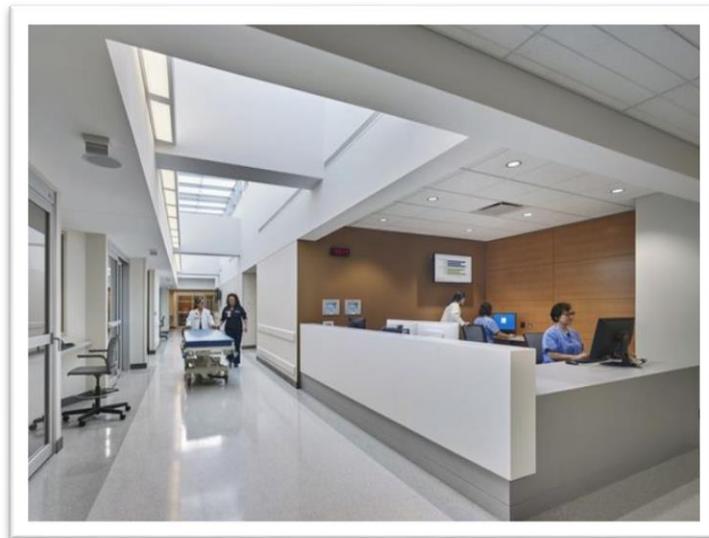


*République algérienne démocratique et populaire*  
*Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique*  
*Université Abderrahmane Mira – Bejaia*



*Faculté de Technologie*  
*Département d'Architecture*



**Thème :**  
**Évaluation du confort thermique et de la configuration spatiale dans les établissements sanitaires**

**Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Master II en Architecture**  
**« Spécialité Architecture »**

**Préparé par : YAZLI Massilia**

**Soutenu devant le jury composé de :**

<b>Mme. LABRECHE Samia</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Département architecture de Bejaia</b>	<b>Président de jury</b>
<b>Dr. SARAOUI Selma</b>	<b>M.C.A</b>	<b>Département architecture de Bejaia</b>	<b>Rapporteur</b>
<b>M. DAICH Ahmed Motie</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Département architecture de Bejaia</b>	<b>Examineur</b>

*Année Universitaire 2022 - 2023*

## *Dédicaces :*

*Je dédie ce modeste travail :*

*À mes chers parents, qui m'ont soutenu tout au long de mes études.*

*À mes chères sœurs : Lynda, Sabrina, Manel, Sisseem, Anais, pour leurs présences, leurs encouragements et leurs affections.*

*À mes petits neveux et nièces, qui sont une source constante de bonheur.*

*À mes amis, Messilva, Manel, Mélissa, Asma, Lydia, pour leur amitié sincère et leur soutien indéfectible.*

*Enfin, à tous ceux qui m'entourent et qui m'ont apporté leur aide.*

## **Remerciement :**

*Je tiens sincèrement à remercier mon encadrante, Mme. SARAoui Selma, pour ses précieux conseils, sa patience et son soutien tout au long du processus. Sa passion et son expertise ont été une source d'inspiration et ont grandement contribué à l'enrichissement de ce travail.*

*Je tiens également à exprimer mes vifs remerciements aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à cette recherche en acceptant d'examiner ce modeste travail et pour leurs remarques constructives qui ont permis d'enrichir cette étude.*

*Je souhaite exprimer ma gratitude à toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.*

*Sans oublier toute l'équipe pédagogique du département d'architecture de l'université de Bejaia, pour avoir enrichi mes connaissances.*

## Résumé :

Parmi les bâtiments qui doivent assurer un niveau de confort optimal : Les établissements de santé, ces derniers se doivent de répondre aux exigences des usagers, d'autant plus que la majorité sont des personnes sensibles et malades. Cependant, dans notre pays on accorde peu d'importance à cet aspect et il n'existe malheureusement pas d'exigence réglementaire en la matière, ce qui peut entraîner des situations inconfortables pour la majorité des usagers. Face à cette problématique, notre étude vise à évaluer le confort thermique des espaces clés de l'hôpital, tels que la chambre des patients, la salle d'opération et l'espace d'accueil. Ainsi que la configuration spatiale dans ce dernier. L'étude a été menée sur l'établissement hospitalier privé "Le Rameau d'Olivier" de Bejaia, en utilisant une méthode combinant des approches qualitative (questionnaires et observation) et quantitative (simulation numérique). L'étude a relevé des problèmes de confort thermique en été dus à une isolation inadéquate des parois extérieures, avec un recours élevé à la climatisation. La configuration spatiale, en particulier dans la zone d'accueil, est globalement satisfaisante, mais on observe quelques lacunes, notamment des variations de fréquentation élevées d'une zone à l'autre. Ces variations posent un léger souci dans les fluctuations de températures. Notre recherche contribue de manière significative à la réflexion sur la conception architecturale des établissements de santé, en mettant en évidence l'importance de prendre en compte les spécificités de chaque espace et les enjeux liés au confort thermique. Ces conclusions soulignent la nécessité d'une conception intelligente pour améliorer le confort des usagers tout en favorisant l'efficacité énergétique des installations sanitaires.

**Mots clés :** Confort thermique, syntaxe spatiale, établissements sanitaires, isolation thermique, espace d'accueil, chambre de malade, bloc opératoire.

## **Abstract:**

Among the buildings that must ensure an optimal level of comfort are healthcare facilities. These must meet the requirements of users, especially considering that the majority of them are sensitive and ill individuals. However, in our country, little importance is placed on this aspect, and unfortunately, there are no regulatory requirements in this regard, which can lead to uncomfortable situations for the majority of users. Faced with this issue, our study aims to assess the thermal comfort of key hospital spaces, such as patient rooms, operating rooms, and the reception area, as well as the spatial configuration in the latter. The study was conducted at the private healthcare institution "Le Rameau d'Olivier" in Bejaia, using a methodology that combines qualitative approaches (questionnaires and observations) and quantitative methods (numerical simulations). The study identified issues with thermal comfort in the summer due to inadequate insulation of external walls, leading to a high reliance on air conditioning. Spatial configuration, particularly in the reception area, is generally satisfactory, but some shortcomings are observed, including significant variations in occupancy between different zones. These variations slightly affect temperature fluctuations. Our research significantly contributes to the discussion of architectural design for healthcare facilities, highlighting the importance of considering the specificities of each space and the challenges related to thermal comfort. These findings emphasize the need for intelligent design to enhance user comfort while promoting energy efficiency in healthcare facilities.

**Keywords:** Thermal comfort, spatial syntax, healthcare facilities, thermal insulation, reception area, patient room, operating room.

## Tables des matières :

<b>CHAPITRE INTRODUCTIF .....</b>	<b>1</b>
Introduction générale : .....	1
Problématique.....	2
Hypothèses .....	2
L'objectif :.....	3
Méthodologie de recherche .....	3
Structure du mémoire .....	4
<b>CHAPITRE 1 : Le confort thermique .....</b>	<b>6</b>
Introduction :.....	6
1. Définitions : .....	6
1.1. Le confort :.....	6
1.2. Le confort thermique : .....	7
2. Les facteurs du confort thermiques .....	8
2.1. Facteurs en relations avec l'individu : .....	8
2.2. Facteurs en relations avec l'environnement.....	9
3. La régulation thermique :.....	13
3.1. La thermorégulation physiologique .....	13
3.2. La thermorégulation comportementale .....	14
4. Les modes de transfert de chaleur :.....	14
5. La thermique du bâtiment : .....	15
5.1. Les facteurs du confort thermique dans le bâtiment .....	15
5.2. Les apports d'énergies dans le bâtiment : .....	18
Conclusion :.....	19
<b>CHAPITRE 2 : Les équipements sanitaires et la configuration spatiale .</b>	<b>22</b>
Introduction :.....	22
I. Les équipements sanitaires : .....	22
1. Définitions : .....	22
1.1. La santé :.....	22
1.2. Les équipements sanitaires .....	22
2. La santé en Algérie : .....	23

2.1.	Historique du secteur de la santé en Algérie.....	23
2.2.	Les équipements sanitaires en Algérie.....	25
3.	Organisation du système de santé : .....	25
3.1.	A l'échelle centrale .....	26
3.2.	A l'échelle intermédiaire.....	26
3.3.	A l'échelle locale .....	26
4.	Typologie et classification des établissements sanitaires : .....	27
4.1.	Salle de soin .....	27
4.2.	Centre de santé .....	28
4.3.	Polyclinique .....	28
4.4.	Hôpital.....	28
4.5.	Clinique.....	28
5.	Les principaux espaces des équipements sanitaires .....	29
5.1.	L'espace accueil.....	29
5.2.	L'espace d'attente .....	29
5.3.	L'espace administratif.....	29
5.4.	L'espace de consultation.....	29
5.5.	L'espace opératoire .....	29
5.6.	L'espace hospitalisation.....	30
6.	Normes de confort thermique dans les équipements sanitaires .....	30
6.1.	L'espace d'hospitalisation .....	30
6.2.	L'espace opératoire .....	31
6.3.	L'espace d'accueil et d'attente.....	31
II.	La configuration spatiale.....	32
1.	Définition de la configuration spatiale.....	32
2.	La syntaxe spatiale .....	32
3.	Le graphe justifié .....	33
4.	Principales mesures de la syntaxe spatiale.....	33
4.1.	L'accessibilité et la visibilité .....	33
4.3.	L'intégration .....	34
4.4.	La connectivité.....	34
4.5.	L'intelligibilité .....	34
5.	Configuration spatiale de l'espace d'accueil dans les équipements sanitaires .....	34
5.1.	Typologie de l'accueil dans les établissements sanitaires .....	35
5.2.	Importance du confort dans les établissements sanitaires.....	37

Conclusion :	38
<b>CHAPITRE 03 : Cas d'étude, méthodologie et étude empirique.....</b>	<b>40</b>
Introduction .....	40
1. Présentation du cas d'étude.....	40
1.1. Justification du choix .....	40
1.2. Présentation de la clinique « le rameau d'olivier ».....	40
1.3. Situation de la clinique « le rameau d'olivier »: .....	41
1.4. Environnement immédiat.....	43
1.5. Dossier graphique .....	43
1.6. Critère de sélection des espaces analysés .....	44
2. Outils méthodologiques : .....	45
2.1. La simulation :.....	46
2.1.1. Qu'est-ce que la simulation.....	46
2.1.2. Les logiciels de simulation.....	47
2.1.3. L'outils UBAKUS.....	54
2.2. Etude empirique : .....	56
2.2.1. L'observation .....	56
2.2.2. Le questionnaire .....	57
Conclusion.....	58
<b>CHAPITRE 04 : Résultats et interprétations.....</b>	<b>60</b>
Introduction :	60
1. Résultats et interprétation des résultats du logiciel DepthmapX .....	60
2. Résultats et interprétations de l'observation .....	64
3. Résultats et interprétations de UBAKUS.....	67
3.1. Isolation thermique .....	68
3.2. Températures de parois et l'hydrothermie .....	68
3.3. Confort d'été .....	70
4. Résultats et interprétation des résultats du logiciel ArchiWIZARD.....	71
4.1. Zone hospitalisation .....	72
4.2. Zone opératoire .....	74
4.3. Zone accueil et attentes .....	75
5. Résultats et interprétations du Questionnaire .....	77
6. Correspondances entre les résultats .....	82

Conclusion :.....	85
<b>Conclusion générale : .....</b>	<b>87</b>
Limites de recherche : .....	87
Futures axes de recherche.....	88
Recommandations spécifiques .....	88
Recommandations générales :.....	90
<b>Références bibliographiques : .....</b>	<b>91</b>
<b>Annexes : .....</b>	<b>94</b>

## Liste des figures :

<b>Figure 1</b> : pourcentage prévisible d'insatisfaits : température de confort pour deux activités différentes. Source : Traité de l'architecture et de l'urbanisme bioclimatique (2005). ....	7
<b>Figure 2</b> Température de confort pour différentes activités (O.Fanger) Source :Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique (2005). ....	8
<b>Figure 3:</b> Facteurs du confort thermique. Source: Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique (2005). ....	10
<b>Figure 4:</b> Diagramme de plage de taux d'humidité ambiante optimale d'un point de vue hygiénique (d'après Scofield et Sterling). Source : energieplus-lesite.be.....	10
<b>Figure 5:</b> Diagramme de plage de confort hygrothermique Source : energieplus-lesite.be ....	11
<b>Figure 6:</b> Températures de confort pour différentes vitesses relatives de l'air et un habillement moyen, d'après O. Fanger. Source: Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique (2005). ....	12
<b>Figure 7:</b> Les pertes thermique du corps humain dépendant des 6 paramètres. Source: Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique (20015). ....	15
<b>Figure 8:</b> Apports d'énergie dans le bâtiment. Source: Jedidi, M., & Benjeddou, O. (2013)..	18
<b>Figure 9:</b> Graphe justifié, source: space is the machine, Bill Hillier (1996). ....	33
<b>Figure 10::</b> schéma « accueil et centre de vie », source: Les hôpitaux et les cliniques (2014). ....	36
<b>Figure 11:</b> Vues sur patio et jardin d'entrée de l'hôpital BRETONNEAU- TOURS. Source: K. Bouandas (2012) .....	36
<b>Figure 12:</b> vue sur le couloir de passage. Source: Gettyimages.....	37
<b>Figure 13:</b> vue sur la galerie de l'hôpital BRETONNEAU- TOURS Source : K. Bouandas (2012). ....	37
<b>Figure 14:</b> Photos de l'établissement hospitalier le Rameau d'olivier. Source: Auteur (2023). ....	41
<b>Figure 15:</b> Situation de la clinique. Source: traité par l'auteur. ....	42
<b>Figure 16:</b> Emplacement de la clinique dans la ville. Source : Traité par l'auteur. ....	42
<b>Figure 17:</b> Environnement immédiat de la clinique. Source: traité par l'auteur.....	43
<b>Figure 18:</b> Schéma représentant le processus méthodologique. Auteur.....	46
<b>Figure 19</b> : Insertion de la grille. Source : auteur. ....	49
<b>Figure 20</b> : Simulation de la connectivité. Source : auteur. ....	49
<b>Figure 21</b> : Simulation de l'intégration. Source : auteur. ....	50
<b>Figure 22</b> : Simulation de l'agent tool. Source : auteur.....	50
<b>Figure 23</b> : Import du fichier SKP. Source : auteur.....	52
<b>Figure 24</b> : Localisation et fichier climatique. Source : auteur. ....	52
<b>Figure 25</b> : Analyse géométrique. Source : auteur. ....	53
<b>Figure 26</b> : Composition de la paroi. Source : Auteur.....	53
<b>Figure 27</b> : Zone à étudier. Source : Auteur. ....	53
<b>Figure 28</b> : lancement de la STD. Source : auteur.....	54
<b>Figure 29:</b> Composition de la paroi extérieur. Auteur.....	55
<b>Figure 30</b> : Interface UBAKUS. Source : auteur.....	55
<b>Figure 31</b> : Insertion des couches de la paroi. ....	56
<b>Figure 32</b> : Photos de l'observation in-situ. Source : Auteur, 2023. ....	65

<b>Figure 33:</b> Schéma de déplacement des personnes observées in situ. Auteur. ....	66
<b>Figure 34:</b> histogrammes résumant l'emplacement des visiteurs à un instant T. Auteur .....	67
<b>Figure 35 :</b> Composition de la paroi réalisé avec Ubakus. ....	67
<b>Figure 36 :</b> Résultats de l'isolation thermique de la paroi. ....	68
<b>Figure 37 :</b> Profil de température. ....	69
<b>Figure 38 :</b> changement de température à travers la paroi selon l'heure. ....	70
<b>Figure 39 :</b> température de surface selon l'heure de la journée. ....	71
<b>Figure 40 :</b> Températures de la ville de Béjaia durant l'année. ....	72
<b>Figure 41 :</b> Comparaison entre les températures intérieures et extérieures annuelles de la zone hospitalisation. ....	72
<b>Figure 42 :</b> Besoins de chauffages et refroidissement de la zone hospitalisation. ....	73
<b>Figure 43 :</b> Comparaison entre les températures intérieures et extérieures annuelles de la zone opératoire. ....	74
<b>Figure 44 :</b> Besoins de chauffages et refroidissement de la zone opératoire. ....	75
<b>Figure 45 :</b> Comparaison entre les températures intérieures et extérieures annuelles de la zone accueil et attentes. ....	76
<b>Figure 46 :</b> Besoins de chauffages et refroidissement de la zone accueil et attentes. ....	76
<b>Figure 47 :</b> Correspondance entre la simulation de l'agent tool, l'observation, et les températures à l'aide d'ArchiWIZARD. ....	83
<b>Figure 48 :</b> Isolation thermique de la paroi après ajout de l'isolant. ....	89
<b>Figure 49 :</b> profil de température avec isolant. ....	89
<b>Figure 50 :</b> variation de température dans la paroi avec isolant. ....	90

## Liste des tableaux :

<b>Tableau 1:</b> Valeurs de Clo pour différents habillements.....	9
<b>Tableau 2:</b> Valeurs de Clo pour différents habillements.....	9
<b>Tableau 3:</b> Valeurs extraites du guide pratique de ventilation-Woods, pour des conditions moyennes d'humidité et d'habillement: .....	12
<b>Tableau 4:</b> Relation entre SET (température Standard Effective) et sensation.....	13
<b>Tableau 5:</b> Les équipements publics et privés en Algérie.....	27
<b>Tableau 6:</b> Nombres d'établissement sanitaire en Algérie selon leurs typologies, (2019) Source : Parc hospitalier algérien », sur Business France, 8 avril 2019. ....	29
<b>Tableau 7:</b> Les températures de confort dans les chambres de malades fixées par les différentes normes internationales. ....	31
<b>Tableau 8:</b> Températures de confort des salle opératoires selon les différentes normes internationales. ....	31
<b>Tableau 9:</b> Caractéristiques thermique de chaque couche .....	55
<b>Tableau 10 :</b> Besoins de chauffage et refroidissement selon la zone.....	77
<b>Tableau 11 :</b> Les différentes températures et taux d'inconfort dans chaque zone. ....	77

# **CHAPITRE INTRODUCTIF**

## CHAPITRE INTRODUCTIF

### Introduction générale :

« La médecine est l'ensemble des connaissances scientifiques et des moyens de tous ordres mis en œuvre pour la prévention, la guérison ou le soulagement des maladies, blessures ou infirmités. » dictionnaire Larousse.

Ce domaine de savoirs scientifiques liés à l'être humain et l'anatomie humaine, vient en réponse à un besoin majeur qu'est la santé de l'Homme.

La santé se définit selon l'Organisation Mondiale de la Santé comme : « un état de complet bien-être physique, mental et social et ne constitue pas seulement une absence de maladie ou d'infirmité ».

De nos jours, il existe un nombre considérable d'établissements de santé, leurs tailles et leurs spécialités diffèrent d'un pays à un autre. Ces établissements sont des structures qui permettent d'assurer le diagnostic, le traitement et le suivi des malades, mais offrent également des prestations liées à la prévention et l'éducation à la santé. (OMS, 2020).

Dans notre domaine, la conception de bâtiments hospitaliers prend en compte une variété d'exigences, afin d'assurer un environnement agréable qui répond aux besoins des patients et personnel médical. Parmi ces exigences, le confort thermique, qui est l'un des éléments majeurs liés à la question de qualité d'environnement intérieur. D'autant plus, en prenant compte, l'état de santé des patients et leurs faibles systèmes immunitaires.

Dans toutes les constructions, le confort thermique a un impact conséquent sur la qualité des ambiances intérieures, mais aussi joue un rôle dans la productivité et la santé des occupants. Le confort thermique est alors perçu comme étant un élément important déterminant de la qualité globale du bâtiment. (J. Y. CHARBONNEAU, 2004).

Dans l'optique de satisfaire les besoins thermiques des bâtiments et offrir un confort thermique convenable aux espaces architecturaux, il est impérativement nécessaire d'intégrer la dimension environnementale lors de la conception. Cela, afin d'éviter une consommation énergétique excessive et donc minimiser les impacts sur l'environnement. (V. OLGAY, 2013).

L'enjeu étant d'évaluer le confort thermique dans les espaces sanitaires, tant pour procurer une sensation de bien-être dans l'espace architectural mais également, garantir les réponses aux traitements des malades et assurer la qualité de la prestation médicale offerte.

Un autre aspect qui nous intéresse est la configuration spatiale dans les établissements sanitaires. La configuration spatiale se réfère à la manière dont les espaces sont disposés dans un bâtiment et comment ces espaces sont interconnectés les uns aux autres. Elle joue un rôle crucial dans les établissements sanitaires, car une disposition inadéquate peut entraîner des problèmes de sécurité des patients, une inefficacité des soins et une détérioration de la qualité des services de santé. (K. BOUANDES, 2019).

L'importance de la configuration spatiale dans les établissements sanitaires découle du fait que ces établissements doivent répondre à des exigences spécifiques en matière de sécurité et de santé. Par exemple, les établissements sanitaires doivent disposer de zones spéciales pour le traitement des maladies contagieuses et des zones pour le stockage des produits médicaux. De plus, la configuration spatiale peut avoir un impact sur les déplacements du personnel médical et des patients, la facilité d'accès aux équipements médicaux et la satisfaction des patients. (Y. BESBAS, N. ZEMMOURI, 2019).

Par conséquent, l'objet d'étude sera orienté vers l'aspect thermique et la configuration spatiale dans les établissements sanitaires et leurs impacts sur la fiabilité des résultats, ainsi que la qualité des espaces.

### **Problématique :**

Le confort thermique devrait manifestement être pris en compte dès l'étape de conception architecturale. À cela se joint l'utilisation de matériaux de constructions à haute performances thermiques, pouvant répondre aux critères liés à la conductivité et l'inertie thermique. (V. OLGAY, 2013).

Comme toute espace architectural, les établissements sanitaires nécessitent un niveau thermique approprié, afin de travailler dans des conditions agréables et d'assurer le bien-être des patients sans altérer le processus de guérison. De plus, la configuration spatiale et la disposition des espaces peuvent influencer la circulation des personnes et le fonctionnement et la qualité des services offerts. (K. BOUANDES, 2019).

Nous allons tenter, à travers cette recherche, d'apporter des réponses aux préoccupations suivantes :

- Quels sont les facteurs influents sur le degré de confort thermique dans les établissements sanitaires ?
- Est-ce que le choix de conception architecturale peut-elle affecter la circulation des patients et du personnel médical, et influe-t-elle sur le degré d'intégration des espaces ?
- Comment la configuration spatiale peut-elle améliorer la satisfaction des patients et la qualité globale des services de santé ?

### **Hypothèses :**

Pour répondre aux problématiques posées nous avons construit les hypothèses suivantes :

- L'orientation du bâtiment, les matériaux de construction, la composition des parois et le type d'ouvertures influent directement sur le confort thermique dans les établissements sanitaires.
- La conception architecturale peut affecter la circulation et l'intégration des espaces dans les établissements sanitaires.
- La configuration spatiale a un rôle dans l'amélioration de la satisfaction des patients et la qualité des services de santé.

### **L'objectif :**

De nos jours, réduire la consommation d'énergie devient une priorité majeure. De ce fait, l'architecte doit impérativement reconsidérer une autre façon de construire afin de laisser le moins d'impact néfaste pour l'environnement, et créer des espaces cohérents et fonctionnel respectant la nature du bâtiment ;

Notre recherche s'inscrit alors dans l'optique de construire en harmonie avec l'environnement et qui vise à atteindre les objectifs suivants :

- Améliorer la qualité spatiale des établissements sanitaires en matière de confort et d'ambiance thermique dès la conception.
- Connaître les exigences en termes de confort thermique des établissements sanitaires.
- Concevoir des espaces fonctionnels, avec une configuration spatiale adéquate.
- Faciliter l'exécution des activités au sein des établissements sanitaires.
- Ressortir de bonnes recommandations afin de concevoir une clinique dans des conditions thermiques confortables qui respectent l'environnement.

### **Méthodologie de recherche :**

Afin de vérifier les hypothèses citées auparavant, notre travail sera divisé en deux parties :

La partie théorique : Cette partie consiste en une recherche bibliographique et documentaire, qui nous aidera à cerner toutes les informations, les concepts, les définitions en relation avec le confort thermique, les normes et exigences requises dans les équipements sanitaires, mais également les notions de base de la configuration spatiale et les aspects majeures de la syntaxe spatiale à respecter.

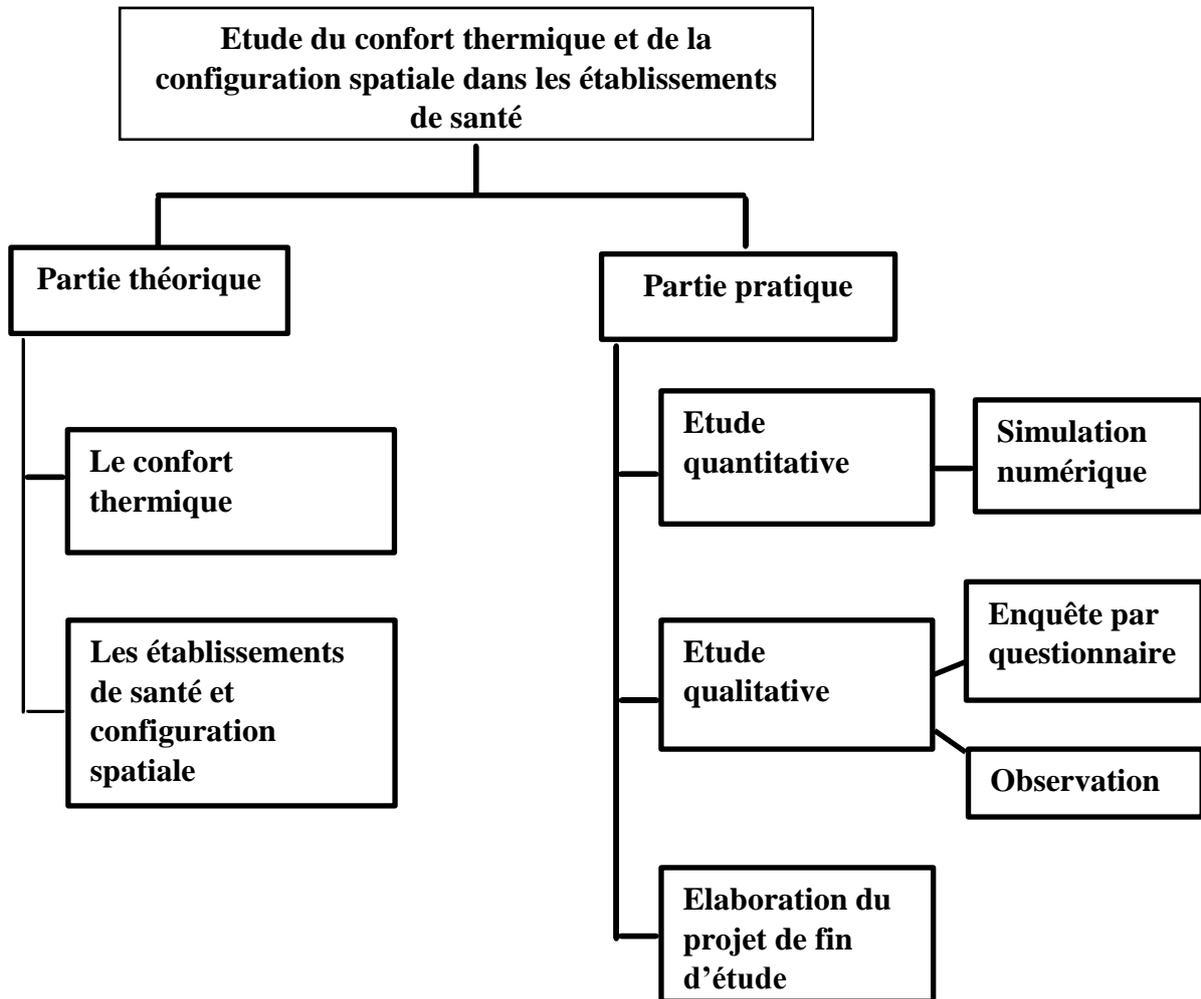
La partie pratique : où nous allons procéder en deux méthodes.

Une méthode quantitative : la réalisation de simulations à l'aide de logiciel de simulation numérique, d'une part pour étudier l'aspect thermique et le confort dans l'espace et d'autres parts, analyser la conception architecturale et syntaxe spatiale.

Une méthode qualitative : dans cette étape il sera question d'élaborer une enquête par questionnaire destinée aux usagers des espaces analysés, afin d'évaluer les conditions de confort thermique dans l'espace et leurs perceptions vis-à-vis de l'espace en tant que configuration. Ainsi accompagner d'une observation de comportement de l'utilisateur au sein de l'espace et le parcours emprunté.

L'analyse de l'ensemble des résultats obtenus, nous permettra de tirer les critères requis afin d'assurer une conception architecturale qui sera apte à répondre aux exigences du confort thermique dans un équipement sanitaire.

Structure du mémoire :



**CHAPITRE 1 :**  
**Le confort thermique**

## **CHAPITRE 1 : Le confort thermique**

### **Introduction**

Dans un espace architectural, il est crucial de considérer le bien-être de l'individu et de créer des conditions intérieures optimales pour assurer son confort.

Le confort thermique est un phénomène complexe, principalement liée à la performance énergétique dans le bâtiment. D'ailleurs, l'un des soucis majeurs de nos jours, est d'assurer dans le bâtiment des apports thermiques suffisants en hivers et de s'en protéger en été, tout en réduisant au maximum les conséquences négatives de l'utilisation des énergies fossiles sur l'environnement.

Cependant, comme la notion de confort thermique est subjective, il est difficile de la définir clairement. En effet, il est pratiquement impossible de mettre en place des paramètres thermique stricts qui conviennent à tous les occupants. D'autant plus, que l'aspect thermique est influencée par plusieurs facteurs auxquels les personnes sont plus au moins sensibles selon le contexte.

D'où l'objectif de ce chapitre qui est de cerner et de clarifier les différentes définitions, concepts et facteurs déterminants du confort thermique.

### **1. Définitions**

#### **1.1. Le confort**

Selon V. Candau : *« le confort dépend de l'ensemble des commodités procurant de l'agrément, générant une impression plaisante ressentie par les sens et l'esprit, voire même un certain plaisir... Tout ce qui fait défaut, qui est difficile à utiliser, qui ne correspond pas aux attentes, qui gêne ou qui est désagréable est contraire à la notion de confort »* (V. CANDAU, 2010).

Le concept de confort est inhérent à notre expérience humaine, et ce, même avant l'avènement de la technologie et de l'électronique. Il est présent dans de nombreux aspects de notre vie quotidienne, tels que les vêtements que nous portons, les lieux où nous vivons, les moyens de transport que nous utilisant, ainsi que dans notre environnement en général. (O. LE GOFF, 1994).

Le confort est principalement recherché car il est synonyme de bien-être, et mène à la satisfaction de l'individu, qui est considéré à la base du bonheur. Pas étonnant qu'il soit devenu au fil des années au centre des intérêts et un élément de compétitivité et de comparaison entre les bâtiments. (E. BRANGIER, G. VALLERY, 2021).

La littérature scientifique présente plusieurs définitions du confort et de l'inconfort. On peut citer celle de Ahmadpour et al. (2014) qui définit le confort comme suit : *« un état de bien-être, d'aisance et d'harmonie physique, physiologique et psychologique entre une personne et l'environnement »*.

Ainsi que l'inconfort, qui *« est un état où l'on éprouve une difficulté quelconque, qu'elle soit physique, physiologique ou psychologique »*. (D. AHMADPOUR, 2014)

## 1.2. Le confort thermique

« Le confort thermique est défini comme la satisfaction exprimé par l'utilisateur face à l'ambiance thermique, une sensation de bien-être lorsqu'on est exposé à une ambiance intérieure ou la personne ne doit avoir ni trop chaud ni trop froid et ne ressentir aucun courant d'air gênant » (B. GIVONI, 1978).

« Le confort thermique est un état d'esprit qui exprime une satisfaction de son environnement ; le sujet ne peut pas dire s'il veut avoir plus chaud ou plus froid. » (F. LAVOYE, F. THELLIER, 2008).

Le confort thermique peut être décrit comme étant la mesure de la satisfaction d'une personne par rapport aux conditions thermiques d'un environnement spécifique.

Afin qu'une personne se sente à l'aise, il est indispensable de réunir trois conditions : maintenir une température corporelle interne stable ; éviter une production excessive de sueur ; et assurer une température moyenne de la peau agréable tout en évitant toute sensation d'inconfort local (une partie du corps trop chaude ou froide).

Cette notion reste cependant subjective et dépend de chaque individu ; dans une même pièce, certaines personnes peuvent éprouver un sentiment de bien-être tandis que d'autres ressentiront une sensation de gêne et d'inconfort. (M. JEDIDI, O. BENJEDDOU, 2016)

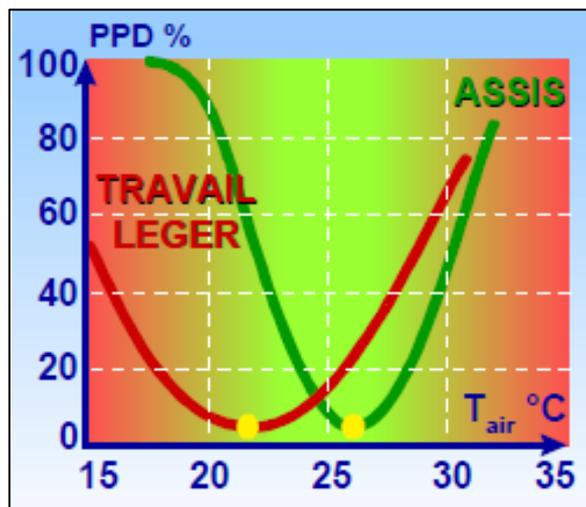


Figure 1 : pourcentage prévisible d'insatisfaits : température de confort pour deux activités différentes. Source : *Traité de l'architecture et de l'urbanisme bioclimatique* (2005).

D'après les règles fixées par "American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers" (ASHRAE) : environ 80% de personnes en bonne santé ressentiront un confort thermique dans des conditions données. Par conséquent, il est difficile de déterminer des conditions thermiques qui conviennent à tout le monde en raison du caractère subjectif de la notion de confort et des variations de perception entre les individus. (É. VORGER, 2014)

## 2. Les facteurs du confort thermiques

La notion de confort thermique laisse place à une multitude d'interprétations et sa standardisation reste complexe. Pour une personne, une température ambiante de 22 degrés est synonyme de confort, pour une autre, ce sera plutôt 18 degrés... mais dans un état de repos.

Ce concept étant subjectif, est lié à plusieurs paramètres et facteurs tels que l'âge, le métabolisme, les habitudes, le milieu social...etc. (Y. RAFFENEL, 2002) Et on peut distinguer :

### 2.1. Facteurs en relations avec l'individu

Pour l'individu, les principaux facteurs qui rentrent en jeu dans les échanges de chaleur et qui influent sur son confort thermique sont : le métabolisme et l'activité physique ; l'habillement.

#### - Le métabolisme

Le métabolisme désigne la quantité d'énergie thermique produite par l'organisme humain pour répondre à ses besoins vitaux, et varie en fonction de plusieurs facteurs physiologiques tels que le poids, la taille, l'âge et le sexe, ainsi que de l'activité physique exercée et de la nourriture ingérée.

La puissance thermique dégagée par le corps est mesurée en « met » qui correspond à 58 W/m<sup>2</sup> de surface corporelle pour un homme standard au repos. Par exemple, une personne pendant le sommeil a besoin de 0.7 met, tandis qu'une activité intense comme jouer au basket nécessite 5 à 8 met. (M. JEDIDI, O. BENJEDDOU, 2016)

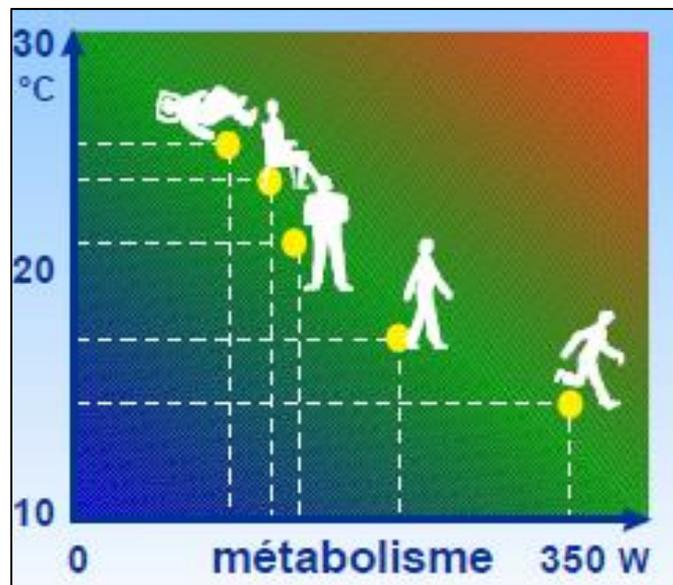


Figure 2 Température de confort pour différentes activités (O.Fanger) Source : *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique* (2005).

