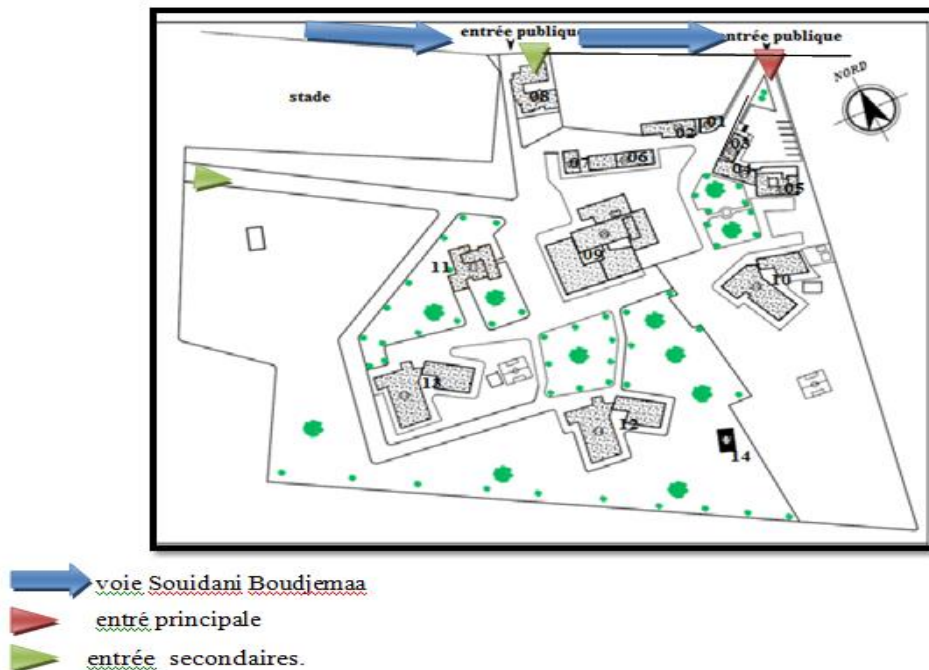


Fig 36 : accessibilités

## CHAPITRE 03: Cas d'étude

### 2.4.2. Programme et fonctionnement

**TABLEAU 02 :** Programme fonctionnelle

<b>Espace</b>	<b>Fonctionnement</b>
<b>Dispensaire d'hygiène mental</b>	Urgence psychiatrique et consultation. Assure les fonctions pendant le jour aux malades ambulatoires ainsi leurs affectations vers les services d'hospitalisation
<b>Service fermé : Bloc central</b>	Est un service ou le malade est isolé du monde extérieur et y est maintenu jusqu'à amélioration de son état.
<b>Service ouvert : Pavillon femmes. Pavillon 01 hommes. Pavillon 02 hommes.</b>	C'est le deuxième type de service, Le patient y est hospitalisé soit directement soit à sa sortie du service fermé. Son état nécessitant une surveillance moins draconienne. Il est autorisé à évaluer dans le service ainsi que dans les espaces de l'établissement réservés à cet effet.
<b>Administration : Direction Economat</b>	Assurer le bon fonctionnement de l'hôpital. Assure la gestion économique. Occuper de la gestion administrative.
<b>Accueil : Salle d'attente Loge de surveillance</b>	Espace public de l'hôpital. La gestion des flux. Pour fonction essentielle de recevoir, d'informer et d'orienter le public.
<b>Buanderie:</b>	Elle est destinée à accueillir les zones de réception, triage, séchage, pressing, et repassage, et distribution. Elle permet de traiter sur six jours l'ensemble du linge de l'hôpital.
<b>Bloc technique.</b>	Il regroupe le parc, groupe électrogène, chaudière et le service entretien. Basée sur la résolution de problèmes techniques.
<b>Pavillon pédagogique</b>	Espace de formation et lecture.
<b>Unité de sommeil</b>	Assurer la diagnostique de nombreuses pathologies du sommeil
<b>Pédopsychiatrie</b>	Pour mission d'offrir des soins psychique aux enfants et adolescents.



Fig 37 : Plan de masse de l'établissement

## 3. Évaluation du confort thermique dans les chambres d'hospitalisation

### 3.1. Présentation du bâtiment étudié

#### 3.1.1. Situation et accessibilité

Nous avons choisi pour cette étude le pavillon02 qui est située à l'ouest de l'établissement. Pour y arriver, il existe une voie mécanique intérieure pour les ambulances et une voie piétonne. Une seule entrée permet d'accéder au pavillon.

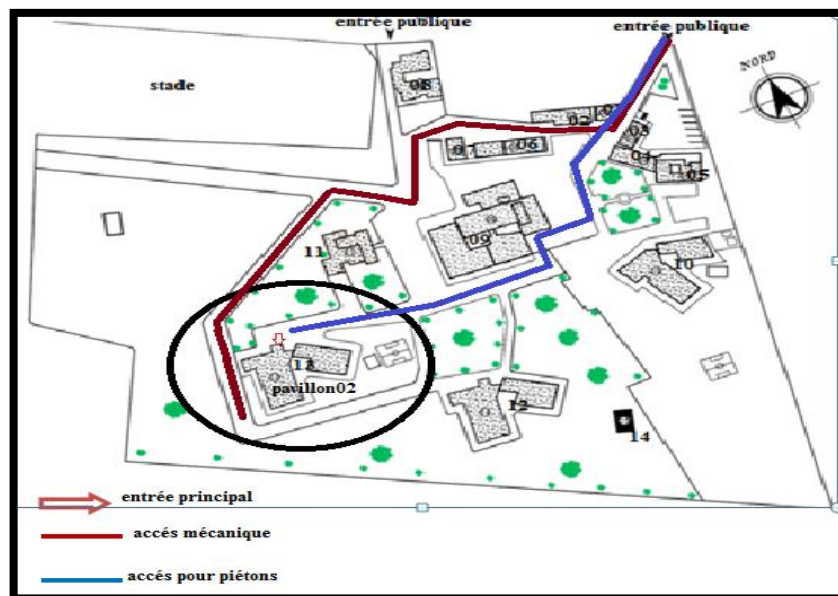


Fig 38 : accessibilité au pavillon 02



## CHAPITRE 03: Cas d'étude

### 3.1.2. Caractéristiques architecturales

Le bâtiment a une superficie de 640 m<sup>2</sup> et se caractérise par une forme radiale organisée autour d'un hall central, avec deux ailes linéaires de type barre réservées à la salle tv, l'infirmierie, 04 bureaux et 15 chambres de 26 lits qui sont agencés de façon linéaire de part et d'autre des deux couloirs.