Tableau 1: Valeurs de Clo pour différents habillements. Source : Jedidi, M., &amp; Benjeddou, O. (2013).

Activité	W/m <sup>2</sup>	met
Repos, couché	45	0,8
Repos, assis	58	1,0
Activité légère, assis (bureau, école)	70	1,2
Activité légère, debout (laboratoire, industrie légère)	95	1,6
Activité moyenne, debout (travail sur machine)	115	2,0
Activité soutenue (travail lourd sur machine)	175	3,0

### **- L'habillement**

L'habillement représente une barrière thermique qui limite les échanges de chaleurs entre le corps et son environnement. Cette résistance thermique est quantifiée en « Clo », une unité de mesure dépendant de la quantité de vêtements portés qui assurent une isolation thermique entre le corps et l'environnement (1 Clo équivaut à 0.155 W/m<sup>2</sup>/K). (M. JEDIDI, O. BENJEDDOU, 2016).

Tableau 2: Valeurs de Clo pour différents habillements. Source: Jedidi, M., &amp; Benjeddou, O. (2013).

Tenue vestimentaire	Habillement
Nu	0
Short	0,1
Tenue tropicale type (short, chemise à col ouvert et à manches courtes, chaussettes légères et sandales)	0,3
Tenue d'été légère (pantalon léger, chemise à col ouvert et à manches courtes, chaussettes légères et chaussures)	0,5
Tenue de travail légère (chemise de travail en coton à manches longues, pantalon de travail, chaussettes de laine et chaussures)	0,7
Tenue d'intérieur pour l'hiver (chemise à manches longues, pantalon, pull-over à manches longues, chaussettes épaisses et chaussures)	1,0
Tenue de ville traditionnelle (complet avec pantalon, gilet et veston, chemise, chaussettes de laine et grosses chaussures)	1,5

## **2.2. Facteurs en relations avec l'environnement**

Les éléments de l'environnement qui jouent un rôle déterminant dans le confort thermique sont :

### **- La température de l'air**

La température de l'air ou température ambiante ( $T_a$ ), est facteur important du confort thermique. Elle rentre en jeux dans l'évaluation du bilan thermique de l'individu au niveau des échanges de chaleur par convection, conduction et respiratoire.

Cette température n'est pas uniforme dans un local, elle diffère d'un point à un autre, principalement à proximité des surfaces froides ou de corps de chauffe. (A. LIEBARD, A. DE HERDE, 2005).

**- La température des parois**

En plus de la température ambiante, la température des parois ( $T_p$ ), forme un paramètre majeur qui détermine la température de confort, appelée également température opérative ou température résultante sèche. Elle intervient aussi dans le confort tactile par effet de paroi froide ou paroi chaude. (A. LIEBARD, A. DE HERDE, 2005).

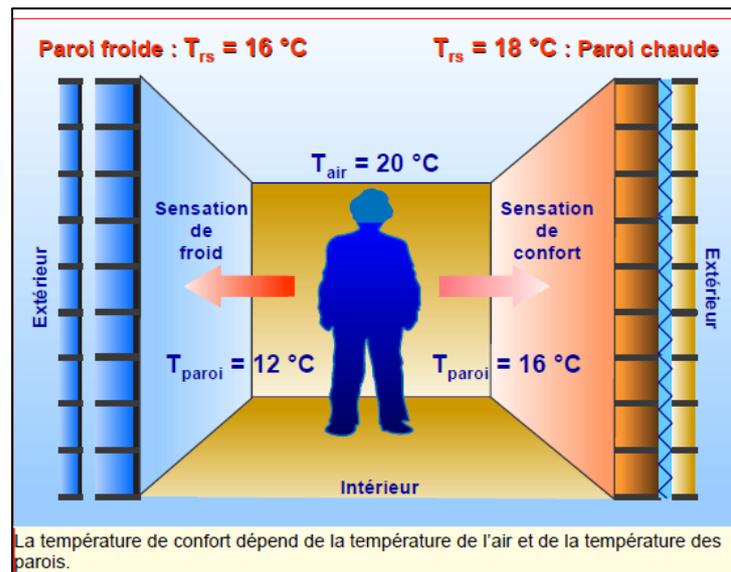


Figure 3: Facteurs du confort thermique. Source: *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique* (2005).

**- L'humidité**

Ce paramètre influe peu sur la sensation de confort d'un individu, il reste ainsi difficile de ressentir une différence entre 40 % ou 60 % d'humidité dans un environnement. Cependant, l'inconfort devient majeur lorsque la valeur de l'humidité relative est inférieure à 30 % ou supérieure à 70%. (M. JEDIDI, O. BENJEDDOU, 2016)

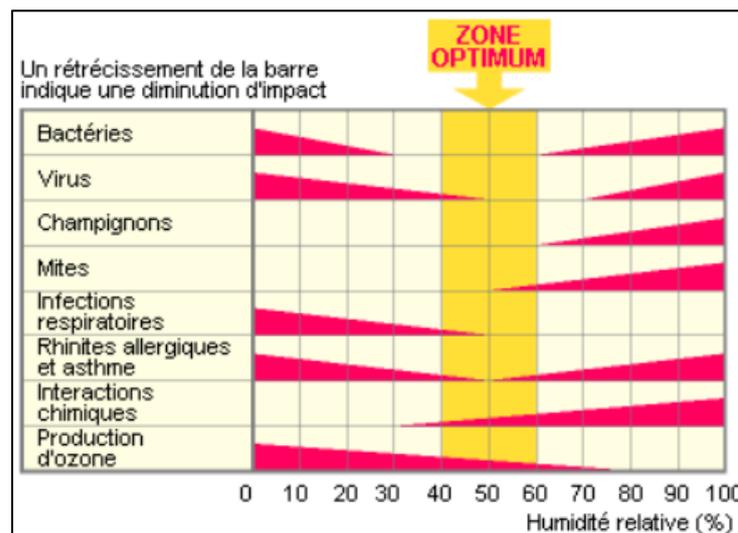


Figure 4: Diagramme de plage de taux d'humidité ambiante optimale d'un point de vue hygiénique (d'après Scofield et Sterling). Source : energieplus-lesite.be

De faibles niveaux d'humidité présentent certaines contraintes tels que : une gêne et irritation accrue du fait d'un abaissement du seuil de perception des odeurs ; une augmentation de la concentration de poussière dans l'air, ce qui peut induire à une fréquence élevée de maladies respiratoires.

Pour de très haut niveaux d'humidité, on note une croissance importante de micro-bactéries et des condensations sur les surfaces froides. (M. JEDIDI, O. BENJEDDOU, 2016)

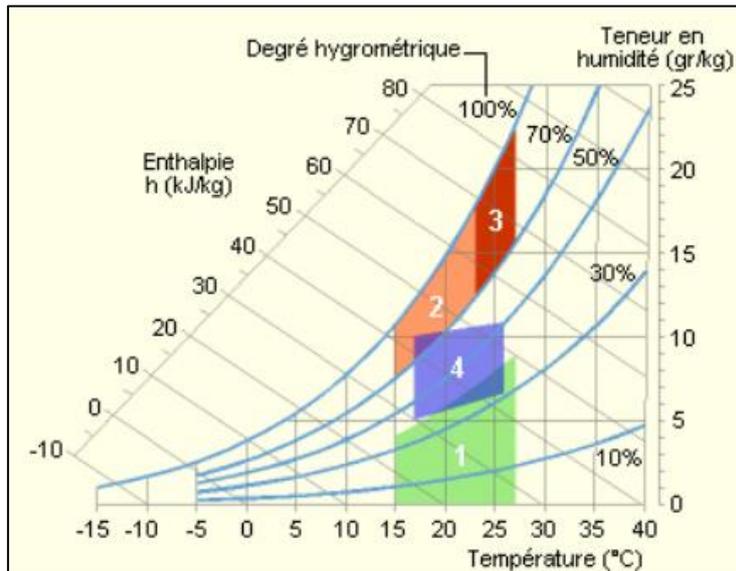


Figure 5: Diagramme de plage de confort hygrothermique Source : energieplus-lesite.be

- 1 → Zone à problèmes de sécheresse.
- 2 → Zone à risques de développements de bactéries et de microchampignons.
- 3 → Zone à risques de développements d'acariens.
- 4 → polygone de confort hygrothermique.

### - La vitesse de l'air

La vitesse relative de l'air est un facteur à ne pas prendre à la légère, elle influe considérablement sur les échanges de chaleur par convection et accentue le phénomène d'évaporation à la surface de la peau.

On considère que son impact sur le confort reste négligeable tant que la vitesse ne dépasse pas 0.2 m/s. (A. LIEBARD, A. DE HERDE, 2005).

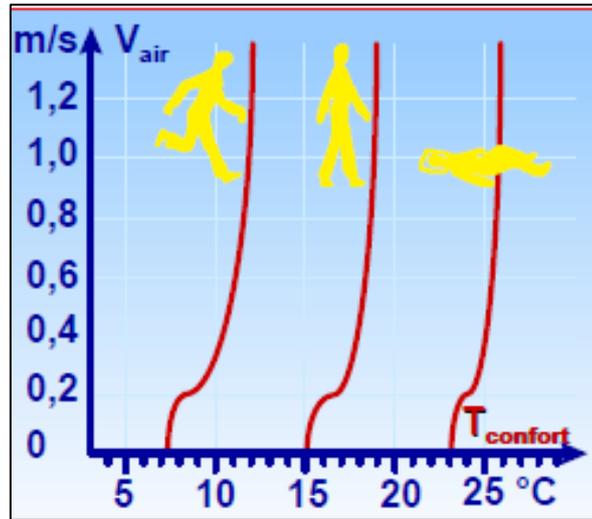


Figure 6: Températures de confort pour différentes vitesses relatives de l'air et un habillement moyen, d'après O. Fanger. Source: *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique* (2005).

Le mouvement de l'air est un paramètre recherché ou pas, tout dépend de la saison. En été, il est favorable, puisqu'il permet de réduire la température du corps.

Obtenu grâce à la ventilation, un déplacement d'air, à la vitesse comprise entre 0.5 et 1 m/s, dans une température de 21 à 24°C, procure une sensation de fraîcheur et de confort pour des individus à faible activité.

Cependant, en hiver, l'effet dû au courant d'air reste assez gênant. Même s'il est à noter que le confort est lié à la diffusion de l'air dans une pièce, une vitesse inférieure à 0.25 m/s est généralement adapté dans des conditions hivernales. (M. JEDIDI, O. BENJEDDOU, 2016).

Tableau 3: Valeurs extraites du guide pratique de ventilation-Woods, pour des conditions moyennes d'humidité et d'habillement. Source: Jedidi, M., & Benjeddou, O. (2013).

Vitesse de l'air [m/s]	Refroidissement équivalent [°C]
0,1	0
0,3	1
0,7	2
1,0	3
1,6	4
2,2	5
3,0	6
4,5	7
6,5	8

### 3. La régulation thermique

Il est souvent difficile de maintenir un confort thermique optimal dans divers environnements de travail, mais le corps humain a la capacité de s'adapter dans une certaine mesure aux fluctuations de température.

Le corps humain a besoin de maintenir une température interne constante, et pour y parvenir, il met en place des mécanismes de thermorégulation physiologiques. Ces réactions physiologiques sont interprétées subjectivement par chaque individu en fonction de ses préférences psycho-socio-affectives, et il utilise ensuite des processus de thermorégulation comportementale et adaptative pour réduire l'inconfort ressenti. (F. LAVOYE, F. THELLIER, 2008).

#### 3.1. La thermorégulation physiologique

Les processus physiologiques de régulation thermique se manifestent de différentes manières selon les conditions thermiques ambiantes. En cas de chaleur, le corps humain a recours à la vasodilatation, qui se traduit par l'élargissement des vaisseaux sanguins pour augmenter le débit sanguin et ainsi permettre l'évacuation de la chaleur du centre vers la peau.

La sudation est également un mécanisme de thermorégulation qui permet l'évacuation de la chaleur et de l'eau du corps vers l'environnement. L'indicateur de mouillure cutanée, qui mesure le rapport entre la surface de la peau mouillée et la surface totale de la peau, peut varier de 0.06 (pour une perspiration insensible) à 1 (pour un corps entièrement mouillé).

En revanche, en cas de froid, le corps humain met en place la vasoconstriction pour limiter les échanges thermiques et conserver la chaleur interne. Le frisson est un mécanisme qui intervient en cas de froid et qui permet la contraction des muscles, augmentant ainsi le métabolisme. Un frisson peut produire une quantité de chaleur allant jusqu'à 4.5 met (soit 261 W/m<sup>2</sup>).

Ces processus physiologiques sont utilisés pour mesurer différents indicateurs tels que la mouillure cutanée, la température de la peau, le débit sanguin, etc. ces indicateurs sont utiles pour évaluer le niveau de confort ou d'inconfort thermique. (F. LAVOYE, F. THELLIER, 2008).

Tableau 4: Relation entre SET (température Standard Effective) et sensation. Source : Le confort thermique dans les bâtiments, IEPPF

SET (°C)	Sensation	L'état physiologique d'une personne sédentaire
>37,5	Extrêmement chaud	Échec de la régulation
34,5 – 37,5	Très chaud, très inacceptable	Sudation profuse
30,0 – 34,5	Chaud, inconfortable, inacceptable	Sudation
25,6 – 30,0	Légèrement chaud, légèrement inacceptable	Sudation légère, vasodilatation
22,2 – 25,6	Confortable et acceptable	Neutralité
17,5 – 22,2	Légèrement froid, légèrement inacceptable	Vasoconstriction
14,5 – 17,5	Froid et inacceptable	Refroidissement ralenti du corps
10,0 – 14,5	Très froid, très inacceptable	Frissons

### **3.2. La thermorégulation comportementale**

Alors que la thermorégulation physiologique est un processus de régulation de la température du corps qui se produit de manière inconsciente, la thermorégulation comportementale est un processus conscient qui intervient lorsque l'action physiologique est insuffisante.

La thermorégulation comportementale se réfère à des actions telles que la commande des systèmes énergétiques d'un bâtiment, comme l'ouverture ou la fermeture des fenêtres, les systèmes de chauffage et de climatisation, ou encore des actions individuelles tel que le changement de vêtements.

Toutefois, cette solution peut être limitée par les contraintes liées à la fonctionnalité du bâtiment (la possibilité de réguler les systèmes) ou, parfois, sociales (les protocoles vestimentaires). (*F. LAVOYE, F. THELLIER, 2008*).

## **4. Les modes de transfert de chaleur**

Il existe divers modes d'interactions thermiques entre l'organisme humain et le milieu environnant : (*F. LAVOYE, F. THELLIER, 2008*).

- **La conduction thermique (K)** : est un mode de transfert d'énergie thermique qui se produit par contact direct entre une surface et un corps de température différente. Ce processus est régulé par un coefficient d'échange thermique et les températures des surfaces impliquées. Un exemple courant de conduction thermique est la transmission de chaleur du sol vers les pieds d'une personne.
- **La convection thermique (C)** : elle implique le transfert de chaleur entre la surface d'un corps et l'air environnant, et dépend de la température et la vitesse de l'air. En d'autres termes, elle correspond à l'échange de chaleur entre l'individu et l'air chauffé par les systèmes de chauffage.
- **Le rayonnement thermique (R)** : correspond à la transmission d'ondes électromagnétiques résultant des échanges de chaleur par rayonnement entre la surface d'un corps et les parois qui l'entourent. Son intensité est déterminée par les températures de surface des parois, la surface effective de rayonnement et l'émissivité du corps humain ainsi que des parois environnantes. Etant donné que la température de chaque paroi peut varier (en fonction de son émission de chaleur, de sa nature isolante, etc.), on utilise la température moyenne de rayonnement comme une approximation équivalente pour l'échange thermique.
- **L'évaporation cutanée (Evap)** : est un processus de transfert de chaleur latente qui permet à l'organisme de se débarrasser de la chaleur en laissant l'eau s'évaporer à la surface de la peau. La quantité d'eau qui s'évapore dépend de la pression de vapeur dans l'air ainsi que de la vitesse de l'air.
- **Les échanges de chaleur par vois respiratoire (Resp)** : impliquent une combinaison de convection et d'évaporation, et sont déterminés par les différences de température et de

pression entre l'air expiré et l'air environnant. Ces échanges sont largement influencés par l'activité physique.

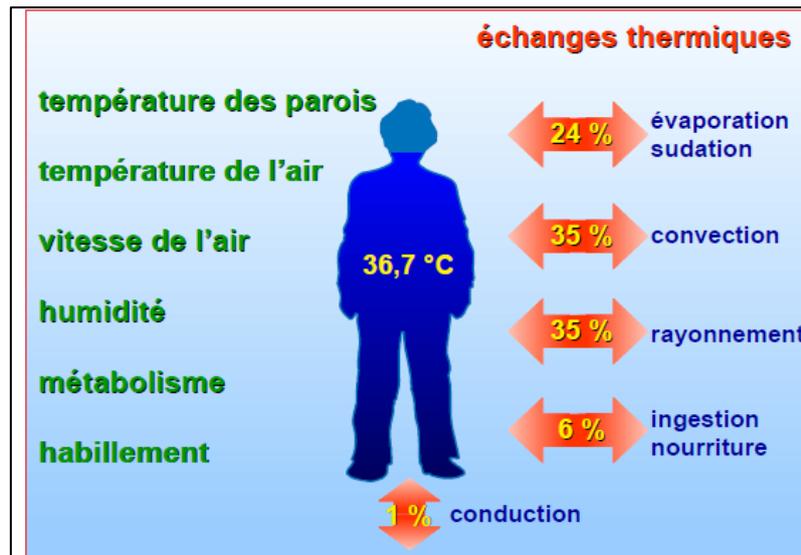


Figure 7: Les pertes thermique du corps humain dépendant des 6 paramètres. Source: *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique* (20015).

## 5. La thermique du bâtiment

La thermique du bâtiment englobe les sciences et les techniques qui étudient les besoins énergétiques, le comportement thermique des bâtiments et les interactions entre ceux-ci et leur environnement.

Elle traite des concepts tels que l'isolation thermique et la ventilation afin d'offrir aux occupants un confort thermique optimal. Les échanges thermiques entre l'intérieur et l'extérieur, ainsi que le comportement thermique du bâtiment, ont un impact direct sur le confort thermique des individus. (S. FOURA, 2008).

### 5.1. Les facteurs du confort thermique dans le bâtiment

#### 5.1.1. Les facteurs extrinsèques

##### - L'emplacement géographique

Le facteur déterminant pour le bâtiment est essentiellement le climat, lequel est influencé par divers éléments tels que la latitude (variation de températures), l'altitude (taux de précipitations), la présence d'eau (pour sa fraîcheur), la végétation (qui affecte le taux d'humidité), la disposition et les caractéristiques du relief, ainsi que l'urbanisation.

**- La nature du sol**

Le sol et ses composantes influent directement sur le bâtiment, notamment sur l'humidité relative à l'intérieur du bâtiment. Et cela du fait de la présence de nappe phréatique souterrain provoquant la montée de l'humidité par les murs.

De plus, « La conductivité thermique du sol varie avec le changement de la teneur en eau en fonction de la succion. Ce phénomène possède également une grande incidence sur les déperditions. En revanche, la capacité thermique du sol dépend donc principalement de sa teneur en eau; plus la capacité thermique d'un sol est élevée, plus l'amplitude des variations de température seront réduite pour une même conductivité thermique » (BEAULIEU, 2015).

**- Les données climatiques**

La consommation d'énergie en chauffage et refroidissement dans le bâtiment dépend essentiellement des paramètres climatiques. Cependant, afin de procurer un confort thermique tout en minimisant les consommations en énergie, il est primordial de concevoir des bâtiments en fonction des conditions climatiques de la zone d'implantation.

**5.1.2. Les facteurs fonctionnels**

Les besoins en termes de température, d'humidité et de ventilation dépendent du type d'activité qui se déroule dans un bâtiment. Les espace avec beaucoup de mouvement nécessitent moins de chaleur, et vice versa. Lors du calcul du bilan thermique, la chaleur émise par les équipements électroménagers, l'éclairage et les machines est également considérée.

**5.1.3. Les facteurs intrinsèques****- La nature du bâtiment :**

1- La morphologie : la performance de la morphologie est définie par les caractéristiques suivantes :

- La compacité : plus le bâtiment est de forme compacte, moins il y a de surface en relation avec l'extérieur, et donc moins d'échange thermique avec l'environnement.
- La surface exposée au rayonnement solaire : les parois et les toitures exposées au soleil représentent des apports solaires, ce qui mène à une augmentation des températures radiantes intérieurs et ainsi l'inconfort thermique. Ces surfaces exposées deviennent plus importantes lorsque le bâtiment possède une forme très étalée.
- La hauteur : la hauteur sous plafond peut avoir un impact sur la température et la qualité de l'air dans une pièce. En effet, des plafonds hauts peuvent réduire le

transfert de chaleur par convection et la transmission de radiations aux occupants. Toutefois, une hauteur sous plafond importante permet une meilleure circulation de l'air chaud, ce qui peut contribuer à maintenir l'air frais et purifié.

2- L'orientation : en plus de la ventilation, les rayons solaires reçus, varient en fonction de l'orientation du bâtiment ainsi que la capacité d'absorption des parois. Les impacts dû aux apports de chaleurs peuvent avoir des effets positifs ou négatifs en fonction de la forme et l'orientation du bâtiment.

3- Les ouvertures : le confort thermique peut être amélioré en réduisant la quantité d'énergie qui est transmise et absorbée à travers les parois vitrées et les ouvertures. Les paramètres suivant influent sur l'impact des ouvertures sur les températures intérieures :

- La forme : si les conditions thermiques sont maintenues constantes, la configuration de l'ouverture a un impact direct sur la façon dont le rayonnement solaire est réparti.
- La surface : l'apport de chaleur est plus élevé lorsque la taille de l'ouverture est plus grande.
- La position et la distribution : les ouvertures situées au sommet du bâtiment transmettent la chaleur au bâtiment à un taux de deux à trois fois supérieur à celui des ouvertures verticales.
- L'orientation : une ouverture positionnée vers l'Est ou l'Ouest reçoit un faible ensoleillement durant l'hiver, mais bénéficie d'un ensoleillement maximal en été.
- Qualité du vitrage : la qualité du vitrage est évaluée en fonction de son coefficient de transmission, de son absorption et de son épaisseur, ce qui détermine s'il est considéré comme bon ou moins bon.

4- Les protections solaires : si les ouvertures sont exposées ou si le vitrage est de mauvaise qualité, il est nécessaire d'utiliser une protection solaire pour réguler la température. Les protections solaires installées à l'extérieur sont particulièrement efficaces pour éviter les surchauffes, car elles interceptent les rayons du soleil avant qu'ils n'atteignent le vitrage. En revanche, les systèmes de protection solaire intérieurs sont moins performants car ils ne bloquent pas les rayons du soleil avant qu'ils ne pénètrent à l'intérieur. (M. JEDIDI, O. BENJEDDOU, 2016).

### - **La nature des matériaux et composants utilisé dans la construction**

Les parois du bâti sont considérées comme des surfaces d'échanges thermiques. Les matériaux de construction se caractérisent par des propriétés thermiques et sont :

- 1- L'inertie thermique : la capacité d'un matériau à stocker la chaleur et à la restituer après une certaine période appelée « phase de déphasage » permet de réduire les effets des variations rapides de température entre l'extérieur et l'intérieur de l'espace concerné.
- 2- L'isolation thermique : la capacité isolante d'un matériau est liée à sa conductivité thermique : si cette dernière est faible, alors la transmission de chaleur sera réduite, ce qui se traduira par une meilleure isolation du matériau.

- 3- La résistance thermique : la résistance d'un matériau aux changements de température est déterminée par sa conductivité thermique et son épaisseur.
- 4- Les épaisseurs des parois: la résistance augmente à mesure que l'épaisseur augmente ( $R=e/\lambda$ ).

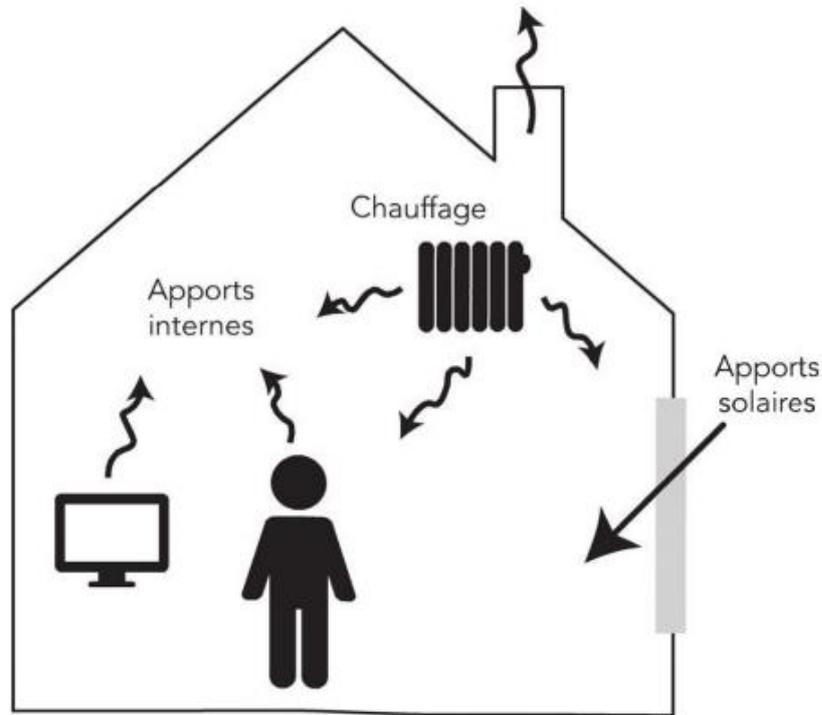


Figure 8: Apports d'énergie dans le bâtiment. Source: Jedidi, M., & Benjeddou, O. (2013).

### 5.2. Les apports d'énergies dans le bâtiment

Le bâtiment transfère des flux de chaleur internes et externes, qui occasionnent des pertes lorsque la chaleur est perdue vers l'extérieur. Toutefois, l'apport de chaleur à l'intérieur et à l'extérieur constitue une source d'énergie pour le bâtiment.

En somme, il existe deux types d'apports d'énergie dans le bâtiment : les apports internes et les apports externes. (M. JEDIDI, O. BENJEDDOU, 2016).

#### 5.2.1. Les apports internes

Les apports internes se rapportent principalement aux besoins de confort humain au sein d'un bâtiment. Le chauffage est une des principales sources de gains thermiques internes, mais il n'est pas le seul. On peut également mentionner la respiration le rayonnement corporel humain, les équipements électroménagers et l'éclairage.

La présence de l'individu apporte, en hiver, environ 120 W de gains chaleur. En conséquence, la diminution des besoins de chauffage pendant cette saison. En saison estivale, ce sera plutôt

l'inverse, la chaleur dégagée par le corps humain va augmenter les besoins en refroidissement dans le local.

Les besoins d'éclairage auront le même impact selon les saisons. Les apports de l'éclairage sont de 12 à 14 W/m<sup>2</sup>. En plus de tous les apports provenant des installations électriques (four, machine à laver, systèmes de réfrigération, télévision, PC, imprimante...) et tout appareil susceptible de dégager de la chaleur.

Ce sont des apports non permanant dans le bâtiment. Les gains thermiques sont calculés en fonction du temps, du niveau d'occupation et de l'usage de l'espace. (M. JEDIDI, O. BENJEDDOU, 2016).

### 5.2.2. Les apports externes

Les caractéristiques du climat et de l'environnement local de la zone de construction, telles que la température, l'humidité relative, l'altitude et de degré d'urbanisation, constituent les apports externes à prendre en compte.

Le rayonnement solaire est la principale source d'énergie pour le bâtiment et son rôle est crucial pour le confort en été et en hiver. Par conséquent, il est essentiel d'adapter le projet à la zone climatique dès la phase d'étude. Les apports solaires pénètrent à travers les parois et les vitrages, ce qui implique qu'il est nécessaire de maximiser la surface vitrée orientée au sud afin de capter davantage d'énergie pour réduire la consommation de chauffage en hiver. En été, en revanche, il est important de minimiser les apports solaires grâce à l'utilisation de masques et de protections solaires. Le choix des matériaux et de menuiseries est également un élément crucial de la gestion énergétique du bâtiment. (M. JEDIDI, O. BENJEDDOU, 2016).

On distingue deux types d'apports solaires :

- **Les apports solaires directs** : font référence aux rayons du soleil qui pénètrent à travers les fenêtres et les baies vitrées. Cela peut entrainer des charges thermiques importantes, mais l'utilisation de protections solaires peut aider à les minimiser.
- **Les apports solaires indirects** : il s'agit des rayonnements solaires qui entrent dans un bâtiment par le biais de ses murs extérieurs et des éléments constructifs tels que les ponts thermiques.

### Conclusion :

Le confort thermique représente certainement une notion subjectif relatif à chaque individu. Cette différence de perception est étroitement liée à une multitude de paramètres déterminés par les échanges de chaleur dû au métabolisme, l'activité des personnes et leur habillement, en plus paramètres lié à l'environnement, à savoir, la température de l'air ; la température des parois ; l'humidité relative et la vitesse de l'air.

Compte tenu de la complexité de ce phénomène et de l'incertitude quant à la possibilité d'atteindre un confort thermique optimal, il est intéressant de noter que le corps humain est capable de s'adapter aux fluctuations de l'environnement. Cela en générant des réactions de thermorégulations, qu'elles soient physiologiques ou comportementales.

Dans la conception architecturale, l'emplacement géographique, l'orientation, la morphologie du bâti, les ouvertures, la composition des parois...etc. tous sont des paramètres importants influant sur le confort thermique des occupants.

Ainsi, l'enjeu actuel est d'apporter dans le bâtiment, une ambiance se rapprochant le plus des attentes de confort des usagers, tout en prenant compte des exigences environnementales et la réduction des taux de consommation d'énergies fossiles.

## **CHAPITRE 2 :**

# **Les équipements sanitaires et la configuration spatiale**

## CHAPITRE 2 : Les équipements sanitaires et la configuration spatiale

### Introduction

Dans le domaine de la santé, les établissements sanitaires sont des structures importantes qui jouent un rôle essentiel dans la prise en charge des patients. Ces établissements sont conçus pour offrir un environnement sain et sécurisé pour les patients, les visiteurs et les professionnels de la santé. Pour garantir cela, les établissements sanitaires sont soumis à des normes de conception et de construction strictes, qui définissent les types d'espaces nécessaires, leur configuration spatiale, leur confort thermique, et leur fonctionnalité.

Dans ce chapitre, nous allons examiner les différents types d'établissements sanitaires, les espaces qu'ils contiennent, et les normes de confort thermique à respecter dans chaque espace.

Nous aborderons également les principaux concepts de la syntaxe spatiale et l'importance du confort dans ces espaces sanitaires.

### I. Les équipements sanitaires

#### 1. Définitions

##### 1.1. La santé

D'après l'Organisation Mondiale de la Santé :

*« La santé est un état de complet bien-être physique, mental et social et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité. »*

*« Tournée vers la qualité de la vie, la santé devient la mesure dans laquelle un groupe ou un individu peut d'une part réaliser ses ambitions et satisfaire ses besoins, et d'autre part s'adapter à celui-ci. »*

En plus de l'absence d'anomalie, la santé caractérise une personne dépourvue de malaise physique ou psychologique. la santé est considérée dans sa totalité, elle ne fait qu'un avec la notion de bien-être. (OMS)

##### 1.2. Les équipements sanitaires

Les équipements sanitaires sont destinés aux traitements et soins de patients atteints de maladies, c'est un établissement qui assure plusieurs fonctions pour la prise en charge de la santé publique, sont des personnes morales de droit public et sont soumis au contrôle de l'état (Neufert,2002).

Les équipements sanitaires représentent des infrastructures qui offrent une multitude de services, aux patients souffrants de malaises physique ou mentale, causant des douleurs ou gêne.

La construction et la disponibilité d'équipements de santé, privés ou publics, représente une préoccupation majeure dans la société.

## 2. La santé en Algérie

« Le secteur de la santé en Algérie a connu de multiples réformes depuis les années quatre-vingt-dix, ayant pour principal but l'amélioration de la qualité des soins. » (S. Khelil, C. E. Zedira, 2021)

L'objectif du secteur de la santé est de veiller à la santé des citoyens en assurant un accès juste et équitable aux soins, tout en cherchant à améliorer la qualité des prestations médicales proposées.

- Loi n° 18-11 du 18 Chaoual 1439 correspondant au 2 juillet 2018 relative à la santé :

**Art. 2.** — *La protection et la promotion de la santé concourent au bien-être physique, mental et social de la personne, à son épanouissement au sein de la société et constituent un facteur essentiel du développement économique et social.*

**Art. 6.** — *Le système national de santé vise la prise en charge des besoins de la population en matière de santé de manière globale, cohérente et continue.*

La stratégie de croissance pour le domaine de la santé se concentre sur deux objectifs principaux : assurer un accès équitable à tous les citoyens et améliorer la qualité des soins fournis.

### 2.1. Historique du secteur de la santé en Algérie

Le système de santé en Algérie a connu des changements significatifs à travers différentes périodes de l'histoire du pays, en réponse aux bouleversements socio-économiques.

Dans les paragraphes suivants, nous allons examiner ces différentes étapes depuis l'indépendance de l'Algérie. (L. CHACHOUA, 2014)

#### - La période 1962-1972

Il s'agit d'une période marquée par un important exode des professionnels de la santé en France, où la présence de 500 médecins, dont 50 % étaient d'origine algérienne, était insuffisante pour une population de 10,5 millions d'habitants. De plus, la majorité des infrastructures sanitaires étaient centrées dans le Nord du pays.

Pour améliorer la situation sanitaire, des mesures ont été prises pour réduire les disparités entre les différentes régions du pays en matière de corps médicale, lutter contre les maladies transmissibles et imposer la vaccination obligatoire pour les enfants. (L. CHACHOUA, 2014)

#### - La période 1972-1982

Trois événements importants ont marqué cette période :

\_ l'accessibilité des services de santé a été généralisée grâce à l'introduction de la gratuité des soins.

\_ une réforme des études médicales a été mise en place pour améliorer la qualité de l'enseignement et renforcer l'encadrement.

\_ un secteur sanitaire a été créé. Cependant, cette période a également été marquée par une explosion démographique ainsi que l'émergence de maladies transmissibles telles que zoonoses et les MTH. (L. CHACHOUA, 2014)

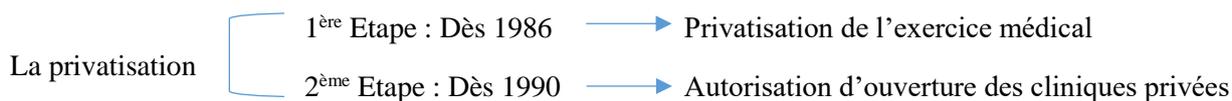
### - La période 1982-1992

\_ La construction d'un grand nombre d'infrastructures sanitaires incluant des hôpitaux généraux et des structures légères ;

\_ La création de 13 CHU ayant pour mission principale la fourniture de soins, la formation et la recherche médicale ;

\_ Une nette réduction de l'incidence de certaines maladies transmissibles ;

\_ Toutefois, ces avancées ont été accompagnées de bouleversements socio-économiques importants, se traduisant par des difficultés d'approvisionnement en produits pharmaceutiques et consommables, ainsi que l'émergence des premières mesures de privation. (L. CHACHOUA, 2014)



### - La période 1992- 2002

\_ Une situation sécuritaire liée à des actes de terrorismes, ayant entraîné plusieurs meurtres et la destruction de centaines de structures de santé.

\_ Mise en place de structures de soutien à l'action du Ministère de la Santé telles que LNCPP, IPA, PCH, ANS ...etc.