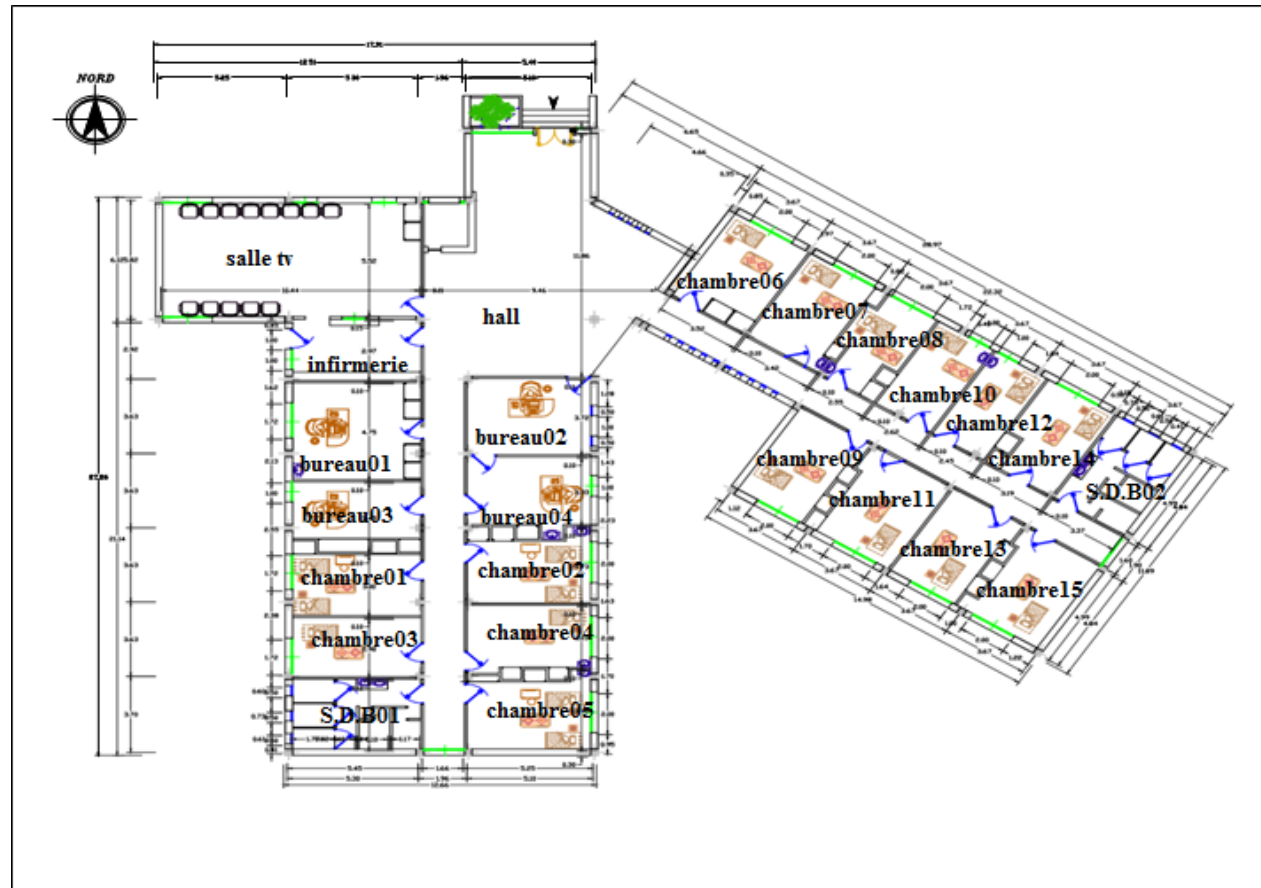
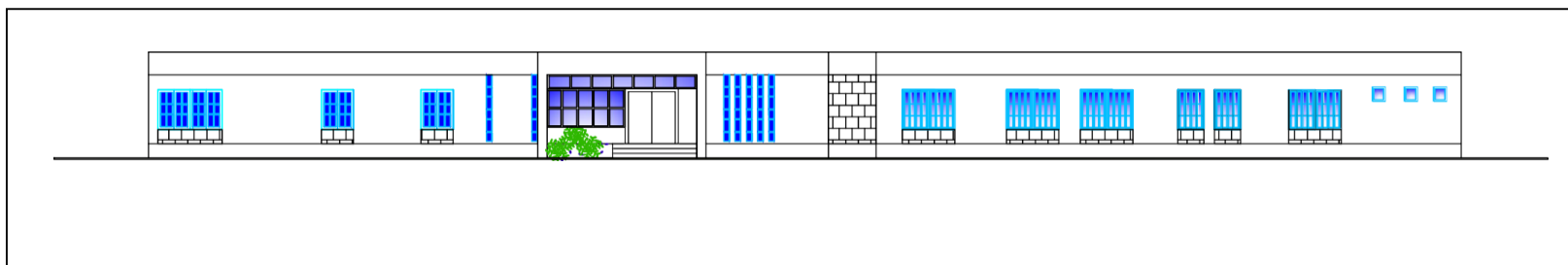


Fig 39: Plan du pavillon 02.

## CHAPITRE 03: Cas d'étude

---



**Fig 40:**Façade principale du pavillon 02.



**Fig41:**Façade Nord du pavillon 02.



**Fig42:**Façade Sud du pavillon 02.



**Fig43:**Façade Est du pavillon 02.



**Fig44:**Façade Ouest du pavillon 02.



## CHAPITRE 03 : Cas d'étude

---

### 3.1.3. Programme surfacique du pavillon

**TABLEAU 03** Programme surfacique du pavillon 02

<b>Espace</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>
Hall	80,75
Salle TV	57,6
Infirmierie	16,18
Bureau n°01	25,8
Bureau n°02	19,53
Bureau n°03	18,8
Bureau n°04	17,4
Chambre 01	16,3
Chambre 02	19,5
Chambre 03	15,8
Chambre 04	15,9
Chambre 05	20,4
Chambre 06	17,5
Chambre 07	17,0
Chambre 08	12,7
Chambre 09	17,7
Chambre 10	13,0
Chambre 11	17,7
Chambre 12	12,2
Chambre 13	17,7
Chambre 14	15,9
Chambre 15	17,7
S.D.B.01	18,6
S.D.B.02	16,8
Couloir	76,5

## CHAPITRE 03: Cas d'étude

### 3.1.4. Caractéristiques constructives

Les éléments porteurs du bâtiment sont réalisés en systèmes poteaux-poutres, qui sont une caractéristique générale de la majorité des bâtiments publics et une toiture terrasse, non isolée, elle est simplement recouverte d'une étanchéité et de gravillons. Ces éléments sont résumés dans le tableau ci-dessous

**TABLEAU 04** Caractéristiques constructives

Élément	Extérieur vers l'intérieur	Matériaux	Épaisseur
Mur	1	Enduit en ciment	0.02
	2	Brique	0.15
	3	polystyrène	0.05
	4	Brique	0.1
	5	Enduit en plâtre	0.02
Plancher	1	Gravier	0.025
	2	Bitume	0.04
	3	Dalle pleine	0.15
	4	Enduit en plâtre	0.02
Sol	1	Dalle pleine	0.1
	2	Enduit en ciment	0.03
	3	Carrelage	0.02
Cloison01	1	Enduit en plâtre	0.02
	2	Brique	0.05
	3	Enduit en plâtre	0.02
Cloison02	1	Faïence	0.01
	2	Enduit en ciment	0.02
	3	Brique	0.05
	4	Enduit en plâtre	0.02

### 3.1.5. Equipements de confort utilisés

**Climatisation** : Il existe 05 climatiseurs split qui ne permettent pas au bâtiment de se refroidir.

**Chaufferie** : Le bâtiment est équipé par un chauffage central associé à une chaudière à gaz, qui consiste à distribuer de la chaleur dans tous le bâtiment. Chaque espace est chauffé par un radiateur à eau chaude. La chaudière fournira également l'eau chaude pour les sanitaires du bâtiment.

### 3.2. Présentation du logiciel utilisé Design Builder

Design Builder 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'Energie 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 et 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 (Design Builder, 2013).

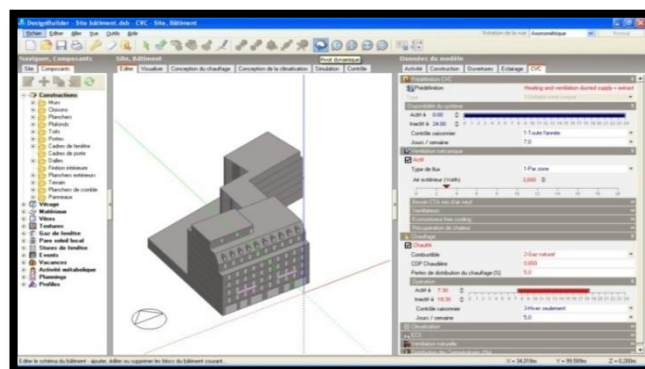


Fig 45 :Interface3D- Design Builder

# CHAPITRE 03: Cas d'étude

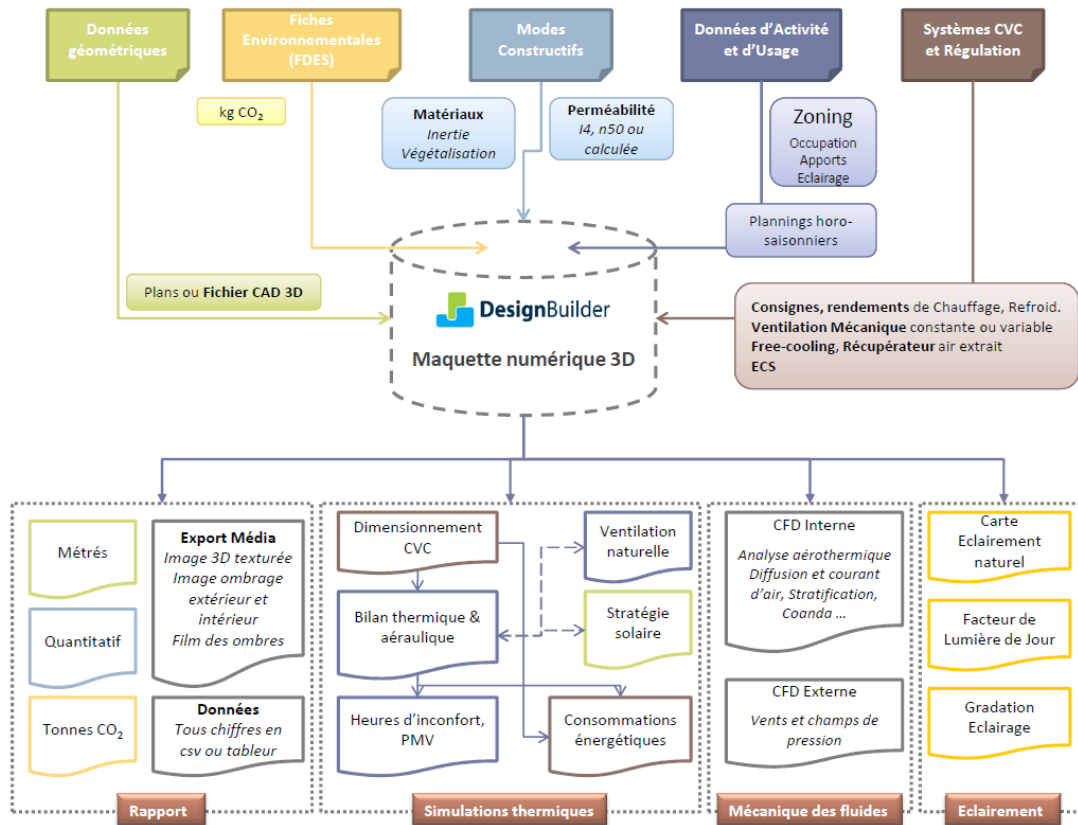


Fig 46 :Concept Design Builder

## Présentation du logiciel Météo norme :

Le pack Stations Météonorme comporte plus de 400 stations météo complémentaires pour la simulation thermique dynamique, il nous donne accès à des données météorologiques pour divers applications pour n'importe quel endroit dans le monde.

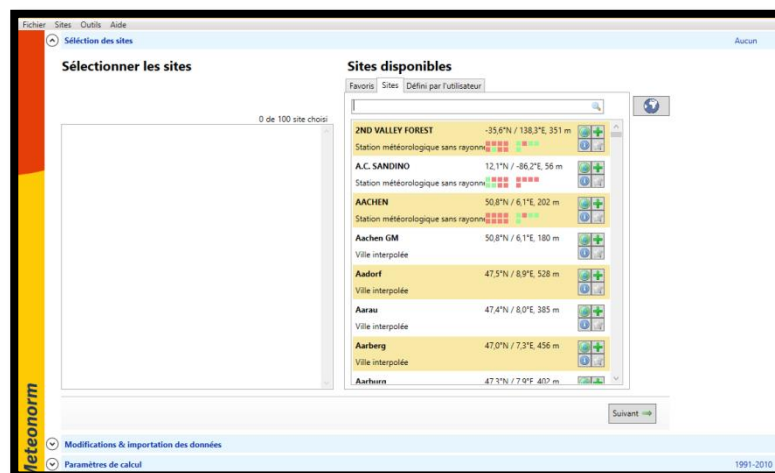


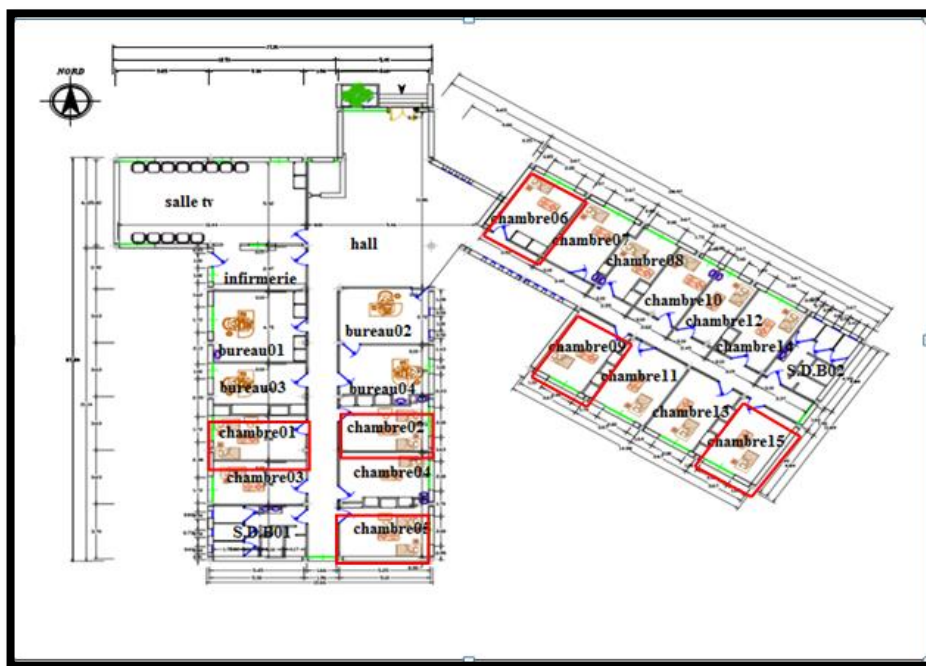
Fig 47:L'interface du logiciel Météonorme.