\_ Révision des statuts des établissements de santé (CHU, EHS, SS) avec la mise en place de conseils d'administration.

\_ Troisième étape dans le processus de privatisation du système de santé avec la mise en place d'une activité complémentaire pour les praticiens de santé publique et les hospitalo-universitaires. (L. CHACHOUA, 2014)

### - La période 2002-2012

\_ Investissement entre 2005 et 2009 pour la construction de près de 800 infrastructures hospitalières et de proximité.

\_ Initiation en 2007 d'une politique de réforme hospitalière pour organiser et sécuriser les prestations de soins, moderniser les établissements et permettre l'accès au secteur public hospitalier.

\_ Mise en application en Janvier 2008 de la réforme hospitalière avec création de deux entités distinctes : l'Établissement Public Hospitalier (EPH) et l'EPSP, qui regroupe les structures extrahospitalières.

\_ Mise en place en Mai 2007 d'une nouvelle organisation sanitaire pour séparer les établissements hospitaliers de ceux qui assurent les soins de santé de base. (L. CHACHOUA, 2014)

### - Situation actuelle

\_ En raison des difficultés économiques rencontrées par de nombreuses entreprises nationales, le secteur parapublic a presque entièrement disparu.

\_ Le secteur privé éprouve des difficultés à trouver sa place et a tendance à se concentrer dans les grandes villes du pays, car il dépend largement des ressources humaines publiques pour son fonctionnement.

\_ Le secteur public a du mal à s'adapter à la nouvelle situation épidémiologique et manque de rationalité et de flexibilité pour offrir aux citoyens des soins abordables, de qualité et à moindre coût. (L. CHACHOUA, 2014)

## 2.2. Les équipements sanitaires en Algérie

- Loi n° 18-11 du 18 Chaoual 1439 correspondant au 2 juillet 2018 relative à la santé :

*Art. 281. — Les structures et établissements de santé assurent, au profit de tous les citoyens, la dispensation de soins primaires, secondaires et tertiaires ainsi que les urgences, selon un schéma organisationnel fixé par voie réglementaire.*

- Arrêté n°11 du 06 février 2016 fixant les conditions et normes architecturales, techniques et sanitaires des établissements hospitaliers privés :

*Art. 2. — L'implantation de l'établissement hospitalier privé doit respecter les critères d'accessibilité, de qualité de l'environnement, de la proximité des parkings des transports publics.*

*Art. 3. — Les établissements hospitaliers privés doivent répondre à toutes les normes de construction, de confort, d'hygiène et de sécurité conformément à la législation et à la réglementation en vigueur.*

## 3. Organisation du système de santé

- Le système sanitaire algérien s'organise selon trois échelle : centrale, intermédiaire et locale (Journal Officiel). Nous allons nous intéresser spécifiquement à Cette dernière qui présente l'objet de notre recherche :

### 3.1. A l'échelle centrale

- Le Ministère de la Santé ;
- Les structures d'appui : l'Institut National de Santé Public, l'Institut PASTEUR d'Algérie (IPA), la Pharmacie Centrale des Hôpitaux (PCH)...
- Les organes constructifs : les comités médicaux nationaux, comité ou groupe ad hoc.

### 3.2. A l'échelle intermédiaire

- Le Conseil Régional de la Santé (1995) ;
- L'Observation Régional de la Santé (ORS) ;
- La Direction de la Santé et de la Population.

### 3.3. A l'échelle locale

Le décret exécutif n°07-140 du 19 mai 2007 a introduit la création des établissements publics hospitaliers (EPH) et des établissements publics de santé de proximité (EPSP).

#### 3.3.1. L'Etablissement Public Hospitalier

Est une structure administrative publique qui comprend des services de diagnostic, de traitement, d'hospitalisation et de réadaptation médicale. Il a pour mission de répondre aux besoins de santé de la population en assurant :

- L'organisation et la planification des soins curatifs, de la DGC, de la réadaptation médicale et de l'hospitalisation.
- La mise en œuvre de programmes nationaux de santé, et garantir l'hygiène et la salubrité.
- Le perfectionnement et le recyclage du personnel de santé.

En vertu de conventions avec d'autres établissements, l'EPH peut offrir des formations médicales, paramédicales et en gestion hospitalière.

#### 3.3.2. L'Etablissement Public de Santé de Proximité

Se compose de plusieurs polycliniques et salles de soins, qui s'occupent d'une population donnée. Il peut également proposer des formations paramédicales et en gestion hospitalière grâce à des conventions établies avec d'autres établissements.

Les principales fonctions de l'EPSP incluent la prévention et les soins de base, la prise en charge de maladies courantes, les consultations de médecine générale et spécialisé, ainsi que les services liés à la santé reproductive et à la planification familiale. Enfin, l'EPSP contribue également à la protection de l'environnement en veillant à l'hygiène, la salubrité et la lutte contre les nuisances et les fléaux sociaux.

#### 3.3.3. Le centre de santé

Les centres de santé fournissent des soins médicaux primaires et traitent certaines maladies, en particulier dans les régions dépourvues d'hôpital et de polyclinique.

#### 3.3.4. La polyclinique

Est la structure intermédiaire entre la salle de soins et l'hôpital. Son implantation diminue la forte pression exercée sur l'hôpital.

---

3.3.5. Les unités légères :

Sont des structures qui incluent des salles de consultations et de soins ainsi que des maternités rurales autonomes.

3.3.6. Les CHU :

Les Centres Hospitaliers Universitaires sont des structures liées à l'université. Au-delà des soins assurés au sein de ces centres, ils dispensent de formations médicales et paramédicales ainsi que de travaux de recherche.

3.3.7. Les EHS :

Les établissements hospitaliers spécialisés garantissent principalement des soins spécifiques.

3.3.8. Les structures et établissements privés :

Ils se réfèrent à des entités où des professionnels exercent des activités de santé à titre privé, notamment les établissements de santé, les cabinets de groupe, les structures d'exercice individuel et les officines pharmaceutiques.

- Selon l'Arrêté n°11 du 06 février 2016 fixant les conditions et les normes architecturales, techniques et des établissements hospitaliers privés, on distingue :

*Tableau 5: Les équipements publics et privés en Algérie. Source : arrêté n°11 du 06/02/2016.*

<b>Les équipements publics</b>	<b>Les équipements privés</b>
<p><b>Art. 298.</b> –Les différents établissements publics de santé sont, notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le centre hospitalo-universitaire</li> <li>- L'établissement hospitalier spécialisé</li> <li>- La circonscription sanitaire</li> <li>- L'établissement d'aide médicale d'urgence</li> </ul>	<p><b>Art. 298.</b> –Les activités de santé exercées, à titre privé, par les professionnels de santé, sont assurées au sein, notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Des établissements hospitaliers privés</li> <li>- Des établissements privés de soins et/ou de diagnostic</li> </ul>

## **4. Typologie et classification des établissements sanitaires**

### **4.1. Salle de soin**

Désigne la structure fondamentale du système sanitaire nationale, elle offre principalement des consultations de médecine générale et activités de préventions, puis elle se charge de l'orientation des patients vers les polycliniques ou hôpitaux en cas de nécessité.

Selon le Circulaire n°22 du 15 juillet 2007 relative au fonctionnement et l'extension des salles de soins : « La salle de soins est considérée en effet, comme l'unité médicalisée la plus proche du citoyen et le jalon primordial de la santé publique où sont prodigués les soins dit de base ou premiers geste ».

En 2019, l'Algérie compte un nombre de 6500 salles de soins.

### 4.2. Centre de santé

Est considéré comme étant l'unité la plus proche de la population. Il est une structure de base de soins sanitaires, assurant les besoins des citoyens dans des communes dépourvues de polyclinique.

### 4.3. Polyclinique

Les polycliniques se situent entre les centres des soins primaires et les hôpitaux, et constituent une structure médiane dans le système de santé national. Elles offrent des soins généralistes et spécialisés aux patients référés par les établissements de santé de base de la population.

Ainsi, cette structure permet aux citoyens de bénéficier d'une prise en charge sanitaire adéquat avant d'être orienté vers les hôpitaux si nécessaire, et de limiter dans ces derniers, le flux humain résultant de demandes de soins de base.

En 2019, on compte 1600 polycliniques en Algérie.

### 4.4. Hôpital

Le principal objectif de l'hôpital est d'assurer l'hospitalisation des patients nécessitant des soins médico-chirurgicaux d'urgences. Cependant, il propose également des soins complets, à la fois curatifs et préventifs, à l'ensemble de la population.

*« L'hôpital doit donc organiser et assurer en permanence des soins satisfaisants aux malades. Pour cela, un plan général de dotation en personnel est un élément capital de succès. Parmi les éléments dont il faut tenir compte dans cette dotation, deux principes essentiels :*

- *La notion de poste de travail continu : un service hospitalier doit assurer la prise en charge des patients 24heures /24 et cela 365 jours/an.*
- *L'équipe médicale d'un service hospitalier doit être suffisante pour qu'au moins un médecin soit effectivement présent 24/24 tous les jours de l'année et pouvoir répondre à toute demande exprimée par un patient hospitalisé ou reçu en consultation ou dans le cadre de l'urgence. » (Santémaghreb.com).*

### 4.5. Clinique

La clinique est un établissement hospitalier spécialisé, avec capacité d'accueil réduite en comparaison avec les hôpitaux. Cette structure est généralement administrée soit par une agence gouvernementale en charge des services de santé, soit par un partenariat privé de médecins.

---

## CHAPITRE 02 : Les équipements sanitaires et la configuration spatiale

---

Tableau 6: Nombres d'établissement sanitaire en Algérie selon leurs typologies, (2019) Source : Parc hospitalier algérien », sur Business France, 8 avril 2019.

Type de structure	Nombre
CHU	16
Etablissements hospitaliers spécialisés	83
Etablissements hospitaliers	217
Etablissements de proximité	273
Salles de soins	6 500
Polycliniques.	1600

### 5. Les principaux espaces des équipements sanitaires

#### 5.1. L'espace accueil

L'espace accueil dans les établissements sanitaires est destiné à accueillir, informer et orienter les patients. Il constitue le point central de gestion des flux et se situe à proximité de l'entrée et de la partie attente.

La conception de cet espace doit permettre une visibilité claire des accès aux différents services. Dans certains cas, les guichets d'admission et les caisses de règlement peuvent également se trouver dans cet espace.

#### 5.2. L'espace d'attente

Est un lieu contribuant à la gestion des flux de consultations, il représente un seuil symbolique de relation entre deux corps occupant un établissement sanitaire : le corps professionnel et les patients.

Le patient considère l'espace d'attente comme étant un endroit confortable et agréable et qui se doit de procurer un environnement adéquat pour l'attente.

#### 5.3. L'espace administratif

Est le lieu de travail des employés chargés de la gestion de l'établissement, de l'information...etc.

#### 5.4. L'espace de consultation

La salle de consultation est l'un des espaces les plus importants d'un équipement sanitaire, représente le lieu où le médecin exerce son métier en examinant le patient.

#### 5.5. L'espace opératoire

Est un espace isolé et discret, où les professionnels du secteur médical exercent des interventions chirurgicales. Il est probablement l'espace exigeant le plus de conditions en termes de soins et de propreté.

« La salle d'opération doit être si possible carrée, afin de permettre un travail aisé dans toutes les directions lors de la rotation de la table d'opérations. Taille environ 6.50x6.50 m. » (*Neufert 8<sup>e</sup>*)

### 5.6. L'espace hospitalisation

La chambre de malade exige au-delà de la proximité de surveillance médicale, mais doit assurer essentiellement toutes les conditions de bien-être du patient incluant un environnement calme, adéquat et répondant aux différentes normes de confort.

Les chambres de malades doivent se situées à proximité des bureaux des infirmiers afin de faciliter le contrôle et l'observation.

Les portes des chambres doivent avoir une largeur supérieur ou égale à 1,10 m et doivent s'ouvrir sur le couloir.

La hauteur libre des chambres est comprise entre 3,20 m et 3,40 m, dans des conditions de ventilation naturelle.

## 6. Normes de confort thermique dans les équipements sanitaires

Les équipements de santé doivent répondre à des exigences spécifiques afin de garantir confort et sécurité au public fragile qu'ils accueillent.

Les normes et réglementations de confort thermique dépendent du type de l'espace, sa fonction et la catégorie d'individu qu'il occupe.

Ainsi, notre travail concerne les normes de confort dans des espaces spécifiques d'établissement sanitaire, à savoir: l'espace d'accueil, l'espace opératoire, et l'espace d'hospitalisation.

« *La pensée sur l'hôpital comme espace humain sensible et particulier n'est pas récente, elle a commencé lorsque les gens ont compris que l'hôpital doit être avant tout conçu pour le bien être des malades.* » (*Yasmina BESBAS,2019*)

### 6.1. L'espace d'hospitalisation

La chambre d'hospitalisation doit satisfaire les besoins du patient en priorisant son confort physique, en maintenant une température ambiante constante dans la plage de confort hygrométrique recommandée pour les normes d'hospitalisation. Il est également important que l'air se renouvelle naturellement pour améliorer la qualité et la pureté du climat intérieur.

Plusieurs normes internationales déterminent la plage de température de confort thermiques dans les salle d'hospitalisation :

- La norme ISO 7730 :2005, s'applique aux personnes ayant des exigences particulières et recommande des températures entre **23°C et 26°C** dans les secteurs d'hospitalisation courante (médecine interne, la pédiatrie, et l'hospitalisation obstétrique... etc.)
- La norme américaine ASHRAE Standard 55, préconise des températures opératives estivales entre **23°C et 26°C** avec une plage d'humidité confortable de 30 à 60 %.

## CHAPITRE 02 : Les équipements sanitaires et la configuration spatiale

- La norme AFNOR NF S90-351 : 2003 est axée sur les salles propres et les environnements sensibles, comme les chambres d'hospitalisation, tandis que la norme européenne NF S90-351 :2013 se concentre sur les établissements de santé et les exigences de maîtrise de la contamination aéroportée dans les zones à environnement maîtrisé. Ces deux normes recommandent des températures comprises entre **19°C et 26°C**.
- La norme NBN EN 13779/2004, suggère une plage d'humidité relative de 30% à 70% pour les secteurs d'hospitalisation courante, avec des températures situées entre **20°C et 26°C**. (Yasmina BESBAS,2019)

Tableau 7: Les températures de confort dans les chambres de malades fixées par les différentes normes internationales.

La norme	ASHRAE	ISO/TS 14415:2005	AFNOR NF S90-351	NBN EN 13779/2004
T de confort (°C)	23° - 26°	23° - 26°	19° - 26°	20° - 26°

### 6.2. L'espace opératoire

“Le confort de l'occupant, la lutte contre les infections et le séchage des muqueuses sont quelques-unes des raisons pour lesquelles le contrôle de la température et de l'humidité est important dans les salles d'opération.” (John Murphy, 2006)

Des études montrent que les chirurgiens souhaitent souvent une température plus basse que celle indiquée dans les directives.

Cependant, il est à noter que l'espace d'opération nécessite des températures moins élevées que celles demandées dans les espaces d'accueil ou des chambres de malades.

Le tableau suivant montre les valeurs de températures requises dans les salles d'opération selon les différentes normes thermiques :

Tableau 8: Températures de confort des salle opératoires selon les différentes normes internationales.

La norme	ASHRAE	AIA	VA
T de confort (°C)	20°C - 24°C	20°C - 23°C	17°C - 27°C

### 6.3. L'espace d'accueil et d'attente

« L'accueil se rapporte à des actions visant la prise en charge humaine, morale et sociale avant qu'elle soit sanitaire. Il s'agit de bien recevoir, accueillir, informer, renseigner, orienter, préparer, écouter, protéger, respecter, et accompagner les malades et leurs familles avant et tout au long de leurs parcours de soins en leur offrant des espaces flexibles et modulables et surtout confortables qui répondent le plus

à leurs besoins en termes d'attentes, positionnements sensoriel et perceptuel, satisfaction, et de confort. » (K. BOUANDES et S. MAZOUZ, 2018)

Selon les directives de conception et de construction des hôpitaux et des établissements de soins de santé de l'AIA « American Institute of Architects », édition 2001, les salles d'attente des services d'urgence doivent maintenir une température de confort comprise entre **21°C et 24°C**.

## II. La configuration spatiale

L'organisation spatiale et les conceptions fonctionnelles des établissements hospitaliers, représente le centre d'intérêt de plusieurs recherches. Une étude intitulée "The architecture of the hospital ; a study organization and medical knowledge" mené par Prior, L en 1988, met en évidence l'impact de l'organisation spatiale sur les pratiques discursives. La disposition des espaces au sein de ces établissements est d'une importance capitale pour garantir un fonctionnement adéquat des équipements et assurer le bien-être des occupants, qu'ils soient membres du personnel ou patients.

### 1. Définition de la configuration spatiale

*"Le terme configuration spatiale est utilisé pour désigner la structure du mouvement potentiel et de la coprésence telle que comme déterminé par le placement des frontières dans l'espace et par les connexions et les déconnexions entre les zones qui résultent de la présence des frontières" (Esin Hasgül, 2015)*

La configuration spatiale désigne le lien entre le bâti, l'expérience spatiale et le comportement de l'individu. Cependant, en plus de cette connexion, la configuration de l'espace possède un lien étroit dépendant de la culture et les modes de vie quotidiens.

### 2. La syntaxe spatiale

« La théorie de la syntaxe spatiale propose un cadre méthodologique et analytique destiné à disséquer le rapport bilatéral étroit qui unit les gens et leur environnement physique. La finalité de l'analyse est d'envisager à la fois le milieu construit (architecture et urbanisme) et le facteur humain. » (Quentin Letesson, 2009)

L'étude spatiale tente de mettre en avant les différentes manières dont les occupants interagissent avec l'espace. En d'autre terme identifier les cellules spatiales les plus fréquentées et l'évaluation de la présence et de la circulation des individus au seins de ces espaces cela, en fonction de plusieurs facteurs.

### 3. Le graphe justifié

Le graphe justifié est la première étape de la syntaxe spatiale. Le principe est de traduire un plan architectural en un schéma ou graphe simplifié, qui représente chaque espace du plan.

Selon *Preziosi* (1983), les espaces qui composent un plan tels qu'une pièce, un couloir ou une cour sont considérés comme des cellules spatiales. Ces cellules sont représentées par des cercles dans un graphique, qui sont disposés en fonction de leur profondeur dans le plan, à partir d'un point d'origine traditionnellement situé à l'extérieur.

Les cercles de même profondeur doivent être placés sur une ligne horizontale fictive. Les cercles placés sur des lignes horizontales parallèles sont ensuite reliés entre eux par des lignes qui représentent leur perméabilité, c.-à-d., leur accessibilité les uns aux autres. Les cercles représentant des espaces reliés par un accès sont donc connectés par une ligne dans le graphique. Le point d'origine est quant à lui représenté par un cercle marqué d'une croix. (*Bill Hillier, 2007*)

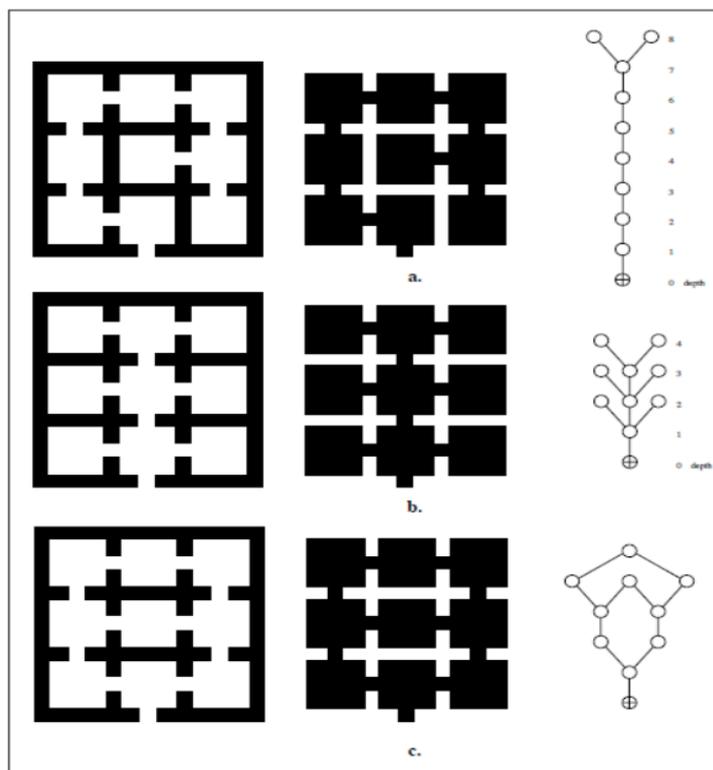


Figure 9: Graphe justifié, source: *space is the machine*, Bill Hillier (1996).

### 4. Principales mesures de la syntaxe spatiale

Sont des notions importantes à la description de la configuration spatiale :

#### 4.1.L'accessibilité et la visibilité

Les relations entre l'activité humaine et l'environnement spatial sont garanties par ces deux concepts.

- L'accessibilité physique : désigne une continuité de circulation entre les espaces, une liaison spatiale entre eux.
- La visibilité : elle renvoie à la possibilité de percevoir clairement un espace depuis un autre. Ici on parle d'accessibilité visuelle.

La configuration de l'espace permet de contrôler les possibilités de mouvement, de perception et d'interaction dans celui-ci.

### 4.2.La perméabilité

Elle désigne le degré de déplacements possibles depuis un espace donné vers un autre. Elle définit l'endroit où l'on peut accéder et la ou les manière de d'y parvenir.

### 4.3.L'intégration

La notion d'intégration désigne les propriétés d'un espace d'être intégré ou ségrégué d'un ensemble spatial. Elle est une mesure déterminante de la distance entre un espace d'origine et les autres espaces composants un système.

Représentant une mesure très importante de la syntaxe spatiale, elle est un indicateur principal du mouvement dans l'espace.

### 4.4.La connectivité

Dans la syntaxe spatiale, la connectivité est utilisée afin de mesurer le nombre d'espaces d'un système étant directement reliés à un espace principal dit d'origine.

### 4.5.L'intelligibilité

Kevin Lynch définit l'intelligibilité comme « *la qualité d'un environnement où la bonne lisibilité de ce qui le compose favorise une émergence simple de la carte mentale.* »

Cette notion est calculée par le rapport entre l'intégration et de la connectivité.

Un système est intelligible lorsque chaque espace caractérisé par une bonne connectivité au niveau local, est intégré à l'ensemble du système.

## 5. Configuration spatiale de l'espace d'accueil dans les équipements sanitaires

L'espace d'accueil est le premier endroit où les patients et les visiteurs entrent en contact avec l'établissement. Cet espace sert de point de réception, d'orientation et de diffusion d'informations. La configuration architecturale de cette zone peut avoir une influence significative sur l'impression initiale des visiteurs et leur expérience globale.

« *La conception du hall d'accueil doit favoriser la perception immédiate des accès aux différents services.* » (Catherine Femand, 2000)

Considéré comme étant le centre de l'établissement sanitaire, l'accueil représente un espace majeur déterminant du degré de confort et de sécurité au sein de l'équipement. Il est également un lieu où se rencontre plusieurs fonctions et donc plusieurs individus : les malades, les

visiteurs, les médecins, le personnel. Il se doit donc d'apporter une configuration adéquate au fonctionnement de l'espace. (*Catherine Ferman, 2000*)

L'accueil dans un hôpital est considéré comme un espace de transition entre l'intérieur et l'extérieur, situé de part et d'autre de la frontière entre l'espace public et l'espace hospitalier. Il est conçu comme un sas d'acclimatation pour les individus en détresse, une "piste d'atterrissage" pour les nouveaux arrivants. Les espaces de vie commune sont des lieux conviviaux où les interactions humaines ont une place importante. Par ailleurs, tout projet d'hôpital doit tenir compte de la maîtrise des flux et des réseaux qui l'irriguent. (*Barbier, 2009*).

### 5.1. Typologie de l'accueil dans les établissements sanitaires

Les espaces d'accueil dans les établissements de santé peuvent prendre différentes formes, qu'elles soient intérieures ou extérieures. On peut les classer en deux grandes familles selon leur typologie et leur échelle. D'une part, les typologies convexes ou centrales comprennent les halls d'accueil, les espaces d'admission, les salles d'attente, les terrasses et les patios, ainsi que les jardins. D'autre part, les typologies linéaires incluent les galeries ou les "rues publiques" au sein des hôpitaux contemporains, ainsi que les espaces d'accueil classiques tels que les couloirs et les coursives.

#### 5.1.1. Le hall d'accueil

Le hall d'entrée d'un établissement de santé remplit de nombreuses fonctions telles que l'accueil, l'orientation et la gestion des flux de patients et de visiteurs. Il se compose généralement de quatre zones distinctes : l'entrée, le comptoir de réception, la zone d'attente et la zone menant au reste du bâtiment.

Les sous-espaces offrent des services tels qu'une pharmacie, une garderie, un oratoire, des commerces, un poste de sécurité, un salon d'attente, une zone de distribution de boissons, un espace de jeux pour enfants, une galerie d'exposition, un restaurant et une boutique de cadeaux.

Le hall peut également être un espace polyvalent et accueillant pour les expositions artistiques et les animations culturelles. La taille et le rôle du hall varient selon l'architecture, mais il doit être facilement identifiable et offrir un environnement accueillant et sécurisé. (*Ferman, 1999*)

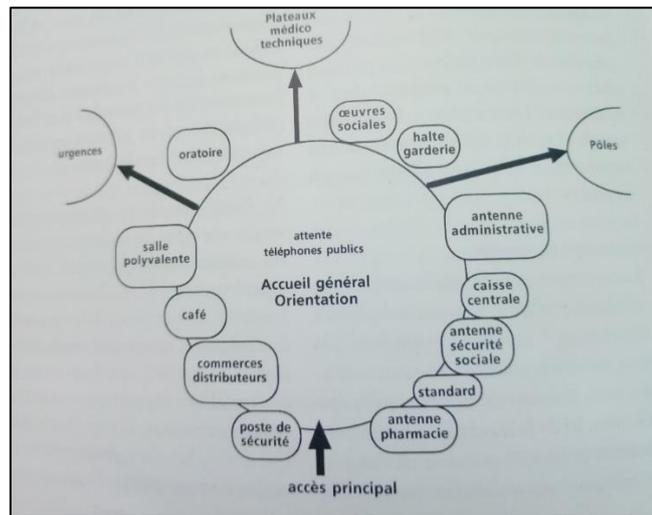


Figure 10:: schéma « accueil et centre de vie », source: *Les hôpitaux et les cliniques* (2014).

### 5.1.2. Les patios et les jardins

Lorsqu'il s'agit de bâtiments avec des morphologies plutôt horizontales, la séparation des secteurs peut être réalisée de différentes manières. On peut par exemple intégrer des patios de tailles souvent généreuses, traités de manière minérale ou végétale, ou encore des voies de desserte ouvertes qui permettent l'accès aux véhicules, ambulances et pompiers et qui irriguent le bâtiment. Les galeries de distribution ouvertes peuvent également être utilisées à cette fin. Les patios et jardins intégrés aux projets contemporains, qui font partie du bâti intérieur, rappellent vaguement les cours et jardins des hôpitaux du passé, bien que leur statut ait été modifié et leurs dimensions considérablement réduites. (Ferland, 1999)



Figure 11: Vues sur patio et jardin d'entrée de l'hôpital BRETONNEAU-TOURS. Source: K. Bouandas (2012)

### 5.1.3. Couloirs et coursives

Contrairement à leur fonction initiale de simples espaces de passage et de transition, les couloirs et les coursives sont devenus, malgré eux, des zones d'accueil, d'attente et d'orientation des usagers dans certains anciens hôpitaux coloniaux. Ainsi, il est crucial de prendre en compte l'orientation spatiale lors de la conception de ces couloirs et cages d'escaliers. L'éclairage fonctionnel doit être utilisé principalement pour faciliter l'orientation et éviter les parcours compliqués. Pour y parvenir, il est recommandé d'utiliser des matériaux et des couleurs

contrastées, ainsi qu'une signalétique claire et visible pour faciliter la localisation des accès et raccourcir les trajets des utilisateurs. (K. Bouandas, )



Figure 12: vue sur le couloir de passage. Source: Gettyimages

### 5.1.4. La galerie publique

La galerie publique est un espace composé d'atriums et de galeries monumentales qui ont pour rôle d'accueillir et d'orienter les visiteurs, de faciliter la circulation interne et de relier clairement les différents réseaux de l'hôpital par des passerelles intérieures ou extérieures. Cet espace, très animé et ouvert à des fonctions non médicales, symbolise l'extension de la ville dans l'hôpital. Certains hôpitaux contemporains adoptent une nouvelle typologie des espaces hospitaliers en utilisant des compositions conciliant séparation et compacité, souvent structurées par une galerie publique qui devient une épine dorsale de l'ensemble. Ce thème est aujourd'hui largement répandu dans l'architecture hospitalière contemporaine car il répond efficacement aux besoins d'accueil et de circulation dans ces lieux. (Samir Farah, 2008)

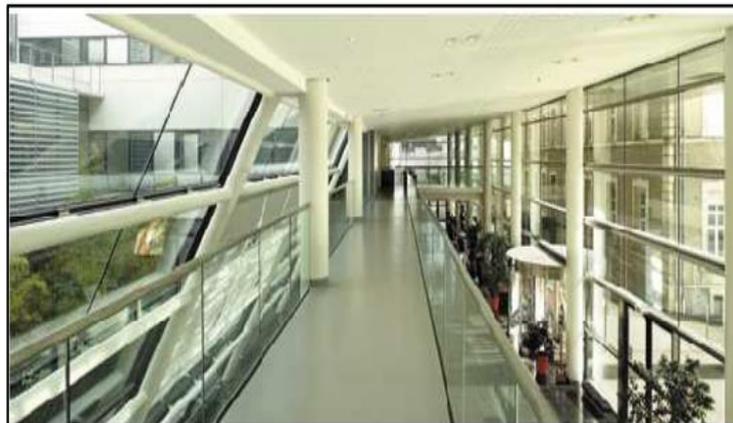


Figure 13: vue sur la galerie de l'hôpital BRETONNEAU- TOURS Source : K. Bouandas (2012).

## 5.2. Importance du confort dans les établissements sanitaires

Le confort dans les établissements de santé est un élément crucial pour le bien-être des patients, des visiteurs et du personnel soignant. En effet, les établissements de santé ont des besoins spécifiques en matière de confort thermique, visuel, acoustique et olfactif. (Kopeck, 2017)

---

En ce qui concerne le confort thermique, il est essentiel pour maintenir une température ambiante appropriée pour les patients et le personnel soignant. Dans les établissements de santé, la température intérieure doit être régulée de manière à assurer un confort thermique optimal. Les températures excessives ou insuffisantes peuvent affecter la santé et le bien-être des patients, en particulier ceux qui sont les plus vulnérables. (Karuppusami, 2020)

De plus, les températures peuvent avoir un impact sur l'efficacité des traitements médicaux, par exemple, dans les salles d'opération où la température doit être maintenue à un niveau optimal pour le confort du patient et le bon déroulement de l'opération. Les températures ambiantes peuvent également affecter la productivité et le moral des employés. (Karuppusami, 2020)

### **Conclusion :**

La conception des établissements sanitaires est un processus complexe qui nécessite une compréhension approfondie des normes de confort thermique, de l'aménagement spatial et de la configuration architecturale. Les espaces sanitaires doivent être conçus pour répondre aux besoins spécifiques des patients, tout en garantissant leur sécurité et leur intimité. En veillant à ce que ces espaces soient bien conçus et adaptés aux besoins des patients, les établissements sanitaires peuvent fournir un environnement propice à la guérison et à la récupération.

Enfin, il est important de souligner que le confort dans les espaces sanitaires est essentiel pour assurer le bien-être des patients et favoriser leur rétablissement.

## **CHAPITRE 03 :**

### **Cas d'étude, méthodologie et étude empirique**

### CHAPITRE 03 : Cas d'étude, méthodologie et étude empirique

#### Introduction

Le présent chapitre est divisé en trois parties distinctes. La première partie est consacrée à la présentation générale du cas d'étude ainsi que des espaces que nous allons analyser. Dans la deuxième partie, nous allons présenter les outils méthodologiques de l'étude expérimentale que nous avons employés dans notre analyse. Enfin, la troisième et dernière partie de ce chapitre est consacrée à la présentation de notre étude empirique, qui se concentre sur l'enquête sociologique. L'objectif est de définir les différentes approches que nous avons utilisées et de citer les étapes suivies pour mener à bien notre étude.

#### 1. Présentation du cas d'étude

##### 1.1. Justification du choix

Notre cas d'étude s'est portée sur l'établissement hospitalier privé de Bejaïa « le rameau d'olivier », en raison de plusieurs facteurs, notamment sa concordance directe avec le thème de notre recherche (établissement sanitaire) et également avec le projet à concevoir (clinique) puisque celui-ci a déjà fait objet d'un travail d'analyse architecturale précédente.

Par ailleurs, l'équipement jouie d'un emplacement stratégique dans la ville de Bejaia, ce qui le rend largement fréquenté par un grand nombre de personnes. Ceci en plus de sa proximité, qui représente un atout, facilitant les déplacements et donc le déroulement de notre étude.

##### 1.2. Présentation de la clinique « le rameau d'olivier »

LE RAMEAU D'OLIVIER est un établissement hospitalier privé situé à Bejaïa. Elle propose une variété de services médicaux, notamment, la médecine générale, la pédiatrie, la gynécologie, l'imagerie et analyses médicales, ainsi que la chirurgie. Cette clinique a été réalisé en 2004, sur une assiette de 4 étages et sous-sol.

#### Fiche de présentation

- Maître d'œuvre : RODESLY. Y
- Maître d'ouvrages : privée
- Localisation : Boulevard des concessions, route des Aurès – Bejaia, Algérie
- Année de construction : Février 2004
- Superficie : 3500m<sup>2</sup>
- Gabarit: R+4+sous-sol.



### 1.3. Situation de la clinique « le rameau d'olivier »

L'établissement hospitalier privé "LE RAMEAU D'OLIVIER" est implanté dans une zone très animée de la ville de Bejaia, au cœur d'un quartier urbain dynamique. Il bénéficie d'un emplacement stratégique, à proximité de plusieurs lieux emblématiques de la ville.

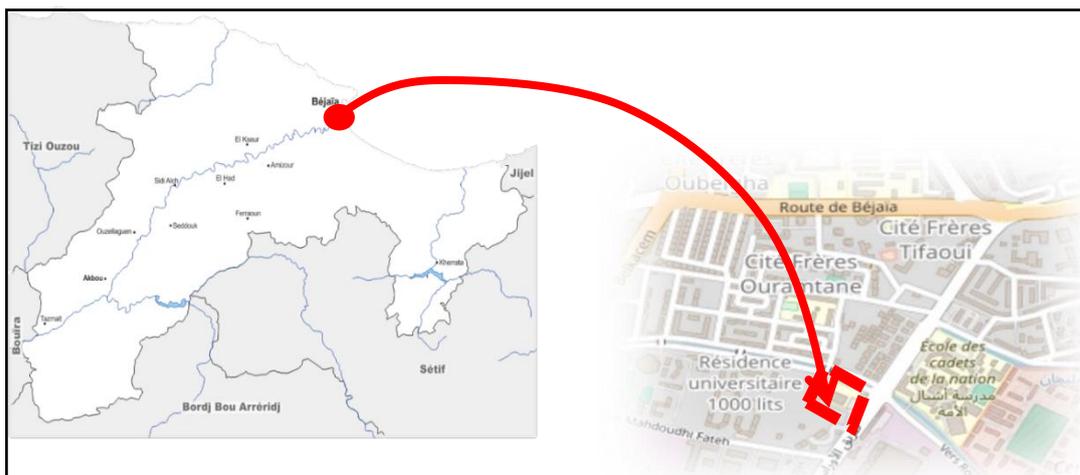


Figure 15: Situation de la clinique. Source: OpenStreetMap, traité par l'auteur.

Au nord-ouest de l'hôpital, on trouve la cité universitaire 1000 lits, qui accueille des milliers d'étudiants chaque année. Cela signifie que l'établissement hospitalier peut compter sur un flux constant de patients, y compris des étudiants et des enseignants universitaires.

Le lac MOZALIA, qui se trouve également à proximité de l'hôpital du côté ouest, est un lieu de détente populaire pour les habitants de la ville. Les patients et les visiteurs de l'hôpital peuvent profiter de la beauté naturelle du lac pendant leur temps libre.

Du côté est de l'hôpital, on trouve l'école des cadets, une institution importante de la ville de Bejaia. Cette proximité peut être bénéfique pour les patients qui ont besoin d'une attention particulière, car l'école des cadets dispose souvent de ressources médicales et paramédicales de qualité.



Figure 16: Emplacement de la clinique dans la ville. Source : Google maps, Traité par l'auteur.

## CHAPITRE 03 : Cas d'étude, méthodologie et étude empirique

En somme, la situation géographique de l'établissement hospitalier privé "LE RAMEAU D'OLIVIER" est idéale pour servir une population variée et diversifiée, et pour offrir des soins de qualité à tous ceux qui en ont besoin dans la ville de Bejaia.

### 1.4. Environnement immédiat

La clinique "LE RAMEAU D'OLIVIER" est située le long de la route des Aurès, qui semble être une route assez fréquentée dans la ville de Bejaia. Les bâtiments environnants sont principalement des structures résidentielles, ainsi que quelques petits commerces.

Il y a également quelques arbres et zones de verdure dans la région, bien qu'ils ne soient pas très abondants. La proximité de la clinique avec la cité universitaire et le lac Mozaia peut être considérée comme un avantage pour les patients, car cela peut rendre la clinique plus facilement accessible.

Dans l'ensemble, l'environnement immédiat de la clinique "LE RAMEAU D'OLIVIER" semble être une zone urbaine densément peuplée avec un trafic modéré à intense, mais avec un certain nombre de commodités et de services à proximité qui pourraient être bénéfiques pour les patients.

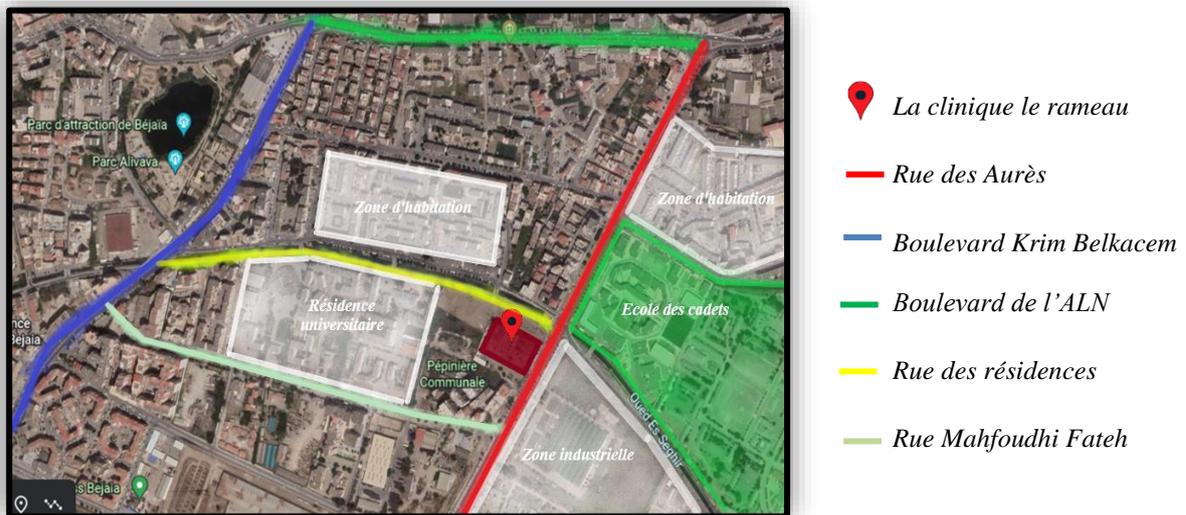


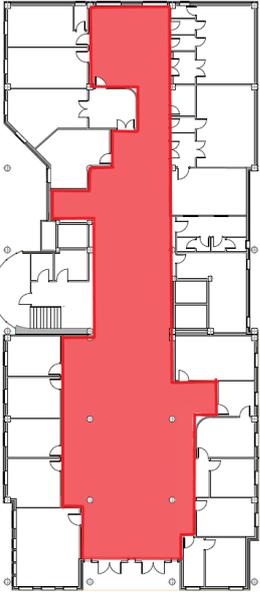
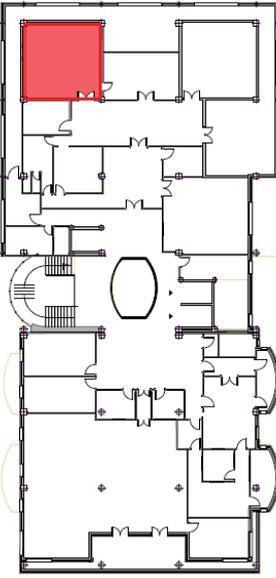
Figure 17: Environnement immédiat de la clinique. Source: Google maps, traité par l'auteur.

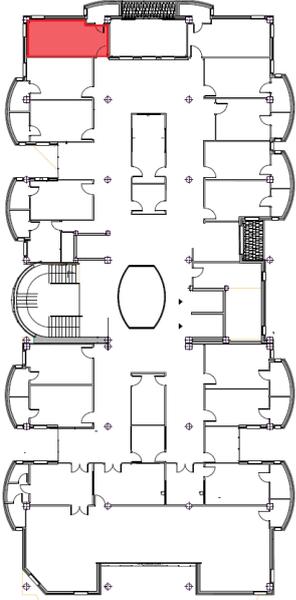
### 1.5. Dossier graphique (Les plans en annexes).

## CHAPITRE 03 : Cas d'étude, méthodologie et étude empirique

### 1.6. Critère de sélection des espaces analysés

Pour des raisons de temps et de pertinence, il serait contraignant voire impossible d'étudier l'ensemble du projet. Notre étude se focalise sur quelques espaces spécifiques de l'établissement hospitalier et sont les suivant :

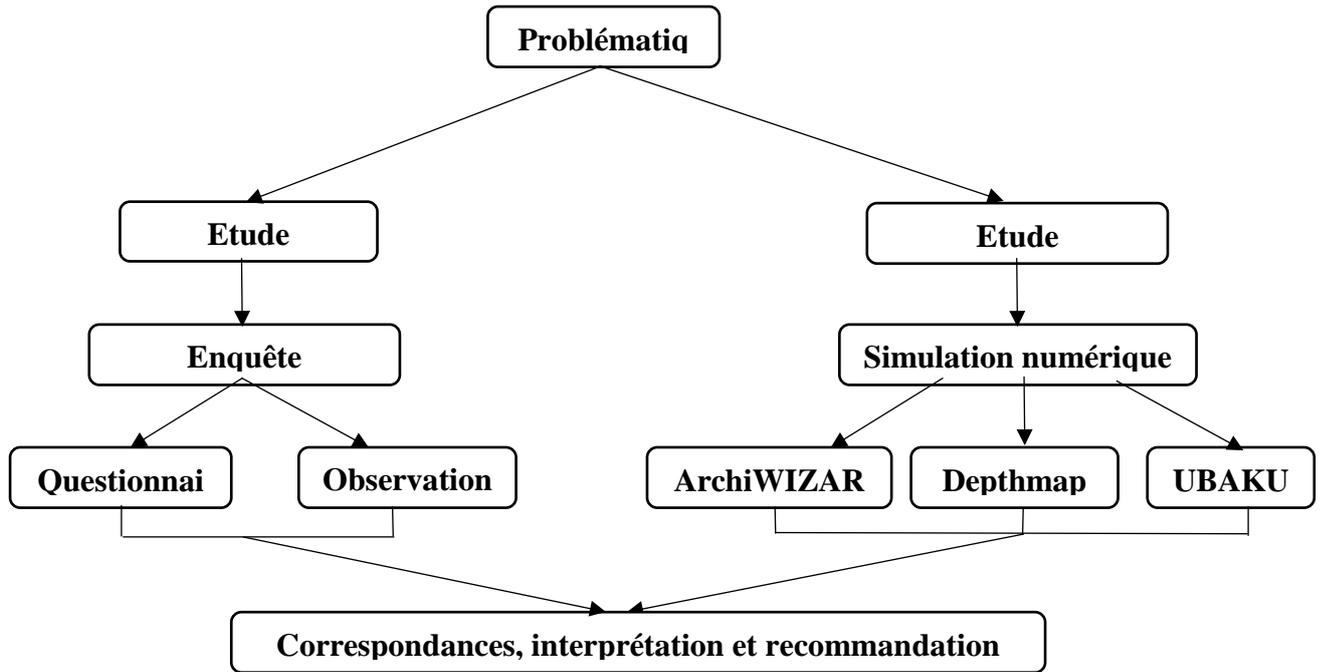
Espace étudié	Justification du choix	Emplacement sur plan	Illustration
1) <u>L'espace accueil et attentes :</u>	Il représente l'espace central et l'endroit où s'entremêle plusieurs fonctions, ainsi c'est l'endroit le plus fréquenté par le plus de personnes.		
2) <u>L'espace opératoire :</u>	Etant donné son importance, c'est le lieu qui demande le plus d'exigences en terme d'aménagement mais surtout en terme de confort et d'environnement thermique. Puisque que celui-ci affecte directement le malade, le chirurgien et ainsi, le déroulement de l'intervention.		

<p>3) <u>L'espace hospitalisation</u> :</p>	<p>Est l'endroit où le malade passe le plus de temps. Son bien-être et sa santé dépend considérablement de son confort thermique en sein de cette espace.</p>		
---	---	--	---

## 2. Outils méthodologiques

Dans ce qui suit, nous allons présenter les outils méthodologiques utilisés dans notre travail. Ces outils se divisent en deux parties distinctes : la première partie est consacrée à l'étude expérimentale, qui comprend différentes simulations à l'aide de logiciels, tels que DepthmapX pour la syntaxe spatiale, Archiwizard pour l'étude du confort thermique et des besoins en énergie du bâtiment, et enfin Ubakus pour l'étude de la composition de la paroi et de son isolation.

La seconde partie est dédiée à l'étude empirique, qui englobe une enquête sociologique, une observation in-situ pour comprendre les comportements des usagers vis-à-vis de l'espace architectural et leurs fréquentations, ainsi qu'un questionnaire pour recueillir les impressions des usagers sur l'espace en tant que configuration spatiale, et sur leur ressenti à l'égard de l'environnement thermique.



## **2.1. La simulation**

### **2.1.1. Qu'est-ce que la simulation ?**

La conception architecturale est un processus complexe, qui prend en compte une multitude de données et tente de les assembler et de les maîtriser. L'évolution constante de ce domaine rend indispensable, de nos jours, l'intégration de systèmes d'évaluation des performances énergétiques et d'optimisation des choix conceptuels grâce aux outils informatiques et logiciels de simulation.

Ces outils, permettant de simuler et de faire un test à partir d'un modèle numérique, sont considéré comme étant des solutions très puissantes d'aide à la décision dès la phase de conception, et offrent une lecture globale et une bonne compréhension du phénomène étudié.

La reconnaissance du rôle unique des logiciels dans la prédiction, l'évaluation et la vérification de la performance des bâtiments est due à leur capacité à gérer la complexité des interactions entre les éléments physiques qui ont contribué à la formation de l'état physique du bâtiment. (Augenbroe, 2004).

De nos jours, l'utilisation de logiciels de simulation est devenue une obligation plutôt qu'une simple nécessité, grâce aux progrès de l'informatique et à la prise de conscience grandissante de l'importance de l'environnement. (Hong, 2000)

En raison de leur flexibilité et de leur capacité à modifier et à affiner les modèles, les logiciels de simulation ont également été reconnus comme des outils extrêmement utiles lors des premières phases de conception. (Hong, 2000)

Afin de garantir, dans un bâtiment, une ambiance saine et confortable mais aussi la maîtrise de la consommation énergétique, il est indispensable de passer par des logiciels de simulation. La simulation numérique par logiciels se fait par introduction des paramètres spécifiques de la modélisation (les surfaces, l'orientation, la composition des parois, le type d'occupation...etc.) en plus des données climatiques selon la situation géographique de la construction à étudier.

Il existe plusieurs logiciels de simulation numérique, notre choix s'est porté sur « ArchiWIZARD » pour étudier l'aspect thermique et « DepthmapX » afin d'étudier la configuration spatiale.

### 2.1.2. Les logiciels de simulation

#### 2.1.2.1. DepthmapX

- Présentation du logiciel :

DepthmapX est un logiciel d'analyse spatiale open-source et multiplateforme pour les réseaux spatiaux de différentes échelles.

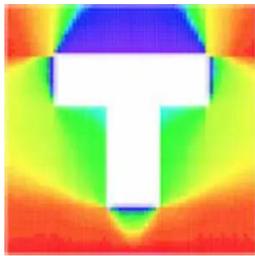
Il est utilisé à l'échelle du bâtiment mais aussi à l'échelle urbaine. L'objectif du logiciel est de produire une carte des éléments spatiaux et de faire ressortir les différentes relations entre ces derniers. Ces relations tel que l'inter-visibilité et l'intersection, permettent d'effectuer une analyse graphique du réseau.

L'analyse a pour but de déterminer les variables qui peuvent avoir une signification sociale ou expérientielle.

Le logiciel DepthmapX permet d'effectuer une étude du facteur de visibilité dans une architecture sur base de la syntaxe spatiale sans passer par le biais d'un graphe justifié.

- Fiche technique :

## CHAPITRE 03 : Cas d'étude, méthodologie et étude empirique

Interface	Détails techniques du logiciel :	
	<b>Version récente:</b>	DepthmapX v0.8.0
	<b>Fonctionnalités principales :</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyse visuelle : production des isovistes ponctuels (les zones visuellement accessibles) et des chemins isovistes montrant le changement de la vue des espaces selon la position.</li> <li>- Analyse « Agent Tools » : Simuler les différents comportements des piétons, selon les multitudes de trajets possibles dans l'espace.</li> <li>- La carte axiale : à l'échelle urbaine DepthmapX permet de produire une carte pour étudier la forme et la fonction de l'espace et comparer les comportements piétonniers et sociaux.</li> <li>- Réalisation de mesures globales permettant de quantifier la centralité de l'espace et la traversée des bâtiments.</li> </ul>
	<b>Autres fonctionnalités :</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyse de sécurité : il permet d'analyser la sécurité de circulation en mesurant les risques pour les piétons ou automobilistes</li> <li>- Exportation de données cartographiques sous format PDF, PNG, SVG ou tableau Excel.</li> </ul>
	<b>Points forts :</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Importation de fichier DXF à partir de l'interface de programmation.</li> <li>- Préparation et analyse des réseaux spatiaux automatisées et une interaction minimale de l'utilisateur.</li> <li>- Etude et analyse de plusieurs projets sans surveillance tout en ayant la possibilité de fermer l'interface graphique.</li> </ul> <p>DepthmapX peut être intégré dans des projets utilisant d'autres langages de programmation tel que R et Python.</p>
	<b>Site internet :</b>	<a href="https://github.com/SpaceGroupUCL/depthmapX/releases/tag/v0.8.0">https://github.com/SpaceGroupUCL/depthmapX/releases/tag/v0.8.0</a>

## CHAPITRE 03 : Cas d'étude, méthodologie et étude empirique

### - Etapes de la simulation :

- a- Après ouverture de l'application, on sélectionne « nouveau » puis « importer » pour importer le fichier en format DXF.

Choisir les propriétés de la grille, ici on a choisi une grille de 100. Puis on remplit les zones à analyser à l'aide de l'outil de remplissage.

Le plan doit être fermé au préalable afin que l'outil fonctionne.

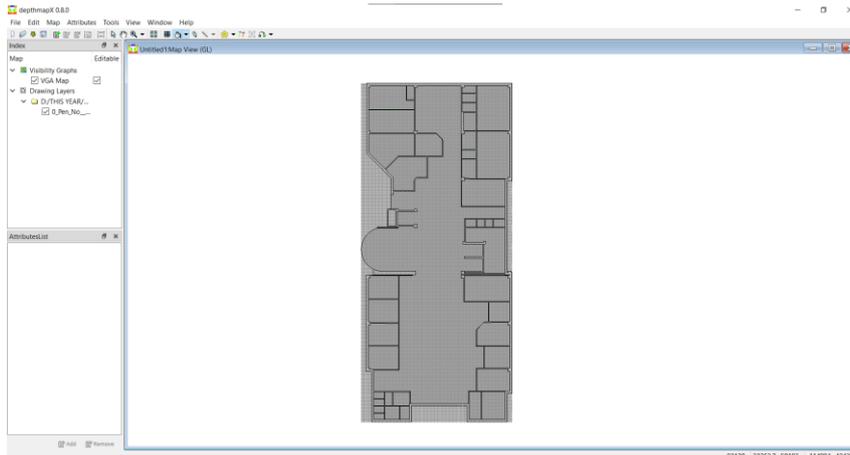


Figure 19 : Insertion de la grille. Source : auteur.

### b- Lancement de la simulation :

- La connectivité: Tools → Visibility → Make visibility graph

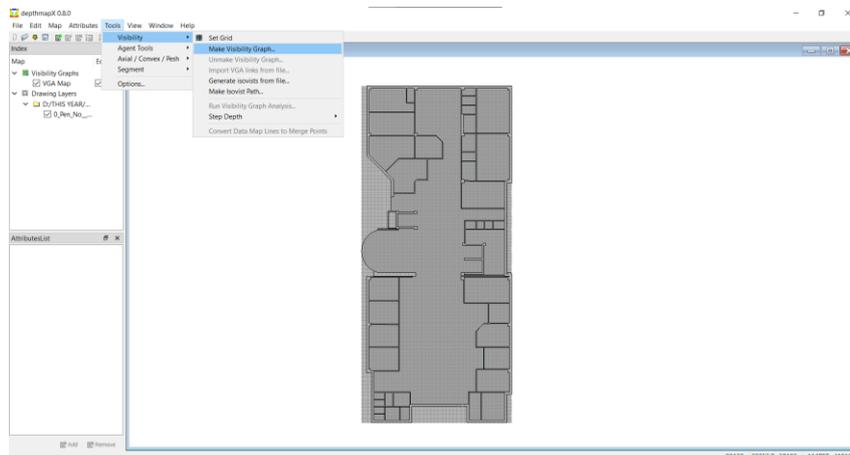


Figure 20 : Simulation de la connectivité. Source : auteur.

- L'intégration visuelle : Tools → Visibility → Run visibility graph analysis.  
sélectionner « calculate visibility relationships » → include global measures → insérer "n".

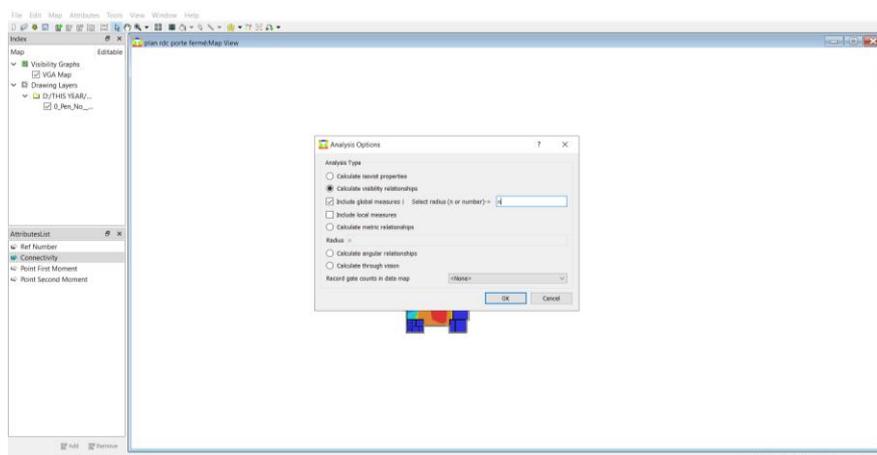


Figure 21 : Simulation de l'intégration. Source : auteur.

- L'outil agent: Tools → Agent tools → Run agent analysis.

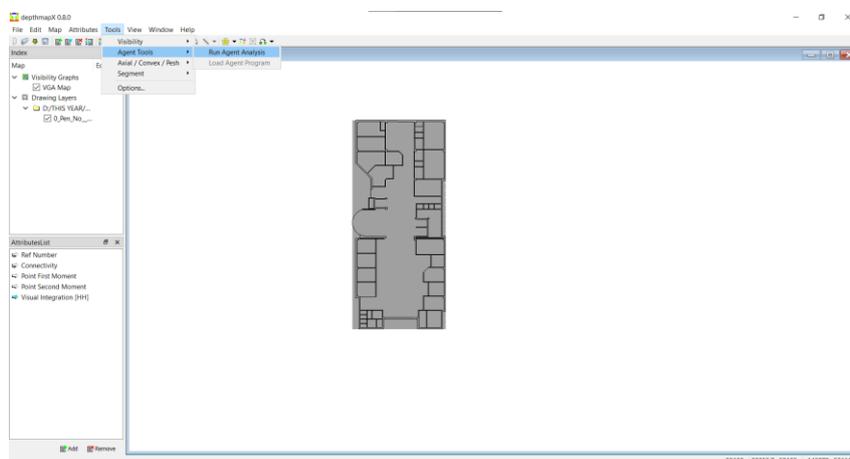


Figure 22 : Simulation de l'agent tool. Source : auteur.

### 2.1.2.2. ArchiWIZARD

- Présentation du logiciel :

ArchiWIZARD est un logiciel de simulation thermique et énergétique des bâtiments. Son objectif essentiel est d'évaluer la performance énergétique et environnementale d'une conception architecturale, dès les premières esquisses et tout au long de sa conception, ou dans le cadre d'une rénovation.

Le principe est d'importer une conception 3D à partir de n'importe quels formats existants depuis un logiciel de modélisation architecturale et d'entrer les caractéristiques relatives au projet. Ainsi, il permet de réaliser le calcul thermique et d'éclairage, en temps réel.

Le logiciel, utilisant le moteur de calcul EnergyPlus, donne la possibilité d'effectuer une SED (Simulation Energétique Dynamique), et une STD (Simulation Thermique Dynamique).

## CHAPITRE 03 : Cas d'étude, méthodologie et étude empirique

- Fiche technique :

Interface	Détails techniques du logiciel :	
	<b>Moteur de calcul :</b>	EnergyPlus
	<b>Fonctionnalités principales :</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réglementation énergétique et environnementale (RT2012 &amp; RE2020).</li> <li>- Réglementation thermique des bâtiments existants RT</li> <li>- Simulation thermique dynamique des bâtiments (STD) et norme RE2020</li> <li>- Calcul des déperditions calorifiques norme NF EN 12831</li> <li>- Indicateur de confort thermique</li> </ul>
	<b>Autres fonctionnalités :</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conception basée sur les conditions climatiques locales et études de l'ensoleillement</li> <li>- Evaluation de l'impact environnemental d'un bâtiment par l'Analyse de Cycle de Vie (ACV)</li> <li>- Utilisation d'un algorithme de ray-tracing optimisé pour calculer l'éclairage naturel en temps réel, même dans des structures complexes</li> <li>- Estimation en temps réel des besoins en chauffage et en climatisation durant la phase de conception préliminaire.</li> </ul>
	<b>Points forts :</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Une interface graphique 3D facile à utiliser et intuitive.</li> <li>- Prise en charge des principaux formats de fichiers CAD / CAO pour l'importation.</li> <li>- Capacité à réaliser des calculs réglementaires, de dimensionnement et de calcul SED.</li> <li>- Calcul rapide et détaillé de l'éclairage naturel et de l'éclairage artificiel, adapté aux géométries complexes.</li> <li>- Des calculs effectués avec une grande rapidité.</li> </ul>
	<b>Site internet :</b>	<a href="https://gratec.com/fr/products/archiwizard/">https://gratec.com/fr/products/archiwizard/</a>

## CHAPITRE 03 : Cas d'étude, méthodologie et étude empirique

### - Etapes de la simulation :

Après avoir choisi le logiciel adéquat pour l'objectif de notre recherche, une série d'étapes doit être suivie et elle se présente comme suit :

- a- Après la réalisation du modèle 3D de notre cas d'étude à l'aide du logiciel ArchiCAD 24, on démarre le logiciel ArchiWIZARD afin d'entamer la simulation, puis on importe le modèle en format SKP.



Figure 23 : Import du fichier SKP. Source : auteur.

- b- Choisir la localisation du projet et introduire le fichier climatique de la ville de Bejaia. Puis la configuration de la date et la fonction.

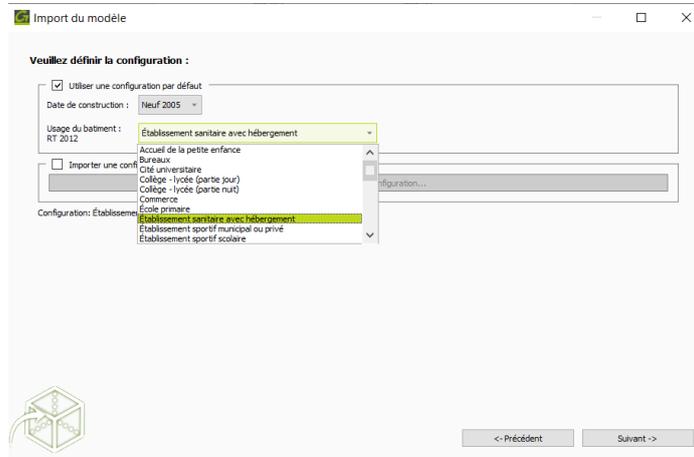


Figure 24 : Localisation et fichier climatique. Source : auteur.

- c- L'étape suivante consiste à vérifier les éléments composants de la construction et s'assurer que chacun correspond à la catégorie adéquate. Et ensuite définir l'échelle qui peut se faire manuellement grâce à un modèle de référence qui est le corps humain, ou bien définir l'échelle numériquement en l'insérant dans les données en bas de l'écran.

## CHAPITRE 03 : Cas d'étude, méthodologie et étude empirique

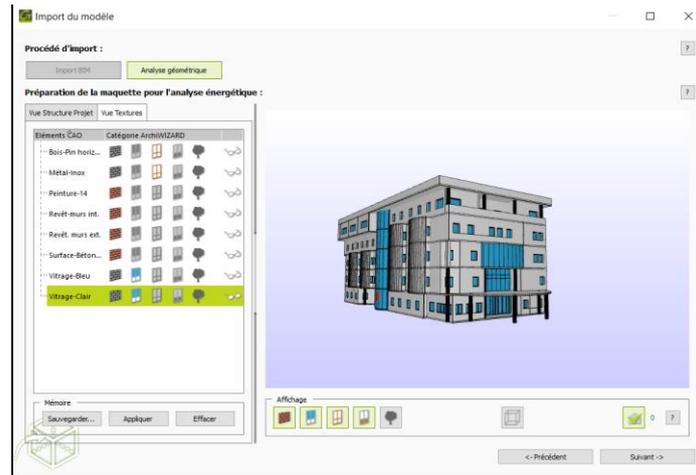


Figure 25 : Analyse géométrique. Source : auteur.

d- Vérification de la composition des parois et détermination des seuils de température.

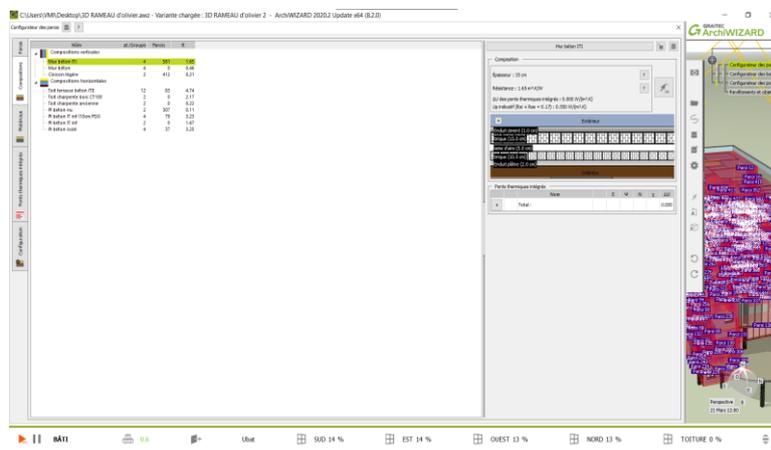


Figure 26 : Composition de la paroi. Source : Auteur.

e- Sélection des zones à analyser :

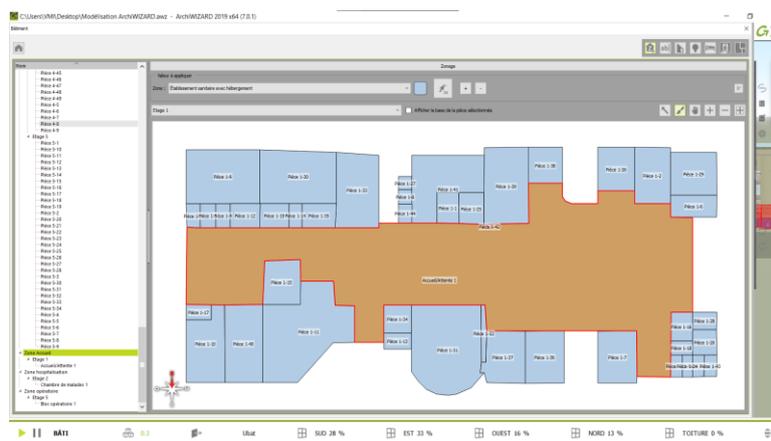


Figure 27 : Zone à étudier. Source : Auteur.

f- Lancement de la STD et téléchargement des résultats en format PDF.

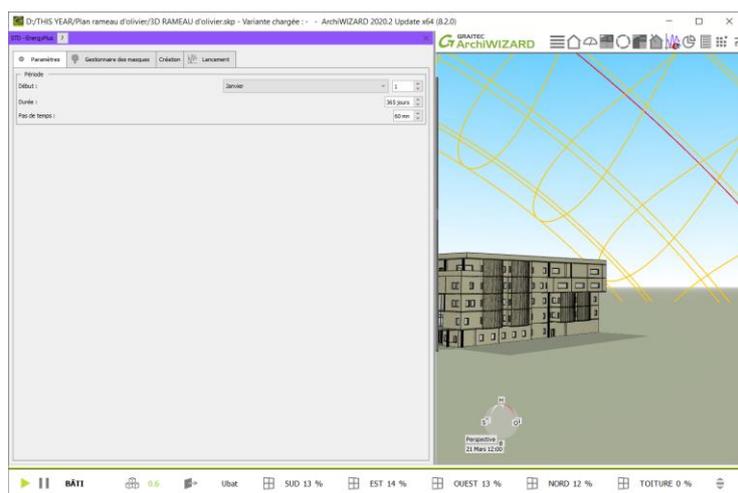


Figure 28 : lancement de la STD. Source : auteur.

### 2.1.3. L'outils UBAKUS

#### - Présentation de l'interface UBAKUS

« Ubakus » est un site web développé par le scientifique allemand Ralf PLAG. Il a pour but d'aider à planifier l'isolation d'un bâtiment quelconque.

Cet outil est très facile à utiliser, il suffit juste d'entrer toutes les couches composant une paroi d'une construction (un mur, toit, plancher), ainsi que les données en relation avec l'environnement extérieur et intérieur, notamment les températures et humidités relatives.

Le choix des couches des parois peut se faire en deux façons, soit en choisissant dans la bibliothèque de « Ubakus » ou bien en créant un autre produit, et dans ce cas il faudra insérer toutes les caractéristiques thermiques du matériau.

Après avoir ajouté toutes les couches, le site permet de recevoir toutes les informations en relations avec l'isolation thermique : la perte de chaleur attendue ; les éventuels problèmes d'humidité.

## CHAPITRE 03 : Cas d'étude, méthodologie et étude empirique

### - Composition de la paroi

Les couches constituant le mur extérieur sont disposées de l'intérieur vers l'extérieur de la structure comme suit :

- 1- Enduit de plâtre : 2 cm
- 2- Brique creuse : 10 cm
- 3- lame d'air : 5 cm
- 4- Brique creuse : 15 cm
- 5- Enduit de ciment : 2 cm

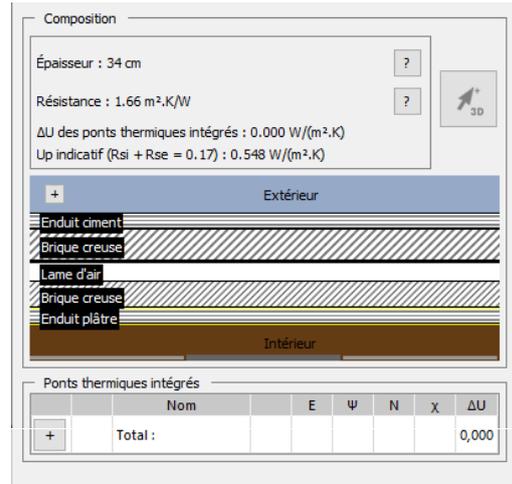


Tableau 9: Caractéristiques thermique des matériaux de construction des murs de référence. Source : DTR, 1997.

Couche de la paroi	Conductivité thermique $\lambda$ (W/(m.K))	Masse volumique $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Capacité thermique c (J/(kg.K))
Enduit de plâtre	0.35	1150	936
Brique creuse	0.48	900	936
Lame d'air	0.047	1	1000
Enduit ciment	1.4	2200	1800

### - Procédure

Interface et connexion :

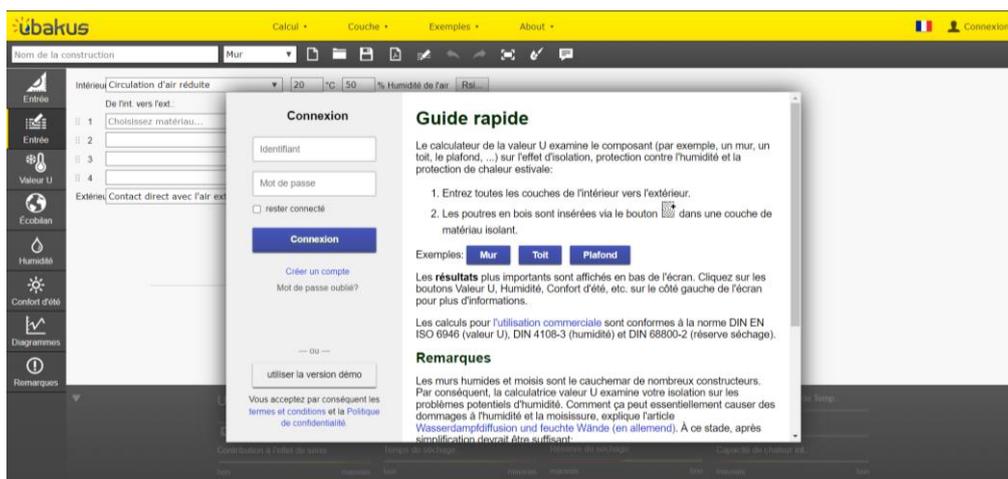


Figure 30 : Interface UBAKUS. Source : auteur.

Insertion des couches des parois de l'intérieur vers l'extérieur en précisant l'épaisseur de la couche, puis téléchargement des résultats en format PDF.

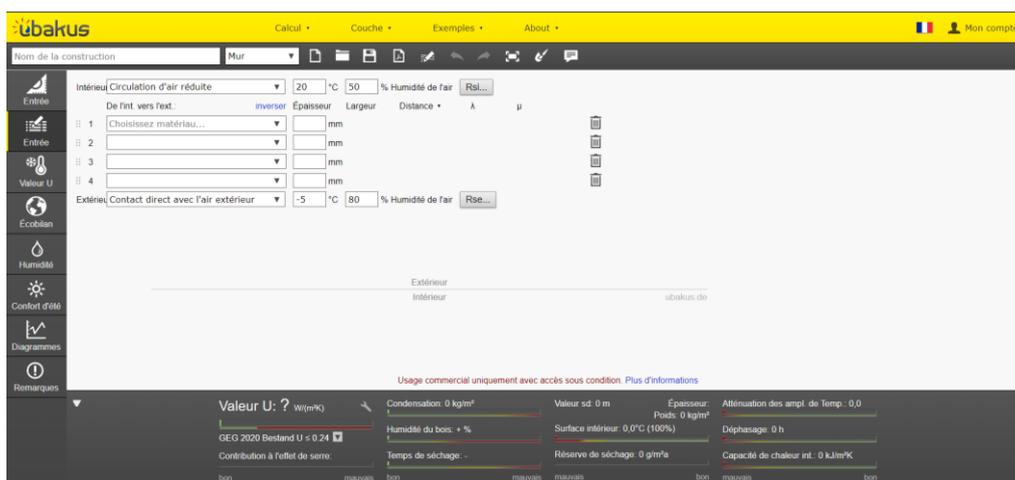


Figure 31 : Insertion des couches de la paroi.