## CHAPITRE 03: Cas d'étude

### 3.3. Méthodologie suivie

Nous avons choisi de faire la simulation dans 4 chambres de patients pour deux raisons. D'abord, ce sont des espaces occupés pendant toute la journée en hiver comme en été. De plus, l'orientation est différente d'une chambre à une autre. Il s'agit des chambres suivantes :

- La chambre 01 orienté à l'ouest ;
- La chambre 05 orienté à l'est ;
- La chambre 06 orientée au nord-est ;
- La chambre 15 orientée au sud-ouest.



**Figure 48:** Plan indiquant les chambres étudiées.

Nous avons opté pour 4 scénarios :

- *Le 1<sup>er</sup> scénario* correspond au bâtiment avant son réhabilitation, c'est-à-dire, que les murs extérieurs étaient en double cloison avec lame d'air. Dans
- *le 2<sup>ème</sup> scénario*, nous avons remplacé la lame d'air par du polystyrène comme isolant (scénario après réhabilitation). L'objectif de ces deux premiers scénarios est d'évaluer l'apport du polystyrène et de l'orientation sur le confort thermique.

Ensuite et afin d'améliorer le confort thermique dans les chambres, nous avons proposé deux autres scénarios.

- Dans *le scénario 3*, nous avons utilisé le double vitrage dans les fenêtres et le polystyrène dans les murs et la terrasse comme isolant par l'extérieur, vu que ce type d'isolation convient le mieux aux bâtiments existants.

## CHAPITRE 03: Cas d'étude

- Dans *le scénario 4*, nous avons utilisé le double vitrage dans les fenêtres et la laine de roche dans les murs et la terrasse comme isolant par l'extérieur.

A la fin nous avons évalué la variation de température entre l'intérieur et l'extérieur.

### 3.4. Résultat et interprétations

#### 3.4.1 Scénario 1 : Simulation du confort thermique dans les chambres des patients avant l'ajout du polystyrène

##### *Caractéristiques constructives*

**TABLEAU 05** : Caractéristiques constructives.

Élément	Extérieur vers l'intérieur	Matériaux	Épaisseur
Mur	1	Enduit en ciment	0.02
	2	Brique	0.15
	3	Aire	0.05
	4	Brique	0.1
	5	Enduit en plâtre	0.02
Plancher	1	Gravier	0.025
	2	Bitume	0.04
	3	Dalle pleine	0.15
	4	Enduit en plâtre	0.02
Sol	1	Dalle pleine	0.1
	2	Enduit en ciment	0.03
	3	Carrelage	0.02
Cloison01	1	Enduit en plâtre	0.02
	2	Brique	0.05
	3	Enduit en plâtre	0.02
Cloison02	1	Faïence	0.01
	2	Enduit en ciment	0.02

## CHAPITRE 03: Cas d'étude

	3	Brique	0.05
	4	Enduit en plâtre	0.02
vitrage	1	Simple vitrage	0.003

### **Résultats et interprétation**

*Chambre01 : orientée ouest*

**TABLEAU 06** : Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 01

Température d'air (°C)	16,66	17,12	18,52	19,65	21,36	23,61	25,17	25,48	23,97	21,95	19,02	16,90
Température radiante (°C)	17,18	17,65	18,89	19,86	21,32	23,06	24,35	24,56	23,25	21,52	19,05	17,33
Température opérative (°C)	16,92	17,38	18,71	19,75	21,34	23,34	24,76	25,02	23,61	21,73	19,04	17,11
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,63	10,96	13,03	15,20	17,78	22,32	25,14	25,79	23,67	20,26	15,30	11,65
Humidité relative (%)	50,94	52,82	53,52	57,93	63,07	68,00	69,09	67,75	71,54	68,27	54,76	57,43

*Chambre05 : orientée est*

**TABLEAU 07** : Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 05

Température d'air (°C)	16,55	17,03	18,48	19,51	21,19	23,59	25,29	25,83	24,35	22,25	19,05	16,79
Température radiante (°C)	17,08	17,57	18,88	19,72	21,12	22,99	24,41	24,86	23,60	21,82	19,07	17,23
Température opérative (°C)	16,81	17,30	18,68	19,61	21,16	23,29	24,85	25,34	23,97	22,04	19,06	17,01
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,63	10,96	13,03	15,20	17,78	22,32	25,14	25,79	23,67	20,26	15,30	11,65
Humidité relative (%)	51,32	53,15	53,63	58,47	63,71	68,14	68,68	66,47	69,94	67,02	54,67	57,84

*Chambre06 : orientée nord-est*

**TABLEAU 08** : Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 06

Température d'air (°C)	16,21	16,63	18,02	19,30	21,17	23,61	25,14	25,37	23,76	21,72	18,75	16,50
Température radiante (°C)	16,66	17,08	18,33	19,49	21,13	23,07	24,30	24,40	22,98	21,24	18,73	16,87
Température opérative (°C)	16,44	16,86	18,18	19,39	21,15	23,34	24,72	24,89	23,37	21,48	18,74	16,68
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,63	10,96	13,03	15,20	17,78	22,32	25,14	25,79	23,67	20,26	15,30	11,65
Humidité relative (%)	52,40	54,46	55,22	59,16	63,84	68,12	69,39	68,34	72,48	69,28	55,75	58,88

*Chambre15: orientée sud-ouest*

**TABLEAU 09** : Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 15

Température d'air (°C)	17,61	18,11	19,73	20,65	22,24	24,67	26,48	27,16	25,71	23,46	19,96	17,69
Température radiante (°C)	18,37	18,91	20,42	21,10	22,45	24,39	25,98	26,59	25,36	23,39	20,25	18,31
Température opérative (°C)	17,99	18,51	20,08	20,88	22,34	24,53	26,23	26,87	25,53	23,42	20,11	18,00
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,63	10,96	13,03	15,20	17,78	22,32	25,14	25,79	23,67	20,26	15,30	11,65
Humidité relative (%)	48,09	49,78	49,77	54,74	59,94	64,08	64,26	61,71	64,74	62,56	51,82	54,80

D'après ces résultats, nous avons remarqué que :



## CHAPITRE 03: Cas d'étude

- Pour les différentes orientations des façades une variation de température entre les chambres
- Pour les chambres 01, 05 et 06 nous avons trois zones :
  - Zone de confort : la température varie entre 20°C et 24°C, elle correspond à 4 mois ; mai, juin, septembre et octobre.
  - Zone de sous chauffe : la température est moins de 20°C, elle correspond à 6 mois ; janvier, février, mars, avril, novembre et décembre.
  - La zone de surchauffe : la température est plus de 24°C, elle correspond à 2 mois ; juillet et août.
- Pour la chambre 15 nous avons aussi trois zones :
  - Zone de confort : la température varie entre 20°C et 24°C, elle correspond à 5 mois ; mars, avril, mai, octobre et novembre.
  - Zone de sous chauffe : la température est moins de 20°C, elle correspond à 3 mois ; janvier, février et décembre.
  - La zone de surchauffe : la température est plus de 24°C, elle correspond à 4 mois ; juin, juillet et août et septembre.
- La chambre 15 qui est orientée au sud-ouest présente un mois de plus dans le confort et des températures légèrement plus élevées en hiver et légèrement plus basses en été.

### 3.4.2 Scénario 2 : Simulation du confort thermique dans les chambres des patients avec le polystyrène dans la lame d'air

Dans ce scénario, nous avons gardé les mêmes caractéristiques constructives du scénario 1 mais nous avons remplacé la lame d'air par du polystyrène.

#### *Résultats et interprétations*

*Chambre 01 : orientée ouest*

**TABLEAU 10** : Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 01

Température d'air (°C)	16,74	17,19	18,55	19,65	21,32	23,54	25,06	25,38	23,89	21,92	19,06	16,96
Température radiante (°C)	17,27	17,72	18,93	19,86	21,28	22,99	24,23	24,45	23,16	21,49	19,10	17,41
Température opérative (°C)	17,00	17,45	18,74	19,76	21,30	23,26	24,65	24,91	23,53	21,70	19,08	17,18
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,63	10,96	13,03	15,20	17,78	22,32	25,14	25,79	23,67	20,26	15,30	11,65
Humidité relative (%)	50,70	52,63	53,42	57,92	63,21	68,31	69,54	68,19	71,88	68,40	54,62	57,22

*Chambre 05 : orientée est*

**TABLEAU 11** : Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 05

Température d'air (°C)	16,62	17,07	18,49	19,49	21,14	23,48	25,13	25,64	24,19	22,15	19,07	16,85
Température radiante (°C)	17,18	17,65	18,90	19,71	21,07	22,87	24,24	24,66	23,43	21,72	19,11	17,31
Température opérative (°C)	16,90	17,36	18,70	19,60	21,10	23,18	24,69	25,15	23,81	21,94	19,09	17,08
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,63	10,96	13,03	15,20	17,78	22,32	25,14	25,79	23,67	20,26	15,30	11,65
Humidité relative (%)	51,10	53,00	53,63	58,52	63,92	68,61	69,37	67,26	70,67	67,44	54,60	57,67



## CHAPITRE 03: Cas d'étude

*Chambre06 : orientée nord-est*

**TABLEAU 12 :** Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 06

Température d'air (°C)	16,32	16,73	18,09	19,33	21,16	23,55	25,05	25,28	23,71	21,71	18,81	16,59
Température radiante (°C)	16,80	17,21	18,42	19,53	21,12	23,01	24,20	24,31	22,92	21,23	18,81	16,99
Température opérative (°C)	16,56	16,97	18,26	19,43	21,14	23,28	24,62	24,79	23,31	21,47	18,81	16,79
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,63	10,96	13,03	15,20	17,78	22,32	25,14	25,79	23,67	20,26	15,30	11,65
Humidité relative (%)	52,06	54,15	54,99	59,04	63,89	68,36	69,77	68,72	72,73	69,32	55,53	58,57

*Chambre15: orientée sud-ouest*

**TABLEAU 13 :** Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 15

Température d'air (°C)	17,72	18,19	19,78	20,66	22,22	24,59	26,36	27,01	25,60	23,41	20,01	17,78
Température radiante (°C)	18,51	19,02	20,49	21,13	22,42	24,31	25,85	26,45	25,24	23,34	20,32	18,42
Température opérative (°C)	18,11	18,61	20,13	20,90	22,32	24,45	26,11	26,73	25,42	23,38	20,17	18,10
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,63	10,96	13,03	15,20	17,78	22,32	25,14	25,79	23,67	20,26	15,30	11,65
Humidité relative (%)	47,79	49,55	49,64	54,68	60,05	64,40	64,75	62,26	65,19	62,78	51,65	54,54

D'après ces résultats, nous avons remarqué que :

- Les températures ont légèrement augmenté en hiver et légèrement baissé en été.
- Nous avons les memes zones que le scénario 1 :
  - Pour les chambres 01, 05et 06 nous avons trois zones :
    - Zone de confort : la température varient entre 20°C et 24°C, elle correspond à 4 mois ; mai, juin, septembre et octobre.
    - Zone de sous chauffe : la température est moins de 20°C, elle correspond à 6 mois ; janvier, février, mars, avril, novembre et décembre.
    - La zone de surchauffe : la température est plus de 24°C, elle correspond à 2 mois ; juillet et aout.
  - Pour la chambre 15 nous avons aussi trois zones :
    - Zone de confort : la température varient entre 20°C et 24°C, elle correspond à 5 mois ; mars, avril, mai, octobre et novembre.
    - Zone de sous chauffe : la température est moins de 20°C, elle correspond à 3 mois ; janvier, février et décembre.
    - La zone de surchauffe : la température est plus de 24°C, elle correspond à 4 mois ; juin, juillet et aout et septembre.
- La chambre 06, qui est orientée nord-est, présente des températures plus basses que les autres orientations.

La chambre 15, qui est orientée au sud-ouest, présente un mois de plus dans le confort par rapport aux trois autres orientations et des températures plus élevées que les autres orientations (jusqu'à 1,5°C d'ecart).

Cette différence s'explique par la durée d'ensoleillement et le degré d'exposition des façades.

## CHAPITRE 03: Cas d'étude

### 3.4.3. Scénario 03: Simulation du confort thermique avec double vitrage dans les fenêtres et polystyrène dans les murs et le toit-terrasse comme isolant par l'extérieur

Le double vitrage a des propriétés spécifiques d'apport de chaleur qui sont à la base des concepts des constructions bioclimatiques et passives.

Nous avons choisi le polystyrène pour ces avantages ;

- Grande résistance mécanique: dure dans le temps (ne se détériore et ne se tasse pas)
- Résiste à l'eau, au froid, au chaud
- Idéal pour les isolations extérieures
- Longue durée de vie : supérieure à 50 ans

#### *Caractéristiques constructives*

**TABLEAU 14 : Caractéristiques constructives**

Élément	Extérieur vers l'intérieur	Matériaux	Épaisseur
Mur	1	Enduit en ciment	0.02
	2	polystyrène	0.05
	3	Enduit en ciment	0.02
	4	Brique	0.15
	5	polystyrène	0.05
	6	Brique	0.1
	7	Enduit en plâtre	0.02
Plancher	1	Gravier	0.025
	2	Bitume	0.04
	3	polystyrène	0.05
	4	Bitume	0.04
	5	Dalle pleine	0.15
	6	Enduit en plâtre	0.02

## CHAPITRE 03: Cas d'étude

Sol	1	Dalle plane	0.1
	2	Enduit en ciment	0.03
	3	Carrelage	0.02
Cloison01	1	Enduit en plâtre	0.02
	2	Brique	0.05
	3	Enduit en plâtre	0.02
Cloison02	1	Faïence	0.01
	2	Enduit en ciment	0.02
	3	Brique	0.05
	4	Enduit en plâtre	0.02
vitrage	1	double vitrage	0.006

### *Résultats et interprétation*

*Chambre01 : orientée ouest*

**TABLEAU 15 :** Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 01

Température d'air (°C)	16,47	16,83	17,85	18,82	20,12	21,71	22,86	22,97	21,95	20,45	18,21	16,66
Température radiante (°C)	16,86	17,23	18,13	18,98	20,10	21,37	22,33	22,40	21,49	20,19	18,28	16,99
Température opérative (°C)	16,67	17,03	17,99	18,90	20,11	21,54	22,60	22,69	21,72	20,32	18,24	16,82
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,63	10,96	13,03	15,20	17,78	22,32	25,14	25,79	23,67	20,26	15,30	11,65
Humidité relative (%)	51,17	53,40	55,42	60,47	67,66	75,74	79,01	77,92	79,94	74,25	57,12	58,03