## 2.2. Etude empirique

L'étude empirique consiste en une enquête sociologique est une méthode de recherche qui vise à recueillir des données auprès d'un échantillon de personnes. Ces enquêtes impliquent de faire appel à des questionnaires, entretiens, observations, dont le but est de comprendre des phénomènes, des attitudes, des comportements en relation à une multitude de sujet.

Les résultats obtenus permettent de faire une analyse et donc tirer des conclusions et de généraliser sur une société dans son ensemble. (Jean-Christophe Vilatte, 2007)

### 2.2.1. L'observation

#### Définition

Les paroles sont le moyen par lequel les êtres humains peuvent communiquer avec autrui et s'intégrer socialement en exprimant leur perception, leurs sentiments et tout ce qui provient de leur esprit.

Bien que la parole puisse exprimer beaucoup de choses, il y a des pensées qui ne peuvent être transmises avec des mots. En général, les mots sont accompagnés de gestes qui reflètent des actions, des réactions, des comportements explicites ou implicites.

La capacité d'observation permet de saisir les impressions et les sensations des individus sans nécessiter une communication verbale

Il existe deux approches pour collecter des données lors d'enquêtes in situ et d'observations. La première consiste à annoncer l'identité du chercheur et son intention aux usagers de l'espace étudié, mais cela peut provoquer des modifications artificielles de leur comportement et de leurs réactions.

La deuxième approche, au contraire, implique une observation participante clandestine, où le chercheur est sur le terrain sans que personne ne soit au courant de son intention. Cette méthode réduit considérablement le risque de comportements artificiels. (Yasmina BESBAS, 2019)

### **Procédure**

Afin de compléter le travail sur la syntaxe spatiale et étudier le comportement de l'utilisateur au sein de l'espace conceptuelle, nous avons eu recours à la méthode de l'observation sur terrain.

L'objectif consiste à s'introduire au sein de l'établissement d'une manière anonyme et suivre les parcours des individus, afin de déduire les espaces les plus fréquentés et l'enchaînement des déplacements. Les déplacements de chaque personne ont été transcrits au fur et à mesure sur papier représentant le plan de Rez-de-chaussée.

Ce travail a été fait sur un échantillon de trente (30) personnes, suivant un parcours débutant de l'entrée principale de la clinique jusqu'au dernier déplacement de l'individu dans le Rez-de-chaussée.

### **2.2.2. Le questionnaire**

#### **Définition**

Le questionnaire est une approche qualitative de collecte de données dont l'objectif est de comprendre et interpréter une situation qui s'applique à un ensemble d'individus choisis au préalable (échantillon). Il permet d'obtenir, suite aux informations collectées, des inductions statistiques.

Le questionnaire forme en addition avec l'entretien et l'observation, les trois grandes méthodes d'étude de faits psychosociologiques. Ainsi, contrairement à l'entretien et l'observation qui sont des approches individuelles et collectives, le questionnaire lui est uniquement collective.

Sa validité dépend du nombre d'éléments de l'ensemble qui permet de juger les résultats obtenus comme étant dignes de confiance. A l'inverse, le critère de pertinence des deux autres méthodes est la qualité. (Jean-Christophe Vilatte, 2007)

#### **Procédure**

Le confort thermique tel que définie dans les chapitres précédents, est une notion subjective qui ne dépend pas seulement de la température mais également de la perception personnelle de chaque individu. Notre questionnaire adressé aux usagers de la clinique vise à évaluer le confort des ces derniers dans l'espace accueil et attentes, et étudier les différentes sensations et ressentis du public ciblé vis-à-vis de l'environnement thermique.

De plus, une partie du questionnaire sera dédié à la configuration spatiale, et principalement la perception des usagers vis-à-vis de l'espace intérieur

L'enjeu étant de compléter la simulation numérique issue de l'étude précédente, le questionnaire élaboré, est composé d'une série de questions (fermées, semi-ouvertes, ouvertes) en trois pages et concernent trois volées différents :

- Des informations générales : relative à l'interviewé (sexe, âge ...etc.).

## **CHAPITRE 03 : Cas d'étude, méthodologie et étude empirique**

---

- Des informations liées au confort thermique.
- Des informations liées à la configuration spatiale.

Le questionnaire sous format papier a été distribuer sur place, au sein de l'établissement sanitaire à un échantillon de 30 personnes, entre patients, visiteurs et employés, présents dans l'espace accueil et attentes du Rez-de-chaussée. (Le questionnaire en annexe)

### **Conclusion**

Ce chapitre a permis de présenter en détail le cadre de recherche de notre travail. Nous avons expliqué le choix de notre cas d'étude ainsi que les outils méthodologiques que nous avons utilisés, tels que les différents logiciels de simulation et l'enquête sociologique.

La simulation thermique et de la syntaxe spatiale permettent d'identifier les zones à problèmes et de proposer des solutions techniques. Tandis que l'observation in-situ et le questionnaire permettent d'identifier les pratiques les plus fréquentent et de proposer des solutions comportementales. Ainsi en combinant ces différentes approches quantitatives et qualitatives, il est possible d'avoir une vision globale de la performance énergétique du cas d'étude et de sa conception spatiale, et ainsi, proposer des solutions concrètes pour l'améliorer.

**CHAPITRE 04 :**  
**Résultats et interprétations.**

### CHAPITRE 04 : Résultats et interprétations.

#### Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter les résultats de différentes analyses menées pour comprendre la relation entre la syntaxe spatiale et le confort thermique des usagers de l'espace étudié.

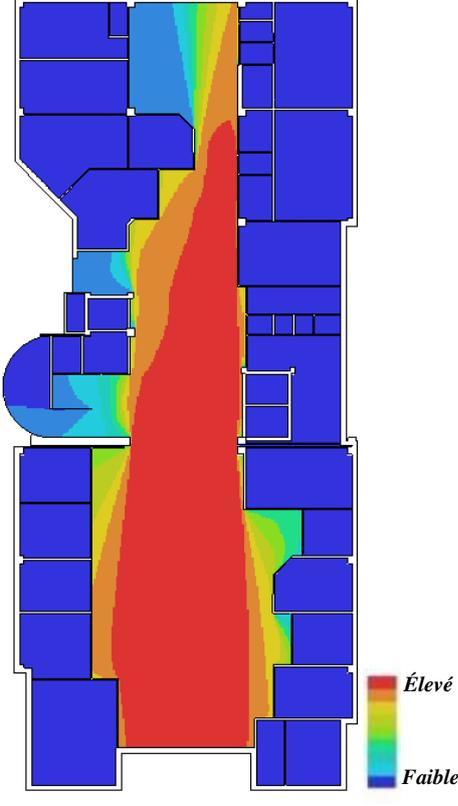
Tout d'abord, nous examinerons les résultats de la simulation de la syntaxe spatiale réalisé à l'aide de DepthmapX et de l'observation in-situ, pour identifier les zones les plus fréquentées par les usagers de l'espace. Ensuite, nous analyserons les résultats de la simulation thermique effectuée à l'aide des logiciels Archiwizard et l'outils Ubakus pour étudier le confort thermique et les variations de températures dans les zones sélectionnées.

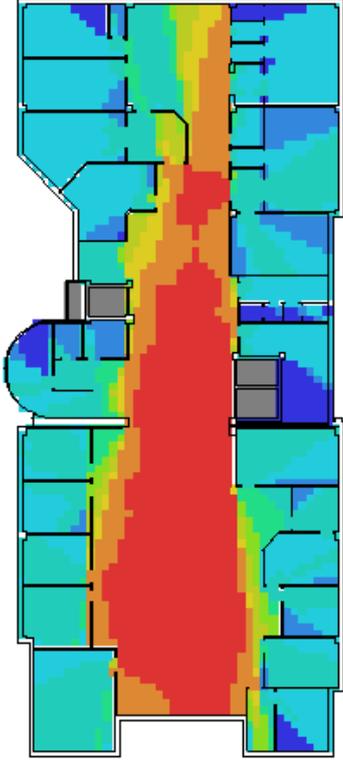
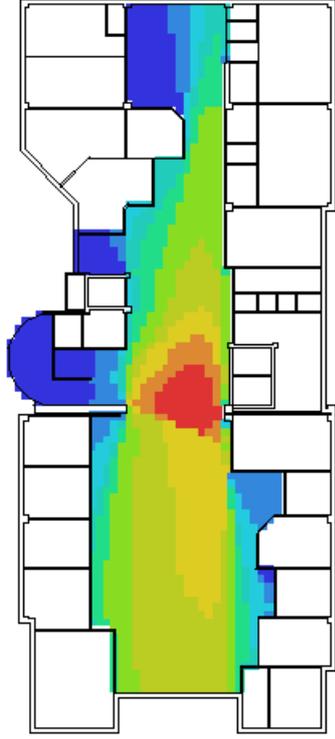
Nous présenterons également les résultats du questionnaire administré aux usagers de l'espace étudié pour évaluer leur niveau de confort thermique et recueillir leurs commentaires sur l'environnement global de l'établissement sanitaire. Enfin, nous établirons une correspondance entre les résultats de la simulation thermique et ceux de la syntaxe spatiale.

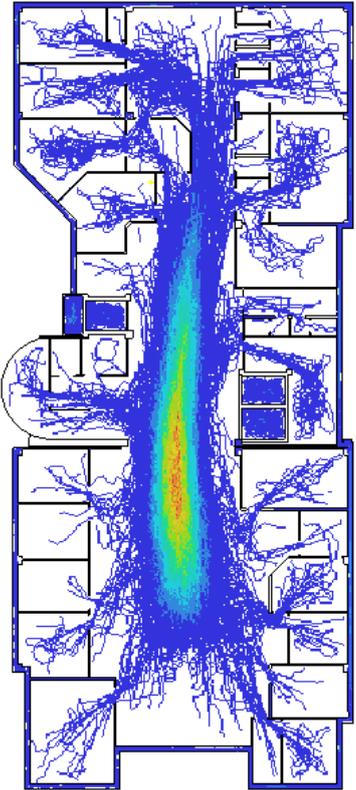
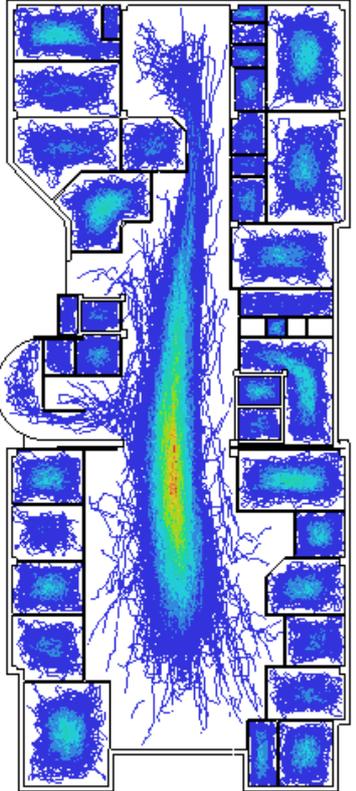
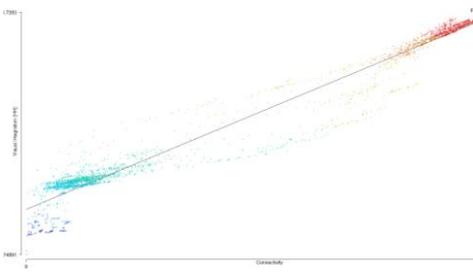
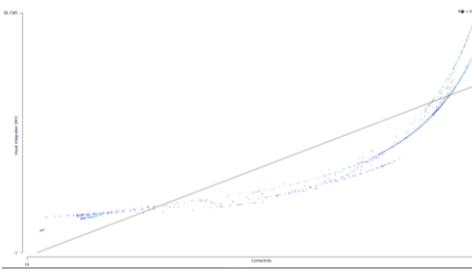
#### 1. Résultats et interprétation des résultats du logiciel DepthmapX

Dans cette section, nous allons présenter les résultats de simulations effectuées sur le Rez-de-chaussée de notre cas d'étude, dans le but de déterminer l'impact de deux scénarios différents : celui où les portes sont ouvertes et celui où les portes sont fermées. Ces simulations sont basées sur des mesures syntaxiques fondamentales qui nous permettent d'évaluer la qualité de l'espace, à savoir : la connectivité visuelle, l'intégration visuelle, l'agent tool et l'intelligibilité.

Il est important de noter que les résultats sont présentés sous forme de graphiques, où les différentes couleurs représentent les différents niveaux atteints dans un point donné, selon une échelle préétablie. Ces graphiques nous permettent de visualiser rapidement les résultats et de les interpréter facilement.

Mesures syntaxiques	Portes ouvertes	Portes fermées
<p>A) Connectivité visuelle :</p>		
<p>A première vue, il semble que la connectivité visuelle est relativement élevée dans la plupart des zones, avec une concentration de zones rouges dans certaines parties du plan. Cela indique qu'une forte inter-connectivité et une facilité de circulation entre les différents éléments du plan dans ces zones. En revanche, on voit également quelques zones en bleu, ce qui indique des zones moins accessibles ou difficile à atteindre.</p> <p>Cependant, il est important de noter que dans le cas de portes ouvertes, les valeurs les plus importantes en terme de connectivité se situent principalement au centre et la partie sud du plan, celui-ci est l'espace allant de l'entrée vers l'accueil et l'espace d'attente (<b>max=1645 ; min=11</b>). Concernant les pièces avec dominances de bleu, celles-ci désignent les salles de consultations, les WC, les salle d'imagerie et laboratoire, ces espaces sont pratiquement toujours fermés, c'est pourquoi les résultats avec portes fermées reste relativement avec des valeurs similaires avec le cas de portes ouvertes dans l'espace accueil et attente (<b>max=1464 ; min=3</b>). Ces résultats sont donc parfaitement cohérents et favorable puisqu'ils suivent la fonction et la nature de l'espace.</p>		

<p><b>B) Intégration visuelle :</b></p>	 <p style="text-align: right;">Élevé Faible</p>	 <p style="text-align: right;">Élevé Faible</p>
<p>On remarque des taux assez élevés pour l'intégration visuelle. Cette mesure indique à quel point un endroit est visible depuis tous les autres composant du plan.</p> <p>Avec portes ouvertes, la partie la plus intégrée se trouve au centre de la composition spatiale, soit l'espace d'accueil et d'attentes, où le flux est très important, ce qui signifie que si l'on s'y trouve, on peut dominer visuellement toutes les parties composant le rez-de-chaussée (<b>max=14.728 ; min=2.748</b>).</p> <p>Cependant, dans le cas de portes fermées, on note des valeurs d'intégration moins élevées. La partie notant une forte intégration est au centre géométrique du plan, la surface est considérablement réduite comparé au premier cas (<b>max=58.738 ; min=4.363</b>), celle-ci représente un espace de circulation, et est situé face au escalier. Il est possible de voir depuis la totalité des autres points.</p>		

<p><b>C) Agent tool :</b></p>		
<p><b>D) Intelligibilité</b></p>		
<p>Les résultats de la simulation montrent de fortes valeurs dans l'espace central du plan. Ce qui suggère que cet endroit est très fréquenté par les visiteurs.</p> <p>Les résultats présentent des graphes cohérents d'intelligibilité avec des valeurs importantes de coefficients de régression <math>R^2</math>, qui atteint <b>0.964</b> dans le cas de porte ouverte, quant au cas de portes fermées <math>R^2= 0.813</math>.</p> <p>Le coefficient de corrélation <math>R^2</math> permet de mesurer l'intelligibilité d'un système. Si le <math>R^2 &gt; 0.5</math>, le système est intelligible car chaque espace est connecté localement et intégré globalement. En revanche, si le <math>R^2 &lt; 0.5</math>, le</p>		

Le système est intelligible car il est difficile de comprendre l'échelle globale à partir de l'échelle locale.

Dans les deux scénarios les  $R^2 \approx 1$ , on peut déduire que la majorité des espaces les plus connectés sont les plus intégrés, alors le système est intelligible.

### 2. Résultats et interprétations de l'observation

Afin de déterminer si le parcours au sein du Rez de chaussée offre une bonne orientation spatiale et identifié les espaces les plus fréquentés par l'usagers, nous avons examiné les déplacements des personnes depuis l'entrée principale de l'établissement.

Nous avons résumé les parcours des visiteurs sur plan et nous avons représenté leurs positions suivant 5 étapes majeurs (T1, T2, T3, T4, T5). (voir figure)

On considère qu'en **T1**, la totalité de l'échantillon de personnes franchissent la porte d'entrée principale de l'établissement. Puis on **T2**, 57% de l'échantillon se dirigent directement vers l'accueil, les 43 % restant restent soit dans les bancs d'attentes ou bien accèdent au niveau supérieur.

Nous avons constaté que en **T3** la majorité, soit 37 % des visiteurs rejoignent une place dans les bancs d'attentes. Une grande partie d'entre eux se dirigent vers le niveau supérieur ou bien l'espace caisse.

En **T4**, 33 % des visiteurs quitte le lieu, et l'espace d'accueil se libère, et les personnes assises sur les bancs diminuent afin d'entrer aux salles de consultation.

Enfin en **T5**, 33 % occupe l'espace d'attentes, notamment, les banc situés près de l'entrée, 37% quitte les lieux, 13 % sont au niveau supérieur, le reste se divise de manière égalitaire entre salle de consultation, laboratoire, caisse et imagerie médicale.



Figure 32 : Photos de l'observation in-situ. Source : Auteur, 2023.



Figure 33: Schéma de déplacement des personnes observées in situ. Auteur.

Le travail a été représenté sous forme d'histogrammes résumant l'emplacement des visiteurs :

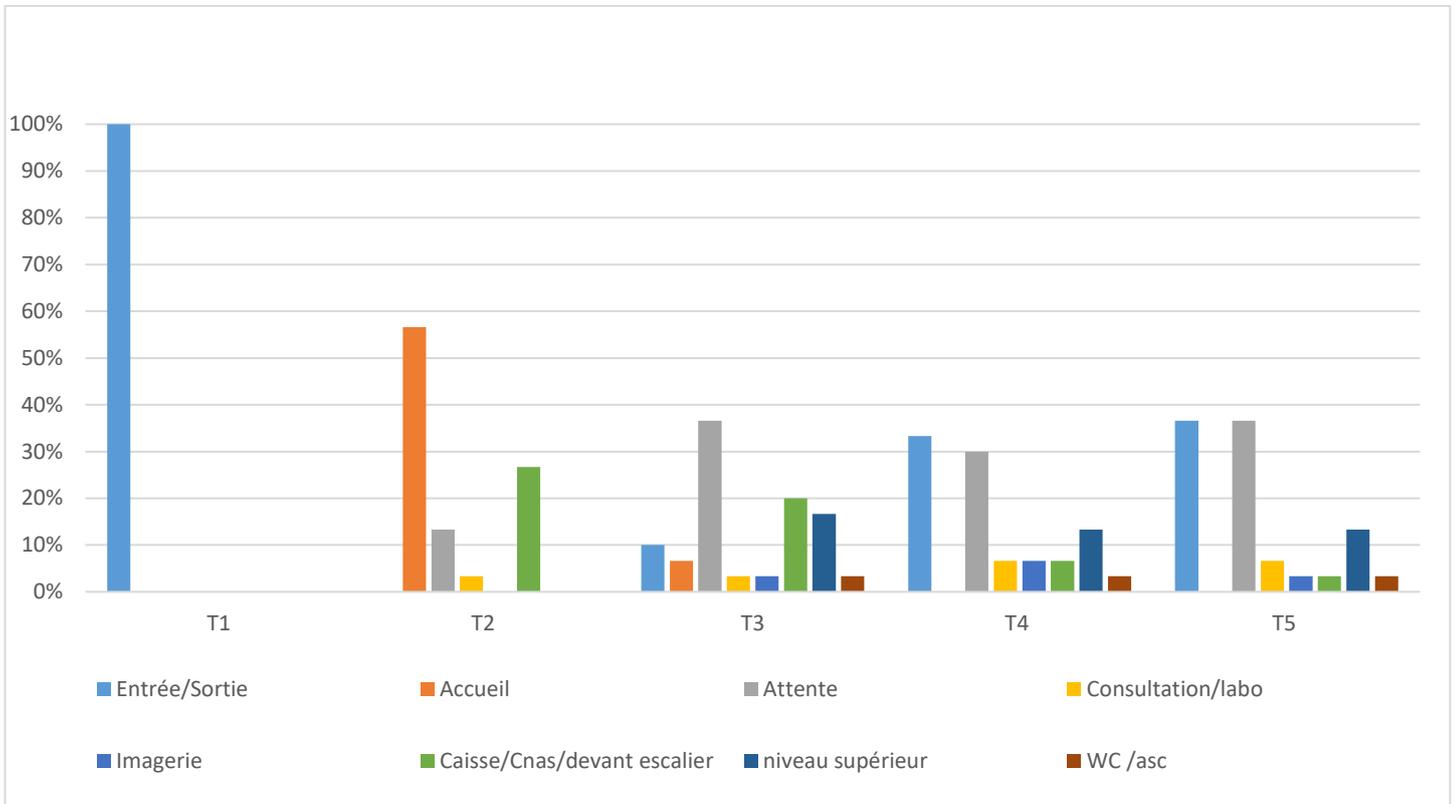


Figure 34: histogrammes résumant l'emplacement des visiteurs à un instant T. Auteur

### 3. Résultats et interprétations de UBAKUS

Cette partie étudie la composition de la paroi et sa capacité à l'isolation thermique

Après avoir insérer les couches de la paroi extérieur avec les épaisseurs comme suit :

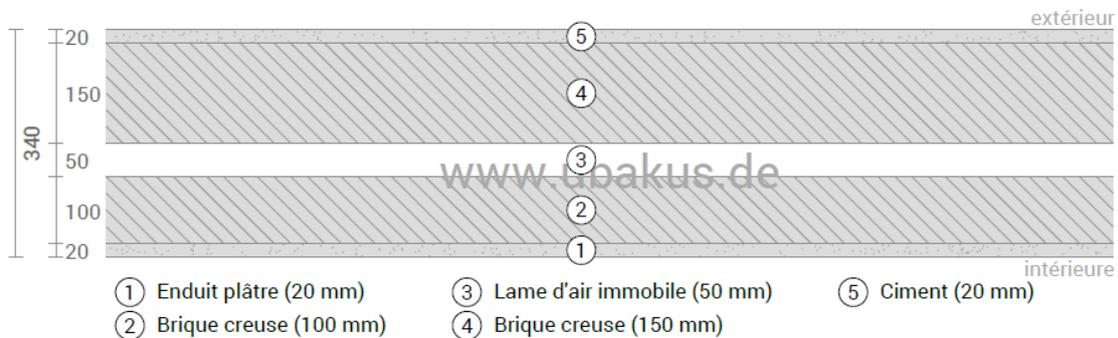


Figure 35 : Composition de la paroi réalisé avec Ubakus.

Et sous les conditions suivantes :

- Conditions extérieures : température = 38°C ; humidité = 90%.
- Conditions intérieures : température = 23°C ; humidité = 50%.

Ps : Nous avons pris les conditions extrêmes de chaleur suivant les données météorologiques de la ville de Bejaia et des conditions intérieures de confort thermique.

### 3.1. Isolation thermique

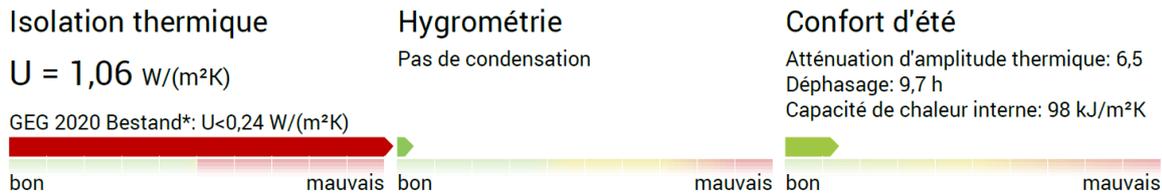


Figure 36 : Résultats de l'isolation thermique de la paroi.

- La valeur U, également appelée coefficient de transmission thermique, est un indicateur de l'efficacité thermique d'une paroi. Elle mesure la quantité de chaleur qui passe à travers la paroi par unité de temps et de surface.
- Plus U est faible, plus elle est efficace sur le plan thermique, c'est-à-dire qu'elle procure une bonne isolation thermique. A l'inverse, une valeur U élevée indique une mauvaise isolation thermique.
- En Algérie, la réglementation thermique RTAA DOM 2013 (Réglementation Technique des Activités de l'Acte de Bâtir pour les DOM) impose des valeurs maximales de U pour les parois des bâtiments. Ces valeurs dépendent de la zone climatique où se situe le bâtiment et du type de paroi.

Pour les murs voici les valeurs maximales de U selon les zones :

- Zone climatique 1 :  $T_{\min} \leq 2^\circ\text{C}$  ;  $U \leq 0.50 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ .
- Zone climatique 2 :  $2^\circ\text{C} < T_{\min} < 5^\circ\text{C}$  ;  $U \leq 0.40 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ .
- Zone climatique 3 :  $5^\circ\text{C} < T_{\min} < 10^\circ\text{C}$  ;  $U \leq 0.35 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ .
- Zone climatique 4 :  $10^\circ\text{C} < T_{\min} < 12^\circ\text{C}$  ;  $U \leq 0.30 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ .
- Notre cas d'étude est situé à Bejaia, donc selon la RTAA elle fait partie de la zone 2. On note une valeur de  $U=1.06 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ , donc  $U \gg 0.40 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ .

L'isolation thermique du mur est très insuffisante.

### 3.2. Températures de parois et l'hydrothermie

Le graphique ci-dessous illustre les variations de température de la paroi et de la température de saturation, en fonction de la composition de la paroi :

Il aide à déterminer si la paroi a un risque de condensation, en comparant la température de la paroi (courbe noire) et la température de saturation (courbe bleue).

Dans le cas où les deux courbes se croisent en un point, appelé point de rosée, cela signifie que la condensation pourrait se former dans la paroi, c'est-à-dire que la vapeur d'eau se transforme en liquide, ce qui affecte l'état de la paroi et entraîne sa détérioration.

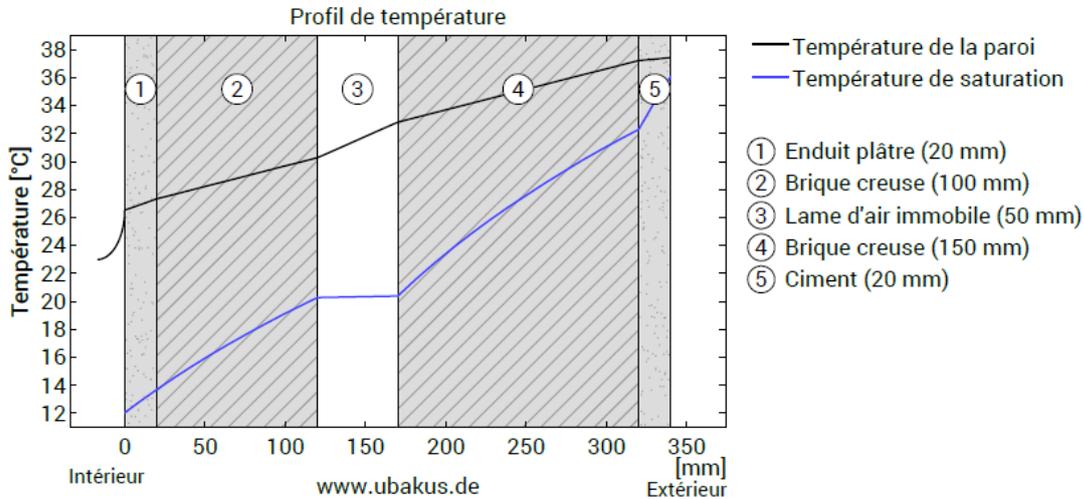


Figure 37 : Profil de température.

La température de saturation est la température à laquelle l'air ambiant est saturé en humidité, c.-à-d. qu'il ne peut plus absorber d'humidité et que la condensation commence à se former sur les surfaces froides de la paroi.

On observe que la température de saturation diminue progressivement en traversant les différentes couches de la paroi, à l'exception de la lame d'air où elle reste relativement stable avec 21°C. cela indique que la lame d'air a un effet isolant efficace en limitant les transferts de chaleur et en réduisant les risques de condensation. La  $T_{sat}$  atteint son plus bas lorsqu'elle atteint la surface intérieure de la paroi avec 12°C, ce qui signifie que cette partie est la plus sujette à la condensation.

Sur le schéma, on remarque que la  $T_p$  sur la surface extérieure est de 38°C, soit la température extérieure, puis elle diminue lentement à travers les couches 5 et 4. Dans la couche 3, qui représente la lame d'air la température diminue drastiquement pour atteindre 30°C. Elle continue à diminuer ensuite dans les deux dernière couches, 2 et 1. La  $T$  enregistrée à la surface intérieure est de 27°C.

- La présence de la lame d'air semble être bénéfique puisqu'elle ralentit le transfert de chaleur entre l'extérieur et l'intérieur de la paroi. En effet, la lame d'air est généralement conçue pour avoir une faible conductivité thermique, ce qui signifie qu'elle limite de transfert de chaleur.
- Si  $T_p \leq T_{sat}$  ; alors la condensation se formera sur la surface de la paroi. La température de surface de la paroi reste toujours au-dessus de la température de saturation. Ainsi dans notre cas, il n'y a pas d'intersection entre les deux courbes. Cela signifie qu'il n'y a pas de risque de condensation sur la paroi.

Comme nous avons pris les conditions défavorables de la saison estivale et donc une température extérieure élevée à 38°C, la température de la paroi intérieure doit être inférieure à la température de la température ambiante pour assurer un confort thermique.

En général, la température de la paroi doit être inférieure à la température ambiante de 3°C. ( $T_{\text{de la paroi}} = T_{\text{ambiante}} - 3^{\circ}\text{C}$ ). Cela permet de réduire la sensation de chaleur et d'humidité en limitant les échanges de chaleur entre la paroi et l'intérieure de la pièce. Une paroi froide peut également absorber une partie de l'humidité de l'air ambiant, ce qui contribue à améliorer le confort thermique.

Pour notre cas, la température ambiante est de 23°C, et  $T_p$  est égale à 26°C. cette température est très élevée en comparaison avec celle ambiante, ce qui peut être source d'inconfort thermique. Il est recommandé de maintenir une  $T_p$  de 20 à 21 °C pour assurer un confort optimal. Pour améliorer la performance thermique de la paroi il serait recommandé d'ajouter un isolant supplémentaire.

### 3.3. Confort d'été

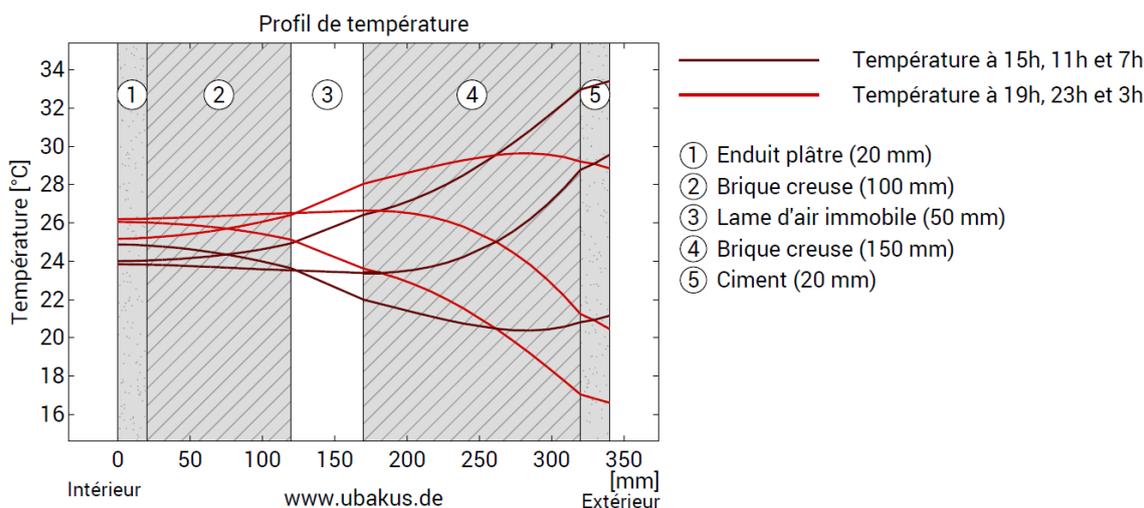


Figure 38 : changement de température à travers la paroi selon l'heure.

D'après le graphique, on peut voir que les températures de 15h, 11h, 19h, augmentent au fur et à mesure qu'elle pénètre les couches extérieures de la paroi, puis elles se stabilisent à partir de la couche 2. Tandis que pour celles de 7h, 23h 3h, elles diminuent progressivement et se stabilisent également à partir de la lame d'air.

Les courbes de 23h et 3h atteignent la surface intérieure de la paroi avec une température de 26°C, pour la courbe de 19h et celle de 7h, on note 25°C sur la surface intérieure, et celle de 15 et 11 h, atteignent 24°C.

Le graphe suivant présente l'évolution de la température des surfaces intérieure et extérieure au cours de la journée :

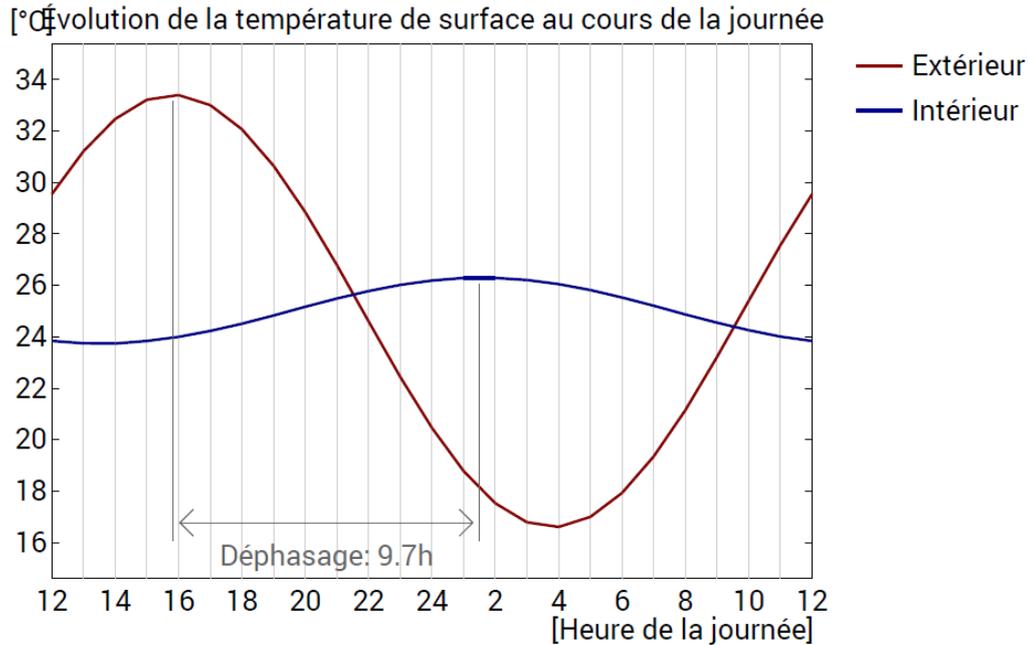


Figure 39 : température de surface selon l'heure de la journée.

Le déphasage de température représente le temps nécessaire pour que la chaleur extérieure pénètre la paroi et change la température intérieure.

Dans notre cas, un déphasage de 9.7 heures signifie que la température de l'extérieur influe sur celle intérieure après un temps de 9.7h. En d'autres termes, quand la température extérieure atteint son maximum, soit 33°C à 16h, la température intérieure de la paroi atteindra son maximum après 9.7 h c.-à-d., à 2h, elle est enregistrée à 26°C.

Ce temps de déphasage peut être bénéfique, surtout en été, puisqu'il permet de rediffuser la chaleur lorsque la température est faible.

Capacité de stockage thermique (composition complète): 280 kJ/m<sup>2</sup>K

#### 4. Résultats et interprétation des résultats du logiciel ArchiWIZARD

Le diagramme suivant illustre les relevés météorologiques de la ville de Bejaia, en d'autres termes, les températures extérieures annuelles.