*Chambre05 : orientée est*

**TABLEAU 16:** Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 01

Température d'air (°C)	16,39	16,78	17,88	18,80	20,10	21,87	23,17	23,47	22,42	20,82	18,31	16,58
Température radiante (°C)	16,81	17,20	18,19	18,96	20,08	21,50	22,62	22,89	21,94	20,56	18,39	16,92
Température opérative (°C)	16,60	16,99	18,03	18,88	20,09	21,69	22,90	23,18	22,18	20,69	18,35	16,75
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,63	10,96	13,03	15,20	17,78	22,32	25,14	25,79	23,67	20,26	15,30	11,65
Humidité relative (%)	51,44	53,61	55,34	60,59	67,71	75,19	77,80	75,98	78,04	72,65	56,73	58,38

## CHAPITRE 03: Cas d'étude

*Chambre06 : orientée nord-est*

**TABLEAU 17 :** Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 06

Température d'air (°C)	15,99	16,33	17,39	18,55	20,06	21,91	23,09	23,14	21,97	20,37	17,97	16,24
Température radiante (°C)	16,36	16,70	17,67	18,71	20,06	21,58	22,57	22,57	21,49	20,10	18,03	16,54
Température opérative (°C)	16,17	16,51	17,53	18,63	20,06	21,74	22,83	22,86	21,73	20,23	18,00	16,39
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,63	10,96	13,03	15,20	17,78	22,32	25,14	25,79	23,67	20,26	15,30	11,65
Humidité relative (%)	52,74	55,10	57,04	61,46	67,91	75,04	78,17	77,35	79,95	74,65	57,98	59,56

*Chambre15: orientée sud-ouest*

**TABLEAU 18 :** Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 15

Température d'air (°C)	17,34	17,81	19,09	19,88	21,16	23,02	24,50	24,99	23,93	22,15	19,23	17,38
Température radiante (°C)	17,78	18,25	19,43	20,09	21,21	22,78	24,12	24,59	23,62	22,01	19,37	17,74
Température opérative (°C)	17,56	18,03	19,26	19,99	21,19	22,90	24,31	24,79	23,78	22,08	19,30	17,56
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,63	10,96	13,03	15,20	17,78	22,32	25,14	25,79	23,67	20,26	15,30	11,65
Humidité relative (%)	48,61	50,45	51,54	57,05	63,91	70,76	72,66	70,27	72,09	67,73	53,87	55,64

D'après ces résultats, nous avons remarqué que :

- Pour les chambres 01, 05 et 06 nous avons deux zones :
  - Zone de confort : la température varie entre 20°C et 24°C, elle correspond à 6 mois ; mai, juin, juillet, août, septembre et octobre.
  - Zone de sous chauffe : la température est moins de 20°C, elle correspond à 6 mois ; janvier, février, mars, avril, novembre et décembre.
- Pour la chambre 15, nous avons trois zones :
  - Zone de confort : la température varie entre 20°C et 24°C, elle correspond à 5 mois ; mai, juin, septembre et octobre.
  - Zone de sous chauffe : la température est moins de 20°C, elle correspond à 5 mois ; janvier, février, mars, avril, novembre et décembre.
  - La zone de surchauffe : la température est plus de 24°C, elle correspond à 2 mois ; juillet et août.
- Dans toutes les orientations, les températures ont légèrement baissé en hiver mais en été nous constatons une baisse remarquable qui a atteint 2°C.

### **3.4.4. Scénario 4 : Simulation du confort thermique avec double vitrage dans les fenêtres et laine de roche dans les murs et le toit-terrasse comme isolant par l'extérieur**

Nous avons choisi la laine de roche pour ces avantages ;

## CHAPITRE 03: Cas d'étude

- La laine de roche est un isolant fabriqué à partir d'un matériau naturel : le basalte. elle fait partie de la famille des isolants minéraux.
- Disponible en de nombreux conditionnements
- Sa faible conductivité thermique (coefficient  $\lambda$ ), située entre 0.033 et 0.044 W/m.K fait de la laine de roche un bon isolant thermique.
- Durée de vie élevée : environ 50 ans

### *Caractéristiques constructives*

**TABLEAU 19** : Caractéristiques constructives

<b>Élément</b>	<b>Extérieur vers l'intérieur</b>	<b>Matériaux</b>	<b>Épaisseur</b>
<b>Mur</b>	1	Enduit en ciment	0.02
	2	laine de roche	0.05
	3	Enduit en ciment	0.02
	4	Brique	0.15
	5	polystyrène	0.05
	6	Brique	0.1
	7	Enduit en plâtre	0.02
<b>Plancher</b>	1	Gravier	0.025
	2	Bitume	0.04
	3	laine de roche	0.05
	4	Bitume	0.04
	5	Dalle plaine	0.15
	6	Enduit en plâtre	0.02
<b>Sol</b>	1	Dalle plaine	0.1
	2	Enduit en ciment	0.03
	3	Carrelage	0.02
	1	Enduit en plâtre	0.02



## CHAPITRE 03: Cas d'étude

<b>Cloison01</b>	2	Brique	0.05
	3	Enduit en plâtre	0.02
<b>Cloison02</b>	1	Faïence	0.01
	2	Enduit en ciment	0.02
	3	Brique	0.05
	4	Enduit en plâtre	0.02
<b>vitrage</b>	1	double vitrage	0.006

### *Résultats et interprétation*

*Chambre01 : orientée ouest*

**TABLEAU 20** : Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 01

Température d'air (°C)	16,74	17,12	18,35	19,37	20,94	23,04	24,49	24,82	23,45	21,63	18,98	16,94
Température radiante (°C)	17,27	17,64	18,67	19,52	20,80	22,40	23,57	23,81	22,66	21,15	19,00	17,38
Température opérative (°C)	17,00	17,38	18,51	19,45	20,87	22,72	24,03	24,32	23,05	21,39	18,99	17,16
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,63	10,96	13,03	15,20	17,78	22,32	25,14	25,79	23,67	20,26	15,30	11,65
Humidité relative (%)	50,69	52,85	54,12	58,88	64,73	70,39	71,97	70,50	73,81	69,62	54,90	57,27

*Chambre05 : orientée est*

**TABLEAU 21** : Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 05

Température d'air (°C)	16,68	17,05	18,27	19,24	20,75	22,91	24,42	24,86	23,52	21,70	18,98	16,86
Température radiante (°C)	17,25	17,61	18,62	19,39	20,59	22,20	23,41	23,77	22,67	21,20	19,01	17,32
Température opérative (°C)	16,96	17,33	18,45	19,32	20,67	22,56	23,91	24,31	23,10	21,45	19,00	17,09
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,63	10,96	13,03	15,20	17,78	22,32	25,14	25,79	23,67	20,26	15,30	11,65
Humidité relative (%)	50,91	53,12	54,39	59,37	65,49	71,02	72,41	70,50	73,57	69,34	54,89	57,61

## CHAPITRE 03: Cas d'étude

*Chambre06 : orientée nord-est*

**TABLEAU 22** : Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 06

Température d'air (°C)	16,39	16,74	17,97	19,11	20,79	23,04	24,48	24,76	23,32	21,47	18,77	16,63
Température radiante (°C)	16,89	17,22	18,26	19,25	20,67	22,41	23,54	23,71	22,48	20,96	18,77	17,04
Température opérative (°C)	16,64	16,98	18,11	19,18	20,73	22,72	24,01	24,23	22,90	21,22	18,77	16,84
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,63	10,96	13,03	15,20	17,78	22,32	25,14	25,79	23,67	20,26	15,30	11,65
Humidité relative (%)	51,83	54,11	55,43	59,83	65,34	70,49	72,15	70,91	74,44	70,34	55,66	58,40

*Chambre15: orientée sud-ouest*

**TABLEAU 23** : Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 15

Température d'air (°C)	17,44	17,86	19,24	20,13	21,58	23,82	25,45	26,05	24,74	22,75	19,68	17,52
Température radiante (°C)	18,12	18,55	19,76	20,44	21,62	23,37	24,77	25,32	24,22	22,52	19,88	18,07
Température opérative (°C)	17,78	18,20	19,50	20,28	21,60	23,59	25,11	25,68	24,48	22,64	19,78	17,79
Température Sèche Air Extérieur (°C)	10,63	10,96	13,03	15,20	17,78	22,32	25,14	25,79	23,67	20,26	15,30	11,65
Humidité relative (%)	48,62	50,61	51,33	56,39	62,40	67,46	68,32	65,93	68,63	65,31	52,71	55,39

D'après ces résultats, nous avons remarqué que :

- Pour les chambres 01, 05 et 06, nous avons 3 zones :
  - Zone de confort : la température varie entre 20°C et 24°C, elle correspond à 5 mois ; mai, juin, juillet, septembre et octobre.
  - Zone de sous chauffe : la température est moins de 20°C, elle correspond à 6 mois ; janvier, février, mars, avril, novembre et décembre.
  - La zone de surchauffe : la température est plus de 24°C, elle correspond à 1 mois ; aout.
- Pour les chambres 15 nous avons 3 zones :
  - Zone de confort : la température varie entre 20°C et 24°C, elle correspond à 4 mois ; avril, mai, juin et octobre.
  - Zone de sous chauffe : la température est moins de 20°C, elle correspond à 5 mois ; janvier, février, mars, novembre et décembre.
  - La zone de surchauffe : la température est plus de 24°C, elle correspond à 3 mois ; juillet, aout et septembre.

## CHAPITRE 03: Cas d'étude

### 3.4.5. Synthèse des simulations

TABLEAU 24 : Synthèse de simulation

	Scénario 2			Scénario 3			Scénario 4		
	Nombre de mois de confort	Nombre de mois de sous chauffe	Nombre de mois de surchauffe	Nombre de mois de confort	Nombre de mois de sous chauffe	Nombre de mois de surchauffe	Nombre de mois de confort	Nombre de mois de sous chauffe	Nombre de mois de surchauffe
Chambre 1	4	6	2	6	6	0	5	6	1
Chambre 5	4	6	2	6	6	0	5	6	1
Chambre 6	4	6	2	6	6	0	5	6	1
Chambre 15	5	3	4	5	5	2	4	5	3

Pour atteindre le confort thermique pendant une plus longue période de l'année nous avons opté pour le scénario 03, c'est-à-dire l'utilisation du double vitrage dans les fenêtres et le polystyrène dans les murs et le toit-terrasse comme isolant par l'extérieur.

Pour la chambre 15, le nombre de mois de confort thermique peut être augmenté par l'utilisation des protections solaires en été.

## 4. Conclusion

Après une analyse bioclimatique de la région de Chéraga en utilisant le diagramme de Givoni qui permet de déterminer la zone de confort, nous avons évalué le confort thermique dans les chambres de patients du pavillon 02 de l'Établissement Hospitalier Spécialisée en Psychiatrie à l'aide du logiciel de simulation thermique DESIGNER BUILDER.

Les résultats des simulations montrent une courte durée de confort thermique due à la mauvaise orientation des façades et à l'inefficacité de l'enveloppe et des matériaux utilisés, à la nature du vitrage et à l'absence des protections solaires.

L'utilisation du double vitrage et de l'isolation par l'extérieur (polystyrène) que nous avons proposé, ont permis d'augmenter le nombre de mois de confort thermique. Cette solution a permis de régler les problèmes de surchauffe. Les problèmes de sous chauffe sont dus essentiellement à la mauvaise orientation des chambres. De ce fait, le recours à des équipements de chauffage est indispensable pour atteindre les conditions de confort requises.



# **CONCLUSION GÉNÉRALE**

# Conclusion générale

---

## Conclusion générale

À travers ce mémoire, nous avons abordé la problématique du confort thermique dans un établissement de santé spécialisé en psychiatrie où le confort doit être assuré de la manière la plus passive possible sans avoir recours aux installations de chauffage et de climatisation qui peuvent représenter un danger pour les malades.

Nous avons procédé à des simulations thermiques dynamiques à l'aide du logiciel Design Builder. Ces simulations ont confirmé que l'orientation des chambres impacte le confort intérieur, le degré d'exposition des façades au rayonnement solaire direct influe directement sur l'élévation ou la baisse de la température intérieure. Pour les chambres orientées nord, les températures sont plus basses en été comme en hiver. Pour les chambres orientées sud-ouest, les températures sont plus élevées.

Les résultats de cette recherche ont montré aussi que même après la rénovation du bâtiment par l'intégration du polystyrène dans la lame d'air du mur en double cloison constituant l'enveloppe extérieure du bâtiment, le confort thermique n'est pas atteint. Les mois d'inconfort représentent 2/3 de l'année.

Pour améliorer le nombre de mois de confort, nous avons proposé d'utiliser le polystyrène comme isolation par l'extérieur au niveau du toit-terrasse et au niveau des murs extérieurs, ainsi que l'utilisation du double vitrage. Nous avons obtenu six mois de confort et six mois de sous chauffe pour les orientations ouest, est et nord-est, et cinq mois de confort, cinq mois de sous chauffe et deux mois de surchauffe pour l'orientation sud-ouest. Le problème de surchauffe dans cette orientation peut être corrigé par l'intégration des protections solaires au niveau des fenêtres.

Les problèmes de sous chauffe sont dus probablement à la mauvaise orientation des chambres et à la surface des fenêtres qui n'est pas suffisante pour assurer un bon captage solaire. De ce fait le recours au chauffage actif est nécessaire.