## CHAPITRE 04 : Résultats et interprétations.

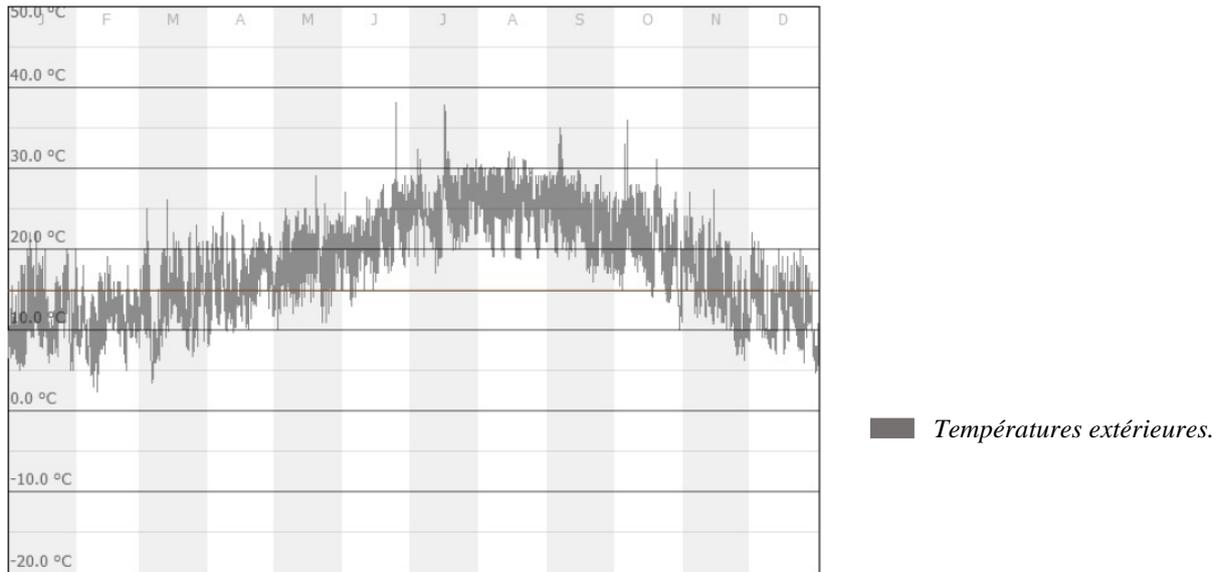


Figure 40 : Températures de la ville de Béjaia durant l'année.

Bejaia se caractérise par un climat méditerranéen avec des hivers doux et des étés chauds et secs. Les relevés météorologiques montrent que la température moyenne annuelle est d'environ 21 degrés Celsius avec des variations saisonnières considérables.

Les températures extérieures varient de 5°C en périodes hivernales (décembre, janvier, février) à un maximum de 38°C en été ( juin, juillet).

Dans ce qui suit nous allons présenter les résultats propres à chaque zone analysée :

### 4.1. Zone hospitalisation :

- Températures intérieures :

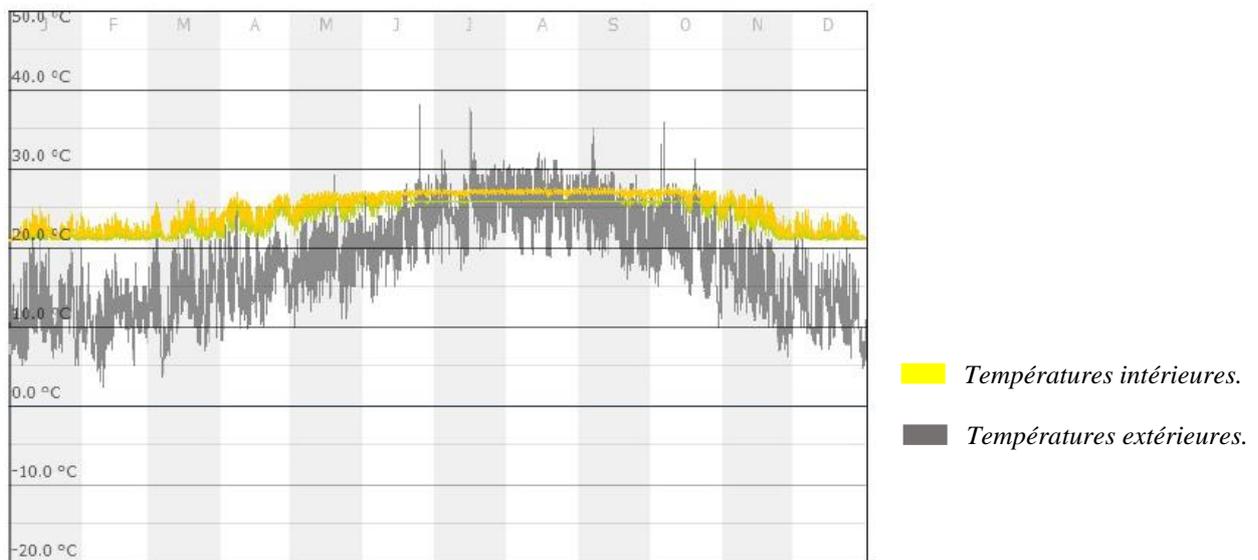


Figure 41 : Comparaison entre les températures intérieures et extérieures annuelles de la zone hospitalisation.

Selon le graphe, les températures extérieures et intérieures sont relativement stables et uniformes, bien qu'il y ait une légère différence entre les deux. Les températures intérieures de la zone sélectionnée, atteignent 21°C en hiver et 28°C en été.

Les résultats obtenus indiquent que les températures ambiante à l'intérieur de l'espace sont de manière générale proche de la plage de confort thermique soit entre 21° et 26°C. Cependant, on note une légère élévation des température en été avec 28°C tout au long de la période allant de juin jusqu'au début septembre.

Les résultats suivant montrent les valeurs de températures minimales et maximales atteintes durant une année :

Confort :		
Température opérative minimale :	21 °C	: 1 Janvier à 4h
Température opérative minimale en occupation :	21 °C	: 1 Janvier à 4h
Température opérative maximale :	28 °C	: 12 Octobre à 14h
Température opérative maximale en occupation :	28 °C	: 12 Octobre à 14h
Nombre d'heures > 23°C :	6115	
Taux d'inconfort :	70 %	

En considérant en moyenne 23°C la température de confort idéale relative au espace d'hospitalisation, on obtient un taux d'inconfort s'élevant à 70% durant toute l'année.

- Besoin de chauffage et climatisation :

Les résultats précédents de températures et suite aux ambiances inconfortables enregistrés en hiver mais surtout en été, cela nous amènent aux graphe ci-dessous qui déterminent les besoins annuels de chauffage et climatisation :

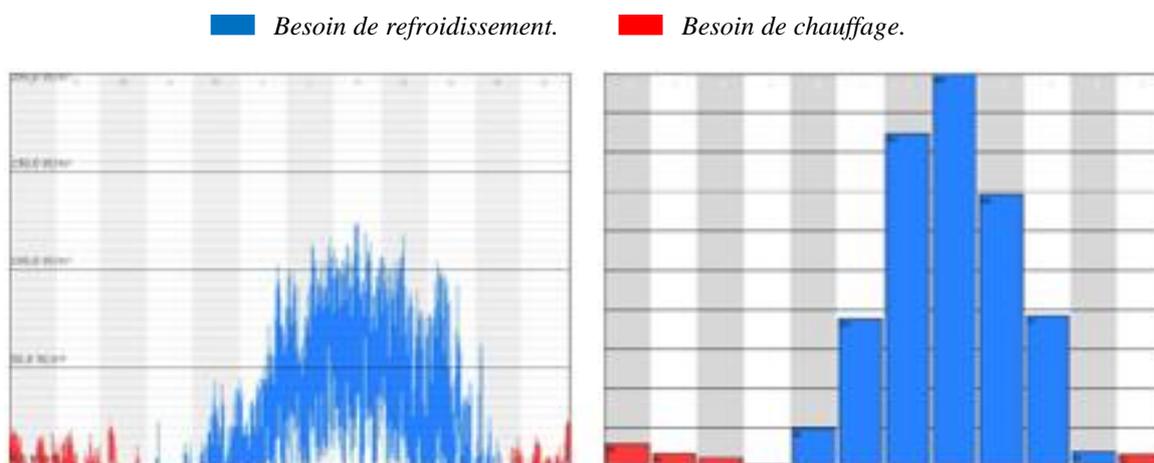


Figure 42 : Besoins de chauffages et refroidissement de la zone hospitalisation.

Les besoins de chauffage s'étendent de décembre jusqu'à mars, tandis que pour la climatisation, elle, est nécessaire du mois d'avril jusqu'à novembre.

## CHAPITRE 04 : Résultats et interprétations.

Selon le graphe, on remarque une utilisation excessive de refroidissement qui atteint les 124 W/m<sup>2</sup> en aout , en comparaison avec le chauffage où les besoins sont réduits, on note un besoin maximum de 24 W/m<sup>2</sup> en fin de décembre.

Cela revient d'une part aux températures extérieures celle-ci sont considérablement élevée en été. D'autre part, ce besoin excessif de climatisation revient à l'isolation thermique de la paroi du bâtiment celle-ci n'est pas convenable et nécessite de refroidir le bâtiment d'avantage afin de maintenir une température de confort.

Les valeurs ci-dessous résument le besoins total de chauffage et refroidissement ainsi que les valeurs maximum de ces dernières.

Besoins énergétiques :		
Besoin total de chauffage :	159 kWh	: 7 kWh/m <sup>2</sup>
Pic de besoin de chauffage :	540 W	: 24 W/m <sup>2</sup>
Besoin total de refroidissement :	3315 kWh	: 150 kWh/m <sup>2</sup>
Pic de besoin de refroidissement :	2734 W	: 124 W/m <sup>2</sup>

### 4.2. Zone opératoire :

#### - Température intérieure :

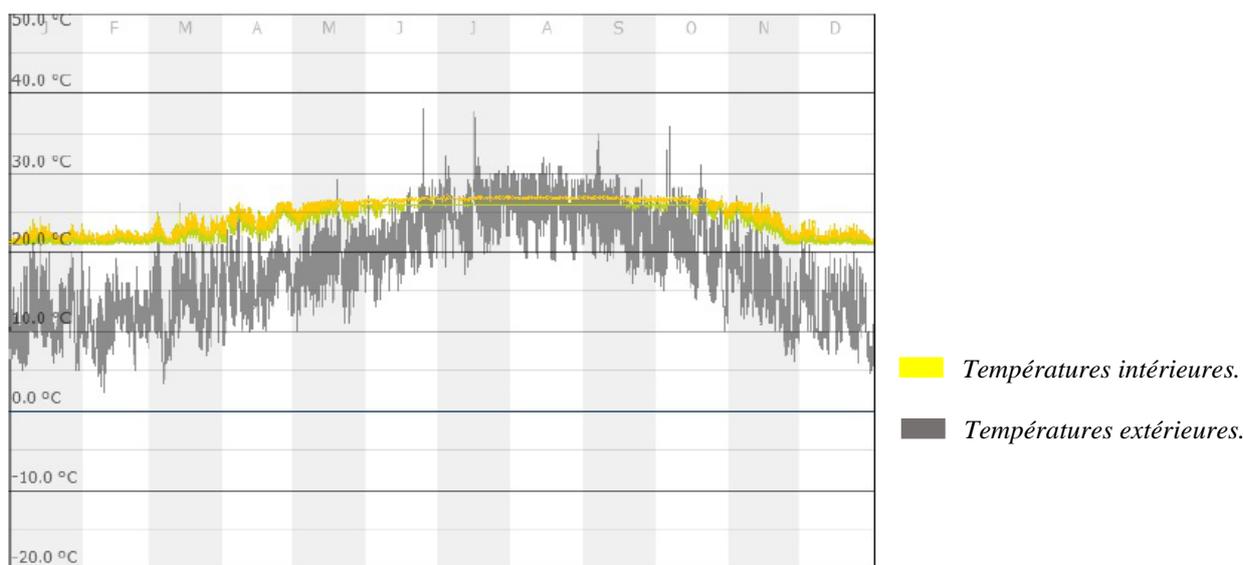


Figure 43 : Comparaison entre les températures intérieures et extérieures annuelles de la zone opératoire.

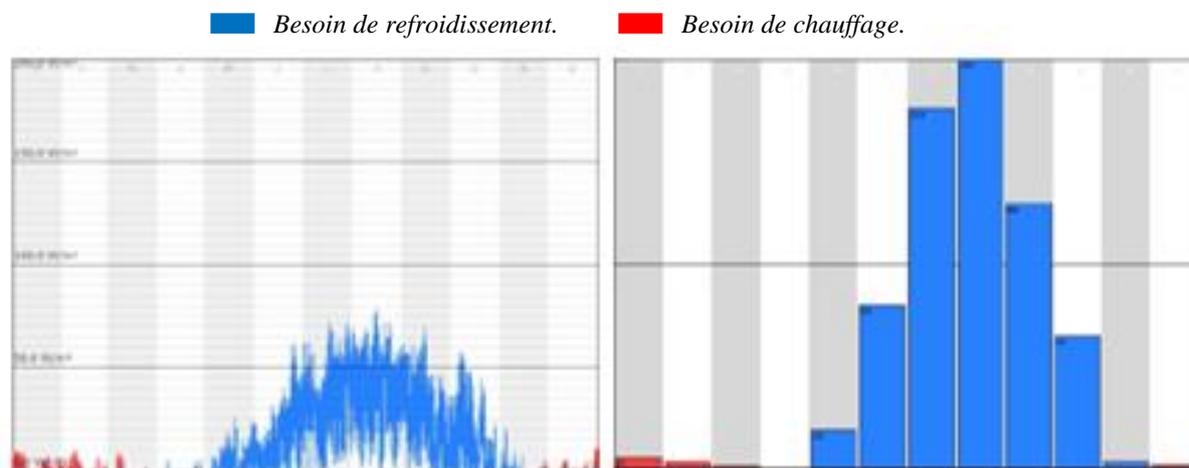
D'après le graphique, les résultats obtenus pour cette pièce sont pratiquement similaires aux précédents (zone hospitalisation), c'est-à-dire des températures qui varient entre 21 et 27°C.

Cette pièce orienté sud-ouest, est composé de murs de brique de 15cm et un mur extérieur. Pourtant cette composition reste insuffisante afin d'apporter une isolation thermique adéquate.

De ce fait, le taux d'inconfort est de 82% légèrement plus élevé que le précédent cela revient au fait que l'espace opératoire nécessite une température très basse en comparaison avec d'autres zones

Confort :		
Température opérative minimale :	21 °C	: 2 Janvier à 4h
Température opérative minimale en occupation :	21 °C	: 2 Janvier à 4h
Température opérative maximale :	27 °C	: 2 Septembre à 15h
Température opérative maximale en occupation :	27 °C	: 2 Septembre à 15h
Nombre d'heures > 22°C :	7186	
Taux d'inconfort :	82 %	

- Besoin de chauffage et climatisation :



*Figure 44 : Besoins de chauffages et refroidissement de la zone opératoire.*

On observe également dans cette zone, des besoins de refroidissement considérablement plus élevé que le chauffage. Cependant, dans ce cas le besoin de chauffage varie sur le long de la période hivernale, soit de fin novembre vers mars, et elle est situé entre 0 et 11 W/m<sup>2</sup>, en notant décembre le mois où le besoin est maximum. Le besoin de climatisation lui, varie entre 0 et 79 W/m<sup>2</sup>, de avril jusqu'à mi-novembre, en prenant en compte un pic de besoin en Aout.

Les valeurs ci-dessous résument le besoins total de chauffage et refroidissement ainsi que les valeurs maximum de ces dernières :

Besoins énergétiques :		
Besoin total de chauffage :	100 kWh	: 2 kWh/m <sup>2</sup>
Pic de besoin de chauffage :	527 W	: 11 W/m <sup>2</sup>
Besoin total de refroidissement :	4677 kWh	: 98 kWh/m <sup>2</sup>
Pic de besoin de refroidissement :	3751 W	: 79 W/m <sup>2</sup>

### 4.3. Zone accueil et attentes :

- Température intérieure :

## CHAPITRE 04 : Résultats et interprétations.

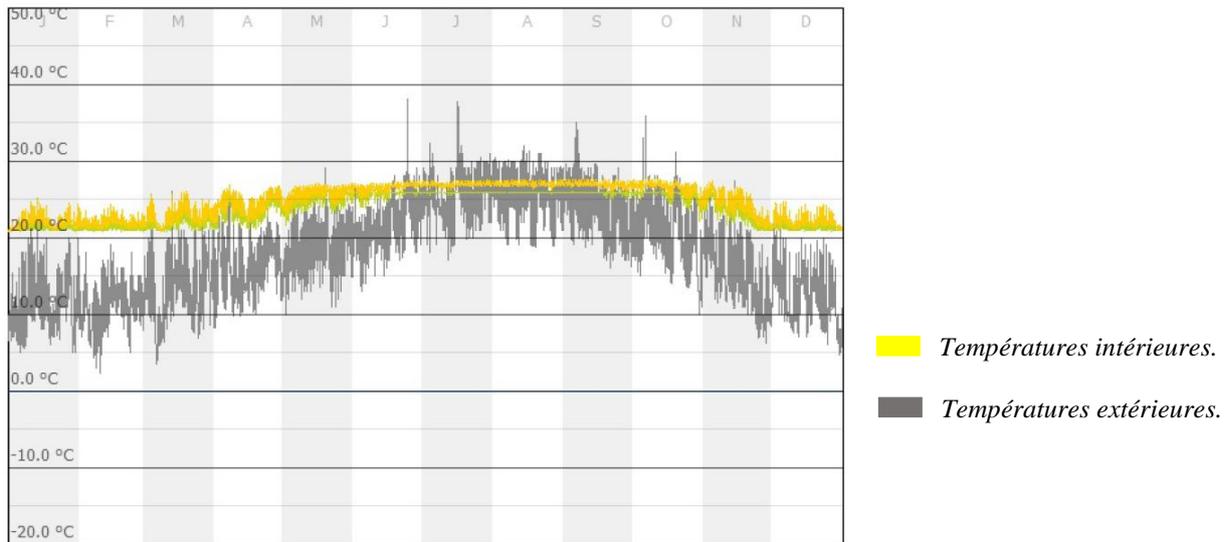


Figure 45 : Comparaison entre les températures intérieures et extérieures annuelles de la zone accueil et attentes.

Les variations de températures dans cet espace de 400 m<sup>2</sup>, vont de 21 à 27°C. Les degrés les plus élevés sont enregistrés entre juin et septembre.

Les températures enregistrées engendrent un inconfort de 65%. Ce résultat reste acceptable en comparaison avec les espaces précédemment analysés. Cependant il représente une superficie plus importante de ce fait les exigences sont plus complexe à satisfaire.

Confort :		
Température opérative minimale :	21 °C	: 1 Janvier à 4h
Température opérative minimale en occupation :	21 °C	: 1 Janvier à 4h
Température opérative maximale :	27 °C	: 30 Août à 16h
Température opérative maximale en occupation :	27 °C	: 30 Août à 16h
Nombre d'heures > 23°C :	5672	
Taux d'inconfort :	65 %	

- Besoin de chauffage et climatisation :

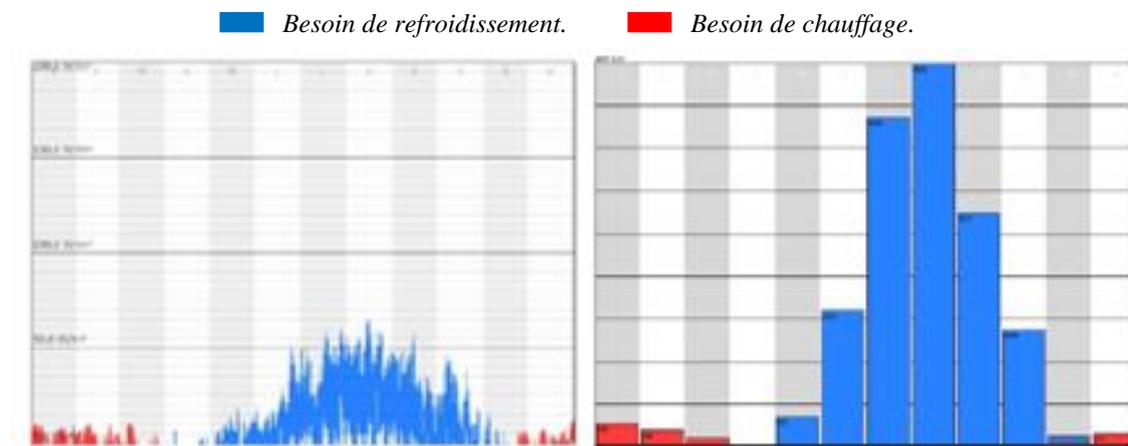


Figure 46 : Besoins de chauffages et refroidissement de la zone accueil et attentes.

## CHAPITRE 04 : Résultats et interprétations.

Encore une fois, on note que les exigences en matière de refroidissement netement plus considérable que celles en chauffage. Un pic de 12 W/m<sup>2</sup> de chauffage correspondant au besoin du mois de fin décembre et une valeur maximum de 65 W/m<sup>2</sup> en refroidissement est enregistré en aout. Toutefois, en avril les besoins sont quasi-nul l'espace d'accueil apporte une température de confort sans consommation d'énergie.

Les valeurs ci-dessous résumant le besoins total de chauffage et refroidissement ainsi que les valeurs maximum de ces dernières :

<b>Besoins énergétiques :</b>		
Besoin total de chauffage :	<b>1395 kWh</b>	<b>: 3 kWh/m<sup>2</sup></b>
Pic de besoin de chauffage :	<b>4687 W</b>	<b>: 12 W/m<sup>2</sup></b>
Besoin total de refroidissement :	<b>25987 kWh</b>	<b>: 64 kWh/m<sup>2</sup></b>
Pic de besoin de refroidissement :	<b>26490 W</b>	<b>: 65 W/m<sup>2</sup></b>

### Synthèse :

Tableau 10 : Besoins de chauffage et refroidissement selon la zone.

	Surface	Besoin de chauffage		Pic de besoin de chauffage		Besoin de refroidissement		Pic de besoin de refroidissement	
		m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	W	W/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	W
ZONE ACCUEIL	405.5	1395	3	4687	12	25987	64	26490	65
ZONE HOSPITALISATION	22.1	159	7	540	24	3315	150	2734	124
ZONE OPÉRATOIRE	47.6	100	2	527	11	4677	98	3751	79

Tableau 11 : Les différentes températures et taux d'inconfort dans chaque zone.

	Température opérative minimale	Température opérative minimale en occupation	Température opérative maximale	Température opérative maximale en occupation	Température critique de confort	Nombre d'heures > température critique de confort	Taux d'inconfort
	°C	°C	°C	°C	°C	h	%
ZONE ACCUEIL	21	21	27	27	23	5672	65
ZONE HOSPITALISATION	21	21	28	28	23	6115	70
ZONE OPÉRATOIRE	21	21	27	27	22	7186	82

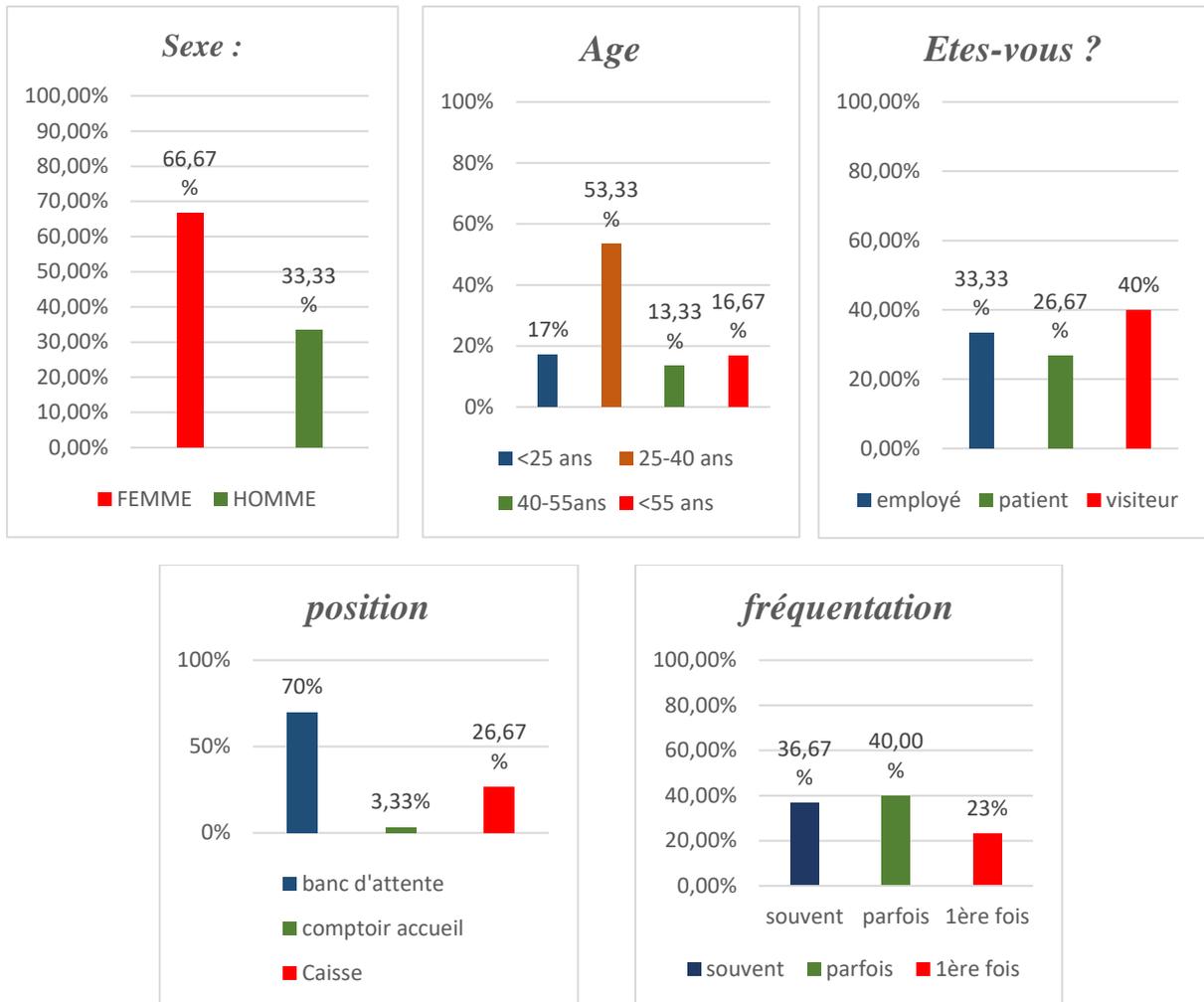
## 5. Résultats et interprétations du Questionnaire

Le questionnaire a été utilisé pour évaluer l'état thermique et la qualité de l'environnement intérieur d'un espace, ainsi que les dimensions spatiales et la configuration de l'espace, en collectant des réponses de participants distribuées sous forme de questionnaires papier. Les résultats ont été collectés le 06/04/2023.

### a- Les questions d'ordre générale

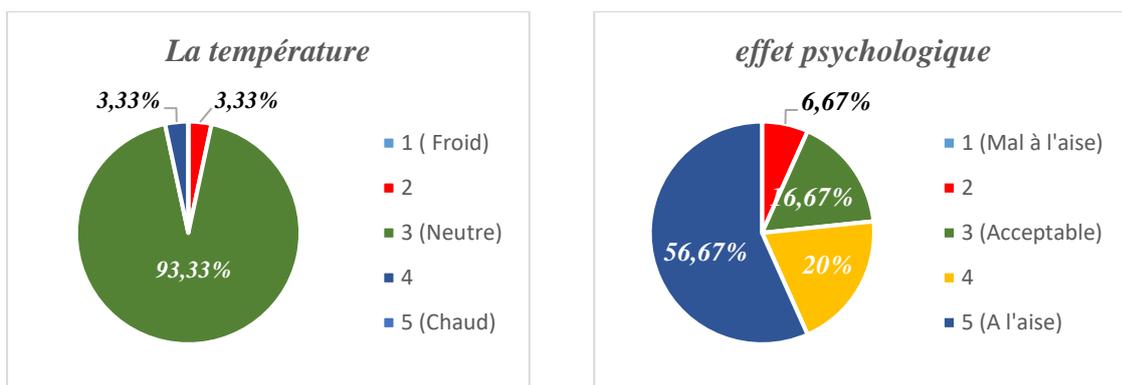
D'après les résultats, une majorité de femme (plus de 60%) ont été interrogées et la tranche d'âge la plus fréquente est entre 25 et 40 ans.

## CHAPITRE 04 : Résultats et interprétations.



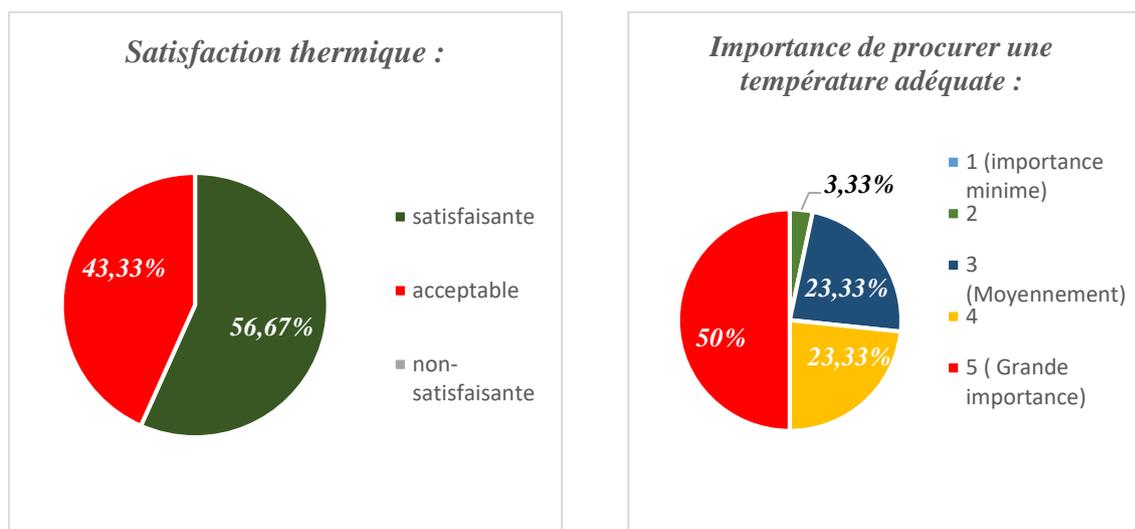
La majorité des participants sont familiers avec l'établissement et le fréquentent souvent. La plupart des personnes interrogées se trouvaient dans l'espace d'attente.

### b- Question en relation avec le confort thermique



Par rapport au ressenti vis-à-vis de la température, une majeure partie, soit 93 %, confirme ne pas sentir ni le froid, ni de chaleur au sein de l'espace. Ceci dit, l'environnement thermique est donc confortable

Presque 57 % des interviewé estiment que l'ambiance thermique est adéquate et se sentent à l'aise. 20 % ont voté 4 sur l'échelle, et 17% la trouve acceptable.



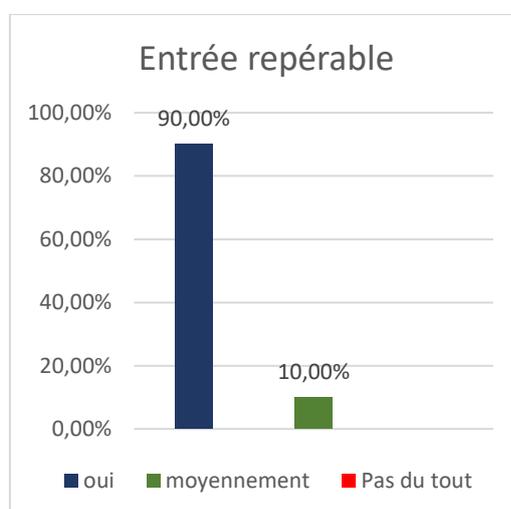
Les résultats indiquent que 57 % des interrogés sont satisfait de l'ambiance thermique au sein de l'espace, pour le reste ils estiment que celle-ci est acceptable. L'ambiance thermique est donc appréciée par les occupants.

96.67 %, soit la quasi-totalité estime que le système de chauffage apporte suffisamment de confort.

Afin de voir l'opinion des usagers nous avons demandé d'évaluer sur une échelle de 1 à 5 l'importance d'une température confortable et adéquate dans l'espace analysé, 50 % ont répondu 5, soit une grande importance. Le niveau 3 et 4 sont égaux avec 23.3% et 3% ont noté 2 sur l'échelle.

De ce fait, on peut dire qu'il est important de procurer une température adéquate et satisfaisante pour le confort des occupants.

### c- Questions en relation avec la configuration spatiale



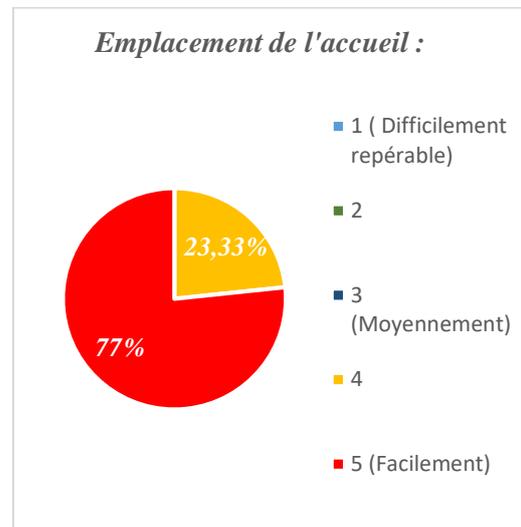
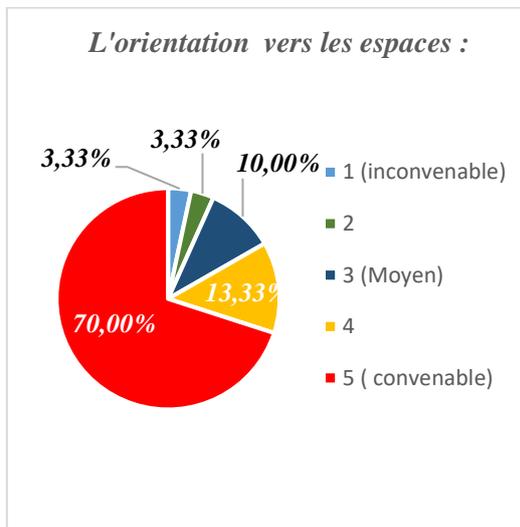
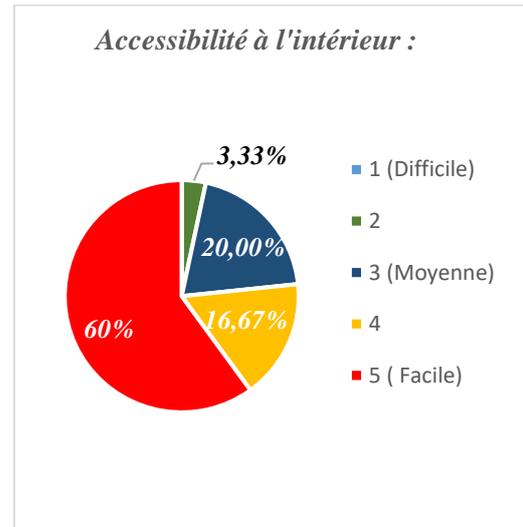
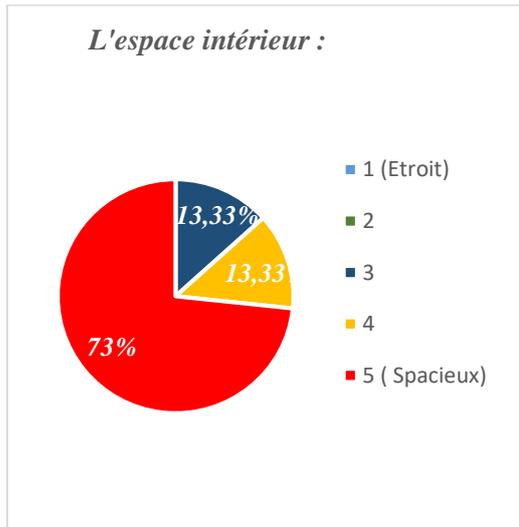
## CHAPITRE 04 : Résultats et interprétations.

Les réponses à la question sur la situation de la clinique sont à unanimité « Favorable ».

90% des interviewés estime que l'entrée de l'établissement hospitalier est repérable, tandis que les 10% restant annonce qu'elle est moyennement.

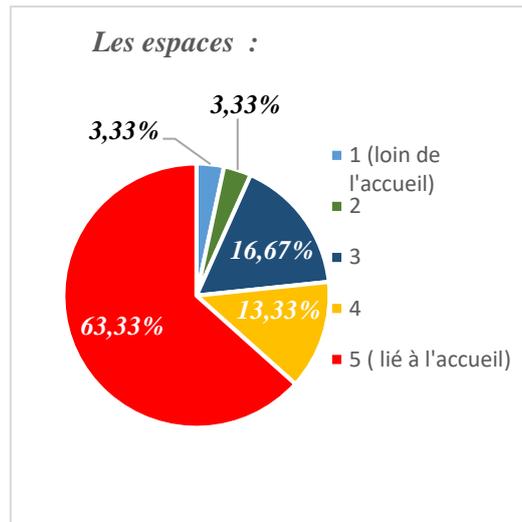
Concernant l'accessibilité à l'intérieur 60 % ont coché la case 5 qui signifie que l'accessibilité est facile. 20 % ont voté 3 et 17% pour 4.

A l'intérieur de l'espace, 73% des personne interrogés le trouve spacieux.



La totalité ont donné une note élevée sur l'échelle pour l'emplacement de l'accueil, 77% ont mis 5 et 23% ont mis 4.

## CHAPITRE 04 : Résultats et interprétations.

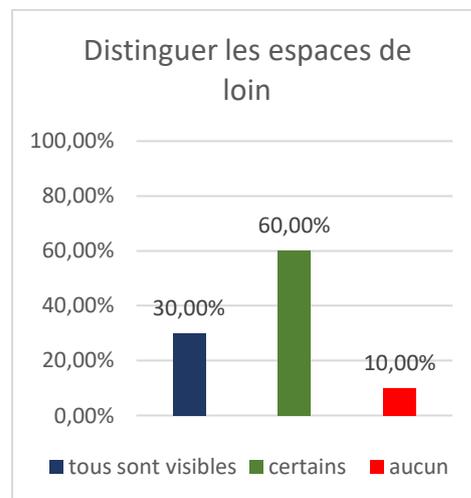
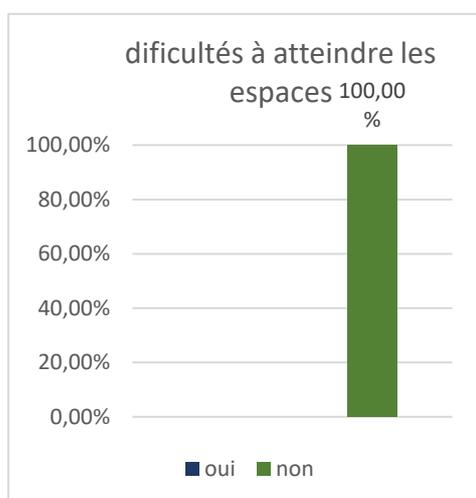


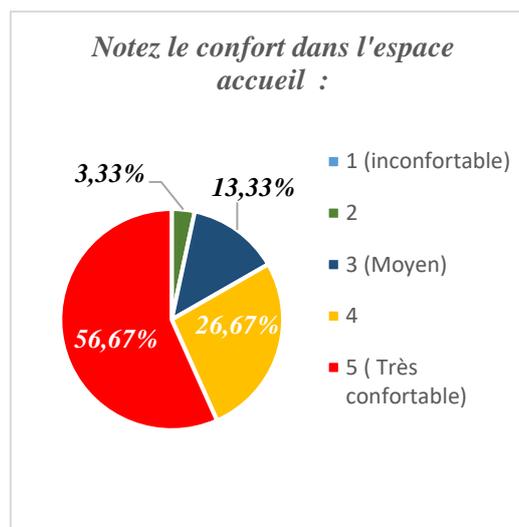
La question suivante sur l'orientation vers les différents espaces, montre que 70% ont mentionné que l'orientation et la disposition des espaces est convenable en mettant 5 sur l'échelle. La note 3 et 4, a été mentionnée respectivement à 16,67% et 13,33%. Et seulement 6% trouvent l'orientation inconvenable (mention 1 et 2).

Les espaces du RDC par rapport à l'accueil, 63% confirment que la majorité des espaces sont directement liés à l'accueil. 13% l'évaluent à 4, et 17% trouvent qu'ils sont moyennement connectés. Les valeurs les plus basses sur l'échelle, soit 1 et 2 pour désigner que les espaces sont loin et pas assez connectés à l'accueil ont été mentionnées à 3% pour chacune.

De plus, sur la question suivante 100% des interrogés ont répondu qu'ils ne trouvent pas de difficultés à traverser les espaces.

30% estiment que tous les espaces sont visibles, 60% ont mentionné que certains espaces seulement sont visibles, et 10% ont mentionné aucun.





Nous avons demandé aux occupants de noter le confort dans l'espace accueil et leurs réponses sont ainsi : 57% d'entre eux trouve l'endroit très confortable, 27% ont mentionner sur l'échelle 4, 13% estiment que l'espace d'accueil est moyennement confortable, et enfin seulement 3% ont noté 2 sur l'échelle.

Les résultats du questionnaire permettent de tirer plusieurs conclusions quant à l'objectif visant à évaluer le confort thermique et la syntaxe spatiale de l'espace étudié.

En terme de confort thermique, il ressort que de manière générale les participants ne ressentent ni froid ni chaud, ce qui indique un environnement thermique confortable.

De plus, les réponses montrent que 57% des participants sont satisfait de l'ambiance thermique, tandis que les autres la considèrent comme acceptable. En outre, la grande majorité estiment que le système de chauffage apporte suffisamment de confort.

En ce qui concerne la syntaxe spatiale, les résultats indiquent que la configuration spatiale de l'espace étudié est plus au moins intégrée et favorise une connectivité visuelle adéquate. Les participants ont évalué positivement la situation de la clinique, son accessibilité intérieure et l'emplacement de l'accueil, avec des scores élevés sur l'échelle de notation. En outre, une grande majorité des participants (70%) considèrent que l'orientation et la disposition des espaces sont bien conçues et offrent une connectivité visuelle adéquate, tandis que seulement 6% estiment que l'orientation est inconvenable. Les résultats suggèrent également que les espaces sont bien intégrés et connectés à l'accueil, avec 63% des participants confirmant que la majorité des espaces sont directement liés à l'accueil. Enfin, la totalité des participants ne rencontrent pas de difficultés à traverser les espaces, tandis que la plupart des espaces sont considérés comme spacieux par 73% des participants.

### 6. Correspondances entre les résultats

L'objectif de cette étude est d'analyser si les espaces les plus fréquentés par les usagers du bâtiment présentent des températures de confort, ainsi que de déterminer s'il existe une relation entre la température de l'espace et le degré de fréquentation par les usagers.

## CHAPITRE 04 : Résultats et interprétations.

Afin de mener à bien cette étude, l'espace du rez-de-chaussée a été divisé en trois parties distinctes en fonction de leur degré de fréquentation. En observant les variations de température dans ces différentes zones, il sera possible de déterminer si les espaces les plus fréquentés ont des températures de confort ou s'ils sont trop chauds ou trop froids.

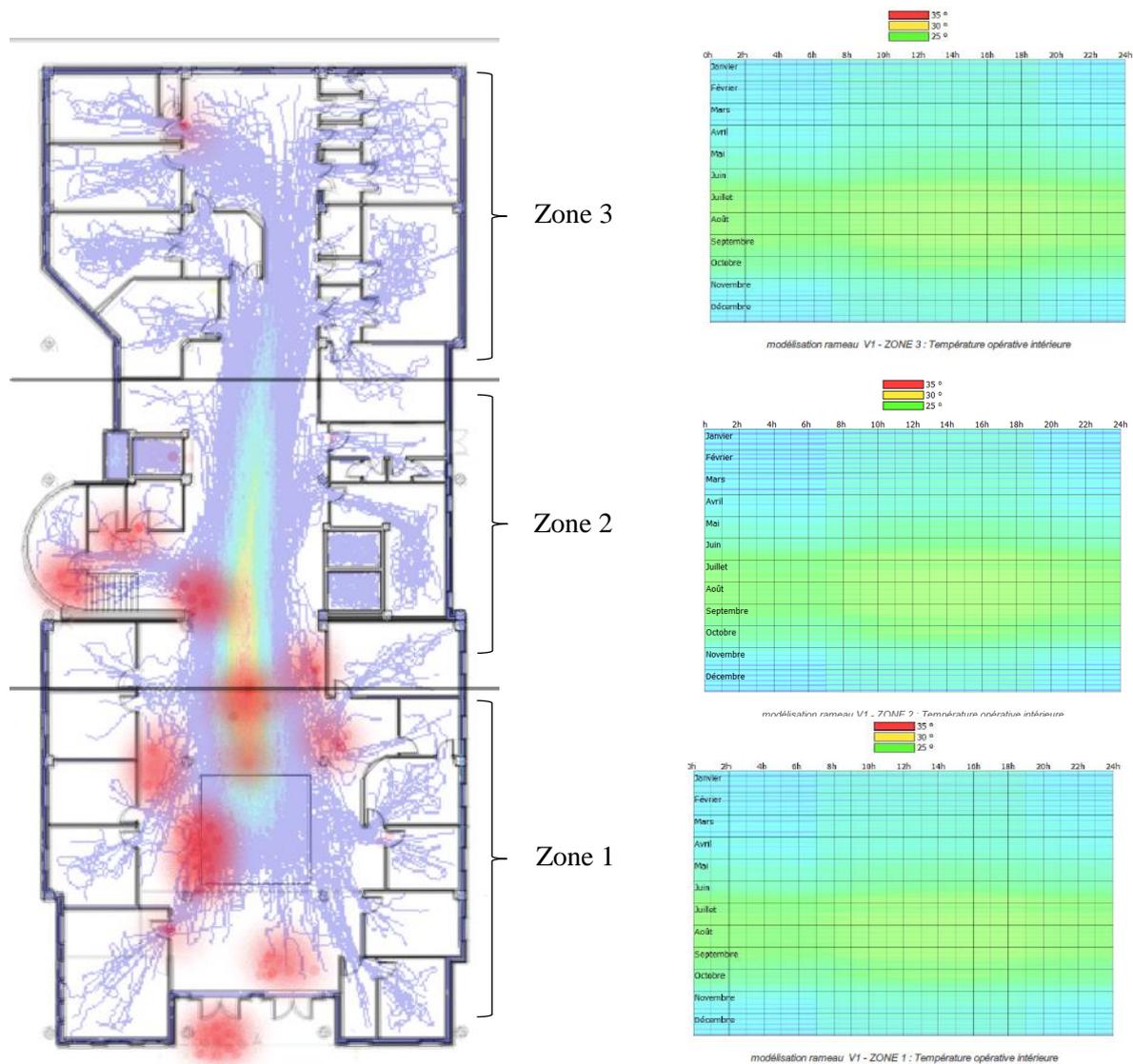


Figure 47 : Correspondance entre la simulation de l'agent tool, l'observation, et les températures à l'aide d'ArchiWIZARD.

A première vue, les trois zones montrent des plages de température similaires tout au long de l'année, avec des températures plus élevées en été et plus basses en hiver. Cela suggère que, dans l'ensemble, la gestion thermique du bâtiment est efficace pour maintenir des conditions de confort thermique.

Cependant, des différences significatives ont été observées entre les trois zones en termes de température. La zone 1, qui correspond à l'entrée et à l'accueil, présente les températures les

## CHAPITRE 04 : Résultats et interprétations.

---

plus élevées parmi les trois zones. Cette constatation suggère que cette zone peut être sujette à des problèmes de surchauffe, en particulier pendant les mois chauds de l'été. Des mesures de mitigation pourraient être nécessaires pour maintenir des conditions de confort thermique dans cette zone, comme l'ajout de stores, de climatisation ou d'une meilleure isolation thermique.

En revanche, la zone 3, située à l'arrière du rez-de-chaussée, présente les températures les plus basses parmi les trois zones. Cela suggère que cette zone pourrait être sujette à des problèmes de sous-chauffage, en particulier pendant la saison hivernale. Des mesures similaires de correction, telles que l'ajout de chauffage ou une meilleure isolation, pourraient être envisagées pour maintenir des conditions de confort dans cette zone.

### Résultats des températures minimales de chaque zone :

#### Zone 1 :

<b>Confort :</b>		
Température opérative minimale :	13 °C	: 31 Décembre à 6h
Température opérative minimale en occupation :	17 °C	: 31 Décembre à 7h

#### Zone 2 :

<b>Confort :</b>		
Température opérative minimale :	12 °C	: 31 Décembre à 6h
Température opérative minimale en occupation :	17 °C	: 31 Décembre à 7h

#### Zone 3 :

<b>Confort :</b>		
Température opérative minimale :	12 °C	: 31 Décembre à 6h
Température opérative minimale en occupation :	17 °C	: 31 Décembre à 7h

En outre, il a été noté que la zone 1 est celle qui attire le plus grand nombre d'utilisateurs du bâtiment, et cette constatation est en accord avec les températures plus élevées relevées dans cette zone. Cela renforce l'idée d'une corrélation entre le niveau de fréquentation et la température de l'espace, validant ainsi l'hypothèse initiale de l'étude

En résumé, cette analyse indique que des variations significatives de température existent entre les zones fréquentées par les usagers du bâtiment, avec des températures plus élevées dans la zone la plus fréquentée. Des mesures de régulation thermique spécifiques pourraient être nécessaires pour maintenir des conditions de confort thermique dans l'ensemble du bâtiment, en particulier dans la zone d'entrée et d'accueil (zone 1) et à l'arrière du rez-de-chaussée (zone 3).

### **Conclusion :**

Après avoir analysé les résultats de notre étude, nous pouvons conclure que les espaces les plus connectés sont également les plus intégrés et qu'ils constituent le noyau central du Rez-de-chaussée, notamment l'espace d'accueil. Les observations ont également montré que les usagers ont tendance à fréquenter en grand nombre la zone près de l'entrée principale, comprenant l'accueil et les bancs d'attente.

En ce qui concerne l'aspect thermique, l'analyse de l'isolation thermique a montré des valeurs très faibles en termes d'isolation, ce qui signifie que la paroi extérieure ne fournit pas suffisamment d'isolation pour garantir un confort maximal. Les simulations réalisées à l'aide d'Archiwizard ont montré des températures globalement acceptables, mais légèrement plus élevées en été, ce qui nécessiterait des besoins importants en climatisation pendant cette saison.

En somme, nos résultats indiquent que des améliorations sont nécessaires pour optimiser la performance thermique de l'espace étudié et que des mesures doivent être prises pour améliorer l'isolation thermique des parois extérieures afin de garantir un confort optimal pour les usagers.

## **Conclusion générale**

### Conclusion générale

Le présent travail de recherche a traité la problématique du confort thermique et de la configuration spatiale dans les établissements sanitaires. La finalité de notre recherche est de contribuer à mieux penser l'architecture des établissements sanitaires, dès l'étape de conception architecturale.

Afin de répondre à cette problématique, deux volets distincts ont constitué le corps de recherche. Le premier est théorique et est constitué de deux chapitres. Le premier chapitre avait comme objectif de définir le confort thermique et de comprendre les paramètres à prendre en compte pour apporter un maximum de bien-être. Le deuxième chapitre consistait à définir les concepts en relation avec les établissements sanitaires, les normes de confort dans les espaces étudiés, ainsi que des notions de base sur la syntaxe spatiale.

Dans le volet pratique de notre étude, nous avons analysé un corpus à l'aide de plusieurs outils méthodologiques, notamment la simulation numérique avec DepthmapX pour la syntaxe spatiale et Archiwizard suivi de Ubakus pour le confort thermique, ainsi que l'enquête sociologique à travers l'observation et le questionnaire.

Les résultats de cette analyse ont permis d'identifier les différents paramètres influençant le confort thermique dans le corpus d'étude, tels que les températures enregistrées tout au long de l'année et les besoins en énergie. Nous avons ainsi constaté que le confort en été n'était pas respecté et que le besoin de climatisation était élevé durant cette saison, en raison de la médiocre isolation des parois extérieures.

En ce qui concerne la syntaxe spatiale, notre analyse a montré une forte inter-connectivité et une facilité de circulation entre les différents éléments du plan, en particulier autour de la zone d'accueil qui est très fréquentée. Nous avons également mis en évidence les relations entre la configuration spatiale et le confort thermique, montrant que les espaces les plus fréquentés par les usagers étaient caractérisés par des températures plus élevées que les espaces moins fréquentés.

En conclusion, notre recherche apporte une contribution importante à la réflexion sur la conception architecturale des établissements sanitaires en prenant en compte les fonctionnalités de chaque espace et les enjeux liés au confort thermique.

### Limites de recherche

Notre travail de recherche a été confronté à plusieurs limites et contraintes qui ont influencé notre analyse.

- Tout d'abord, le temps relativement court que nous avons pour développer toutes les idées et objectifs de départ a été un frein important. En effet, il était difficile d'étudier l'ensemble du bâtiment en raison du grand nombre d'espaces à prendre en compte, ce qui nous a amené à limiter notre champ d'intervention.

- De plus, nous avons été confrontés à l'incapacité de prendre des mesures de températures sur terrain en raison de l'existence de systèmes de chauffage et de climatisation en place durant toute l'année.
- Un autre point important est la complexité et les soucis rencontrés lors de l'utilisation de logiciels de simulation, tels que des bugs ou des temps d'attente importants pour obtenir des résultats.
- Enfin, le manque de compréhension et de collaboration des administrations et des responsables du cas d'étude a également constitué un obstacle. Cela a rendu difficile la collecte de données et l'accès à certaines informations nécessaires pour notre analyse.

En somme, bien que ces limites aient influencé notre recherche, nous avons néanmoins réussi à apporter une contribution importante à la réflexion sur la conception architecturale des établissements sanitaires et le confort thermique. Ces limites pourraient être prises en compte pour des travaux futurs sur ce sujet.

### **Futures axes de recherche**

Sur la base des limites de recherche évoquées précédemment, voici quelques axes de recherche possibles pour l'avenir :

- Approfondir l'étude empirique en menant des enquêtes supplémentaires pour mieux comprendre les perceptions et les besoins des usagers de l'établissement de santé en matière de confort thermique.
- Élargir la portée de l'étude en incluant d'autres bâtiments de santé dans la recherche, afin d'obtenir une analyse plus globale et représentative de la problématique.
- Développer des méthodes de mesure de températures sur le terrain qui tiennent compte des systèmes de chauffage et de climatisation en place, afin de mieux comprendre l'impact de ces systèmes sur le confort thermique des usagers.
- Explorer l'utilisation de différents logiciels de simulation pour obtenir des résultats plus fiables et complets.
- Mettre en place des stratégies de collaboration avec les administrations et les responsables des bâtiments de santé pour faciliter l'accès aux données et améliorer la compréhension des enjeux liés au confort thermique.

### **Recommandations spécifiques**

- Il est recommandé d'optimiser l'isolation des parois extérieures de l'établissement sanitaire, pour réduire les besoins en climatisation en été et ainsi améliorer le confort thermique des usagers.
- Pour améliorer la qualité des espaces, en particulier ceux à forte fréquentation, il est essentiel de prendre des mesures appropriées, telles que l'intégration de systèmes de gestion intelligente, comme la régulation thermique zonée. Ces systèmes peuvent contribuer à cette amélioration en ajustant automatiquement l'éclairage et la climatisation en fonction de l'affluence, garantissant ainsi un environnement plus confortable et efficace.
- Il est conseillé de mener une enquête plus approfondie sur les habitudes et les besoins des usagers pour mieux adapter la conception architecturale aux attentes des utilisateurs.

## CONCLUSION GENERALE

Nous avons proposé de renforcer l'isolation des parois extérieures à l'aide d'un isolant efficace et économique pour améliorer le confort d'été, nous avons opté pour la ouate de cellulose.

La ouate de cellulose est un matériau isolant écologique et économique fabriqué à partir de papier recyclé. Il possède des propriétés thermiques et phoniques qui en font un choix populaire pour l'isolation des bâtiments. En outre, il est résistant au feu et à la moisissure, ce qui réduit les risques de problèmes de santé associés à la croissance de moisissures.

Après avoir effectué cette amélioration, nous avons ré-analysé les résultats à l'aide d'UBAKUS, qui ont montré une nette amélioration du confort thermique en été, ce qui permettra, sans aucun doute, une réduction significative des besoins en climatisation.

Les résultats sont les suivant :

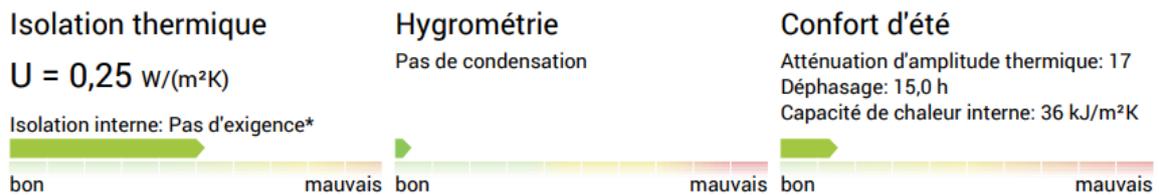


Figure 48 : Isolation thermique de la paroi après ajout de l'isolant.

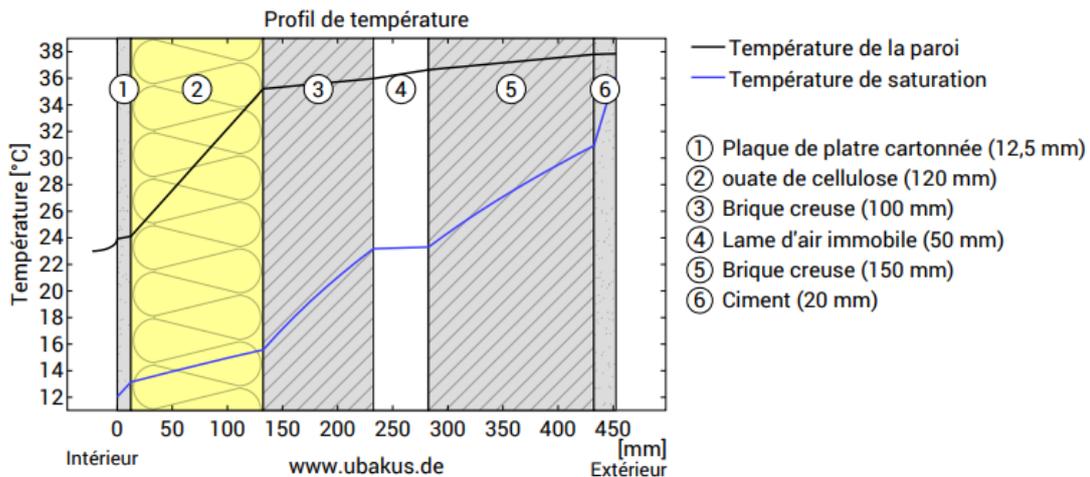


Figure 49 :profil de température avec isolant.

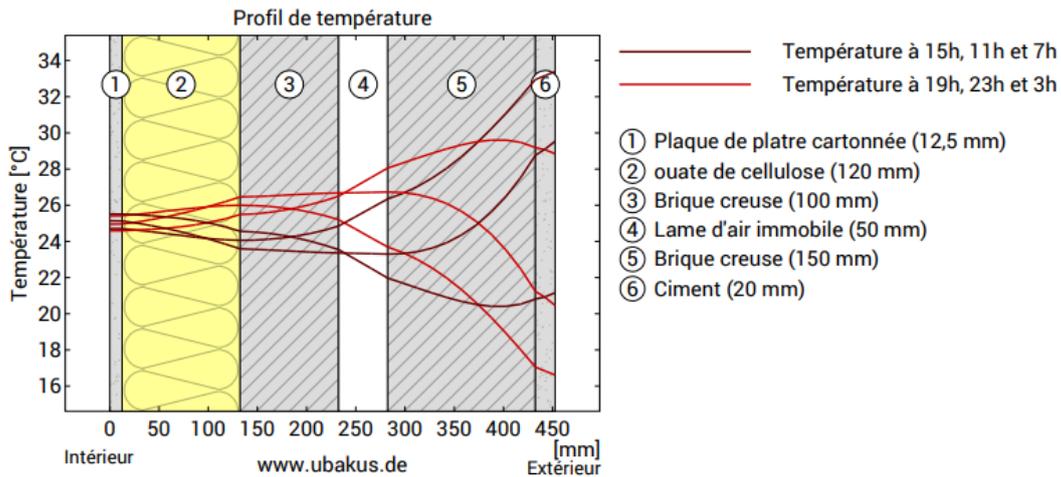


Figure 50 : variation de température dans la paroi avec isolant.

### Recommandations générales

- Les normes de confort thermique doivent être prises en compte dès la phase de conception architecturale des équipements sanitaires pour garantir le bien-être des usagers.
- Il est recommandé d'utiliser des logiciels de simulation numérique pour évaluer le confort thermique et la configuration spatiale des équipements sanitaires.
- Il est fortement recommandé d'utiliser des matériaux isolants de haute qualité afin d'optimiser l'isolation thermique, ce qui contribue à réduire les besoins en énergie et à améliorer le confort thermique des usagers.
- Il est important de favoriser la circulation de l'air et d'assurer une bonne qualité de l'air intérieur pour garantir un environnement sain pour les usagers et le personnel.
- Des enquêtes sociologiques doivent être menées pour mieux comprendre les besoins et les attentes des usagers et adapter la conception des équipements sanitaires en conséquence.

### Références bibliographiques

1. ArchiWIZARD (2023). Retrieved February 28, 2023, from <https://gratec.com/fr/products/archiwizard/>
2. Arrêté n°11 du 06 février 2016 fixant les conditions et normes architecturales, techniques et sanitaires des établissements hospitaliers privés.
3. ASHRAE. (2017). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
4. Atlantic-Pros. "Etablissements de santé: Quels besoins en confort thermique, QAI et eau chaude sanitaire (ECS) et comment y répondre?". [en ligne] [https://www.atlantic-pros.fr/Actu/Actualites/Etablissements-de-sante-Quels-besoins-en-confort-thermique-QAI-et-eau-chaude-sanitaire-ECS-et-comment-y-repondre#:~:text=Ces%20installations%20leur%20permettent%20d,sanitaire%20d%C3%A9partemental%20type%20\(RSDT\).](https://www.atlantic-pros.fr/Actu/Actualites/Etablissements-de-sante-Quels-besoins-en-confort-thermique-QAI-et-eau-chaude-sanitaire-ECS-et-comment-y-repondre#:~:text=Ces%20installations%20leur%20permettent%20d,sanitaire%20d%C3%A9partemental%20type%20(RSDT).)
5. Besbas, Y. (2019). Caractérisation du confort thermique estival dans les chambres des malades. Cas des hôpitaux de Biskra (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider Biskra, Algérie).
6. Besbas, Yasmina and Zemmouri, Noureddine. "Investigation sur le confort thermique dans les chambres des malades. Étude comparative entre l'hôpital ancien et l'hôpital neuf à Biskra." Journal of Energy and Environment, vol. 10, no. 1, 2019, pp. 1-10.
7. Bouandes, M. K. (2019). Étude de l'impact de l'architecture sur la qualité de vie et le confort des usagers dans les espaces hospitaliers. Magister thesis, Université Saad Dahleb de Blida 1.
8. Bouandes, K., & Mazouz, S. (2019). Caractérisation de l'ambiance lumineuse et de la visibilité, et qualification du degré de confort visuel dans les espaces d'accueil des hôpitaux à Sétif - Algérie. Revue Internationale de Géomatique, 29(4), 611-631.
9. Boukharouba, H. (2016). Organisation sanitaire en Algérie. Université Farhat Abbas Faculté de médecine Département de chirurgie dentaire.
10. Business France. "Le parc hospitalier algérien". [en ligne] <https://www.businessfrance.fr/algerie-parc-hospitalier-algerien>
11. Chachoua, L. (2014). Le système national de santé 1962 à nos jours.
12. Charbonneau, J. Y. (2004). Confort thermique à l'intérieur d'un établissement: Guide à l'intention des intervenants. Québec: Direction de la prévention-inspection.
13. Energieplus-lesite. (s.d.). Le confort thermique. Récupéré le 05 mai 2023, de <https://energieplus-lesite.be/theories/confort11/le-confort-thermique-d1/#:~:text=Le%20confort%20thermique%20est%20traditionnellement,base%20du%20corps%20au%20repos.>
14. Femand, C. (2014). Les hôpitaux et les cliniques: Architecture de santé. Le Moniteur.
15. Foura Smir, M. (2008). Simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie (Doctoral dissertation, Université de Blida 1, Algérie).
16. Hillier, B. (2019). Space as configuration: Patterns of space. In Routledge Companion to Urban Imaginaries (pp. 113-126). Routledge.

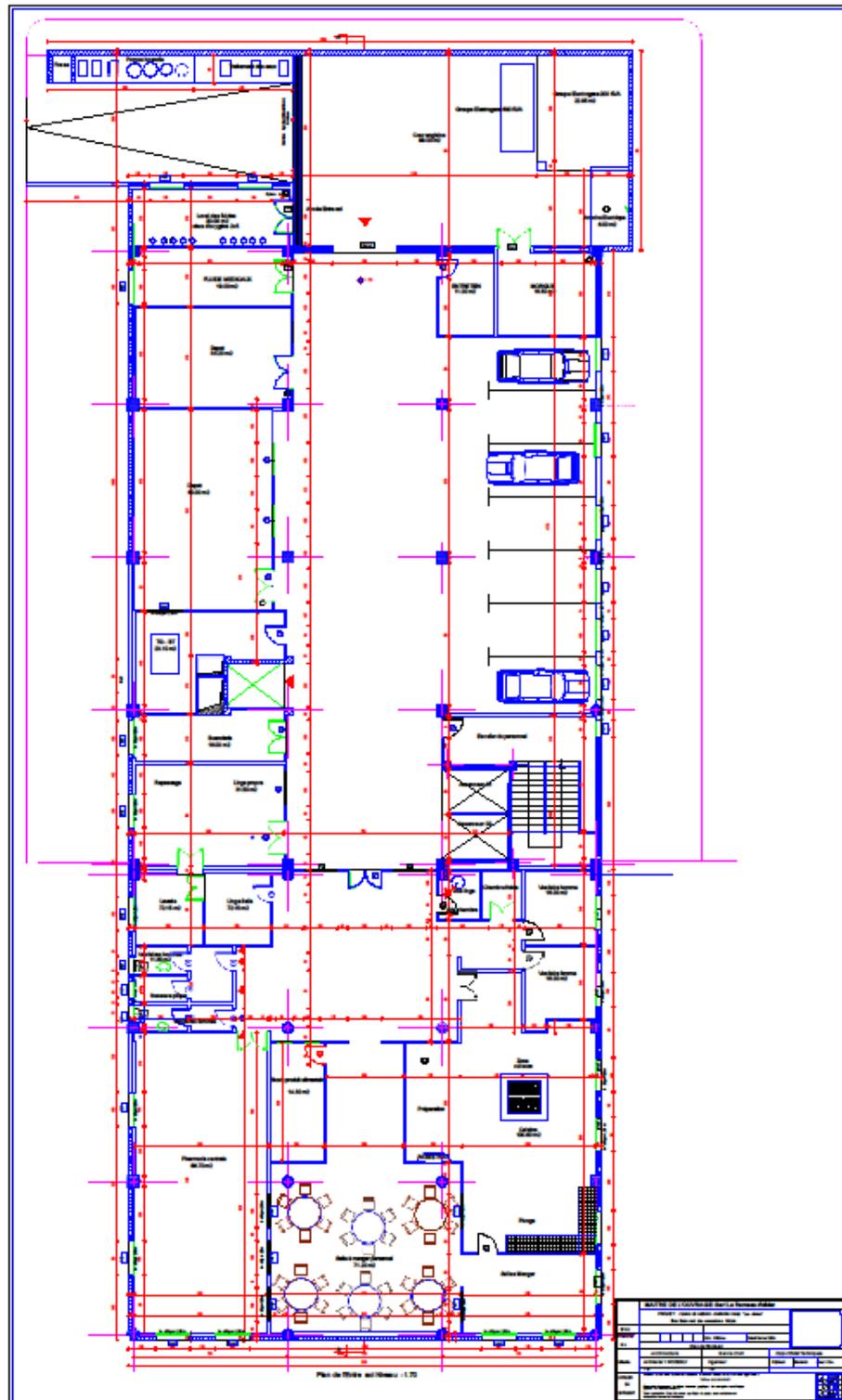
17. Hillier, B. (1996). *Space is the machine: A configurational theory of architecture*. Space Syntax Laboratory.
18. Hillier, B., Penn, A., Hanson, J., Grajewski, T., & Xu, J. (1993). Natural movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 20(1), 29-66.
19. Jedidi, M., & Benjeddou, O. (2013). *La thermique du bâtiment: Du confort thermique au choix des équipements de chauffage et de climatisation*. Paris: Dunod.
20. Khelil, S., & Zedira, C. E. (2021). Mise en place du Projet d'Établissement Hospitalier (PEH) en Algérie: Apports et limites. *Open Journal of Social Sciences*, 9(12), 153-167. <https://doi.org/10.4236/jss.2021.912011>
21. Lavoye, F., & Thellier, F. (2008). *Le confort thermique dans les bâtiments*. Hal archives-ouvertes.
22. Letesson, Q. (2014). *Du Phénotype au Génotype, Analyse de la syntaxe spatiale en architecture minoenne (MMIII B–MRIB)*. Presses Universitaires de Liège.
23. Le Goff, O. (2013). Tout est confort ou le confort fait monde. In *L'invention du confort* (pp. 121-139). Les Presses du Réel.
24. Ministère de la Santé. "Circulaire n°22 du 15 juillet 2007 relative au fonctionnement et l'extension des salles de soins".
25. Murphy, John. "Temperature & Humidity Control In Surgery Rooms Occupant comfort". *ASHRAE Journal*, vol. 48, no. 6, June 2006.
26. NEUF. (1978). Climat intérieur/ confort, Santé, confort visuel. *Revue européenne d'architecture*, (77), novembre-décembre.
27. Ouvrage collectif à l'usage des personnels soignants et des hygiénistes. (2008). *Hygiène hospitalière et lutte contre les infections associées aux soins, Volume 1: Concepts, domaines et méthodes*.
28. Ouchfoun, A., & Hammouda, D. (1993). Bilan de vingt-huit années de politique sanitaire en Algérie. *Cahiers du CREAD*, (35-36), 59-96.
29. Olesen, B. W. (2016). Thermal Comfort. In *Encyclopedia of Sustainable Technologies* (pp. 811-826). Elsevier.
30. Organisation mondiale de la santé. (s.d.). Site internet de l'OMS. Récupéré le 10 mai 2023, de <https://www.who.int/fr/>
31. Organisation mondiale de la santé. (1986). Charte d'Ottawa pour la promotion de la santé. Récupéré le 22 avril 2023, de <https://www.who.int/fr/about/mission/fr/>
32. Olgyay, V., & Olgyay, A. (2013). *Traité de l'architecture bioclimatique*. Éditions Parenthèses.
33. Proulx, S. (2007). *De la signalétique à l'intelligibilité du lieu: l'orientation spatiale comme expérience*. Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures de l'Université de Montréal pour l'obtention du grade de M. Sc. A en Aménagement option Design et Complexité.
34. Queyreire, B., & Randriamose, J. (2013). *La Simulation dans la Conception Architecturale*. Editions Eyrolles.
35. Raffanel, Y. (2008). *Optimisation du contrôle thermique dans une habitation multi sources* (Doctoral dissertation, École Centrale de Lyon).