## Liste des figures et des tableaux

### Liste des figures

<b>Figure 01:</b> Température des parois.....	08
<b>Figure 02:</b> Gains thermiques internes d'un espace.....	09
<b>Figure 03:</b> Le métabolisme humain.....	10
<b>Figure 04 :</b> L'interaction thermique entre le corps humain et son environnement.....	11
<b>Figure 05:</b> Le diagramme d'Olgay.....	13
<b>Figure 06 :</b> Diagramme bioclimatique.....	13
<b>Figure 07 :</b> Zones de confort selon le diagramme bioclimatique de Givoni.....	15
<b>Figure 08:</b> La gamme de confort de De Dear.....	15
<b>Figure 09:</b> Le diagramme d'Evans.....	16
<b>Figure 10:</b> Le diagramme de Szokolay.....	16
<b>Figure 11:</b> Concepts de la stratégie du chaud.....	19
<b>Figure 12 :</b> Concepts de la stratégie du froid.....	20
<b>Figure 13:</b> Implantation du bâti.....	20
<b>Figure14 :</b> Répartition des puissances reçues du soleil, selon les différentes orientations....	21
<b>Figure 15 :</b> Impact de la forme du bâtiment sur l'importance des surfaces de déperditions thermiques.....	22
<b>Figure 16:</b> La végétation comme dispositif bioclimatique.....	23
<b>Figure 17:</b> L'inertie thermique du matériau.....	23
<b>Figure 18:</b> Isolation du bâti.....	18
<b>Figure 19:</b> Protection solaires.....	24
<b>Figure 20:</b> Ventilation naturelle dans une bâtisse.....	24
<b>Figure 21:</b> Toiture végétale.....	25
<b>Figure 22:</b> Façade double peau .....	25
<b>Figure 23:</b> Mur trombe.....	26
<b>Figure 24:</b> maison avec serre bioclimatique.....	27
<b>Figure 25:</b> Situation géographique de la wilaya d'Alger.....	43
<b>Figure 26:</b> Situation géographique de la commune de Cheraga.....	44
<b>Figure 27:</b> Carte de situation de l'établissement spécialisé Mahfoud Boucebci –Chéraga....	44
<b>Figure 28:</b> Température journalière.....	45
<b>Figure 29:</b> La température moyenne mensuelle.....	46

<b>Figure 30:</b> Durée d’enseillement.....	46
<b>Figure 31:</b> Rayonnement global journalière.....	46
<b>Figure 32:</b> Précipitations.....	46
<b>Figure 33:</b> Rose des vents.....	47
<b>Figure 34:</b> Niveaux de confort selon l’humidité de Chéraga.....	47
<b>Figure 35:</b> Diagramme de GIVONI.....	48
<b>Figure 36 :</b> accessibilités.....	49
<b>Figure 37 :</b> Plan de masse de l’établissement.....	51
<b>Figure 38 :</b> accessibilité au pavillon 02.....	51
<b>Figure 39:</b> Plan du pavillon 02.....	52
<b>Figure 40:</b> Façade principale du pavillon 02.....	53
<b>Figure 41:</b> Façade Nord du pavillon 02.....	53
<b>Figure 42:</b> Façade Sud du pavillon 02.....	53
<b>Figure 43:</b> Façade Est du pavillon 02.....	53
<b>Figure 44:</b> Façade Ouest du pavillon 02.....	53
<b>Figure 45 :</b> Interface3D- Design Builder.....	56
<b>Figure 46 :</b> Concept Design Builder.....	57
<b>Figure 47:</b> L’interface du logiciel <i>Métronome</i> .....	57
<b>Figure 48:</b> Plan indiquant les chambres étudiées.....	58

## Liste des tableaux

<b>TABLEAU 01 :</b> Valeurs de référence de température de l’air.....	07
<b>TABLEAU 02 :</b> Programme fonctionnelle.....	50
<b>TABLEAU 03 :</b> Programme surfacique du pavillon 02.....	54
<b>TABLEAU 04 :</b> Caractéristiques constructives.....	55
<b>TABLEAU 05 :</b> Caractéristiques constructives.....	59
<b>TABLEAU 06 :</b> Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 01.....	60
<b>TABLEAU 07 :</b> Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 05.....	60
<b>TABLEAU 08 :</b> Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 06.....	60
<b>TABLEAU 09 :</b> Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 15.....	60
<b>TABLEAU 10 :</b> Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 01.....	61
<b>TABLEAU 11 :</b> Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 05.....	61
<b>TABLEAU 12 :</b> Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 06.....	62
<b>TABLEAU 13 :</b> Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 15.....	62

<b>TABLEAU 14</b> : Caractéristiques constructives.....	63
<b>TABLEAU 15</b> : Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 01.....	64
<b>TABLEAU 16</b> : Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 01.....	64
<b>TABLEAU 17</b> : Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 06.....	65
<b>TABLEAU 18</b> : Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 15.....	65
<b>TABLEAU 19</b> : Caractéristiques constructives.....	66
<b>TABLEAU 20</b> : Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 01.....	67
<b>TABLEAU 21</b> : Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 05.....	67
<b>TABLEAU 22</b> : Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 06.....	68
<b>TABLEAU 23</b> : Évaluation mensuel de confort thermique dans la chambre 15.....	68
<b>TABLEAU 24</b> : Synthèse de simulation.....	69

## Bibliographies

- Bodart M., «Création d'un outil d'aide au choix optimisé du vitrage du bâtiment, selon des critères physiques, économiques et écologiques, pour un meilleur confort visuel et thermique », Thèse de doctorat, Univ Catholique de Louvain, Belgique. 2002.p.110
- Cahiers du CSTB , « Le confort thermique :motivation et comportement des habitants ».vol 266 cahier n°2054. 1986. p23
- Galeou M, grivel F, Candas V. « le confort thermique : aspects physiologiques et psycho-sensoriel », étude bibliographique. Strasbourg : CNRS, 1989.p.113,
- Galeou M, grivel F, Candas V.(1989).op cit.p113
- Izard-L. «Architectures d'été construire : pour le confort d'été», Edition Edisud, 1994, p141
- Merzeg Abdelkader.« La réhabilitation thermique de l'habitat contemporain en Algérie ».Mémoire demagistère, département d'architecture de Tizi-Ouzou, 2010, p49
- Olivier JUNG, « approche multicritère numérique et expérimentale de la ventilation et du rafraichissement d'un bâtiment multizone par contrôle de composant de façade » thèse de doctorat, 2009,P 36
- Thellier ,Françoise. « L'homme et son environnement thermique – Modélisation ». Université de PaulSabatier de Toulouse, 1999, p 65.
- Clo : Unité d'isolement vestimentaire, 1 Clo = 0.155 m<sup>2</sup> °C.W-1)
- Hoffmann J. B. « ambiances climatisées et confort thermique » les actes du C.O.S.T.I.C .P11<sup>3</sup> NEUF : « Climat intérieur/ confort, Santé, confort visuel » Revue européenne d'architecture N°77, novembre - décembre 1978. p 12.
- Homéotherme : dont la température centrale est constante et reste indépendante de celle du milieu extérieur
- Hugues Boivin « la ventilation naturelle Développement d'un outil d'évaluation du potentiel de la climatisation passive et d'aide à la conception architecturale », Mémoire de maitrise, université Laval Québec, 2007, p 115
- K.Parson. "Human thermal environments". London : 2nd édition, 2003 cite in Thellier, F. «du confort », étude réalisée à l'université Paul Sabatier de Toulouse, France. 1989. Pages 163
- Liébard, A.et De Herde, A. « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques ». Ed. Le Moniteur. Paris2005 p. 30a
- Liébard, A.et De Herde, A.(2005). Op.cit p. 29a
- NEUF : « Climat intérieur/ confort, Santé, confort visuel » Revue européenne d'architecture N°77,novembre - décembre 1978. p 12.
- Salomon,T et Bedel,S., « La maison des [méga] watts, Le guide malin de l'énergie chez soi ». Ed. Terre vivante. Mens 2004. p. 25.