## Références bibliographiques

---

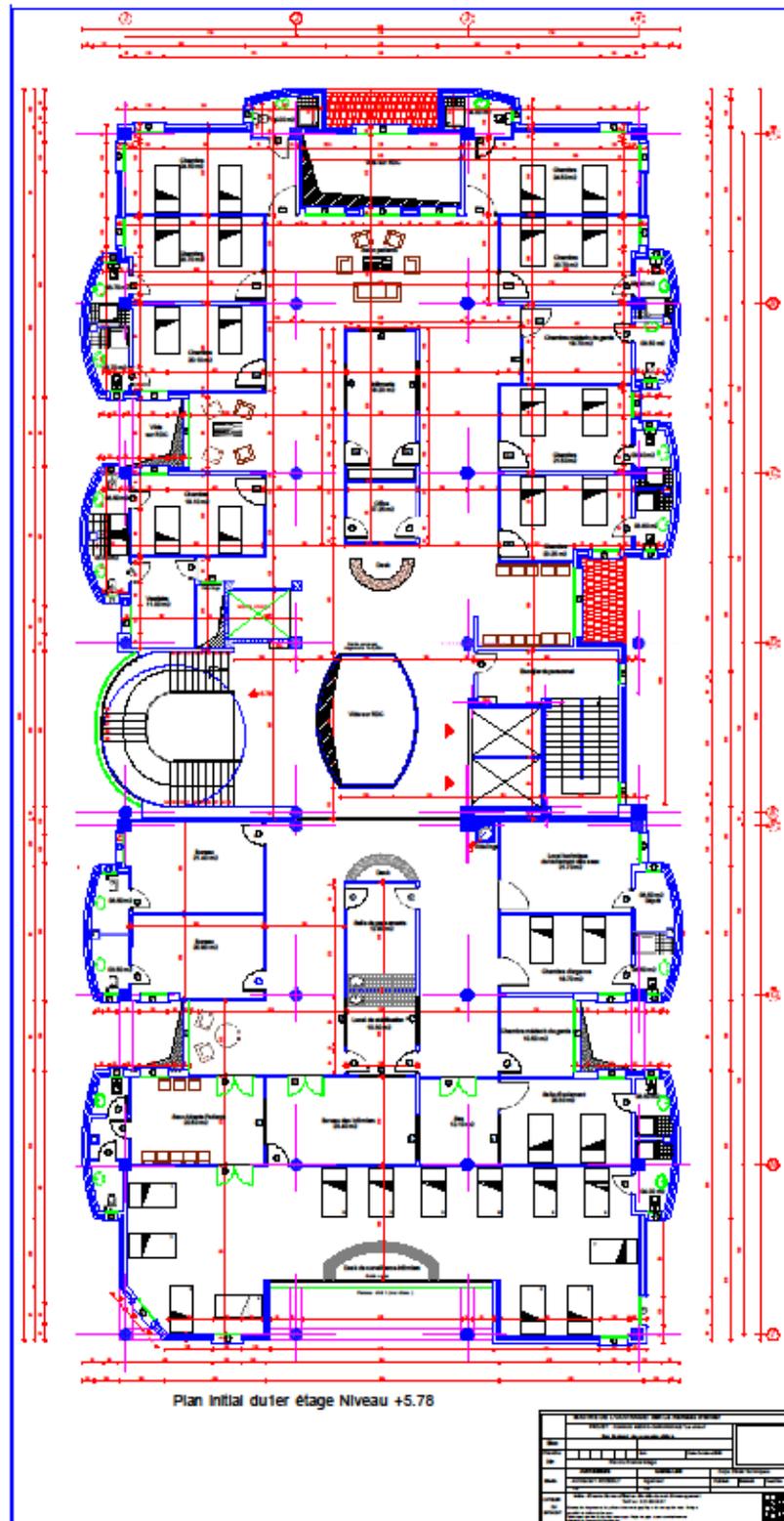
36. Santé Maghreb. "Le système de santé en Algérie". [en ligne] <https://www.santemaghreb.com/algerie-systeme-de-sante/>.
37. Vilatte, J. C. (2003). Méthodologie de l'enquête par questionnaire. Laboratoire Culture & Communication, Université d'Avignon.
38. Vorger, É. (2014). Étude de l'influence du comportement des habitants sur la performance énergétique du bâtiment (Doctoral dissertation, École Nationale Supérieure des Mines de Paris).
39. JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE CONVENTIONS ET ACCORDS INTERNATIONAUX - LOIS ET DECRETS ARRETES, DECISIONS, AVIS, COMMUNICATIONS ET ANNONCES (TRADUCTION FRANÇAISE) : <https://www.joradp.dz/FTP/jo-francais/2021/F2021071.pd>

## ANNEXES:



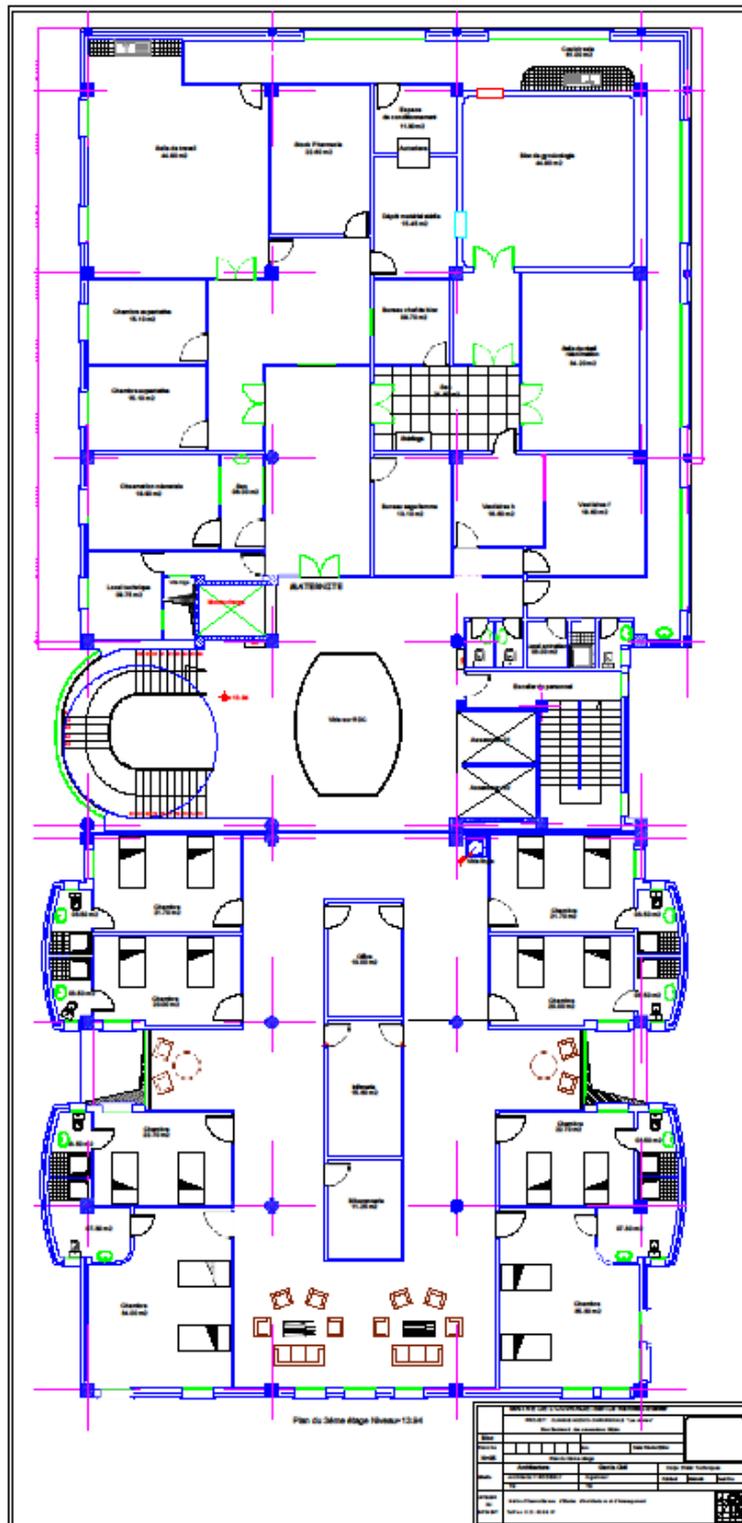
Annexe 1 : Plan du sous-sol de la clinique « Le rameau d'olivier »



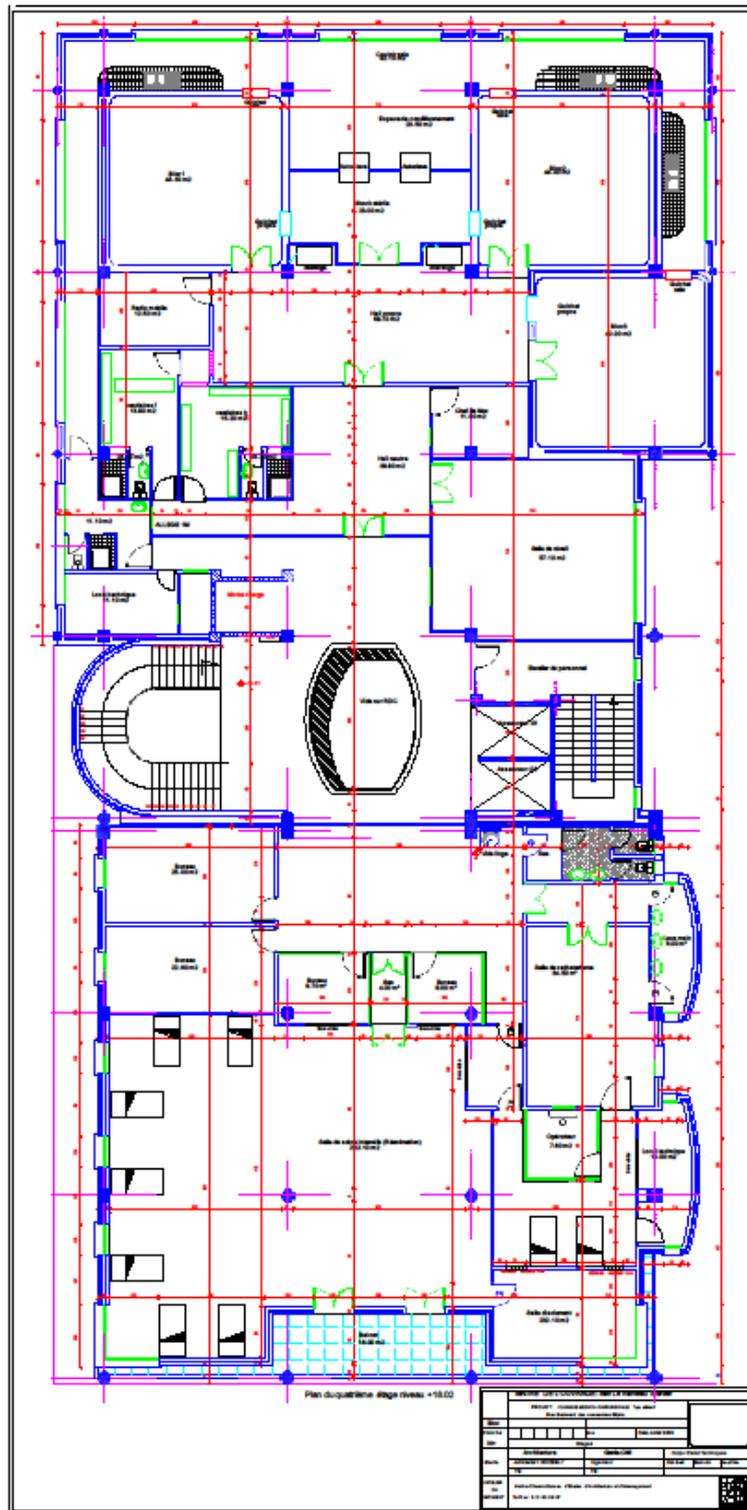


Annexe 3 : Plan du 1<sup>er</sup> étage de la clinique « Le rameau d'olivier »





Annexe 5 : Plan du 3<sup>ème</sup> étage de la clinique « Le rameau d'olivier »



Annexe 6 : Plan du 4<sup>ème</sup> étage de la clinique « Le rameau d'olivier »

## Résultats de la simulation Archiwizard de la clinique :

### Informations générales :

Surface :	3995.1 m <sup>2</sup>
Volume :	19679.0 m <sup>3</sup>

### Confort :

Température opérative minimale :	13 °C	: 2 Janvier à 4h
Température opérative minimale en occupation :	13 °C	: 2 Janvier à 4h
Température opérative maximale :	31 °C	: 7 Septembre à 13h
Température opérative maximale en occupation :	31 °C	: 7 Septembre à 13h

### Besoins énergétiques :

Besoin total de chauffage :	60045 kWh	: 15 kWh/m <sup>2</sup>
Pic de besoin de chauffage :	115411 W	: 29 W/m <sup>2</sup>
Besoin total de refroidissement :	341941 kWh	: 86 kWh/m <sup>2</sup>
Pic de besoin de refroidissement :	263629 W	: 66 W/m <sup>2</sup>

### Annexe 7 : Chiffres clés.

	Murs	Baies	Planchers	Toitures
Sur autre zone	570.9	52.9	270.5	270.5
Sur extérieur	2946.1	678.2	264.8	1212.1
Sur sol	6.6	0.0	941.1	0.0
Adiabatique	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	3523.6	731.0	1476.4	1482.6

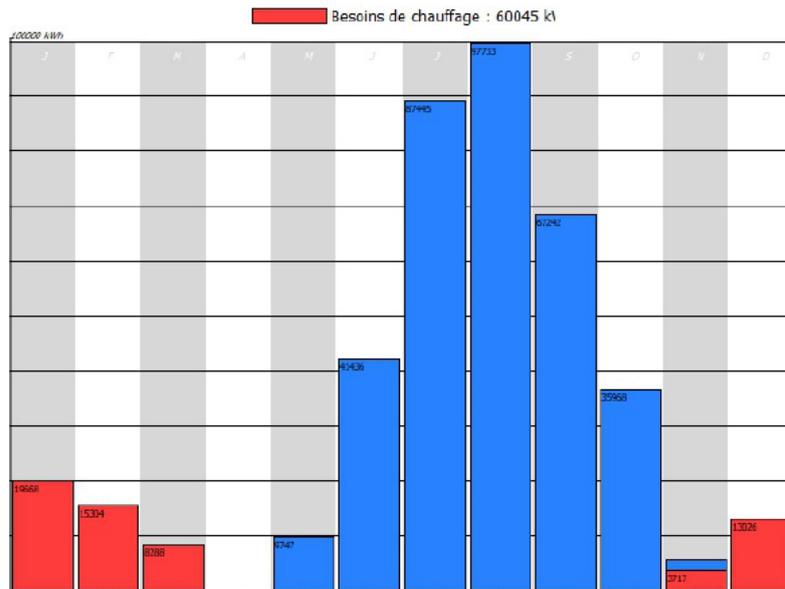
### Annexe 8 : Information sur la surface.

	Surface	Besoin de chauffage		Pic de besoin de chauffage		Besoin de refroidissement		Pic de besoin de refroidissement	
		m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	W	W/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	W
ZONE ACCUEIL	405.5	1395	3	4687	12	25987	64	26490	65
ZONE HOSPITALISATION	22.1	159	7	540	24	3315	150	2734	124
ZONE OPÉRATOIRE	47.6	100	2	527	11	4677	98	3751	79
ÉTABLISSEMENT SANITAIRE AVEC HÉBERGEMENT	3500.9	58391	17	110149	31	307961	88	230661	66
ÉTABLISSEMENT SANITAIRE AVEC HÉBERGEMENT-NC	19.0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bâtiment	3995.1	60045	15	115411	29	341941	86	263629	66

### Annexe 9 : Synthèse des besoins énergétiques par zone.

	Température opérative minimale	Température opérative minimale en occupation	Température opérative maximale	Température opérative maximale en occupation	Température critique de confort	Nombre d'heures > température critique de confort	Taux d'inconfort
	°C	°C	°C	°C	°C	h	%
ZONE ACCUEIL	21	21	27	27	23	5672	65
ZONE HOSPITALISATION	21	21	28	28	23	6115	70
ZONE OPÉRATOIRE	21	21	27	27	22	7186	82
ÉTABLISSEMENT SANITAIRE AVEC HÉBERGEMENT	21	21	27	27	23	5745	66
ÉTABLISSEMENT SANITAIRE AVEC HÉBERGEMENT-NC	13	13	31	31	23	4647	53

### Annexe 10 : Synthèse de confort par zone.



**Annexe 11** : Besoins de chauffage et refroidissement de la clinique.

### Etape de la simulation ArchiWIZARD :

Import du modèle

**Veillez choisir la localisation :**

Fichier climatique-Bejaia

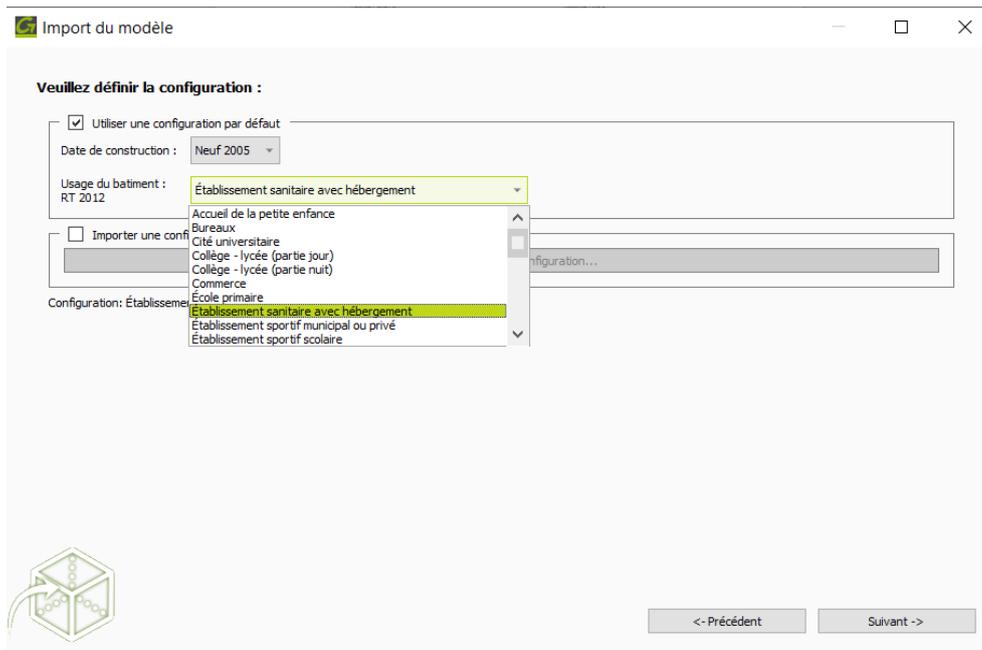
DZA\_BJ\_Soummam-Bejaia-Ramdane

Latitude : 36°42' N Longitude : 5°4' E

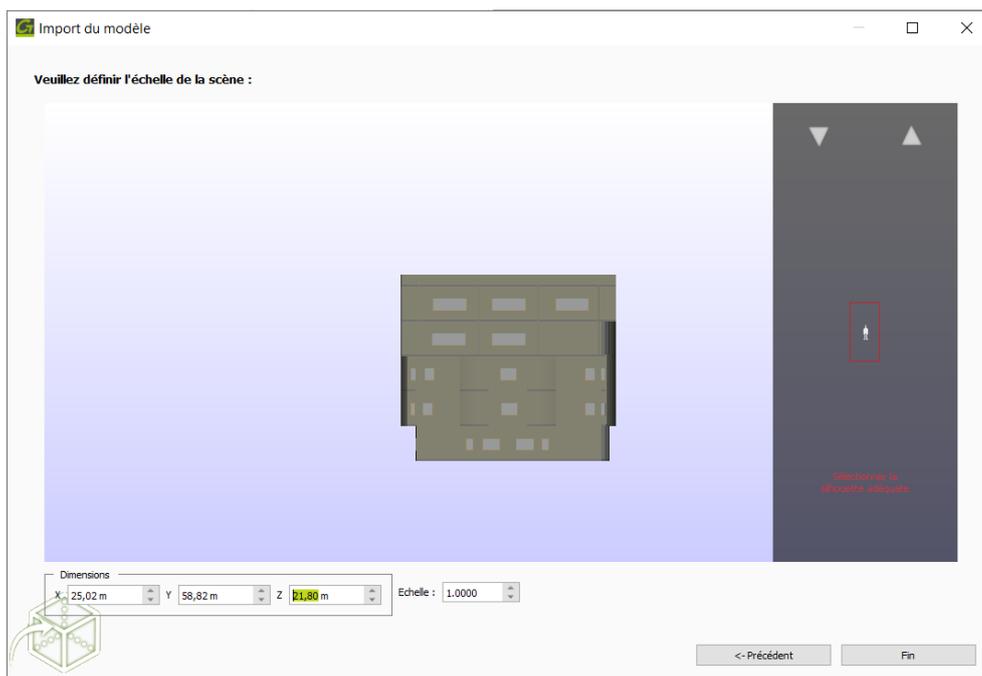
Altitude station : 6.1 m Fuseau horaire : GMT 0

Suivant ->

**Annexe 12** : Choisir la localisation du projet.



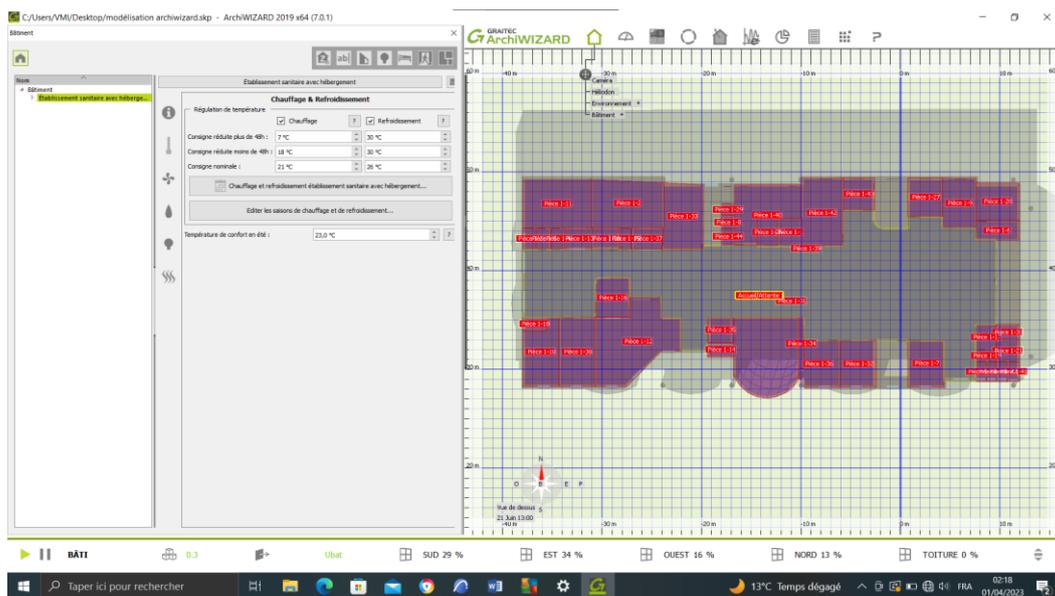
**Annexe 13 :** Configuration de la date et la fonction.



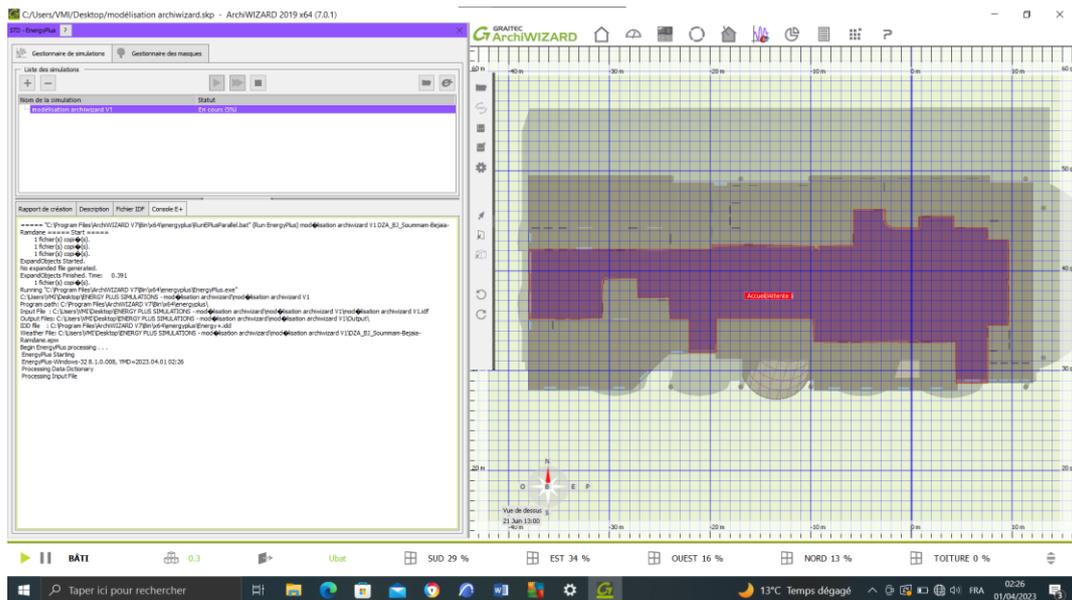
**Annexe 14 :** Définir l'échelle.



Annexe 15 : Configuration de l'orientation du bâti.

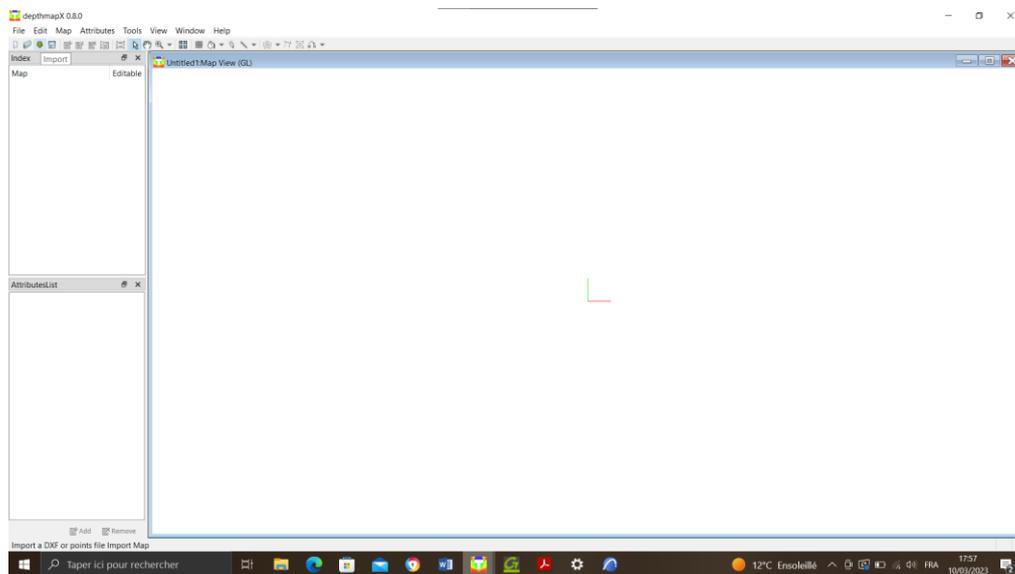


Annexe 16 : Détermination des seuils de température.

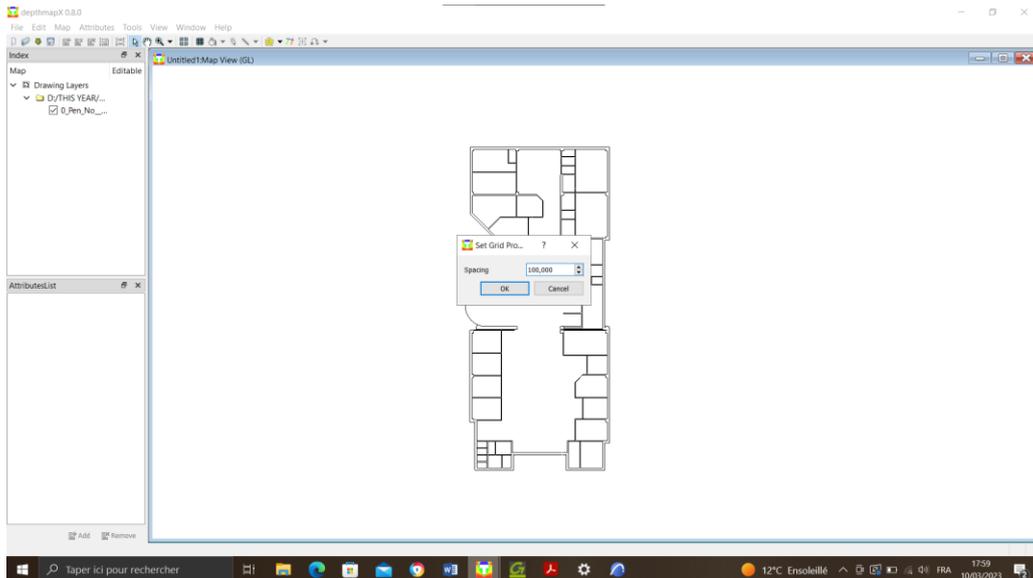


**Annexe 17 : Lancement de la STD.**

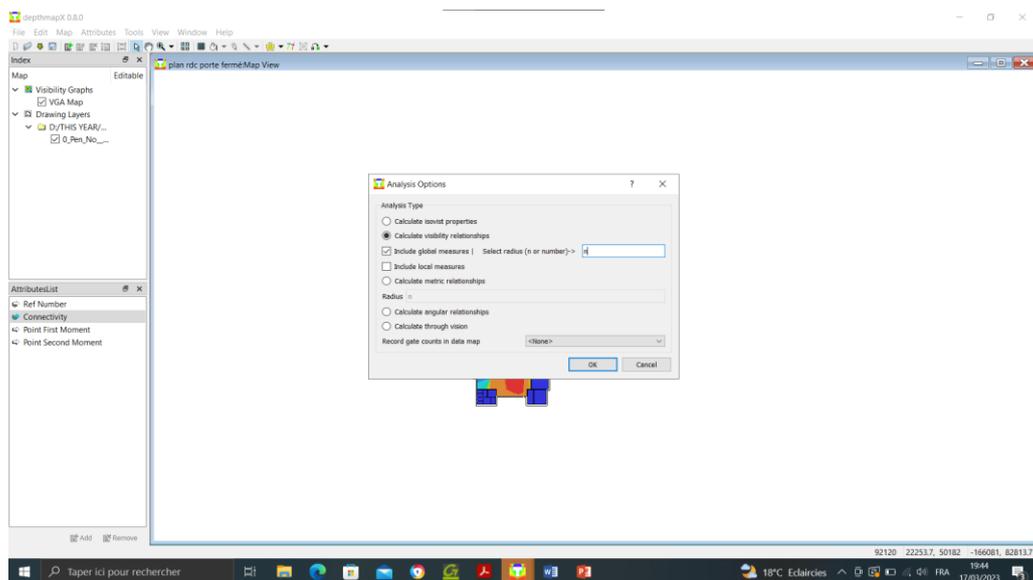
## Etapes de la simulation DepthmapX :



**Annexe 18 : Importation du fichier, on sélectionne « nouveau » puis « importer ».**



Annexe 19 : définir la grille.



Annexe 20 : Options d'analyse : sélectionner « calculate visibility relationships » → include global measures → insérer “n”.

République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de la Recherche Scientifique		
 جامعة بجاية Tasdawit n Bgayet Université de Béjaïa	Université Abderrahmane MIRA Bejaia Faculté de Technologie Département d'Architecture	 كلية التكنولوجيا Faculté de la Technologie Université de Béjaïa
Domaine : Architecture, Urbanisme et Métiers de la Ville	Filière : Architecture	Spécialité : Architecture

### Questionnaire :

*Afin de compléter notre mémoire de recherche pour l'obtention d'un diplôme de Master 2 en architecture, nous sollicitons votre aide en répondant au questionnaire suivant. Notre recherche, intitulée « Evaluation du confort thermique et de la configuration spatiale dans les établissements sanitaires », vise à évaluer le confort thermique à travers l'environnement et les sensations des usagers au sein de l'établissement hospitalier privé de Bejaïa « Le RAMEAU D'OLIVIER ».*

*Nous souhaitons également étudier la configuration spatiale et la satisfaction vis-à-vis de l'espace architectural du rez-de-chaussée de cet établissement. Vos réponses nous permettront de comparer les résultats de notre étude numérique avec l'expérience des usagers réels.*

*Nous vous remercions sincèrement pour votre collaboration et le temps que vous consacrerez à remplir ce questionnaire.*

<b>Date :</b>	
<b>Heure :</b>	
<i>Veillez cocher la case correspondante</i>	
<b>Informations sur l'interviewé :</b>	
<b>Sexe :</b>	<input type="checkbox"/> Homme <input type="checkbox"/> Femme
<b>Age :</b>	<input type="checkbox"/> < 25 ans <input type="checkbox"/> 25-40 ans <input type="checkbox"/> 40-55 ans <input type="checkbox"/> >55 ans
<b>Êtes-vous ?</b>	<input type="checkbox"/> Un employé <input type="checkbox"/> Un patient <input type="checkbox"/> Un visiteur
<b>Fréquentez-vous souvent cet établissement ?</b>	<input type="checkbox"/> Je viens souvent <input type="checkbox"/> je viens parfois <input type="checkbox"/> Je viens pour la première fois

Où vous trouvez-vous en ce moment ?	<input type="checkbox"/> Assis sur les bancs d'attentes	<input type="checkbox"/> Au comptoir d'accueil	<input type="checkbox"/> Autre
<b>Confort thermique :</b>			
Ressenti vis-à-vis de la température :	Il fait froid	<input type="text" value="1"/> <input type="text" value="2"/> <input type="text" value="3"/> <input type="text" value="4"/> <input type="text" value="5"/>	Il fait chaud
Effet psychologique :	Mal à l'aise	<input type="text" value="1"/> <input type="text" value="2"/> <input type="text" value="3"/> <input type="text" value="4"/> <input type="text" value="5"/>	A l'aise
	Etouffant	<input type="text" value="1"/> <input type="text" value="2"/> <input type="text" value="3"/> <input type="text" value="4"/> <input type="text" value="5"/>	Pas du tout étouffant
Satisfaction thermique :	<input type="checkbox"/> Satisfaisante	<input type="checkbox"/> Acceptable	<input type="checkbox"/> Non-satisfaisante
Présence de commodités :	<input type="checkbox"/> Chauffage	<input type="checkbox"/> Climatiseur	<input type="checkbox"/> Ventilateur <input type="checkbox"/> Autre
Le système de chauffage apporte-t-il suffisamment de confort ?	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non	
Notez l'importance de procurer une température adéquate au sein de cet espace ?	Importance minime	<input type="text" value="1"/> <input type="text" value="2"/> <input type="text" value="3"/> <input type="text" value="4"/> <input type="text" value="5"/>	Grande importance
<b>Configuration spatiale :</b>			
Situation de la clinique	<input type="checkbox"/> Favorable	<input type="checkbox"/> Isolée	
L'entrée est-elle facilement repérable ?	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Moyennement	<input type="checkbox"/> Pas du tout
Accessibilité à l'intérieur :	Difficile	<input type="text" value="1"/> <input type="text" value="2"/> <input type="text" value="3"/> <input type="text" value="4"/> <input type="text" value="5"/>	Facile
Qualité de l'espace intérieur	Pas accueillant	<input type="text" value="1"/> <input type="text" value="2"/> <input type="text" value="3"/> <input type="text" value="4"/> <input type="text" value="5"/>	Accueillant
	Etroit	<input type="text" value="1"/> <input type="text" value="2"/> <input type="text" value="3"/> <input type="text" value="4"/> <input type="text" value="5"/>	Spacieux

<i>Votre ressenti dès l'entrée : (facultatif)</i>	.....					
<i>Emplacement de l'accueil</i>	<i>Difficilement repérable</i> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table> <i>Facilement repérable</i>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5		
<i>L'orientation vers les différents services :</i>	<i>Inconvenable</i> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table> <i>Convenable</i>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5		
<i>Les espaces au RDC sont :</i>	<i>Loin de l'accueil</i> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table> <i>Directement liés à l'accueil</i>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5		
<i>Trouvez-vous des difficultés à atteindre certains espaces du RDC ?</i>	<input type="checkbox"/> <i>Oui</i> <input type="checkbox"/> <i>Non</i>					
<i>Si oui. Lesquelles ?</i>	.....					
<i>Arrivez-vous à distinguer les espaces de loin ? (voir l'espace avant de le franchir)</i>	<input type="checkbox"/> <i>Tous les espaces sont visibles</i> <input type="checkbox"/> <i>Certains espaces seulement sont visibles</i> <input type="checkbox"/> <i>Aucun espace n'est visible de loin</i>					
<i>Notez le confort dans l'espace accueil :</i>	<i>Inconfortable</i> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table> <i>Très confortable</i>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5		

***Merci de votre contribution.***